

위성 DMB용 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

안재성[○] · 서유정 · 하덕호

부경대학교 정보통신공학과

Design and Implementation of A Microstrip Antenna for Satellite-DMB

Je-sung Ahn[○] · Yu-Jung Seo · Deock-ho Ha

Department of Telecommunication Engineering, Pukyong National University

E-mail : skyssal@nate.com

요약

본 논문에서는 2.65GHz 위성 DMB 대역의 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하고 이 특성을 바탕으로 단말기에 응용가능한 안테나를 설계하고 제작하였다. 2.65GHz 위성 DMB 대역의 마이크로스트립 안테나를 CST MicroWave Studio 프로그램으로 설계하고 시뮬레이션 특성을 기술하였다. 그리고 마이크로스트립 안테나를 이용하여 단말기에 이용될 수 있게 안테나를 설계·제작하였으며 실제 제작된 안테나의 성능을 측정하였다. 그 결과, 실제 상용화 되고 있는 안테나와 비슷한 성능이 나타났고 안테나가 이용될 수 있는 대역도 광대역의 특성을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a microstrip antenna with sufficient impedance bandwidths and gains for the 2.65GHz antenna which used in the satellite digital multimedia broadcasting. The proposed 2.65GHz S-DMB bandwidth microstrip antenna on a substrate, which is small enough to be installed in practical mobile phones, and described simulation feature using by CST MicroWave Studio program. The measured result is similar with commercial antenna and acceptable frequency band is found that more wide than the existing products.

키워드

마이크로스트립 안테나, DMB bandwidth, CST MicroWave Studio, 방사패턴

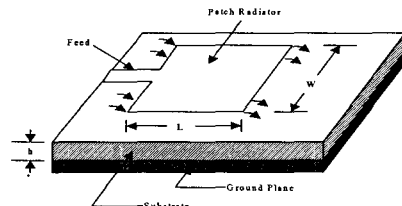
I. 서론

최근 국내외에서 연구되고 있는 위성 DMB (S-DMB : Satellite Digital Multimedia Broadcasting)는 차량용 DMB, PMP, 노트북, 휴대폰과 같은 소형 단말기를 이용하여 고품질의 대용량 콘텐츠를 언제 어디서나 제공받을 수 있는 휴대용 멀티미디어 방송서비스이다. 하지만 이동무선통신 시스템의 소형화를 위하여 안테나의 소형화, 경량화의 요구가 커지고 있지만 안테나의 크기가 파장에 기인되는 특성으로 소형화에 어려움이 있다.[1-3].

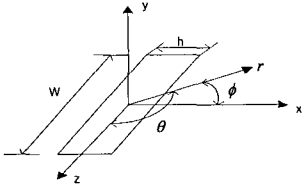
본 논문에서는 이러한 점을 극복하기 위하여 안테나의 유전체의 비유전율을 높이고 대역폭 확보 및 성능향상을 위한 방법으로 마이크로스트립 패치 안테나를 이용하여 2.65GHz 위성 DMB 대역의 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하고 이 특성을 바탕으로 단말기에 응용가능한 안테나를 설계·제작하여 성능을 분석하였다.

II. 마이크로스트립 안테나

마이크로스트립 방사체는 1953년에 Deschamps에 의해 제안되었고, 1974년 Munson에 의해 실제 미사일에 장착할 수 있는 안테나가 제작된 이래 지금까지 마이크로스트립 안테나에 대한 관심이 다양한 방법으로 증폭되고 있다[4].



(a) 마이크로스트립 안테나의 모양



(b) 마이크로스트립 안테나의 기하학적 구성
[그림 1] 마이크로스트립 안테나의 구성

[그림 1](a)는 일반적인 구형 패치를 이용한 마이크로스트립 안테나의 모양이다. 전자계는 패치의 길이(L)에 따라 변화하고 [그림 1](a)에서 알 수 있듯이 마이크로스트립 안테나의 방사체는 패치의 길이 ($L \approx 1/2 \lambda$) 방향의 양끝인 패치의 가장자리와 접지판 사이에서 개구 방사되는(Radiation edge) 두 개의 슬롯이며, 슬롯간 자기전류의 상호결합(\overline{M})을 갖는 자체 다이폴로 표현되며 식 (1)과 같다.

$$\overline{M} = \hat{z} 2E_x = \hat{z} 2V_0/h \quad (1)$$

여기서, V_0 는 슬롯 양단의 전압이다. [그림 1](b)와 같이 한 개의 슬롯에서 거리 r 인 지점의 원거리 전계(Far Field)는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_\phi = -j2V_0Wk_0 \frac{e^{-jk_0r}}{4\pi r} F(\theta, \phi)$$

$$E_\theta = 0 \quad (2)$$

여기서, $F(\theta, \phi)$ 는 식(3)과 같다.

$$F(\theta, \phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0h}{2} \sin\theta \cos\phi\right)}{\frac{k_0h}{2} \sin\theta \cos\phi} \frac{\sin\left(\frac{k_0W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0W}{2} \cos\theta} \sin\theta \quad (3)$$

그리고, $\theta = \pi/2$ 에서 E -plane 패턴은 식 (4)로 정의 될 수 있고, $\phi = \pi/2$ 에서는 H -plane 패턴은 식 (5)로 표현될 수 있다.

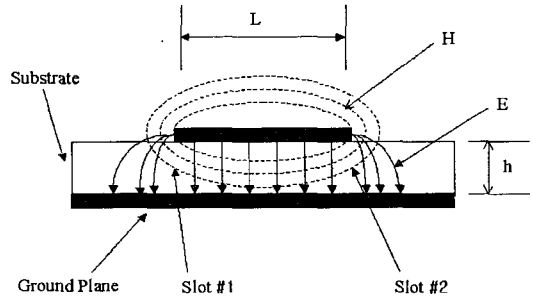
$$F(\phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0h}{2} \cos\phi\right)}{\frac{k_0h}{2} \cos\phi} \quad (4)$$

$$F(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{k_0W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0W}{2} \cos\theta} \sin\theta \quad (5)$$

또한, 거리 L 만큼 떨어진 두 슬롯에서 방사된 E -plane 방사 패턴은 식(6)과 같다. 반면 H -plane 패턴은 거리 L에 무관하므로 식 (5)로 된다.

$$F_r(\phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0h \cos\phi}{2}\right)}{\frac{k_0h \cos\phi}{2}} \cos\left(\frac{k_0L}{2} \cos\phi\right) \quad (6)$$

따라서, 마이크로스트립 안테나의 방사체는 슬롯 전압의 함수로 가정하여 유도되며 각 슬롯은 복소어드미턴스를 갖는다. [그림 2]는 두 개의 방사체를 갖는 마이크로스트립 안테나의 E-plane과 H-plane 방사 패턴이다.



[그림 2] 마이크로스트립 기판의 전자계분포

III. 단일 급전 안테나 설계

마이크로스트립 안테나를 설계하는 방법은 회로의 요구조건을 결정하고 설계한 후 시뮬레이션 결과를 통해 적합성 여부를 결정한다. 하지만, 설계의 결과 값이 요구사항에 맞지 않으면 가장 적절한 결과 값이 얻어질 때까지 튜닝을 해서 설계한다. 급전부는 임피던스 정합을 통해 손실을 최소화하여 최대 전력 전달될 수 있도록 하는 것이 최대 목적이다. 급전방식은 방사소자에 마이크로스트립 선로를 직접 결합하는 직접급전방식, 기판의 뒷면에서 동축 선로를 직접 연결하는 프루브 급전, 접지 면의 개구를 통해 결합하는 개구결합 급전방식 등이 있다. 본 논문에서는 직접급전방식을 이용하였고, 중심주파수 2.65 GHz로 하는 일반 패치안테나와 단말기용 안테나를 설계한다. Windows XP 환경에 적합한 CST MicroWave Studio 4.0을 이용하여 설계하였다.

마이크로스트립 안테나 설계에 사용되는 기판 유전율은 보통 2.2~12 이며 일반적으로 유전체의 높이 h가 두껍고 유전율이 낮을수록 방사효율이 더 좋고 대역폭이 넓어진다.

안테나를 설계할 때 첫 번째 단계는 적당한 기판을 선택하는 것인데, 기판의 물질에는 구리, 알루미늄, 금 등 다양한 종류가 있다. 본 논문에서 안테나를 제작하기 위해 사용된 기판의 규격은 표 1과 같다.

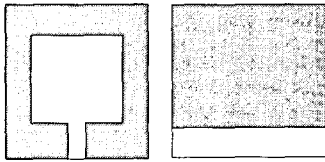
표 1. 기판의 제원

	Specification
Metal thickness	0.034mm(1 oz. copper)
Substrate thickness	1.6 mm
Dielectric constant	2.5
Loss tangent	0.0009

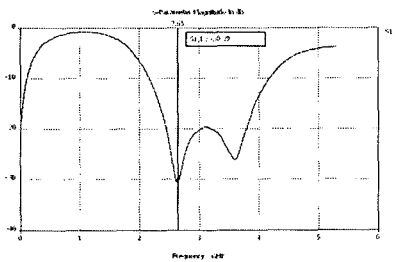
3-1. 설계된 패치안테나와 특성

설계된 안테나는 [그림 3]에서와 같이 사각형 패치의 길이가 28.00mm * 32.00mm 이고 port 연결을 위한 패치는 6.00mm * 12.00mm이다. [그림 3](a) 정면, (b)는 후면을 나타낸다.

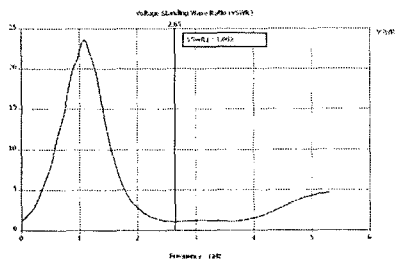
[그림 4]는 패치안테나의 S11, 정재파비(VSWR) 그리고 방사패턴을 보여준다. 중심주파수 2.65GHz에서 [그림 4](a)S11은 -30.39dB의 값을 가지며, [그림 4](b)VSWR은 1.062로 나타났다. 일반적으로 S11이 -10dB 이하일 때 특성이 양호하다고 판단하고 VSWR은 1에 가까울수록 특성이 양호하다고 판단하므로 시뮬레이션 결과치가 대단히 만족스럽게 나타났다. [그림 4](c)는 패치안테나의 3D 방사패턴을 보여준다.



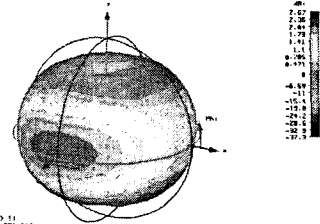
(a) 정면 (b) 후면
[그림 3] 패치 안테나의 설계모양



(a) 패치 안테나의 S11 특성



(b) 패치 안테나의 VSWR 특성



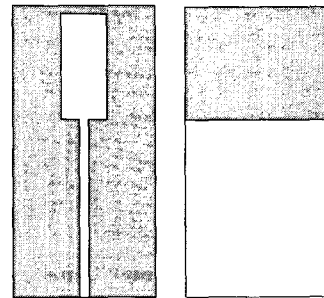
```

Type = Far Field
Approximation = Radiation (RP 2) 51
Monitor = FarField (FARFIELD) 111
Component = Abs
Default = Director
Frequency = 2.65
Max. # of Rays = 10000
Ref. offset = 1.000 dB
Dir. =
    
```

(c) 패치 안테나의 3D 방사패턴
[그림 4] 패치 안테나의 시뮬레이션 특성

3-2. 설계된 단말기용 패치안테나와 특성

설계된 단말기용 안테나는 [그림 5]에서와 같이 설계되었고 기판의 크기는 44.00mm * 90.00mm 이고 사각형 패치의 크기는 14.00mm * 32.00mm, port 연결을 위한 패치는 3.00mm * 55.00mm이다.



(a) 정면 (b) 후면
[그림 5] 단말기용 안테나의 설계모양

표 2는 2.65GHz에서 단말기용 안테나의 S11, 정재파비(VSWR)를 요약하였다.

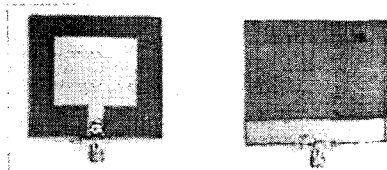
표 2. 단말기용 안테나 특성

단말기용 안테나의 특성	2,65GHz
S11	-17.05dB
VSWR	1.327

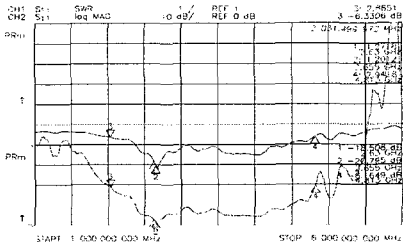
IV. 실제 제작된 안테나

4.1. 제작된 패치안테나와 특성

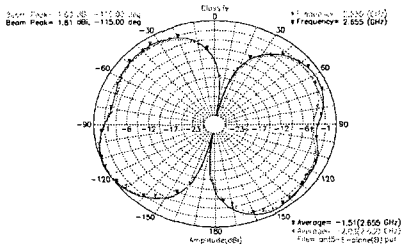
제작된 안테나는 [그림 6]과 같고 크기는 시뮬레이션 한 크기와 동일하다. [그림 6](a) 정면, (b)는 후면을 나타낸다.



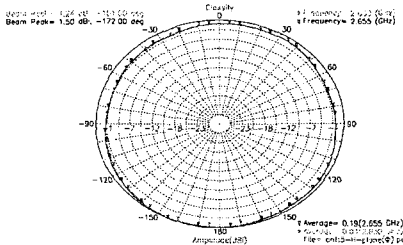
(a) 정면 (b) 후면
[그림 6] 패치 안테나의 설계모양



(a) 패치 안테나의 S11 · VSWR 특성



(b) 패치 안테나의 E영역 방사패턴



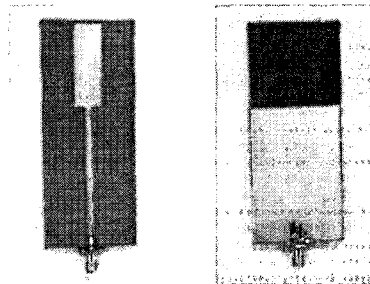
(c) 패치 안테나의 H영역 방사패턴
[그림 7] 패치 안테나의 방사패턴

본 논문에서 설계·제작한 안테나는 회로망 분석기(Network analysis)를 사용하여 반사손실을 측정하였고, 측정결과를 [그림 7]에 보여주고 있다. [그림 7(a)]는 패치안테나의 반사손실을 측정한 결과로서 VSWR이 3이하가 되는 지점의 주파수 범위를 보면 2.034GHz에서 4.813GHz까지를 나타낸다. 이것은 안테나가 사용될 수 있는 주파수의 범위가 약 2.779GHz로 광대역의 특성을 보여준다. 위성 DMB 주파수 2.63 ~ 2.655GHz에서 S11은 약 -18dB로 위성 DMB 대역에서도 안테나의 특성이 양호한 것으로 나타난다. [그림 7]의 (b)E영역의 방사패턴과 (c)H영역의 방사패턴은 각각 위성 DMB

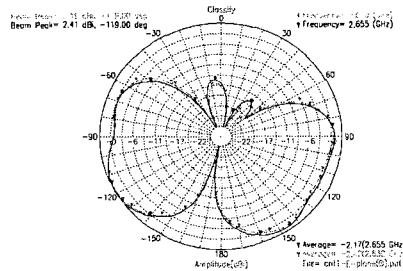
대역에서의 방사패턴을 나타낸다. (b)에서 2.63GHz에서는 1.6dBi, 2.655GHz에서는 1.8dBi로 나타났고, (c)에서 2.63GHz는 1.24dBi, 2.655GHz에서는 1.5dBi로 나타났다.

4-2. 제작된 단말기용 안테나와 특성

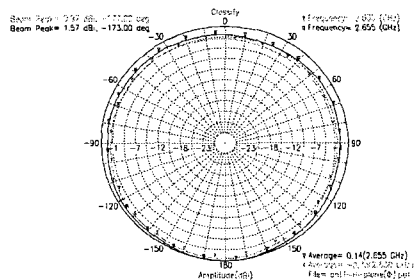
제작된 단말기용 안테나는 [그림 8]에서와 같이 기판의 크기는 44.00mm * 90.00mm 이고 사각형 패치의 크기는 14.00mm * 32.00mm, port 연결을 위한 패치는 3.00mm * 55.00mm이다. [그림 8](a) 정면, (b)는 후면을 나타낸다.



(a) 정면 (b) 후면
[그림 8] 패치 안테나의 설계모양



(a) 단말기용 안테나의 E영역 방사패턴



(b) 단말기용 안테나의 H영역 방사패턴
[그림 9] 단말기용 안테나의 특성

표 3. 제작된 단말기용 안테나 특성

단말기용 안테나의 특성	VSWR	S11(dB)	방사패턴
1.614 GHz	3.1648	-5.4240	
2.630 GHz	1.6472	-12.23	E : 2.19dBi H : 0.97dBi
2.655 GHz	1.6458	-12.683	E : 2.41dBi H : 1.57dBi
3.437 GHz	3.2119	-5.5016	

제작한 단말기용 안테나 측정결과를 [그림 9]과 표 3에서 보여주고 있다. 패치안테나의 반사손실을 측정한 결과로서 VSWR이 3이하의 주파수 범위를 보면 1.614GHz에서 3.437GHz까지를 나타낸다. 안테나가 사용될 수 있는 주파수의 범위가 약 1.823GHz로 광대역의 특성을 보여준다. 위성 DMB 주파수 2.630 ~ 2.655GHz에서는 약 -12dB로 위성 DMB 대역에서도 안테나의 특성이 양호한 것으로 나타난다.

V. 결론 및 추후연구사항

본 논문에서는 위성 DMB용 2.65GHz 대역의 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하고 이 특성을 바탕으로 단말기에 응용한 안테나를 시뮬레이션을 바탕으로 설계·제작하여 성능 평가를 하였다.

상용화 되고 있는 위성 DMB용 안테나에서는 2.630GHz에서 VSWR이 1.3293이며 2.655GHz에서는 1.4635의 값을 가진다. 본 논문에서 제작된 안테나의 성능을 측정된 결과 상용화 되고 있는 위성 DMB용 안테나와 비슷한 성능이 나타났다. 또한 일반적인 마이크로스트립 안테나는 협대역의 특성을 가지나 본 논문에서 제작된 안테나는 광대역의 특성을 가지고 있으며, 이것은 제작된 안테나가 위성 DMB용 안테나뿐만 아니라 ISM(2.4~2.48GHz) 대역과 2.4GHz의 무선랜 등 여러 시스템에서도 이용이 가능하다는 것을 나타낸다.

향후 본 논문에서 제작한 안테나를 이용하여 실내 무선 환경에서 전파특성과 타 시스템과의 간섭영향을 경감시키기 위한 연구를 하고자 한다.

참고 문헌

- [1] R.Garg, P.Bhartia, I.Bahl and A.Ittipiboon, Microstrip Antenna Design Handbook, Artech House, 2001.
- [2] S. Lee, J. Woo, M. Ryu and H. shin, "Corrugated circular microstrip patch antennas for miniaturisation", IEE Electronics Letter, Vol. 38, No. 6, pp. 262~263, 2002.
- [3] 김종래, 우중명, 오승엽, "전방향성 E & H면 슬릿 Folded형 마이크로스트립 패치 안테나", 한국전자과학회 논문지, Vol. 13, No 9, pp. 956~963, 2002, 10.
- [4] 이주현, "移動無線電波環境에서 다중경로 페이딩 輕減을 위한 圓編波 다이버시티시스템 製作 및 性能評價에 관한 研究", 부경대학교 박사학위졸업논문, 2003.08. 417~419, 2003.