

# 다차원 패턴기술을 이용한 광대역 마이크로스트립 안테나 설계

이호준, 박규호

전자부품연구원 무선통신연구센터

## 요약

본 논문은 Wireless LAN 주파수 대역(5725 ~ 5825 MHz)에서의 다차원패턴기술(Photonic Band Gap : PBG)을 이용한 Yagi-Uda 안테나와 결합하여 광대역 마이크로스트립 패치 안테나를 구현하였으며, PBG Cell을 이용한 안테나와 이용하지 않은 안테나를 비교 분석하였다. PBG 구조를 적용한 안테나에서의 대역폭이 약 30 MHz 정도 더 넓게 나왔으며, 안테나의 이득은 -1dB정도 더 낮게 나왔는데 이는 Ground 면에 2차원적인 PBG Cell을 적용한 효과 때문으로 분석된다.

## 1. 서론

최근 전자기파의 전파를 효과적으로 제어할 수 있는 새로운 방법, 소위 포토닉 밴드갭(photonic bandgap; PBG)구조[1]를 이용한 전자기파의 제어가 마이크로파에서 큰 관심의 대상이 되고 있다. 포토닉 밴드갭(PBG)은 전자기파의 전파가 허용되지 않는 특정 주파수 영역을 뜻한다. PBG 구조는 광학 분야[광자결정(Photonic Crystal)]에서 처음으로 1987년 Yablonovitch와 John이 각각 독자적으로 빛에 대해서도 동일한 띠틈 개념이 적용될 수 있다고 발표[1][2]함으로써 알려지게 되었으며, 현재는 마이크로파 분야에까지 그 활용 분야가 증가하고 있다. 마이크로파 분야에서의 응용은 안테나에서 전력 이득 향상[3]과 Beam Pattern 개선[4] 등을 목적으로 이용하거나, 낮은 손실을 가지면 구조를 최소화시키기 위한 slow-wave 마이크로스트립 구조[5], 넓은 주파수 대역에서 power added efficiency를 개선시키기 위한 전력증폭기[6], 그리고 광대역이나 결함모드(defect-mode)를 이용한 역파기[7], 등으로 활용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 마이크로 스트립 선로에 PBG 구조를 구현하는 방법으로는 마이크로 스트립 선로 주위의 유전체 기판에 구멍을 뚫는 방법[8], 마이크로 스트립 선로의 접지면을 2차원적으로 식각하는 방법[9], 마이크로 스트립 선로 자체에 변화를 주는 방법[10], 마이크로 스트립 선로 자체 및 접지면 모두에 변화를 주는 방법[11] 등이 있다.

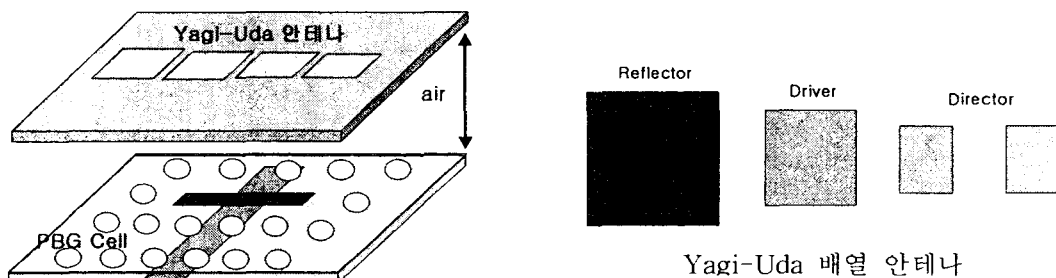


그림 1. 안테나 구조

## 2. 안테나 구조 및 특성

본 논문에서는 마이크로스트립 선로의 접지면(Ground)에 2차원적으로 식각한 PBG Cell을 적용하였고, 안테나의 급전방식으로는 Aperture-coupled 마이크로스트립 구조를 적용한 Yagi-Uda 안테나를 제작하였다. Yagi-Uda 안테나와 Aperture-coupled 급전방식에 대해 간략히 살펴보면, 그림1과 같은 이 안테나는 1920년대 초에 Uda와 Yagi에 의해 완성된 Yagi-Uda안테나로 주로 가정용 TV 안테나로 일반 대중에게 널리 알려져 사용되고 있으며, 하나는 급전 전송선로에 의해 직접 에너지를 공급받는 반면에, 다른 것 들은 상호 결합에 의해 전류가 유기되는 기생 방사체로서 작동한다. Yagi-Uda 배열 안테나는 무게가 가볍고, 만들기 쉽고, 적은 비용 그리고 많은 응용에 있어 비교적 원하는 특성을 제공해 주기 때문에 많이 사용하고 있지만, 적은 수의 소자를 사용한 (5-6개) 설계는 간단하지만, 높은 지향성을 갖도록 하기 위해 많은 수의 소자를 사용한다면 그 설계는 아주 엄격해 진다. Yagi-Uda 배열 안테나의 특성을 3가지로 분류해보면 반사기 간격과 크기는 전방 이득에는 영향을 미치지 않으며, 후방 이득(전후방 비율)과 입력 임피던스에 큰 영향을 미치며, 이들은 이득에 크게 영향을 미치지 않고 안테나 파라미터를 최적화하고 제어하는데 사용될 수 있다. 급전기 길이와 반경은 전방 이득에는 영향을 작게 미치지만, 후방 이득과 입력 임피던스에는 큰 영향을 미친다. 도파기의 크기와 간격은 전방 이득, 후방 이득, 입력 임피던스에 큰 영향을 미치며, 배열 안테나의 가장 중요한 요소로 여겨진다. Aperture-coupled 마이크로스트립 안테나의 급전방식은 접지면을 기준으로 하층의 유전체에 마이크로스트립 급전선로가 있으며, 접지면에 있는 작은 Aperture를 통하여 전자기적으로 상층의 유전체에 있는 방사소자와 결합시켜 안테나를 급전한다. 이러한 급전 방식은 접지면에 의해 방사소자와 급전선로가 서로 격리되어 있기 때문에 방사소자와 급전선로의 독립적인 설계가 가능하며 방사소자가 위치한 곳에 사용되는 유전체는 유전율이 낮고 두께가 두꺼운 유전체를 사용하여 안테나의 방사효율과 대역폭특성을 개선시킬 수 있다. 본 논문에서는 이러한 두가지 특성을 결합하여 Aperture-coupled 급전방식을 취한 마이크로스트립 라인에 Yagi-Uda 안테나를 제작하였으면, PBG Cell은 접지면에 2차원적으로 식각하여 안테나를 구현하였다.

## 3. 설계 제작과 측정

안테나의 설계 및 시뮬레이션은 Ansoft사의 Ensemble Tool을 이용하였으며, 기판의 재질은 유전율 10.2, 두께 50mil(1.27mm)의 테프론 기판을 사용하여 안테나를 설계 제작하였다. 먼저 급전방식에서 Aperture는 안테나의 사용주파수 대역에서 공진이 일어나지 않도록 적절한 크기를 가져야 한다. 만일 Aperture에 의해 공진이 일어나게 되면 방사소자의 공진과 더불어 또 다른 공진이 일어나게 되어 임피던스 대역폭을 늘일수 있지만 Aperture에 의한 공진은 후방 방사를 일으키게 되어 방사특성을 저하시키게 된다. 적절한 Aperture의 길이와 폭은 각각  $0.1 \sim 0.2 \lambda_g$ 와  $0.01 \sim 0.02 \lambda_g$ 이며[8],  $\lambda_g$ 는 guided wavelength이다. Yagi-Uda 배열 안테나에서 기생소자들은 그 길이가 어느정도 급전소자 보다 작아야 한다. 전형적으로 구동 소자들은 길이가  $\lambda_g/2$  (보통  $0.45 \sim 0.49 \lambda_g$ ) 보다 약간 작은 길이에서 공진된다. 반면에 도파기의 길이는 약 0.4에서  $0.45 \lambda_g$  가 될 것이다. 반사기의 길이는 급전기의 길이보다 약간 더 크며 구동 소자와 반사기 사이의 간격은 구동 소자와 가장 가까이 있는 도파기 사이의 간격 보다 조금 작으며,  $0.25 \lambda_g$ 에서 거의 최적

의 상태로 된다는 것을 알 수 있다. 실제로 반사기의 주요 역할은 여기된 소자 바로 다음의 첫 번째 소자에 의해 행해지며, 만약 한 개 이상의 소자들이 반사기로 사용된다면 Yagi-Uda 안테나 성능에 별 영향을 미치지 못한다. 그러나 만약 더욱 많은 도파기가 배열 안테나에 더해진다면 상당히 개선된 성능 향상이 이루어질 수 있지만 실제로 더 많은 도파기를 추가하면, 더욱 많은 소자들에 유도되는 전류의 크기가 점차로 줄어들기 때문에 제한요인이 된다. 제작된 안테나에서의 구동 소자의 크기는  $0.45 \lambda_g$ , 반사기의 크기는  $0.5 \lambda_g$ , 구동소자와 반사기 사이의 간격은  $0.25 \lambda_g$ , 도파기의 크기는 각각  $0.35 \lambda_g$ 이며 구동소자와 도파기 사이의 간격은  $0.225 \lambda_g$ 로 하였으며 도파기 사이의 간격은  $0.3 \lambda_g$ 로 하여 각각의 안테나를 제작하였으며, 접지면과 패치 사이에 3mm의 공기층을 두어 기판의 유전율을 낮추고 두께를 증가시키는 효과를 초래하여 안테나의 전체 대역폭이 증가하도록 하였다. 제작된 안테나는 HP 8510C VNA(Vector Network Analyzer)로 그 특성을 측정하였다. 각각의 안테나에 대해 측정된 반사손실 및 Smith Chart를 그림3에서 보여주고 있다. 제작 측정한 결과 PBG Cell을 이용한 안테나의 경우 중심주파수(5775 MHz)에서 400 MHz의 대역폭과 6dB의 이득을 얻었으며, PBG Cell을 이용하지 않은 안테나에서는 중심주파수의 370 MHz의 대역폭과 7dB의 이득을 얻었다.

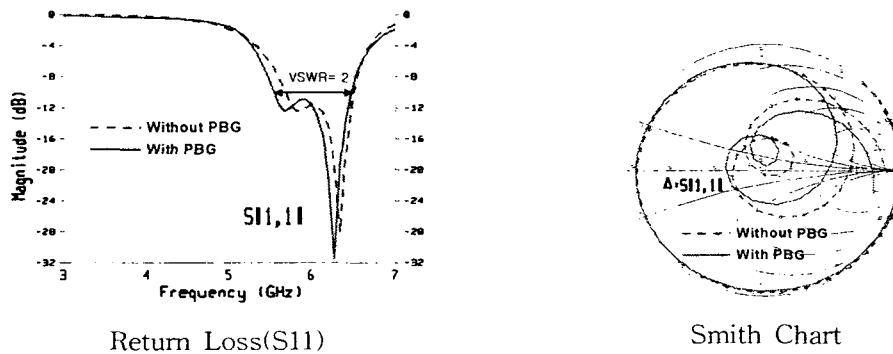
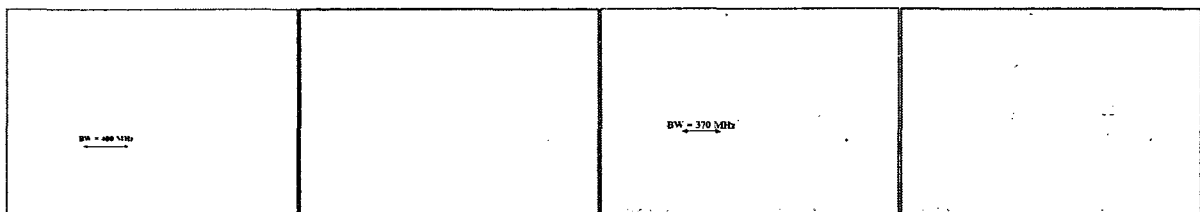


그림 2. Simulation 결과



Return Loss(S11)      Smith Chart      Return Loss(S11)      Smith Chart

그림 3. PBG Cell을 적용한 안테나(좌측)와 PBG Cell을 적용하지 않은 안테나(우측) 측정 결과

#### 4. 결론

본 논문에서는 포토닉 밴드갭(Photonic Band Gap : PBG) 구조를 이용한 안테나와 PBG 구조를 이용하지 않은 안테나를 각각 Yagi-Uda 안테나와 결합하여 무선 LAN 주파수 대역에서의 특성을 비교분석하였다. PBG 구조를 적용한 안테나에서의 대역폭이 약 30 MHz 정도 더 넓게 나왔으며,

안테나의 이득은 -1dB정도 더 낮게 나왔는데 이는 Ground 면에 2차원 PBG Cell을 적용한 효과 때문으로 분석된다.

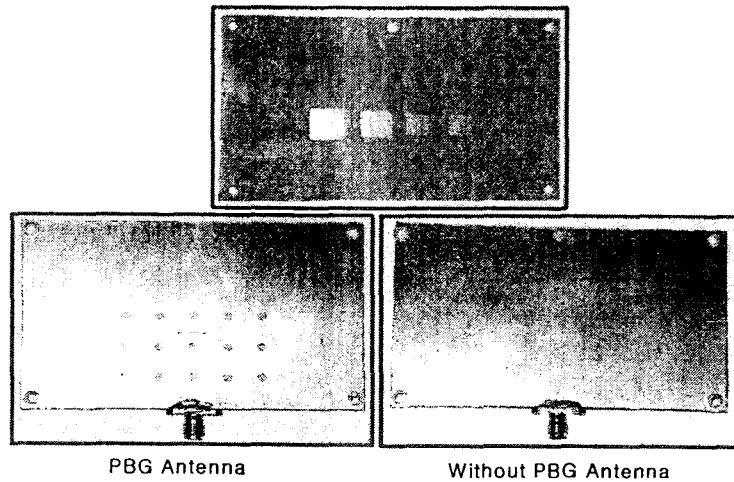


그림 4. 제작된 안테나의 비교 사진

#### [Reference]

- [1] Yablonovitch, E., 1987, Inhibited spontaneous emission in solid state physics and electronics *Phys. Rev. Lett.* **58**, 2059.
- [2] Sajeev John, 1987, "Strong Localization of Photons in Certain Disordered Dielectric Superlattices" *Phys. Rev. Lett.* **58**, 2486.
- [3] V. Radisic, Y. Qian, and T. Itoh, "Broadband power amplifier integrated with slot antenna and novel harmonic tuning structure," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 1895-1898, June, 1998.
- [4] T. J. Ellis and G. M. Rebeiz, "MM-wave tapered slot antenna on micromashed photonic bandgap dielectrics," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 1157-1160, June, 1996.
- [5] F. R. Yang, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "A novel low-loss slow-wave microstrip structure," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, Vol. 8, no. 11, pp. 372-374, Nov., 1998.
- [6] V. Radisic, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Broadband power amplifier using dielectric photonic bandgap structure," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, Vol. 8, no. 1, pp. 13-14, Jan., 1998.
- [7] S. Fan, J. N. Winn, A. Devenyi, J. C. Chen, R. D. Meade, and J. D. Joannopoulos, "Guided and defect modes in periodic waveguides," *J. Opt. Soc. Am. B.*, Vol. 12, no. 7, pp. 1267-1272, July, 1995.
- [8] Contopanagos, H., L. Zhang, and N. G. Alexopoulos, "Thin Frequency-Selective Lattices Integrated in Novel Compact MIC, MMIC, and PCA Architectures," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, Vol. MTT-46, 1998, pp. 1936-1948.
- [9] Radisic, V., et al., "Novel 2-D Photonic Bandgap Structures for Microstrip Lines," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, Vol. 8, 1998, pp. 69-71.
- [10] Qian, Y., et al., "Microstrip Patch Antenna Using Novel Photonic Bandgap Structures," *Microwave J.*, Vol. 42, Jan. 1999, pp. 66-76.
- [11] Coccioli, R., et al., "Aperture-Coupled Patch Antenna on UC-PBG Substrate," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, Vol. MTT-47, 1999, pp. 2123-2130.