

2.4GHz Plane Antenna 제작 및 측정

김 종 성, 최 경, 임진섭, 천 창 율*
 강원대학교 전자공학과, *서울시립대학교 전자전기정보통신공학부

Implementation and measurement of 2.4GHz Plane Antenna

Jongsung Kim, Kyung Choi, Jinseop Eom, Changyul Cheon*
 Dept. of Electronics Eng, Kangwon national University
 *Dept. of E. E. and Computer Eng, University of Seoul

Abstract - An Inverted-F antenna for the 2.4 GHz application is designed and implemented. The antenna is implemented on the PCB board and installed in a vertical position. The 10dB characteristics are 2.4 to 2.48GHz in bandwidth which satisfies the bluetooth requirement and the whole impedance is matched. The feed-line on the PCB board is also calculated and implemented. And the measuring system is installed at the KITi in Kangwon Nat'l Univ. and applied to measure the antenna characteristics. The measured values show that this antenna is suitable for the commercial applications.

1. 서 론

2.4GHz 주파수대역은 특정소출력무선국으로 사용할 수 있는 대역으로 무선 LAN, Bluetooth 등에서 사용되고 있다. 특히 요즘 차세대 근거리 통신방식으로 각광받고 있는 Bluetooth는 2.400~2.4835GHz 주파수 대역에서 주파수 hopping 스펙트럼 확산(FH-SS) 방식을 이용하므로 (1)실장조건에 따라 중심주파수가 다소 변동되더라도 적어도 80MHz의 bandwidth를 가질 수 있도록 충분히 광대역이어야 하고, (2) 소형으로 내장 가능하여야 하며, (3)지향성이 적으며, (4) 저가이어야 한다. 이 요구사항에 대해 Inverted-F antenna는 훌륭한 해법을 제시해 주고 있는데, 높이가 낮으면서도 좋은 방사특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 일반 프린트 기판에 인쇄된 Inverted-F Antenna를 설계/제작하고 직접취부하여 그 방사특성을 분석하였다.

안테나 설계에는 feed-line 설계 및 impedance matching 방안등이 수반되며 강원대학교 정보통신연구소에 설치된 초고주파 실험설비를 이용하여 실제 방사특성을 측정하였다.

2. 본 론

2-1.Feed Line

안테나의 구현에 앞서 먼저 전송선로를 고려해야 한다. 안테나는 기본적으로 소스에서 전송선로를 통해 파워가

전달이 되고 부하역할을 하는 안테나가 최종단에 부착된다. 이때 전송선로는 소스 측 임피던스 및 안테나 임피던스와 정합(matching)되어 반사파에 의한 전송효율 저하가 없도록 설계되어야 하며 감쇄율이 충분히 작아야 한다. 전송선로는 3가지의 형태를 고려할 수 있는데, Coaxial cable, Strip-line, Waveguide를 주로 사용한다. Coaxial cable 형태는 넓은 주파수 대역폭을 가지며 또한 작은 크기이기 때문에 우수한 선로이나, 감쇄가 심하고 적은 파워를 전달한다. Waveguide형태는 감쇄가 적고 높은 파워를 전달할 수 있는 성격이 있지만 주파수 대역이 좁고 사이즈가 큰 것이 단점이다. 그리고 Microstrip line형태는 PCB 상에서 구현이 쉬운 반면, Coaxial cable처럼 높은 감쇄를 나타내며 적은 파워를 전송할 경우에 사용되는 데, 여기서 고려하는 무선 LAN이나 블루투스용으로는 당연히 Microstrip line의 형태를 취할 수밖에 없을 것이다.

전송선로에 인가된 고주파가 모두 안테나에 전송되기 위해서는 입력단에서 반사율 $\Gamma=0$ 이 되어야한다. 이것은 바로 $Z_{in} = Z_1$ 을 의미하고, 또한 이 조건에 의해서 전송선로의 임피던스가 결정되어진다. (그림 1)

식(1)에서 입력 임피던스 Z_{in} 을 나타내었다. 전송선로 길이를 $\lambda/4$ 로 정하면 식(1)은 식(2)로 간단하게 표현된다.

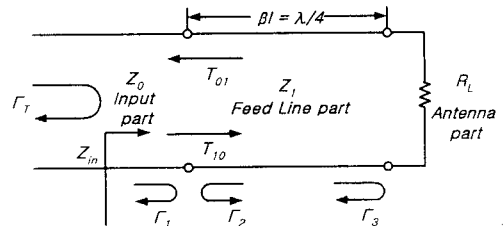


그림 1. 전송선로와 안테나와의 임피던스 매칭

그리고 이때의 Z_0 와 Z_1 그리고 R_L 사이에서의 반사파와 투과파와의 관계($T_{10}, T_{01}, \Gamma_T, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$)를 나타낸 것이 식(3)이다. 여기서 전송선로의 길이를 $\lambda/4$ 로 하고 안테나 및 전송선로의 임피던스를 조절해 주면 반사파를 0으로 만들 수 있음을 알 수 있다.

그러므로 전송선로의 길이는 $\lambda/4$ 로 고정하고, 선로 및 안테나의 임피던스는 관례상 소스부의 임피던스인 50Ω

로 맞춰준다. 전송선로의 임피던스의 계산은 HP의 AppCAD 툴을 사용하여 전송선로의 특성임피던스를 설계하였다.

$$Z_{in} = Z_1 \frac{R_L + jZ_1 \tan \beta L}{Z_1 + jR_L \tan \beta L} \quad \text{--- 식 (1)}$$

$$Z_1 = \sqrt{R_L \times Z_0} \quad \text{--- 식 (2)}$$

$$\Gamma_T = \frac{Z_1^2 - Z_0 R_L}{Z_0 Z_1 + R_L Z_1} \quad \text{--- 식 (3)}$$

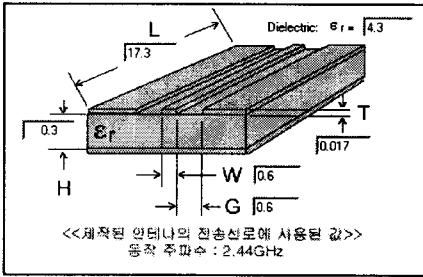


그림 2. 설계된 전송선로의 규격 (50Ω)

Impedance Matching을 위한 전송선로의 설계.

- ①형태 : Coplanar Waveguide
- 50Ω으로 허수부가 없게 설계.
- 5층기판의 PCB로 Layout 설계.
- 고려사항 및 설계 parameter.

	설 명	설계값
W	Feed line의 폭	0.6mm
T	기판의 동박의 두께	0.017mm
G	Feed line과 Gnd의 사이의 폭	0.6mm
H	기판의 두께	0.3mm
ε	기판의 유전율	4.3 εr
L	기판의 길이(λ/4)	17.3mm

표 1. 전송선로 설계수치

2.2 Antenna

안테나의 가장 일반적인 형태는 다이폴 안테나이다. 사용하는 주파수의 반파장 길이로 사용하는 안테나이지만, 접지면 위에 설치한 경우 1/4 파장 길이(3.125cm at 2.4 GHz)를 사용한다. 이것은 일반적으로 보기에 작은 안테나이지만 휴대장치 안에 들어간다는 것을 생각해 보면 높은 길이이다. 이것을 줄이기 위하여 고려하는 것이 Inverted-L 형태이고, 이것을 수정한 것이 Inverted-F 안테나이다.

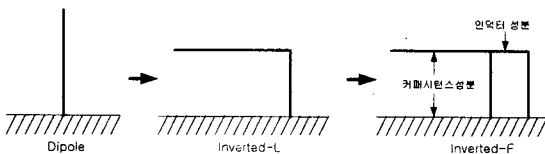


그림 3. 안테나의 수정되는 형태

Inverted-F 안테나는 기본적인 다이폴 안테나에 Inverted-L의 형태로 되면서 다이폴 안테나에 Top loading이 되게 되고 그것에 의하여 안테나와의 커패시턴스 성분이 생기게 된다. 이 임피던스를 실수로 만들기 위하여 Inverted-L 안테나에 Base loading을 하여 임피던스를 실수로 만들어 준 형태가 Inverted-F 안테나이다.

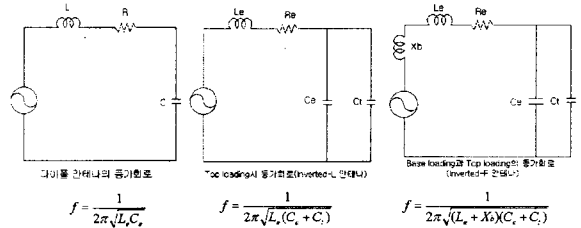


그림 4. 안테나의 등가회로 및 공진주파수

그림 4는 각각의 경우에서의 등가회로와 그 때의 공진주파수를 나타낸 것이다. 안테나의 설계는 위 특성을 고려해서 실험을 통하여 설계하였으며, 측정된 특성은 다음과 같다.

	주파수 대역폭	공진주파수	10dB이하의 주파수 대역폭
S11	80MHz	2.448GHz, 2.192GHz	2.41GHz ~ 2.49GHz

표 2. 제작된 Inverted-F안테나 특성

2.3 특성 비교

실험에 사용 된 안테나의 특성 비교

1. Inverted-L Antenna

①S11 Value

- Bandwidth — 약 60MHz
- Antenna Resonant Freq. — 2.448GHz
- 10dB이하까지의 Freq. Range : 2.42GHz ~ 2.48GHz

②Smith chart

- Freq range에서의 Impedance value
- 2.42GHz — 94 + j 13Ω
- 2.44GHz — 51 + j 2Ω
- 2.48GHz — 31 + j 21Ω

2. Inverted-F Antenna

①S11 Value

- Bandwidth — 약 80MHz
- Antenna Resonant Frequency - 2.448GHz, 2.192GHz (2 point)
- 10dB 이하까지의 Freq. range : 2.41GHz ~ 2.49GHz

②Smith chart

- Frequency range.에서의 Impedance value
- 2.41GHz — 27 - j 2Ω
- 2.44GHz — 52 + j 10Ω
- 2.49GHz — 104 - j 13Ω

2.4 Inverted-F와 Inverted-L의 방사특성측정.

제작된 안테나의 방사특성이 그림 5와 같이 나타났다. 그리고 각각의 그림에 대한 Isotropic특성과 Inverted-F와 Inverted-L과의 상대적인 Gain 비교결과를 표-3에 나타내었다.

	isotropic특성	Gain비교
E-plane	IF-ant > IL-ant	IF-ant > IL-ant
H-plane	IF-ant > IL-ant	IF-ant > IL-ant

표-3. Inverted-F와 L과의 성능비교

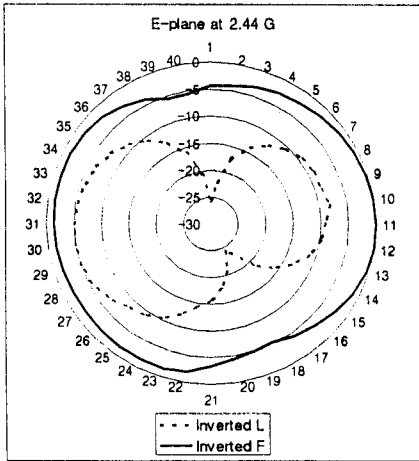


그림.5-1 Inverted-F와 L의 방사특성비교(E-plane)

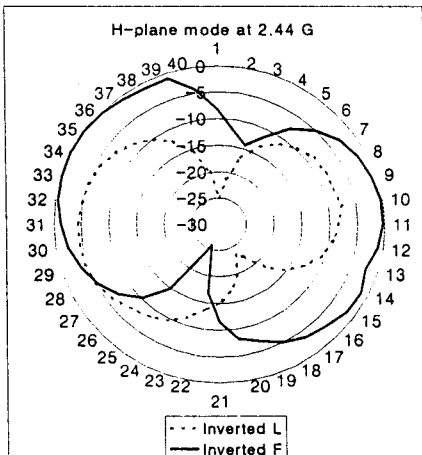


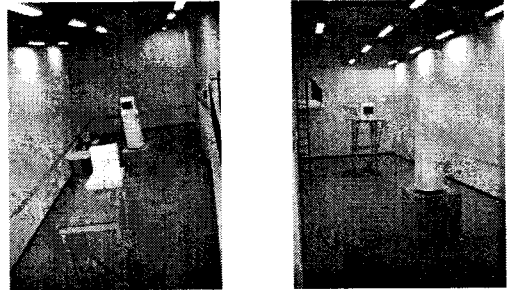
그림.5-2 Inverted-F와 L의 방사특성비교(H-plane)

표-3에서 볼 수 있듯이 Inverted-F 안테나가 더 좋은 특성을 나타내는 것을 볼 수가 있다. 또한 Inverted-L 안테나는 Null E-plane이나 H-plane의 방사특성 둘 다 Null지점이 나타나고 있다. 이것은 블루투스 안테나의 Isotropic특성에 대해 반하는 특성일수도 있다. 그리고

Inverted-F와의 상대적 Gain차이도 7dB정도가 나오는 것을 볼 수 있다.

2-4.안테나 측정설비

그림 6에 본 실험에 사용한 안테나 측정실의 전경이 나타나 있다. 2개의 standard Horn Antenna 및 Network analyzer, Spectrum analyzer, Rotating Table과 제어/관리용 PC로 구성되어 있다. 실내에 측정장을 구현함으로써 발생하는 반사파는 측정장이 충분한 공간을 가지므로 Time-gating 기법으로 제거하였다. 기존 데이터와 측정값을 비교한 결과 GHz 대역의 측정에는 무리없이 사용할 수 있음을 확인 하였다.



송수신 구조물 .1(송신측) 송수신 구조물 .2(수신측)

그림. 6 고층 측정장(elevated range)

3. 결 론

본 연구에서는 일반 프린트 기판에 인쇄된 Inverted-F Antenna를 설계/제작하고 직립취부하여 그 방사특성을 분석하였다. 안테나 취부를 위한 feed-line 설계 및 impedance matching 방법을 소개하였으며 제작된 안테나는 강원대학교 정보통신연구소에 설치된 초고주파 실험설비를 이용하여 실제 방사특성을 실험하였다. 실험 결과에서 본 안테나는 실제 적용에서 충분한 성능을 나타낼 수 있었다. 또한 Inverted-L보다는 Inverted-F가 더 좋은 특성의 안테나라는 것을 알 수가 있었다.

[참고문헌]

- [1] David M.Pozar."Microwave Engineering", 2nd ed. pp. 83~87. 1998
- [2] The HFSS manual, Ansoft.
- [3] The AppCAD manual, Hewlett-Packard
- [4] Robert E.Collin."Foundation for Microwave Engineering". 1st ed. pp. 175~180
- [5] Warren L.Stutzman."Antenna Theory and Design". 2nd ed. pp. 488~509.2000
- [6] Constantine A.Balanis."Antenna Theory", 2nd ed. pp. 839~891.1982