

무선 통신용 아이솔레이션 디텍터에 사용되는 평면형 안테나 설계

。 박 기 언*, 허 유 강*, 이 준 광*, 문 상 윤*, 조 영 기*

*경북대학교 전자전기공학부

wavekupark@hotmail.com

Design of a Planar Antenna

for Wireless Communication Isolation Detector

。 K. U. Park*, Y. K. Heo*, J. K. Lee*, S. Y. Mun*, Y. K. Cho*

*School of Electronic Eng. & Computer Sci, Kyungbook National

Abstract

It is well known that the antenna for wireless Tx/Rx isolation detector should have the broadband characteristics. Such antennas can be applied in all the frequency ranges such as Cellular, PCS, IMT-2000. In this paper, using the Finite-Difference Time-Domain(FDTD) method, one design example is given for the antenna operating in the frequency ranges of 800MHz ~ 900 MHz, 1.7GHz ~ 2.2GHz.

key words : Cellular, PCS, IMT-2000, FDTD, antenna

I. 서론

현재 세계의 통신 시장을 보면 CDMA와 GSM이 양분하고 있으며 점차 IMT-2000으로 진화해가는 추세이다. 이에 따라 세계 각국은 다양한 방법을 통하여 통신의 질을 높이기 위한 노력을 해왔으며 국내에서는 CDMA 기지국, PCS 기지국 및 향후 IMT-2000까지의 광대역 통신으로의 발전 추세가 이어지고 있다. 또한 여러가지 이동성이 요구되는 통신 수단이 폭발적으로 증대하고 있는 추세이다. 따라서, 송수신 안테나 간에 발생하는 아이솔레이션 문제와 무선통신으로 인해 발생하는 전파강도 등을 사전 또는 실시간에 검출함으로써 단말장치 및 기지국 장치 등 각종 무선송수신장치의 설치운용 중에 개선되기

어려운 문제를 해결하기 위한 기술개발의 필요성이 요구되어 지고 있다.

본 논문에서는 주파수 선택형 고감도 평균전력디텍터에 내장/외장검용으로 사용할 수 있는 광대역 안테나를 설계하였다. 설계한 광대역 안테나는 Cellular, PCS, IMT-2000 의 주파수 대역인 800MHz ~ 900 MHz, 1.7GHz ~ 2.2GHz에서 동작하며 아이솔레이션 디텍터를 시험하고, 무선통신용 송수신 아이솔레이션 디텍터 상용화제품의 키트용 제품으로 구성될 뿐만 아니라, 각종 이동통신 사이트의 포인트-포인트 링크, 멀티포인트-포인트, 단말기 중계 서비스 및 각종 설치운용간의 통신시험 및 통신성능시험 용으로 사용할 것이다.

II. FDTD 이론

FDTD 방법은 미분형태의 Maxwell curl 방정식에 유한차분법(Finite Difference Method, FDM)을 적용한 기법으로, 전계와 자계의 벡터 값을 시간 영역과 공간 영역에서 서로 반 격자만큼 어긋나도록 근사적으로 이산화 시켜 전자기 문제를 분석하는 수치해석 방법이다. 1966년 Yee에 의해 제안되었으며, Mur, Taflove, Berenger등에 의해 발전되었다.[1~4]

손실없는 매질에 대한 시간적 변화를 갖는 Maxwell의 전계 및 자계 curl 방정식은 다음과 같다.

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (1.1)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (1.2)$$

여기서 \vec{E} , \vec{H} 는 각각 전계, 자계를 나타내고 ϵ , μ 는 각각 유전율, 투자율을 나타낸다.

위의 두식을 공간과 시간의 변화에 대한 유한차분법을 이용하여 나타내면 다음과 같이 근사화 할 수 있다.

$$\begin{aligned} H_x^{n+1/2}(i, j + \frac{1}{2}, k + \frac{1}{2}) &= H_x^{n-1/2}(i, j + \frac{1}{2}, k + \frac{1}{2}) \\ &+ \frac{\Delta t}{\mu \Delta z} [E_y^n(i, j + \frac{1}{2}, k + 1) - E_y^n(i, j + \frac{1}{2}, k)] \\ &- \frac{\Delta t}{\mu \Delta y} [E_z^n(i, j + 1, k + \frac{1}{2}) - E_z^n(i, j, k + \frac{1}{2})] \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} E_x^{n+1}(i + \frac{1}{2}, j, k) &= E_x^n(i + \frac{1}{2}, j, k) \\ &+ \frac{\Delta t}{\epsilon \Delta y} [H_z^{n+1/2}(i + \frac{1}{2}, j + \frac{1}{2}, k) - H_z^{n+1/2}(i + \frac{1}{2}, j - \frac{1}{2}, k)] \\ &- \frac{\Delta t}{\epsilon \Delta z} [H_y^{n+1/2}(i + \frac{1}{2}, j, k + \frac{1}{2}) - H_y^{n+1/2}(i + \frac{1}{2}, j, k - \frac{1}{2})] \end{aligned} \quad (2.2)$$

여기서 i, j, k 는 Yee셀 내의 위치, $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 는 각각 Yee셀의 x, y, k 방향의 셀 간격, Δt 는 시간간격이고, n 은 $n\Delta t$ 의 시간을 나타낸다.

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 은 일반적으로 파장의 1/10보다 적어야 하며 Δt 는 다음과 같은 Coherent 안정조건을 만족하여야 한다.

$$\Delta t \leq \frac{1}{c \sqrt{\frac{1}{(\Delta x)^2} + \frac{1}{(\Delta y)^2} + \frac{1}{(\Delta z)^2}}} \quad (3)$$

여기서, c 는 자유공간에서 빛의 속도이다.

FDTD 알고리즘에서 전계와 자계의 값은 식(2.1)과 식(2.2)를 사용하여 갱신된다. 즉, 자계의 각 성분

의 값을 계산한 뒤 컴퓨터 메모리에 저장하고 $\Delta t/2$ 시간 후에 전계의 각 성분의 값을 계산한다.

광대역 주파수 범위에 대한 네트워크 특성을 해석하기 위해 가우시안 펄스 전원인가법을 사용하였고, 복사패턴의 산출시에는 850MHz, 1.8GHz, 2GHz의 정현파를 사용하였다. 흡수경계조건은 Mur가 제안한 'Second-Order ABC'[2]를 사용하였고, 근거리-원거리장 변환법을 사용하여 복사패턴을 산출하였다.

III. Linear Tapered Slot Antenna(LTSA)

본 논문에서 설계한 안테나는 일반적인 Linear Tapered Slot Antenna에 Patch를 추가한 형태로 다른 패치 안테나들과는 달리 end-fire radiation이 일어난다.[5] 그림 1은 Patch가 추가된 Linear Tapered Slot Antenna의 구조이다.

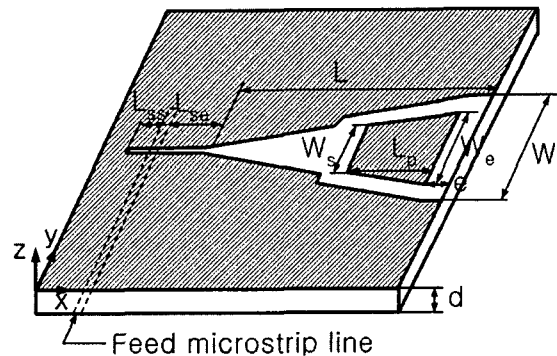


그림 1. Patch가 추가된 LTSA

LTSA 안테나를 설계하기 위해서는, 먼저 Linear Tapered Slot의 길이를 결정하여야 하는데, 이 길이는 일반적으로 원하는 주파수대역에서의 free space wavelength 값과 동일한 값으로 설정한다.[6]

$$L = \lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (4)$$

Linear Tapered Slot length(L)가 결정되었다면 Tapered Slot Antenna width(W)를 결정하여야 한다. 이것은 일반적으로 opening angle(or aperture

angle, a)이 5°~12°사이가 되게 하는 값으로 정해진다.[5]

$$W = 2L \tan a + W_{ss} \quad (5)$$

여기서 W_{ss} 는 feed end에서의 slot line의 폭을 나타낸다. 세번째 고려하여야 할 사항은 요구하는 안테나의 유전체 기판의 두께이다. 이 유전체 기판의 두께는 effective dielectric thickness(t_{eff})에 의해 결정된다. 두께가 커질수록 안테나 gain도 증가한다.[7]

$$\frac{t_{eff}}{\lambda_0} = (\sqrt{\epsilon_r} - 1)(d/\lambda_0) \quad (6)$$

여기에서 ϵ_r 은 유전체 기판의 유전율을 나타낸다.

(4), (5), (6)에 의해 각각의 factor들이 결정되었다. 이외에 결정되어야 할 factor들로는 Strip-Line의 폭 결정이 있다. Strip-Line의 폭은 일반적인 Microstrip patch antenna의 50 Ohm matching 기법을 사용하여 구했다. 전 세계적으로 아직까지 Linear Tapered Slot Antenna의 이론적인 부분이 완벽하게 정립되지 않은 상태이므로, feed end에서의 slot line의 폭(W_s)과 tapered slot 부분에 추가된 사다리꼴 패치 등의 폭이라든가 길이들은 수치해석과 시뮬레이션을 통하여 요구되는 주파수 대역에서의 VSWR 등을 만족시키는 값을 설정하여 제작하였다. 비로서 요구하는 안테나의 모든 사양이 결정되게 된다.

무선통신용 송수신 아이솔레이션 디텍터에 사용되는 안테나는 Cellular, PCS, IMT-2000의 주파수 영역에 모두 사용할 수 있어야 하기 때문에, 주파수 대역 800MHz ~ 900MHz, 1.7GHz ~ 2.2GHz 에서 구현하며, 또한 2:1 이하의 VSWR특성을 가져야 한다. 또한 안테나의 Gain은 3dBi 이상을 가져야 하고, HPBW는 120 DEG MAX를 가져야 한다. 표 1에서 요구되어지는 안테나 사양을 나타내었다.

표 1. 요구되어지는 패치 안테나의 사양

구분	사양
Frequency Range	800 ~ 900 MHz 1.7GHz ~2.5GHz
VSWR	2:1
Gain	3dBi Min
HPBW	120 DEG MAX

IV. 수치해석 결과 및 실험 결과

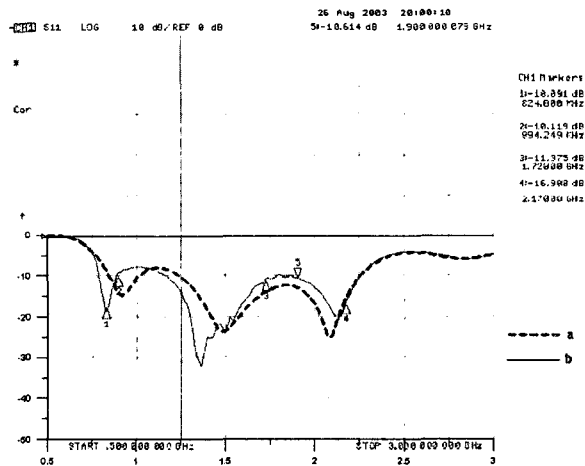
전형적인 Linear Tapered Slot 안테나에 추가된 Patch의 여러 가지 파라미터의 시뮬레이션과 수치해석을 통해 설계된 공진주파수의 반사계수 특성이 원하는 주파수 대역을 만족하는 안테나의 물리적인 크기는 표 2에 주어진 바와 같다.

표 2. 그림 1에서 주어진 구조의 크기

항목	[mm]
L	140
L_{ss}	19
L_{se}	31
W	59
d	1.575
W_{ss}	2
e	15
L_p	38
W_s	36
W_e	48

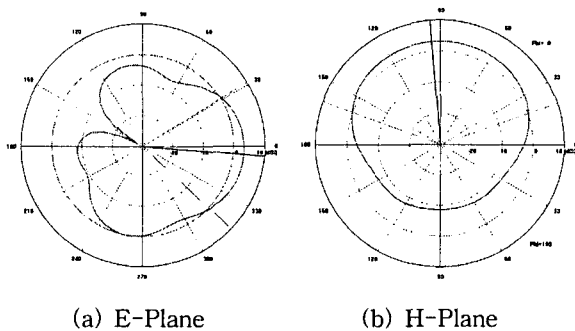
그림 2는 표 2에서 주어진 크기로 Patch가 추가된 Linear Tapered Slot Antenna를 수치해석한 결과와 직접 제작하여 만든 안테나를 가지고 반사계수를 측정한 결과를 나타낸 것이다. VSWR이 2일때의 S₁₁값은 약 9.8[dB]이므로, 그림 2에서 보면 요구하는 주파수 대역(800MHz ~ 900MHz, 1.7GHz ~ 2.2GHz)에 대해 주파수 특성이 만족함을 알 수 있다. 그림 2에서 보면 2GHz 대역에서 측정된 반사계수 값은 수치해석을 통해 얻어낸 값보다 좋은 결과를 얻어내지 못하고 있는데, 그것은 수치해석시에 Yee 셀이 완벽하게 Linear Tapered Slot 안테나 구조를

표현하지 못했고, 실제 제작 시 윗면의 Slot line 부분과 뒷면의 feed line의 위치가 약간 어긋나서 생겨진 오차 때문으로 보여진다. 이 결과가 수치해석과 완벽하게 일치하지는 않지만 거의 동일하고, 주파수 특성을 살펴보게 되면 광대역 안테나의 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다.

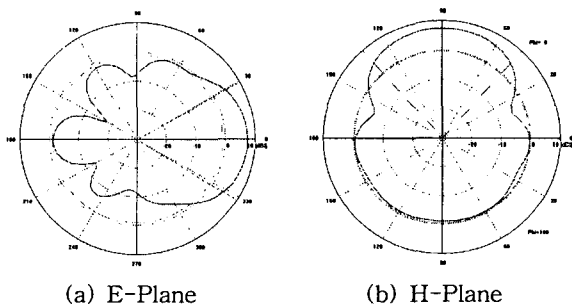


a. 수치해석에 의한 반사계수 b. 실험에 의한 반사계수
 그림 2. 수치해석과 실험에 의한 반사계수 비교

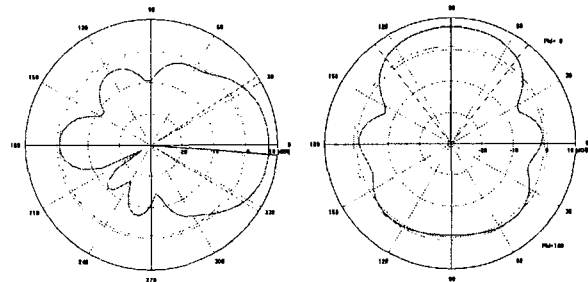
그림 3~5에서 보는바와 같이 HPBW역시 기준인 120deg이하를 가지고, 안테나 Gain 역시 3~7[dB]정도의 복사패턴 특성을 가진다.



(a) E-Plane (b) H-Plane
 그림 3. 설계된 안테나의 복사패턴 특성 (0.85GHz)



(a) E-Plane (b) H-Plane
 그림 4. 설계된 안테나의 복사패턴 특성 (1.8GHz)



(a) E-Plane (b) H-Plane
 그림 5. 설계된 안테나의 복사패턴 특성 (2GHz)

V. 결 론

본 논문에서는 주파수 선택형 고감도 평균전력디텍터에 내장/외장검용으로 사용할 수 있는 광대역 안테나로서 시간영역 유한차분법을 사용하여 공진주파수가 원하는 주파수 대역에서 반사계수 특성을 -10[dB]이하로 가지게 하기 위해 전형적인 Linear Tapered Slot 안테나에 Patch를 추가하였다. 이렇게 설계된 안테나는 800MHz ~ 900MHz, 1.7GHz ~ 2.1GHz 범위(Cellular, PCS, IMT-2000)의 주파수 대역에서 반사계수가 -10[dB] 이하인 주파수 특성을 가지고, HPBW가 120deg 이하를 가진다.

설계된 안테나는 요구하는 사양을 비교적 만족하며, Field Strength Analyzer와 무선통신용 송수신 아이솔레이션 시뮬레이션 주파수 송신기, 광대역수신기, 주파수선택형 평균전력디텍터에 개발한 안테나를 채용하여 이를 하나의 시스템으로 구성한 안테나 내장/외장검용 무선통신용 송수신 아이솔레이션 디텍터로 사용할 수 있을 것으로 본다.

참고 문헌

[1] K. S. Yee, "Numerical Solution of Initial Boundary Value Problem Involving Maxwell's Equations in Isotropic Media," *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 14, 1966, pp. 302-307

- [2] G. Mur, "Absorbing voundary conditions for the finite-differnce approximation of the time- domain dldctromagnetic filed equation," *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. 23, 1981, pp. 377-382
- [3] Taflove, "Computational Electrodynamics the Finite-Difference Time-Domain Method," Artech House Inc., 2000
- [4] J. P. Berenger, "A Perfectly Matched Layer for the Absorption of Electromagnetic Waves," *J. Computational Physics*, vol. 114, Oct., 1994, pp. 185-200
- [5] R. Garg, P. Bhartia, *Microstrip Antenna Design Handbook* , Artech House, MA, 2001
- [6] John D. Kraus, *Antennas*, McGraw-Hill, Singapore, 1988
- [7] Richard C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, U.S.A., 1993