

Abstract

In addition to the development of modern telecommunication systems, the antenna is essential structure to transmit the information energy efficiently. Especially, the miniaturized antenna is more needed to ensure the mobility of the communication system. In this paper, the miniaturized antenna operating at the relatively lower frequency and working at the high power with low-profile structure and wideband characteristics are investigated by using the simulation process and measuring the fabricated antenna.

요 약

현대의 다양한 통신시스템의 발달과 더불어 에너지의 효율적인 전송을 위해서 반드시 필요한 구조는 안테나이다. 특히, 이동성을 보장하는 시스템에서는 더더욱 소형 안테나가 요구된다. 본 논문에서는 비교적 고출력용으로 사용되며 low-profile이면서 낮은 주파수 대역에서 동작할 뿐만 아니라 광대역 특성을 가지는 안테나의 종류들 및 그 특성에 관해서 시뮬레이션 및 제작을 통하여 고찰해 보고자 한다.

I. 서 론

안테나가 소형이라는 의미를 일반인들은 물리적으로 작게 보이는 구조라고 쉽게 생각하나 초고주

파 및 마이크로웨이브를 전공한 공학도들에게는 동작하는 주파수의 파장에 비해서 설계한 안테나의 전기적인 길이가 어느 정도인가에 따라서 소형 안테나라는 의미를 부여하게 된다. 다시 말하면 비록 단순히 물리적인 관점에서는 크게 보이는 안테나라도 저주파에 동작하도록 설계되었다면 그 구조의 공진주파수를 고려하여 전기적인 측면에서 안테나를 판단하여야 한다는 것이다. 이러한 개념을 바탕으로 설계 및 제작 과정이 서술된 다양한 문헌들이 있으며 많은 사람들이 이 분야에 관심을 가지고 연구하여 왔다. 이러한 소형 안테나 중에서도 본 논문에서는 제작이 용이한 모노폴 안테나를 중심으로 서술할 것이며 이외에 광대역 헬리컬(Wideband Helical) 안테나, 코니컬(Conical) 안테나 및 TMA(Triangular Monopole Antenna), ETMA(Equi-lateral Triangular Monopole Antenna), CDMA(Circular Disc Monopole Antenna), ETCM(Elliptically Tapered Cylinder Monopole) 안테나의 일반적인 특성에 관하여 언급하며 기존의 간단한 모노폴 안테나로부터 향상된 특성을 얻을 수 있는 변형된 모노폴 안테나들에 관하여 언급하고자 한다.

어떤 안테나를 제작하여 어떤 시스템에 응용하더라도 그 환경에 알맞은 최적의 안테나를 선택하여야 하며 이를 결정짓는 조건으로는 다음과 같은 사항들을 고려해 볼 수 있으며 본 논문에서는 나름대로 이를 결정인자(Antenna Decision Factor)로 명명하였다. 또한 고려의 대상이 될 수 있는 안테나를 종류별로 구분하면 다음과 같이 분류할 수 있을 것이다.

안테나 결정인자(Antenna Decision Factor)

- Bandwidth(Input impedance, Beamwidth, Gain, Polarization, Axial Ratio 등등)
- Size, Weight, Handling Power (수백 W 이상)
- Height
- EMI/EMC (Mutual Coupling Between Each Antennas)
- Directivity (Front-to-Back Ratio)
- With/Without Matching Unit
- For Mobile & Fixed System
- For Transmitter & Receiver System
- The effects of the ground plane

안테나 종류(Antenna Type)

1. Wire Antennas

- 용도 : Automobile, Buildings, Ships, Aircraft, Spacecraft 등등
- 종류 : Straight Wire(Dipole), Loop, Helix(Cylindrical Helix, Spherical Helix), Inverted-L, M, F, T Antennas
- Frequency Independent Antennas(Wideband Antennas, UWB Antennas, Conical Log-Periodic, Yagi-Uda Array Antenna)

2. Aperture Antennas

- Horn Antennas(Pyramidal, Conical), Standard Horn Antennas For Measuring the EM Field
- Waveguide Antennas

3. Microstrip Antennas, Microstrip Aperture Antennas

- Low profile
- 용도 : Missile, Cars, Handheld Mobile, Satellite에 장착 가능
- Modification of Frequency Independent Antennas (Spiral, Conical Spiral Antennas)

4. Array Antennas(Phase Array Antennas)

5. Reflector Antennas

- Parabolic, Corner Reflector

6. Lens Antennas

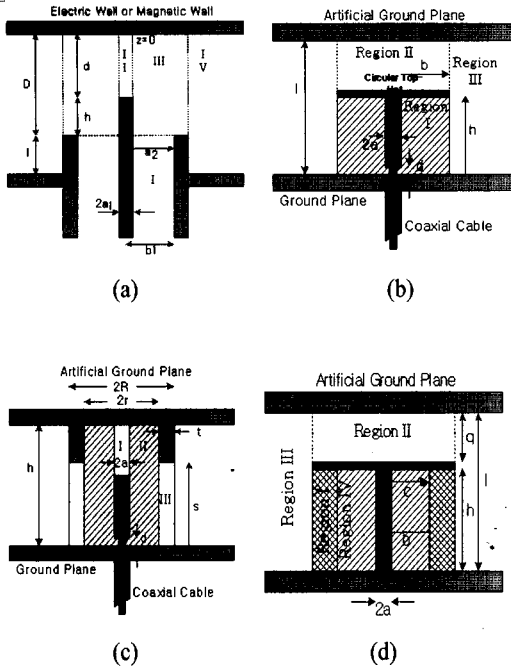
7. Fractal & Serpinski Antennas

위의 결정인자(Decision Factor)들을 고려하여 안테나의 형태를 정한 후 안테나의 성능을 검증하기 위하여서는 해석적인 방법 또는 모델링을 통하여 설계를 한 후 시뮬레이션 틀을 이용하여 성능을 확인하며 최종적으로 제작을 통하여 특성을 확인한다. 특히 여기서 다루는 안테나들은 고출력에 동작하도록 하기 위하여 N-type 커넥터를 이용하여 설계 및 제작하였다.

II. 광대역 모노폴 안테나

가장 많이 언급되는 안테나로는 모노폴 안테나를 예로 들 수 있다. 특정 주파수에 공진이 일어나도록 전체 안테나의 길이를 조절함으로써 간단히 제작할 수 있다는 장점이 있는 반면에 협대역 특성을 가지고 있다는 단점이 있다. 이러한 협대역 특성을 극복하기 위하여 모노폴 안테나의 주위에 많은 변형이 가해지기도 하며 기생성분(Parasitic Element)들을 첨가하기도 하여 광대역 특성을 만들고자 한다. 이렇게 하는 근본적인 이유는 모노폴 안테나로서 동작하는 복사체의 전체 면적에 비례하여 안테나로서의 광대역 특성을 얻을 수 있다는 것이다. 일반적으로는 복사단면적이 적은 안테나는 협대역 특성을 가지며 특히 모노폴 안테나의 경우는 복사체의 길이에 대한 반경의 비에 따라 대역폭이 결정된다.

[그림 1]의 (a)는 입력측의 접지면에 반사체를 놓음으로서 여러 개의 입력원이 존재해 보이도록 하는 구조이며 (b)는 모노폴 안테나에 평판의 원형 디스크를 로딩한 경우로서 안테나의 접지면과의 커패

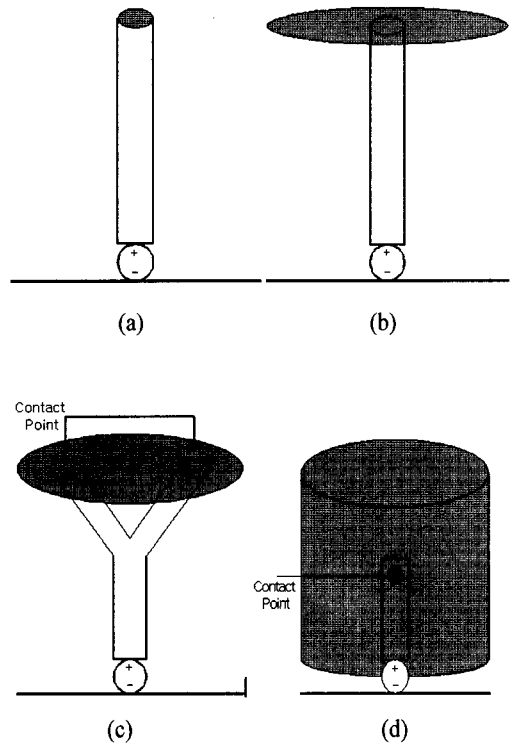


[그림 1] 광대역 특성을 구현하기 위한 모노폴 안테나 구조(참고문헌 [2]-[4],[6])

- (a) Sleeve
- (b) Top-hat Disc Loaded 혹은 Capacitor
- (c) Top-Sleeve
- (d) Top-hat Disc and Radially Dielectric Loaded Antenna

시턴스 성분을 유발하며 또한 모노폴 주위에 매질을 로딩함으로써 낮은 Q값을 유도하며 전체 입력 임피던스의 진동폭의 변화를 적게 한다. 이때 윗면의 가상의 접지면은 안테나의 각 영역에서의 전자계 표현식을 유도하기 위한 편의상의 접지면으로서 복사체의 끝에서부터 접지면까지의 높이([그림 1]의 (b)에서 $l-h$)가 약 1λ 이상이면 실제의 가상의 접지면이 없는 경우와 결과가 비슷하다. (c)는 (a)의 반대의 경우로서 모노폴의 윗면에 슬리브(Sleeve)구조가 있으며 이 경우의 단점으로는 아래의 접지면과 윗면을 연결할 수 있는 Via Hole이 필요하다는 것이

다. 이것은 잘못 연결될 경우에는 복사패턴에 영향을 줄 수도 있다. 또한 (d)는 (b)의 변형된 형태로서 모노폴 안테나의 주위에 radial 방향으로 다른 유전체를 채움으로써 입력 임피던스의 진동폭을 감소시킨다. 이 때 모노폴쪽으로 가까운 곳에 밀한 매질을 놓느냐 소한 매질을 놓느냐에 따라서 특성이 조금씩 변한다. 특히, 유전체 매질을 이용하는 (b), (c), (d)는 어느 정도의 손실을 감안하여야 하며 고효율용으로 사용하기에는 부적절하다고 볼 수 있다. 지금까지는



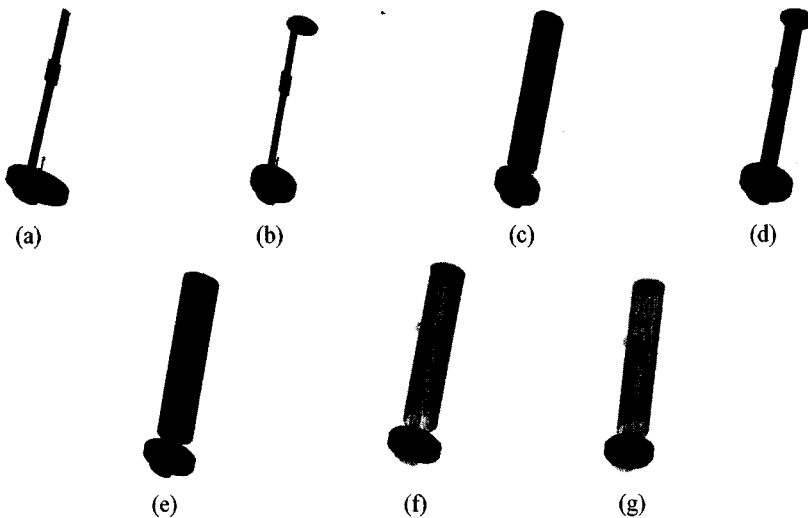
[그림 2] 여러 안테나들의 단순화된 모델링

- (a) Simple Monopole
- (b) Disc Loaded Monopole
- (c) Disc Loaded Monopole with Two Contact Point
- (d) Elliptical Cylinder Loaded Monopole Antenna

모노폴 안테나의 Feeding 부분에는 변화가 없이 외부에 복사체, 기생성분(Parasitic Element) 및 유전체를 첨가하고 접지면에 변화를 가하여 전체 안테나의 광대역 특성을 유도하고자 하였다. 다음으로는 Feeding 부분의 변화에 따라서 안테나의 입력특성이 어떻게 달라지는지를 살펴보자.

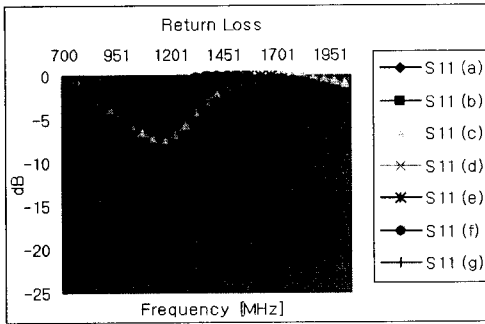
[그림 2]의 (a)는 가장 일반적인 모노폴 안테나를 모델링한 것이며, (b)는 입력측에는 변화가 없이 복사체의 끝에 디스크가 로딩된 경우를 보여주고 있다. (c)의 경우는 복사체와 입력측 사이에 두 개의 접촉점이 있으며 또한 다중 접촉점(multiple contact point)으로 구성할 수도 있다. (d)는 (c)에 비해서 조금 더 발전된 구조이며 복사체 전체의 면적을 증가시키기 위하여(또는 광대역 특성을 유도하기 위하여) 속이 빈 타원형 실린더를 로딩하였다. 또한 그

림에서 보듯이 접촉점도 (c)와는 달리 복사체의 옆면에 있으며 양쪽의 실린더의 벽면에 연결되어 있다. 여기서 특이한 점은 실린더의 윗면과 접지면에서 생길 수 있는 커패시턴스(Stray Capacitance)를 제거하기 위하여 중앙에 입력측과 별도로 실린더의 윗면과 접지면 사이에 작은 반경을 가지는 원형 실린더가 장착되어 있다. 이것은 전력증폭기 및 안테나 설계 시 자주 보게 되는 Balun 특성으로 임피던스 변환기 역할이외에 구조내에 존재할 수 있는 기생성분을 제거한다. 가장 간단한 모노폴 안테나인 [그림 2]의 (a)부터 시작하여 (d)와 같은 형태를 가지기까지의 변화되는 과정과 이 때의 반사특성들을 살펴보면 다음의 [그림 3]과 같다. 또한 일반적으로 [그림 2] (d)의 속이 빈 타원형 실린더와 발룬이 로딩된 안테나를 블레이드(Blade) 안테나로 부른다.



[그림 3] 블레이드 안테나 제작을 위한 변천 과정

- (a) 간단한 모노폴 안테나
- (b) 타원형 디스크가 로딩된 안테나
- (c) 타원형 실린더가 로딩된 안테나
- (d) 타원형 디스크와 발룬이 첨가된 안테나
- (e) 타원형 실린더와 발룬이 첨가된 안테나
- (f) 타원형 실린더에 입력점이 복사체 옆면에 위치한 안테나
- (g) 타원형 실린더 및 발룬이 첨가되어 있으며 입력점이 복사체 옆면에 위치한 안테나(블레이드 안테나)

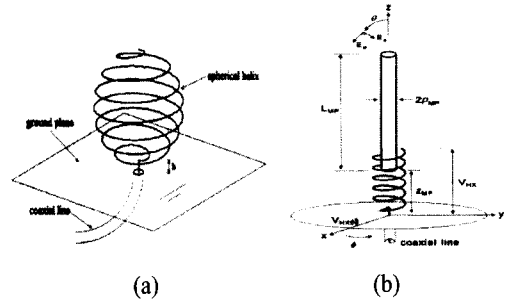


[그림 4] [그림 3]에 도시된 안테나들의 반사특성 시물레이션 결과

[그림 4]에서는 간단한 모노폴 안테나에 복사체 면적을 증가시키기 위하여 타원형 실린더를 로딩함으로써 생기는 효과를 나타내고 있으며 단면적이 증가함으로써 공진주파수도 저주파수대역으로 이동함을 알 수 있으며 복사체의 최고점과 접지면 사이에 생기는 기생 커패시턴스를 제거하기 위한 발룬(Balun)을 인가함으로써 향상된 VSWR 특성을 얻을 수 있었다.

III. 광대역 헬리컬 안테나

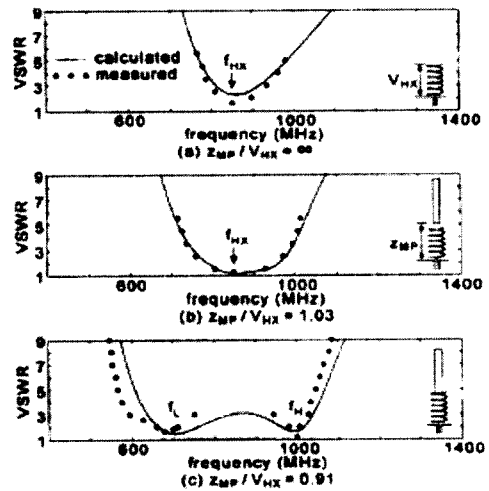
일반적으로 헬리컬 안테나는 소형 단말기에서 많이 사용되는 형태로 크게는 복사되는 방식에 따라서 Normal(Broadside) mode와 Axial(End-Fire) mode로 구분되며 간단하게는 모노폴 안테나와 루프(Loop) 안테나의 결합된 구조라고 볼 수 있다. 또한 입력 임피던스의 주파수 특성 및 안테나 이득의 안정성을 향상시키기 위해서 Spherical Helical안테나가 고안되었다[그림 5]의 (a) 및 참고문헌 [16]. 이 안테나의 특징은 넓은 빔폭으로 CP(Circular Polarization)을 형성시키며 Axial 방향으로 상대적으로 높은 이득을 가지며, 낮은 부엽레벨(Side-lobe level) 특성을 갖는다. 본 논문에서는 일반적으로 많이 언



[그림 5] 헬리컬 안테나

- (a) a spherical helical antenna^[16]
- (b) a normal-mode helix and a monopole^[15]

급되는 Axial Mode에서의 광대역 특성이 아니라 상대적으로 협대역 특성을 갖는 Normal Mode에서 동작하는 헬리컬 안테나의 광대역화를 위한 방안에 대해서 살펴보고자 한다.

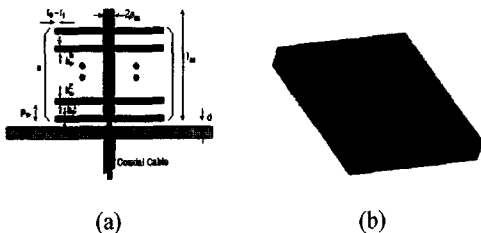


[그림 6] 헬리컬 안테나에 대해 기생성분인 모노폴의 위치에 따른 VSWR특성, 이 때 모노폴의 전체 길이는 일정함
 (a) 모노폴이 없는 헬리컬 안테나
 (b), (c)모노폴이 가까이 있을 경우의 헬리컬안테나(참고문헌 [15])

Normal-mode 헬리컬 안테나의 광대역화를 위해 기생 모노폴(parasitic monopole)이 첨가된 구조를 살펴보자([그림 5]의 (b)).

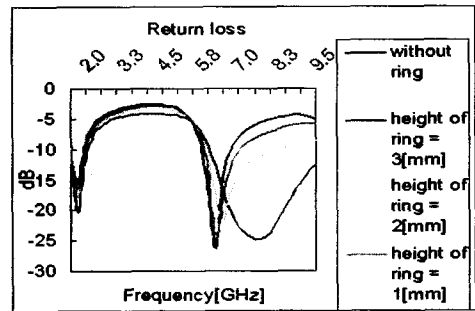
주어진 기생 성분 효과에 의해서 이중 주파수 대역에서 공진을 일으킴을 VSWR 결과로부터 알 수 있다. 또한 헬리컬 안테나와 기생 성분으로 작용하는 모노폴의 위치에 따라 공진주파수의 이동특성을 관찰할 수 있다. [그림 6]에서는 모노폴과 헬리컬 안테나 사이의 거리가 가까워짐에 따라 두 개의 공진 주파수(f_h, f_l)사이의 거리는 점점 더 넓어짐을 볼 수 있다. 복사특성도 두 개의 안테나(모노폴과 헬리컬 안테나)의 전류분포에 의해서 결정되어지며 주파수에 따른 복사특성을 고려할 때 모노폴의 특성변화가 헬리컬의 특성변화보다 심하게 변화하므로 전체 복사패턴은 모노폴에 의한 복사의 영향을 많이 받는다. 이것은 모노폴에서의 전류분포가 주파수에 따라 심하게 변화함을 예측할 수 있다. 또한 저주파수 대역에서 고려대상인 안테나로서는 위의 헬리컬과 모노폴의 반대된 역할로서 주 복사체를 모노폴을 이용하며 기생성분을 와이어 링을 이용하여 광대역 특성을 만들 수도 있다.

아래의 [그림 7]에서 각각의 와이어 링은 내부 반경이 r_i 이며 외부 반경이 r_o , 높이가 h_w 이며, 모노폴 안테나 주위에 비접촉성으로 분포되어 있다. 또한 주 복사체인 모노폴 안테나에 관한 변수들로는 반

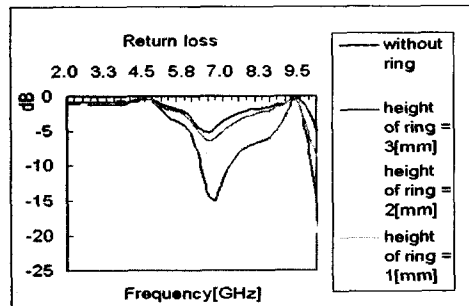


[그림 7] 주위에 와이어 링을 기생 성분으로 가지는 모노폴 안테나
(a) 2차원 정면도 (b) 3차원 안테나 구조

경이 ρ_m 이며 길이가 l_m 인 원통형 중심도체가 있다. 기생 성분(parasitic element)이 없는 경우의 간단한 모노폴 안테나의 첫번째 공진 주파수는 $f = 0.24\lambda F'$ 에 의해서 결정되며 여기서 $F' = (l/a) / [1 + (l/a)]$ 이며 참고문헌 [10]에서 l 은 모노폴 안테나의 전체 길이이며 a 는 모노폴 안테나의 반경이고 변수 a 는 동축 케이블로부터 안테나에 전압을 여기시키기 위한 delta-gap source이다. 이 경우의 시



[그림 8] Parasitic Wire Ring의 높이에 따른 계산된 반사계수 : $r_i = 4.76$ mm, $r_o = 5.26$ mm, $n = 6$ 이며 와이어 링간의 주기 $P_w = 5$ mm



[그림 9] 디스크와 기생 와이어 링이 로딩되었을 경우의 링의 높이에 따른 반사특성을 주파수에 따라 시뮬레이션한 결과 : 로딩된 디스크의 반경, 두께 및 링의 수는 각각 38.7 mm, 0.7 mm 및 $n = 6$, 와이어 링의 내부 및 외부 반경은 각각 $r_i = 4.76$ mm과 $r_o = 5.26$ mm

〈표 1〉 제안된 안테나의 변수 및 변수값

Parameters	r_i	r_o	h_w	P_w	n	ρ_m	l_m	d
Unit [mm]	2.5~4.76	3~5.26	1~3	5	1~6	1.19	30.75	1

〈표 2〉 와이어 링의 높이에 적용된 세 가지 형태의 weighting function(Non-Uniformity)

Case	h_w^1 [mm]	h_w^2 [mm]	h_w^3 [mm]	h_w^4 [mm]	h_w^5 [mm]	h_w^6 [mm]
w_1 (convex)	1	2	3	3	2	1
w_2 (flat)	3	3	3	3	3	3
w_3 (concave)	3	2	1	1	2	3

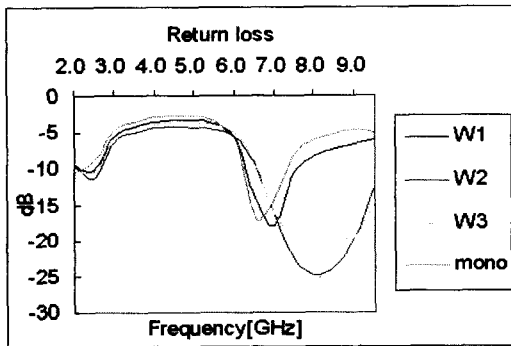
물레이션을 위하여 변수들의 값에 〈표 1〉과 같은값들을 이용하였다.

[그림 8]에서 와이어 링이 없는 경우의 모노폴 안테나의 Return Loss 특성보다 주위에 간섭효과를 일으키는 와이어 링이 존재하는 경우의 반사특성이 우수함을 알 수 있다.

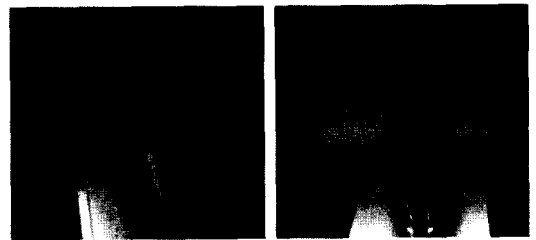
[그림 9]는 모노폴 안테나의 주위에 일정한 6개의 링을 배열하며 이 때 각각의 경우에 대해서 높이가 다른 세 개의 구조를 시뮬레이션한 결과를 주위에

기생성분이 없는 단순 모노폴인 경우와 비교하였다. 이 때 와이어 링간의 간격은 일정하게 유지하였으며 계산결과로부터 일정한 높이의 기생성분이 주위에 존재함으로써 반사특성을 개선할 수 있음을 알 수 있다. 마지막으로 각각의 경우에 대해서 일정한 높이의 기생성분이 존재하는 것이 아니라 전체 와이어 링을 볼 때 weighting function이 가미된 분포를 생각하여 볼 수 있다. 즉, 〈표 2〉와 같이 와이어 링의 높이가 주기적으로 일정하지 않는 경우를 가정하자.

[그림 10]은 〈표 2〉의 분포를 이용한 경우의 결과를 도시한 것으로 전체 기생성분의 높이 분포가 정현파(안테나의 양끝점에서는 모노폴 안테나의 전류

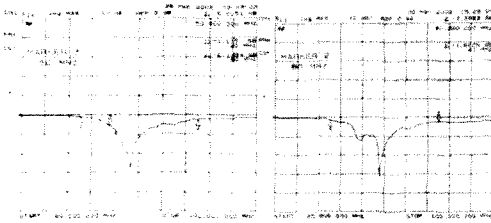


[그림 10] 와이어 링의 높이에 Weighting Function이 가해졌을 경우의 주파수에 따른 계산된 반사특성 결과: 와이어 링의 개수 $n=6$. 와이어 링의 내부 및 외부 반경은 각각 $r_i=4.76$ mm, $r_o=5.26$ mm



(a) 와이어 링 안테나 1 (b) 와이어 링 안테나 2

[그림 11] 실제 제작된 기생성분의 와이어 링의 분포가 다른 모노폴 안테나



(a) (b)

[그림 12] Return Loss 측정 결과

- (a) 와이어 링이 없는 경우
- (b) 와이어 링이 있는 경우

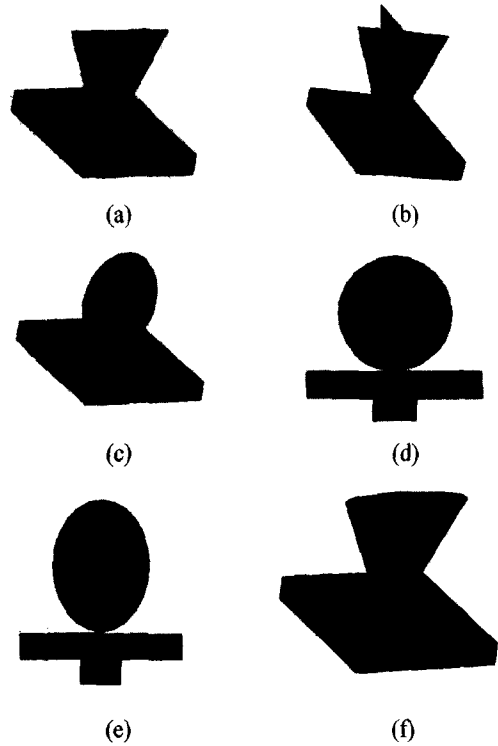
분포의 변화 정도가 심하므로 기생성분의 높이도 길어질 필요가 있음) 분포를 가질 때 광대역 반사 특성을 가짐을 알 수 있다. 제작된 결과를 통하여 저주파수 대역에서 기생성분인 와이어 링이 있는 경우와 없는 경우의 반사특성을 살펴보도록 하자.

위의 [그림 12]로부터 와이어 링이 존재하는 경우 (b)의 -10 dB return loss가 되는 주파수폭이 와이어 링이 없는 경우 (a)보다 약 두 배 이상 증가함을 알 수 있으며 특히, 수십 MHz대역의 저주파수 대역에서는 상당한 효과를 가짐을 알 수 있다.

IV. 광대역 플레이트 안테나

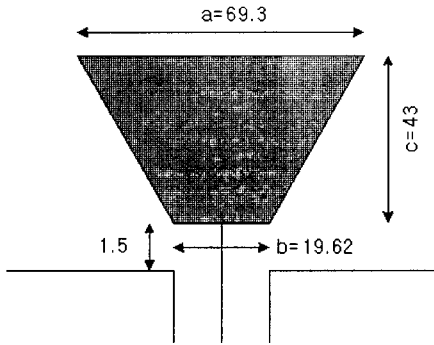
원형, 구형, 및 타원형의 디스크(disc) 모노폴 안테나에 관해서는 많은 연구자들에 의해서 연구되어져 왔으며 참고문헌 [31]~[38], 타원율(장축/단축의 비)이 4:1이 되는 수직형 비평면형 안테나(타원형 단면의 장축 길이가 69.3 mm, 참고문헌 [31] 이용)는 1 GHz 이상에서 약 10 GHz까지 대략 VSWR이 2가 되도록 유지하는 특성을 가지고 있다.

[그림 13]의 (a)는 삼각형 모노폴 안테나에서 정점을 잘라서 사다리꼴 형태로 만든 Vertex Truncation 안테나로서 종전의 삼각형 형태의 모노폴 안테나에서 얻을 수 있는 입력 임피던스 정합특성을 향

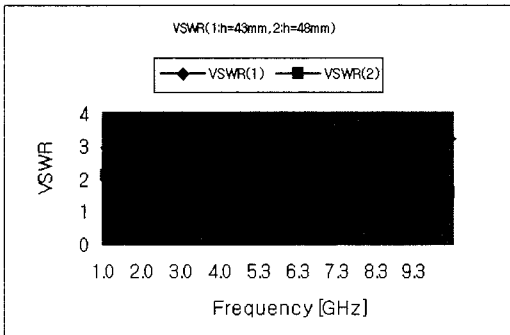


[그림 13] (a) Vertex chopped ETMA^[31]
 (b) Vertex chopped orthogonal ETMA^[31]
 (c) Circular disc monopole(CDM)^[33]
 (d) Elliptical disc monopole(EDM1A)^[33]
 (e) Elliptical disc monopole(EDM1B)^[33]
 (f) 제안된 Elliptically tapered cylinder monopole(ETCM)

상시킨 구조이다. 또한 (b)는 두 개의 직교하는 사다리꼴 안테나를 놓음으로써 Azimuth 방향으로 복사 패턴 특성을 (a)보다 향상시켰다. 이 때 복사특성이 향상되었다는 의미는 전방향(全方向)으로 복사되는 범위가 넓어졌다는 것이다. [그림 13]의 (d),(e)는 각각 [그림 13] (c)의 CDM(circular disc monopole) 안테나의 변형된 형태로서 장축 및 단축의 비를 가로로 기준으로 하는 경우, EDM(elliptical disc monopole) 1A(d)와 세로를 기준으로 한 경우, EDM(elliptical



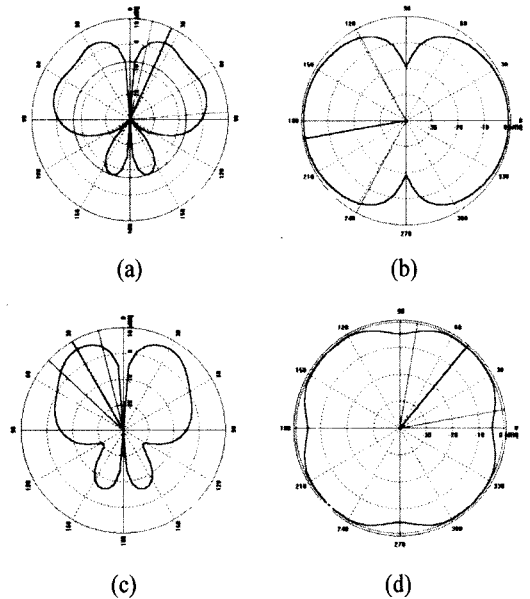
[그림 14] 사다리꼴 안테나의 반사특성 시뮬레이션을 위해서 사용된 변수값(참고문헌 [31])



[그림 15] 사다리꼴 안테나의 모사결과. VSWR(1)은 $a=69.3$, $b=19.62$, $c=43$ 인 경우, VSWR(2)는 $a=69.3$, $b=13.86$, $c=48$ 인 경우, 단위는 mm

disc monopole)1B(e)로 나눌 수 있다. 마지막으로 [그림 13]의 (f)는 평면도의 단면이 타원형이 되도록 하는 타원형 실린더가 로딩된 모노폴 안테나로서 각각 입력 임피던스의 특성(반사특성)을 향상시킬 목적으로 구상되었다.

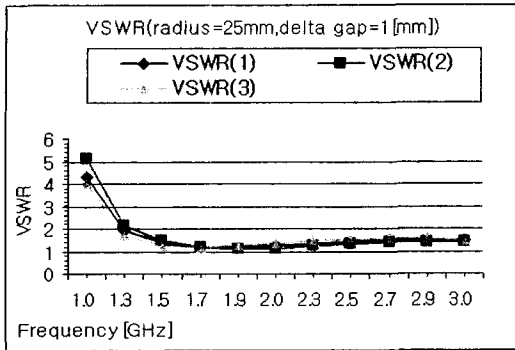
[그림 14]는 Vertex Truncated 안테나를 시뮬레이션 및 제작으로 특성을 알기 위하여 사용된 수치를 표시한다. [그림 15]는 [그림 13](a)의 높이변화에 따른 반사 특성을 살펴보았다. 이 때 삼각형 플레이트



[그림 16] 5 GHz 대역에서의 사다리꼴 안테나[그림 13](a), (b)의 복사패턴

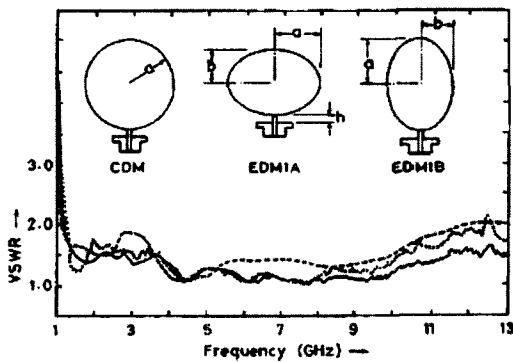
트의 한쪽 정점인 부분을 자른 경우이므로 높이가 달라지면 입력측 사다리꼴의 한쪽 변의 길이도 자동으로 바뀌게 된다. 10 GHz 대역까지 특별한 정합 회로가 없이 대략 VSWR을 2:1수준으로 만들 수 있다. [그림 16]은 각각 [그림 13](a), (b)의 복사패턴을 모사한 결과이며 직감적으로 [그림 13](b)의 직교하는 플레이트 안테나가 좀 더 넓은 복사각도를 가짐을 알 수 있다. 또한 참고문헌의 결과와도 일치하였다. [그림 16]의 (a), (c)는 각각 [그림 13](a), (b)의 $\phi = 0$ 도인 평면에서 θ 의 변화에 따른 복사패턴이며 [그림 16]의 (b), (d)는 각각 [그림 13](a), (b)의 $\theta = 90$ 도인 평면에서 바라 본 복사패턴을 나타내고 있다.

시뮬레이션 결과를 확인하기 위하여 다음과 같은 참고문헌 [33]의 결과를 인용한다. [그림 17] 및 [그림 18]의 두 결과로부터 계산 결과의 정확성을 짐작할 수 있으며 VSWR측면에서 보면 저주파수대역에서 EDM1B [그림 13](e)의 특성이 좋음을 알 수 있



[그림 17] VSWR 시뮬레이션 결과:

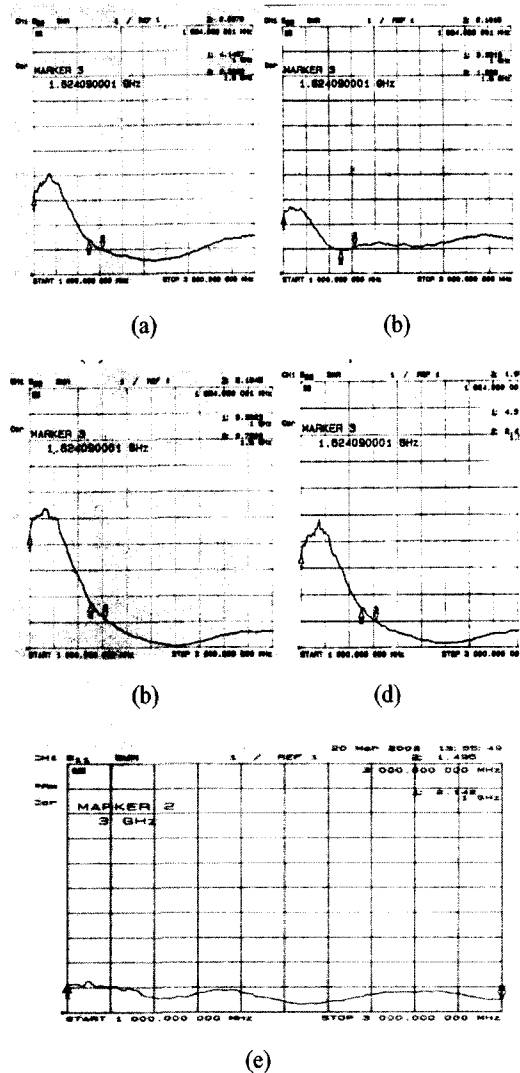
VSWR(1)은 CDM [그림 13] (c)의 경우,
 VSWR(2)는 EDMIA [그림 13] (d)의 경우,
 VSWR(3)는 EDMIB [그림 13] (e)의 경우



[그림 18] CDM(- - -), EDMIA(-), EDMIB(. . .)인 경우의 주파수에 대한 VSWR결과[참고문헌 33]

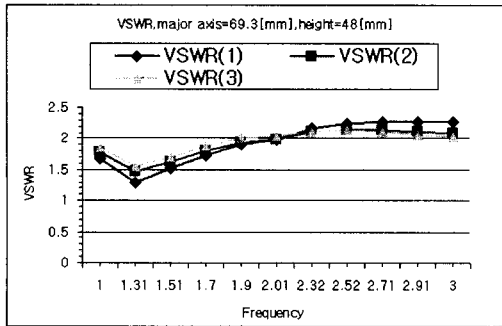
으며 전체 13 GHz까지의 특성으로 볼 때는 EDMIA [그림 13](d)의 특성이 우수함을 알 수 있다.

특히 저주파수 대역으로 갈수록 VSWR의 특성을 좋게 하기 위한 방법이 모색되는데 그 중의 하나가 [그림 13](f)의 제안된 ETCM(elliptically tapered cylinder monopole)으로 명명된 안테나이며 이의 특성은 다음의 [그림 19]에서 나타나듯이 언급한 안테나의



[그림 19] 주파수에 따른 측정된 VSWR

- (a) Vertex chopped ETMA(height=43 mm, width=69.3 mm)
- (b) Vertex chopped ETMA(height=48 mm, width=69.3 mm)
- (c) Circular disc monopole(radius=25 mm)
- (d) Elliptical disc monopole(dimension=24 *26 mm)
- (e) 제안된 ETCM

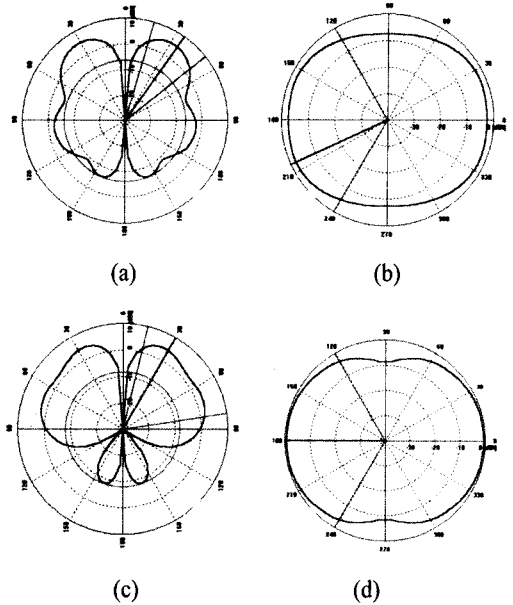


[그림 20] 제안된 ETCM의 타원율 변화에 따른 계산된 VSWR특성: VSWR(1)은 타원비=2, VSWR(2)는 타원비=3 그리고 VSWR(3)은 타원비=4

제작 특성의 측정치로부터 알 수 있다.

위의 결과들 (그림 19)에서 시작 및 마지막 주파수는 각각 1 및 3 GHz이다. 위의 결과들에서 알 수 있듯이 VSWR측면에서만 본다면 [그림 19](e)의 특성이 가장 우수함을 알 수 있다.

위의 [그림 20]은 ETCM(Elliptically Tapered Cyl-



[그림 21] 5 GHz 대역에서의 CDM(a, b) 및 ETCM (c, d) 안테나의 복사패턴

der Monopole)의 타원율에 따른 반사특성을 시뮬레이션한 결과로서 [그림 19](e)의 실험결과와 비교대

<표 3> 기존에 존재하는 안테나와 새로 제안된 안테나들의 변수 및 변수값

Parameters	ETMA1 ^[31] Fig. 1(a)	ETMA2 ^[31] Fig. 1(b)	ETMA3 ^[33] Fig. 1(c)	ETMA1 ^[33] Fig. 1(d)	EDM1B ^[33] Fig. 1(e)	Proposed ETCM Fig. 1(f)
h	43 mm	48 mm				48 mm
w	69.3 mm	69.3 mm				
a			$a = b$ 25 mm	26 mm	24 mm	
b				24 mm	26 mm	
r_1^t						69.3 mm
r_1^b						13.86 mm
Delta-gap	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm

* h = the height of antenna, w = the top width of plate antenna, a = the radius of x -axis, b = the radius of z -axis, r_1^t = the length of major axis at the top disc, and r_1^b = the length of major axis at the bottom disc

상이 된다. 두 그림으로부터 시뮬레이션 결과가 실제 제작, 측정된 특성과 비슷한 경향을 보임을 알 수 있다. 최종적으로 위의 구조들을 시뮬레이션 및 제작할 경우에 필요한 변수들의 값들을 <표 3>에 정리하였다.

V. 결 론

지금까지 전기적인 길이에 비해 높이가 작으며 (Low-Profile), Azimuth 방향으로 넓게 수직편파를 유지할 수 있는 모노폴 안테나의 종류와 간단한 모노폴 안테나로부터 파생된 다양한 안테나를 소개하였으며 이의 특성도 고려하였다. 특히, 여기에 제시된 안테나들은 전기적인 길이에 비해 작은 안테나를 구현할 때 흔히 사용되는 정합회로(Matching Unit)를 사용하지 않았으므로 고출력의 송신용으로 사용될 수 있다. 이러한 시도는 특히 이동체에 탑재할 경우에는 이점들을 가지고 있음을 보였다.

참 고 문 헌

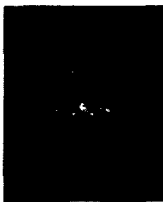
- [1] Y. T. Lo, S. W. Lee, *Antenna Handbook*, Chapter 30, Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [2] M. A. Morgan, F. K. Schwing, "Eigenmode analysis of dielectric loaded top-hat monopole antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-42, no. 1, pp. 54-61, January 1994.
- [3] L. A. Francavilla, J. S. McLean, H. D. Foltz and G. E. Crook, "Mode-matching analysis of top-hat monopole antennas loaded with radially layered dielectric", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-47, no. 1, pp. 179-185, January 1999.
- [4] M. A. Morgan, R. C. Hurley and F. K. Schwing, "Computation of monopole antenna currents using cylindrical harmonics", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-38, no. 7, pp. 1130-1133, July 1990.
- [5] R. Johnson, H. Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, 2nd Ed., New York : McGraw-Hill, Ch. 4, p. 5 and Ch. 5, pp. 3-4, 1984.
- [6] Z. N. Chen, K. Hirasawa and K. Wu, "A novel top-sleeve monopole in two parallel plates", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-49, no. 3, pp. 438-443, March 2001.
- [7] 이재욱, 송명선, "임의의 타원율을 가진 타원형 디스크가 로딩된 모노폴 안테나의 입력특성", 2001년도 한국전자과학회 종합학술발표회 논문지, vol. 11, no. 1, pp. 119-122, 2001년 11월.
- [8] H. D. Foltz, J. S. McLean and G. Crook, "Disk-loaded monopoles with parallel strip elements", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-46, no. 12, pp. 1894-1896, Dec. 1998.
- [9] Jae W. Lee, Myung S. Song, "The reflection behaviours of elliptical cylinder-loaded monopole antenna with cylindrical balun", 2002 3rd International Conference 'on Microwave and Millimeter Wave Technology(ICMMT) Proceedings, Media Center, Beijing, China, pp. 436-439, August 17-19, 2002.
- [10] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, second edition, John Wiley & Sons, 1997.
- [11] J. D. Kraus, *Antennas*, second edition, McGraw-Hill, 1988.
- [12] A. S. Jazi, "Radiation characteristics of a spherical helical antenna", *IEE Proc.-Microw. Antenna Propag.*, vol. 143, no. 1, pp. 7-12, Feb. 1996.
- [13] K. Noguchi, M. Mizusawa, M. Nakahama, T. Yamaguchi, Y. Okumura and S. Betsudan, "Increasing the bandwidth of a normal mode helical antenna consisting of two strips", *IEEE*

- AP-S*, vol. 2, pp. 782-785, 1998.
- [14] H. M. Elkamchouchi, A. I. Salem, "Helical antennas with nonuniform helix diameter", *Radio Science Conference 2001*, Proceedings of the Eighteenth National, vol. 1, pp. 143-152.
- [15] H. Nakano, N. Ikeda, Y.-Y. Wu, R. Suzuki, H. Mimaki and J. Yamauchi, "Realization of dual-frequency and wide-band VSWR performances using normal-mode helical and inverted-F antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-46, no. 6, pp. 788-793, June 1998.
- [16] H. T. Hui, K. Y. Chan and E. K. N. Yung, "The input impedance and the antenna gain of the spherical helical antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-49, no. 8, pp. 1235-1237, August 2001.
- [17] P. Eratuuli, P. Haapala and P. Vainikaian, "Dual frequency wire antennas", *Electronics Letters*, vol. 32, no. 12, pp. 1051-1052, 6th June 1996.
- [18] I. Egorov, Z. Ying, "A non-uniform helical antenna for dual-band cellular phones", *IEEE AP-S*, pp. 652-655, 2000.
- [19] 이재욱, 송명선, 박현호, "기생 비균일 와이어 링이 있는 모노폴 안테나의 입력 임피던스 및 복사특성", 2002 한국통신학회 하계종합 학술대회 논문집, pp. 22, 2002년 7월.
- [20] C. H. Pagas, R. King, "Input impedance of wide-angle conical antennas fed by a coaxial line", *Proceedings of the IRE*, pp. 1269-1271.
- [21] C. H. Pagas, R. King, "Radiation from wide-angle conical antennas fed by a coaxial line", *Proceedings of IRE*, pp. 49-51, 1951.
- [22] C. W. Harrison, C. S. Williams, "Transient in wide-angle conical antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, pp. 237-246, March 1965.
- [23] K. Nagasawa, I. Matsuzuka, "Radiation field consideration of biconical horn antenna with different flare angles", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-36, no. 9, pp. 1306-1310, September 1988.
- [24] H. M. Shen, R. W. P. King and T. T. Wu, "V-conical antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-36, no. 11, pp. 1519-1525, November 1988.
- [25] S. S. Sandler, R. W. P. King, "Compact conical antennas for wide-band coverage", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-42, no. 3, pp. 436-439, March 1994.
- [26] S. N. Samaddar, E. L. Mokole, "Biconical antennas with unequal cone angles", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-46, no. 2, pp. 181-193, February 1998.
- [27] C. M. Knop, "A note on the use of superconducting coils with small-height HF vehicular antennas", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 23, no. 1, pp. 30-36, October 5 1999.
- [28] G. Liu, C. A. Grimes, "Spherical-coordinate FDTD analysis of conical antennas mounted above finite ground planes", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 23, no. 2, pp. 78-82, October 20 1999.
- [29] X. Liang, M. C. Y. Wah, "Low-profile broadband omnidirectional monopole antenna", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 25, no. 2, pp. 135-138, April 20 2000.
- [30] Jae W. Lee, Myung S. Song, "Radiation field characteristics of sleeve-conical antenna", *Proc. of APMC(Asia Pacific Microwave Conference)*, Taipei, Taiwan, R.O.C. pp. 974-977, 2001.
- [31] P. V. Anob, G. Kumar and K. P. Ray, "Wide

- band modified triangular monopole antennas", *ISMOT(8th International Symposium on Microwave and Optical Technology)*, Montreal, Canada, June 19-23, 2001.
- [32] M. Hammoud, P. Poey and F. Colombel, "Matching the input impedance of a broadband disc monopole", *Electronics Letters*, vol. 29, no. 4, pp. 406-407, 18th February 1993.
- [33] N. P. Agrawal, G. Kumar and K. P. Ray, "Wide-band planar monopole antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol AP-46, no. 2, pp. 294-295, February 1998.
- [34] K. P. Ray, P. V. Anob, R. Kapur and G. Kumar, "Broadband planar rectangular monopole antennas", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 28, no. 1, pp. 55-59, January 5 2001.
- [35] P. V. Anob, K. P. Ray and G. Kumar, "Wideband operational square monopole antennas with semi-circular base", *Antennas and Propagation Society, 2001 IEEE International Symposium*, vol. 3, pp. 294-297, 2001.
- [36] Jae W. Lee, Hyun H. Park and Myung S. Song, "The Wideband characteristics of plate antenna with elliptical cross section", *Accepted for publication in 2003 IEEE International Symp. on Electromagnetic Compatibility*, Istanbul, Turkey, May 11-16, 2003.
- [37] Jae W. Lee, Hyun H. Park and Myung S. Song, "The Wideband characteristics of monopole antenna with parasitic non-uniform wire rings", *Accepted for publication in 2003 IEEE International Symp. on Electromagnetic Compatibility*, Istanbul, Turkey, May 11-16, 2003.
- [38] 이재욱, "High Power Non-Planar Antennas and Their Characteristics", 2002 안테나 기술 워크샵, 2002년 4월 26일.
- [39] CST사의 MWS(MicroWave Studio)Release 3.2.

≡필자소개≡

이 재 욱



1992년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1994년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1995년 10월~1996년 9월: 일본큐슈(Kyushu)대학교 정보공학과 교환학생
 1998년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1998년 3월~ 현재: 한국전자통신연구원 전파방송연구소 전파기반연구부 선임연구원

[주 관심분야] 고출력 증폭기 설계, 전자기 수치해석, 저주파 및 광대역 안테나 설계, 마이크로파 및 밀리미터파 수동회로 해석 및 설계, EMI/EMC 해석

송 명 선



1984년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1986년 2월~현재: 한국전자통신연구원 전파방송연구소 전파기반연구부 광대역 RF연구팀장

[주 관심분야] 초고주파 및 밀리미터파 회로 설계, 응용시스템 개발