

이동체 탑재에 적합한 DBS 수신용 안테나 소자 설계

이용기 *, 김성남 *, 김영식 **, 천창을 *

* 서울 시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 RF 연구실, ** Vehicle system

Design of Mobile Antenna Element for DBS

Yong Ki Lee *, Sung Nam Kim *, Young Sik Kim **, Changyul Cheon *

RF lab., School of Electronics engineering, University of Seoul, Vehicle System Co. Ltd.
yiangel@sidae.uos.ac.kr

Abstract - 이동체 탑재형 안테나는 특성상 소형화 및 신호 추적 시간 단축이 중요한 요소이다. 이러한 특성은 위상변위기를 이용한 전자적인 빔 조향 방식으로 한층 더 보완할 수 있다. 현재 이동체에서 주로 사용되고 있는 DBS(Direct Broadcasting Satellite) 수신용 안테나는 패치 및 슬롯 형태의 안테나 소자를 배열하여 사용한다. 하지만 이러한 안테나 소자는 전 방위각에 대해 인공위성 방향(양각 45도)에서 이득 손실이 있기 때문에 위상변위기를 이용한 빔 조향 방식에서 사용하기에는 문제점을 가지고 있다. 따라서 모든 방위각에 대해 양각 45도에서 최대 이득 특성을 갖는 안테나 소자를 이용해 이득 손실을 줄이는 것은 큰 의미가 있다.

본 논문에서는 monopole 주변에 PBG(Photonic Band Gap) 구조를 구현함으로써 표면파를 억제하여 양각 45도 방향에서 최대 이득 특성을 보이는 안테나 소자를 제안한다.

빔 조향 방식을 사용할 수 없게 된다.

본 논문에서는 전자적인 빔 조향 방식에 사용 가능한 안테나 소자를 제안한다. 우선 monopole 안테나를 설계하고, 그림 2.에서처럼 monopole 안테나 주변에 PBG 구조를 구현하여 안테나에서 유도된 표면파를 억제하여 원하는 방향에서 최대 이득을 갖는 안테나 소자를 설계한다[2]. 대역폭은 11.7GHz ~ 12GHz까지의 BS(Broadcasting Satellite) 대역을 만족해야 하고, 반사손실은 -10dB 이하를 기준으로 하고, 안테나 이득은 양각 45도에서 최대가 되도록 한다. 또한 지면에서의 이동체 위치를 고려하여, 전 방위각에 대해 양각 45 ± 10 범위에서의 이득 특성도 향상시키고자 한다[5].

1. 서 론

무궁화 위성은 적도 상공 약 36,000Km, 동경 116도의 정지궤도 상에 위치하여 있으며, 11.7 GHz ~ 12.75 GHz에 걸쳐 위성 방송을 중계하고 있다. 통신용 및 방송용 중계기를 모두 탑재하고 있으며, 대기 중의 감쇄 및 산란에 대비하여 원형 편파를 사용한다. 이러한 위성 신호를 이동체에서 수신하기 위해서는 고 효율의 수신단을 필요로 하게 된다. 따라서 단일 안테나가 아닌, 배열을 통해 이득을 증가시키고, LNB(Low Noise Block)를 장착해 이득과 잡음 특성을 향상시키게 된다. 또한 설치 환경이 이동체이기 때문에 움직임에 대한 안테나 빔 조향이 가능해야 한다. 빔 조향 방식에는 모터 등을 이용한 기계적인 빔 조향 방식과 위상변위기를 이용한 전자적인 빔 조향 방식이 있는데, 현재는 패치 및 슬롯 형태의 평면형 안테나를 이용한 기계적인 빔 제어 방식을 많이 사용하고 있다[5].

패치나 슬롯 형태의 안테나는 방사 패턴이 축 방향을 향하고 있기 때문에 전 방위각에 대해 양각 45도에서 이득 손실이 생기게 된다. 따라서 그림 1.에서 보듯이 DBS 수신용 배열 안테나로 사용할 때 인공위성 방향으로 안테나를 기울여 이득 손실을 줄이게 된다. 그러나 이러한 방법으로 배열 안테나를 기울일 경우, 수신기의 크기가 커지는 것은 물론, 전자적인

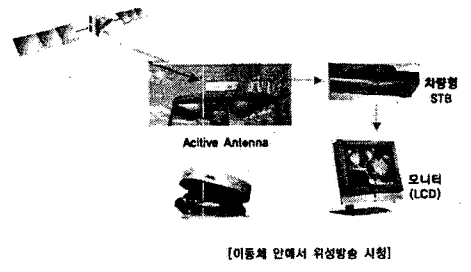


그림 1. 서비스 구성도

2. 본 론

2.1 안테나 설계 및 해석 방법

주파수 11.7GHz ~ 12GHz까지의 BS 대역에서 동작하는 monopole 안테나를 설계 및 해석한다. 기판은 유전율 2.5, 두께 0.8mm인 테프론 기판을 사용하며, 동축선을 이용하여 $\lambda/4$ 길이의 monopole을 구현한다. 그리고 그림 2.에서와 같이 monopole 주변에 PBG 구조를 구현함으로써 표면파를 억제하는 특성을 얻고자 한다. PBG 구조는 기판의 위쪽 금속을 via를 통해 아래면의 접지면과 연결함으로써 구현하고, 설계된 PBG 구조는 설계 대역에서 L, C 병렬 구조를 갖는 대역저지필터로 동작하여, 안테나 주변에 유기되는 표면파를 억제하여, 불필요한 방향으로의 방사를 줄이는 효과는 갖는다 [1], [2]. 또한 monopole 안테나 배열시 인접 안테나 간의 간섭에 의한 패턴 변화를

줄여 안테나의 이득 특성을 개선시킨다.

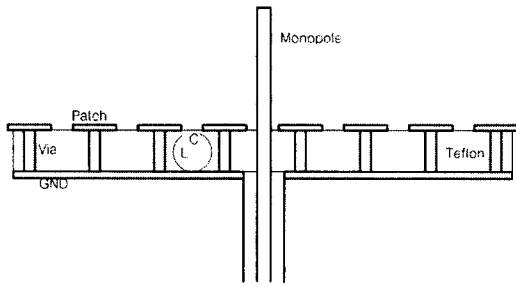


그림 2. PBG 구조가 있는 monopole 안테나

기본적인 PBG 구조는 monopole 주변에 일정 간격으로 위치하게 되는데 본 논문에서는 배열 시 안테나 소자의 위치를 고려하여 안테나가 위치할 부분의 PBG를 제거한 상태에서 설계하고(그림 3.), 그와 함께 주변에 monopole 안테나가 위치할 때의 영향을 해석한다.[3] 이는 향후 monopole 안테나를 배열할 때 주변의 monopole 안테나가 반사기로 작용하여 전체적인 방사패턴에 영향을 줄 우려가 있기 때문이다. 따라서 단일 안테나 소자 크기는 3×3 으로 배열할 때의 접지면 크기로 하고 주변의 monopole 안테나 해석은 9개의 안테나를 위치시키고 중앙에서 급전하며, 나머지 8개의 안테나는 50 ohm으로 종단시킨다.

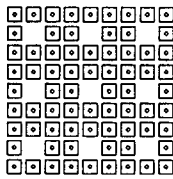
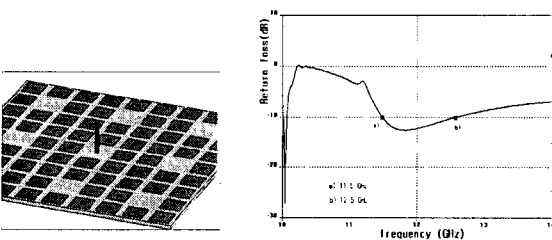
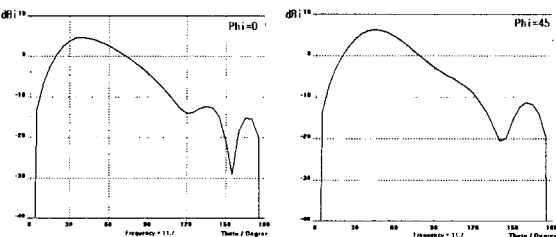


그림 3. monopole 위치가 고려된 PBG 구조

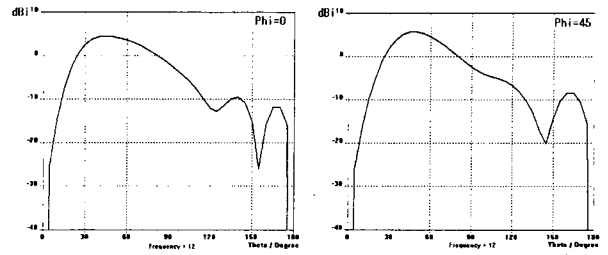
2.2 모의실험 결과



(a) monopole 안테나 구조 및 반사손실

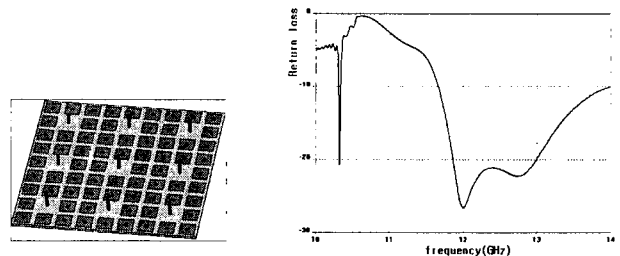


(b)11.7GHz에서의 안테나 패턴

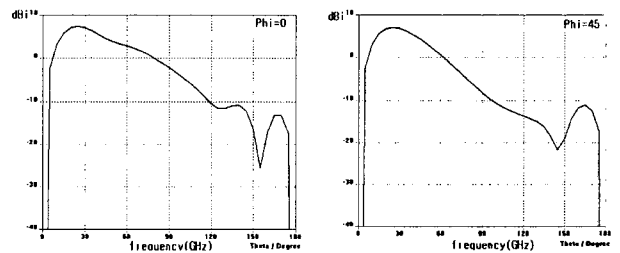


(c)12GHz에서의 안테나 패턴
그림 4. PBG 구조가 있는 monopole 안테나의 반사손실 및 패턴

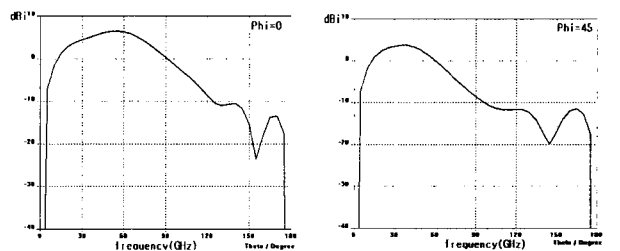
그림 4.은 monopole 안테나 하나에 대한 모의실험 결과이다. -10 dB 기준으로 삽입손실을 보면 11.5GHz ~ 12.5GHz로 설계 목표를 만족한다. 방사 패턴 역시 45도에서 최대치를 보이고 있다. 그리고 그림 5.는 monopole 안테나 주변에 다른 monopole이 존재할 때의 패턴 변화를 해석한 것이다. 그림 5.(a)에서 보는 바와 같이 주변에 3×3 형태로 monopole 안테나가 존재하며, 급전은 가운데의 monopole에서만 이루어지고, 나머지 안테나는 50 ohm으로 종단시켰다. 모의실험 결과 반사손실은 설계 대역을 만족하지만 방사 이득이 최대인 위치가 이동한 것을 볼 수 있다. 하지만 이러한 특성은 같은 개구면 크기를 갖는 패치 안테나 및 같은 구조에서 PBG가 없을 경우의 이득 특성을 비교해 보면 전 방위각에 대해 향상된 특성임을 알 수 있다.



(a)안테나 구조 및 반사손실



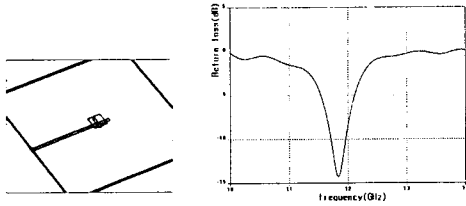
(b)11.7GHz에서의 안테나 패턴



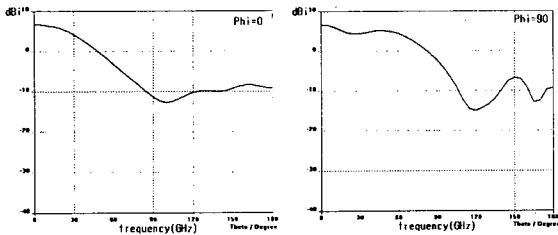
(c)12GHz에서의 안테나 패턴

그림 5. monopole 안테나 주변에 다른 monopole이 존재할 경우

그림 6.는 그림 5.의 이득 특성을 비교하기 위해 모의실험한 패치 안테나의 특성이다. 위쪽 기판은 유전율을 2.5, 두께 0.8 mm 이고, 아래쪽 기판은 유전율을 3.5, 두께 0.51 mm를 사용하였다. 아래 기판에서 마이크로스트립 라인으로 급전하여 가운데의 접지면의 슬롯을 통해 패치로 커플링 되는 형태이다. 접지면 크기는 앞에서 모의실험한 monopole의 접지면과 같다. 이득 특성을 비교해 보면 monopole 안테나 주변에 다른 monopole이 존재할 때 가장 안 좋은 이득 특성을 보였을 때도 monopole 안테나는 1dBi 이상의 이득 특성을 보이지만 패치 안테나의 경우 $\Phi=0$ 일 때 $\theta=60$ 에서 -3dBi 정도의 이득 특성을 보이고 있다.



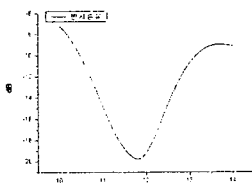
(a) 패치 안테나 구조와 방사손실



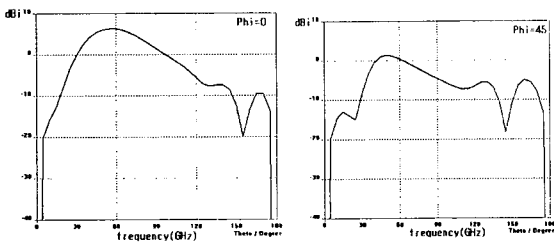
(b) 11.9GHz에서의 안테나 패턴

그림 6. monopole 안테나와 같은 크기의 패치 안테나

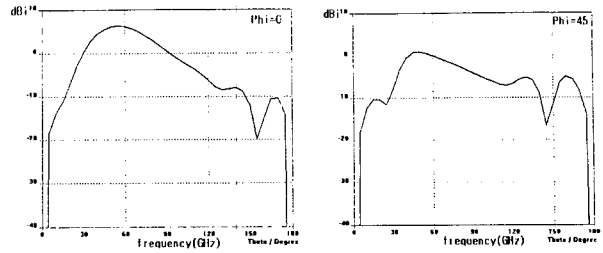
그림 7.은 PBG 구조가 없는 상황에서 주변에 monopole 안테나가 있을 때의 안테나 특성을 모의실험한 것이다. 주변의 안테나의 영향으로 $\Phi=45$ 방향에서의 이득 특성이 나빠진 것을 알 수 있다. 따라서 앞에서 모의실험한 PBG가 있는 구조의 monopole 안테나는 주변에 안테나가 위치했을 때 생기는 패턴 변화가 개선된 것임을 알 수 있다.



(a) PBG구조가 없는 monopole 안테나의 방사손



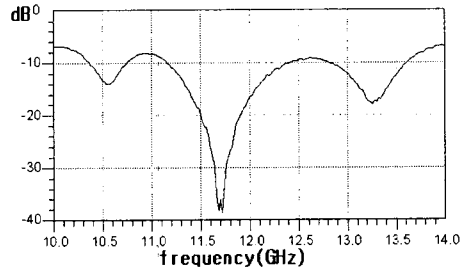
(b) 11.7GHz에서의 안테나 패턴



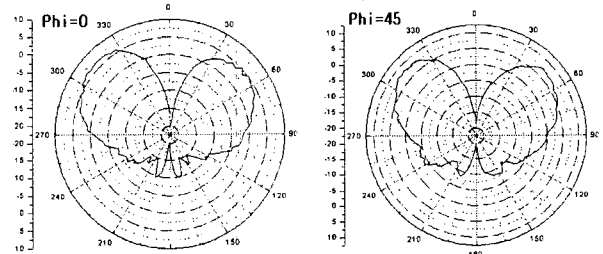
(c) 12GHz에서의 안테나 패턴
그림 7. PBG 구조가 없는 monopole 안테나

2.3 안테나 제작 및 측정 결과

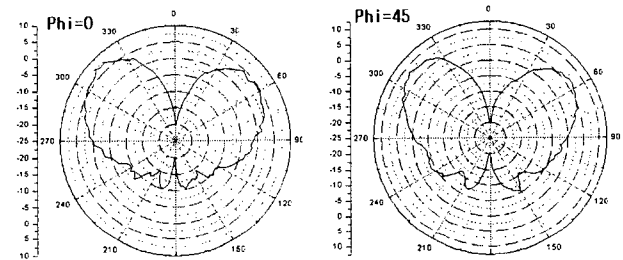
그림 8.은 실제 제작된 monopole 안테나 소자 하나의 방사손실과 방사패턴을 측정된 것이다. 방사손실은 원하는 대역에서 -10dBi 이하를 만족하고, 방사패턴 역시 모의 실험에서와 비슷하게 양각 45도 방향에서 최대 이득을 나타내고 있다.



(a) 방사손실



(b) 11.7GHz에서의 방사 패턴

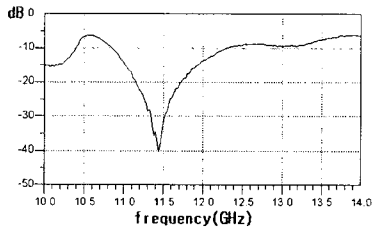


(c) 12GHz에서의 방사 패턴

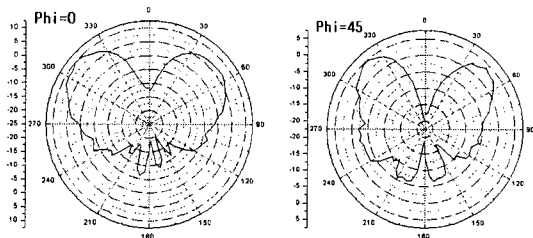
그림 8. 제작된 monopole 안테나 특성

그림 9.은 monopole 안테나 주변에 다른 안테나 소자가 있을 때의 방사손실 및 방사 패턴을 측정된 것이다. 측정 방법은 3×3 의 안테나 소자를 각각 동축선을 이용하여 구성하고, 중앙에서 급전을 했다. 나머지 소자들은 50ohm 저항으로 중단시켰다. 방사손실은 원하는 대역에서 -10dBi 이하를 만족하고 있고, 이득은 모의실험에서처럼 $\Phi=45$ 에서 작게 나오기는

하지만 전체적인 특성은 설계 목표를 만족하고 있다. 전체적인 측정 결과를 보면 안테나 패턴이 대칭을 이루지 못하고 $\theta=315^\circ$ 부분의 이득이 더 크게 나오는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 측정시 안테나 회전판의 오프셋 문제나 연결 케이블 및 주변의 측정 장비에 의한 오차로 인해 생기는 것으로 판단된다.



(a) 반사손실



(b) 12GHz에서의 방사 패턴

그림 9. 주변에 monopole이 존재할 때의 안테나 패턴

3. 결 론

본 논문에서는 monopole 안테나에 PBG 구조를 적용하여 양각 45도 방향에서 최대 이득 특성을 보이는 안테나 소자를 제시하였다. 물론, monopole 안테나 주변에 다른 monopole 안테나 소자가 위치할 때 인접 소자의 영향으로 특정 방향에서 이득이 줄어드는 경향을 보이긴 했지만, 이러한 특성은 동일 개구면 크기의 패치 안테나 및 PBG 구조가 없을 때의 monopole 안테나의 이득 특성보다 개선된 결과이다.

따라서 설계된 안테나를 기본 소자로 하여 전자적인 빔 조향 방식을 사용할 경우 인공위성 방향으로 안테나를 기울일 필요가 없기 때문에 설치 공간을 줄일 수 있으며, 기계적인 빔 조향이 아닌 전자적인 방식을 사용하기 때문에 신호추적 시간도 단축할 수 있을 것으로 본다.

[참 고 문 헌]

- [1] D. Sievenpiper, R. Broas, E. Yablonovitch, "Antennas on High-Impedance Ground Planes", IEEE MTT-S Digest, 1245-1248, 1999.
- [2] Mizan Rahman and Maria A. Stuchly, "Modeling and Application of 2D Photonic Band Gap Structures", IEEE MTT-S, 2-893 ~2-898, 2001.
- [3] Constantine A. Balanis, "Antenna Theory 2nd Ed", John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [4] <http://www.skylife.co.kr>
- [5] <http://www.isat.info>