

위성방송 수신을 위한 대수주기 마이크로스트립 안테나에 대한 연구

A Study on Microstrip Log-Periodic Antenna for Receiving the Direct Broadcasting Satellite(DBS) Signal

장원호*, 진재선**, 이윤현*

Won-Ho Jang*, Jae-Sun Jin**, and Yun-Hyun Lee*

요 약

본 연구에서는 이동하면서 BS/CS 대역의 무궁화3호 위성 신호를 수신할 수 있도록 42도 이상의 틸팅각을 갖는 새로운 구조의 패치안테나에 대해 제시하였다. 본 안테나의 구조는 패치 다이폴을 직렬 배열한 대수 주기형 안테나와 개구결합을 이용한 급전 구조로 이루어 졌다. 테이퍼드 슬롯에 8 개의 직렬 패치 다이폴이 수직으로 놓여짐으로써 각 패치 다이폴에 직렬 급전이 된다. 직렬 급전된 패치 다이폴의 방사는 BS/CS 대역에서 메인 빔의 방향이 37°~42°를 형성하였고, 이득은 9.31~11.03 dBi로 측정되었다. 32개의 엘레먼트를 4×8로 적절히 배열하면 24 dBi 이상의 이득과 40-48도 내외의 양각이 형성되어, 무궁화 3호 위성의 이동체 탑재용 안테나에 적용이 가능하다.

Abstract

In this study, we provide a single element log-periodic antenna that the feeding networks and array structures are aperture coupled and series dipole array type. We made the antenna for direct receiving the Moogoongwha satellite broadcasting signal. The transmission power was able to feed the patch dipole in series due to lay perpendicularly 8 series patch dipole on tapered slot. The patch dipole radiation pattern which fed in series power, make the main beam direction up 37°~42° within the BS/CS bandwidth. The main beam gain was measured 9.31~11.03 dBi. Using 32 elements to array the elements properly, we acquire 4×8 array structure on limited PCB board. As a result, it has been found that the new planar DBS antenna structure have high gain over 10dBi and acceptable elevation angle over 42 degree, and we can apply this result to commercial DBS reception antenna manufacturing.

Key words : Log-Periodic, DBS, Patch, Elevation Angle

I. 서 론

위성은 적도상공 구만리(정확히 35,768 km)라는 먼 거리에 위치하므로 좁은 빔(Beam)만으로도 전국

을 커버할 수 있어 지상파방송에서 발생하는 TV방송 난시청지역을 해소할 수 있고, 전국을 단일망 화할 수 있으며, 우주상공은 특별한 경우를 제외하고는 천재지변의 영향을 받지 않으므로 비상 재해시

* 한국항공대학교(Hankuk Aviation University.)

** 에이스테크놀로지(Ace Technology Co., Ltd.)

· 논문번호 : 2003-2-1

· 접수일자 : 2003년 1월 2일

긴급 방송망의 확보가 용이하며, 아날로그인 지상파 방송에 비해 디지털을 사용하므로 고스트(Ghost)가 없는 고품질 방송이 가능하다. 2002년 3월 위성방송이 본격적으로 서비스를 실시함에 따라 일반 가정에서 수요증가 뿐만 아니라 자동차와 같은 이동체에서도 수요가 생겨나고 있다.

향후 DMB 서비스를 통하여 무료로 어디서나 난시청이 거의 없는 동영상 서비스를 볼 수 있게 될 것이며, 휴대인터넷 등 4세대 서비스가 등장하면서 이동체에서의 속도의 한계는 점차 사라지게 될 것이다. 본 연구에서는 경량 경박하며 구조가 간단한 마이크로스트립 배열 안테나를 제작하기 위해 단일 소자를 제안하고 설계 제작하여 그 타당성을 확인하는데 중점을 두었다.^[1-11]

II. 대수주기 안테나의 설계

2-1 무궁화3호 위성방송 제원 및 수신안테나 규격

1999년 9월 5일에 발사된 무궁화3호는 적도상공 약 36,000Km, 동경 116°(양각 45°)의 정지궤도에서 운용된다. 무궁화위성 3호의 기술 제원은 다음과 같다. BS대역은 중계기 6기를 탑재하고 있으며, 편파는 좌선회 원형편파(LHCP), 주파수 대역은 11.7 GHz~12.0 GHz까지의 Ku-band를 사용하며, 유효등방성방사전력(EIRP : Effective Isotropic Radiated Power)을 59.4 dBW의 세기로 신호를 방사한다.

표 1. 이동체 탑재형 BS/CS대역 위성방송 수신 안테나 규격
Table 1. Specification of Mobile BS/CS DBS Reception Antenna

주파수	11.7~12.7 GHz
편파	수평선형편파 (HLP)
이득	27 dBi(CS대역)이상
양각	45°±5°

CS대역은 중계기 27기가(Ku-band 24기, Ka-band 3기) 탑재하고 있으며, 편파는 수평선형편파(Horizontal Linear Polarization), 주파수대역은 12.2 GHz~12.7 GHz (Ku-band)를 사용, 유효등방성방사전력을 54.7 dBW의 세기로 신호를 방사한다.

현재 무궁화위성 3호의 위성방송을 시청하기 위한 수신 안테나에 요구된 이득은 BS대역은 25 dBi, CS대역은 27 dBi이다. BS/CS대역을 커버하는 이동체 탑재형 위성방송 수신안테나의 규격은 <표 1.>과 같다.

2-2 안테나 제원

현재 위성방송 수신 안테나는 가정에서 또는 기지국에서 고정용으로 가장 널리 사용되는 접시형 안테나, 헬리컬 안테나 및 이동체 탑재용으로 사용되는 능동형 평판 안테나, 스파이럴 안테나, 헬릭스 배열 안테나, 공진형 슬롯 도파관 배열 안테나등 많은 안테나가 개발됐고 지금도 계속 연구 중이다.^[1-10]

이동체 탑재용 위성방송 수신안테나의 고려사항은 다음과 같다.

1. BS/CS대역에서 양각 45°를 유지
2. 소형 경량 경박
3. 제조가 쉬움
4. 충격에 강함
5. 경제적

마이크로스트립 배열안테나는 소형 경량 경박하며 제조가 쉽고 경제적이다. 그러나 안테나의 평면 설치를 위해서 40°이상의 경사각을 확보하여야하나 높은 부엽준위로 인해 높은 경사각은 얻기가 힘든 단점을 가지고 있다. BS/CS 전 대역에서 부엽준위 및 후방방사의 준위가 낮고 45°의 양각을 유지할 수만 있다면 마이크로스트립 배열 안테나의 장점이 가장 크다. 본 논문에서 테이퍼드 슬롯을 통해 다이폴들의 직렬 급전함으로 인해 BS/CS대역의 임피던스 대역폭과 45°±2.5의 양각을 유지할 수 있는 안테나를 제안하여 그 타당성을 확인해 보겠다.

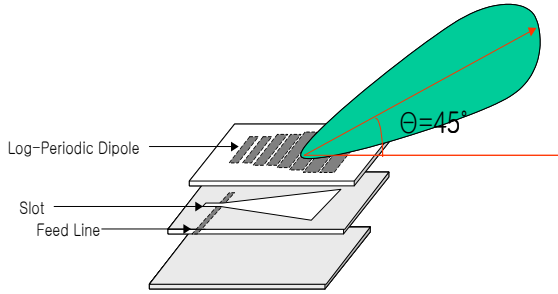


그림 1. 45°양각을 갖는 대수주기 안테나 구조
Fig. 1. Log-periodic antenna with 45°elevation angle

그림 1은 테이퍼드 슬롯을 통한 개구결합 급전 (Aperture coupled Feeder)구조를 이용하여 대수 주 기적으로 배열된 다이폴에 직렬 급전된 구조이다.

2-3 안테나 설계

BS/CS대역의 이동체 탑재용 위성방송 수신 시스 템에 적용하기위해 분석한 결과 전 대역(1 GHz, 약 8%)에서 45°의 양각을 유지해야 하고, 배열시 충분 한 이득과 안테나의 소형화가 중요한 결정 요소가 된다.

안테나의 크기와 모양이 비례적으로 커지는 여러 개의 소자로 구성된 대수주기 안테나는 기본적인 이 론을 바탕으로 다양한 형태가 여러 책과 논문에서 수록 되어있다. 대수적으로 증가하는 길이(I_n), 배열 간격(R_n), 다이폴 갭 간격(s_n)는 식 (1)의 τ 로 정 의 되며, 그림 2(a)와 같다.

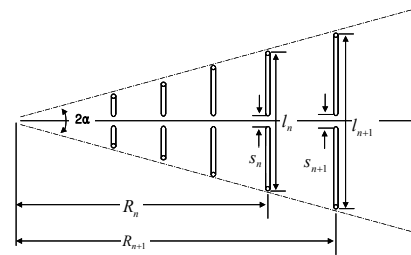
$$\frac{1}{\tau} = \frac{I_{n+1}}{I_n} = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{s_{n+1}}{s_n} \tag{1}$$

그림 2 (b)와 (c)는 다이폴 배열 형태의 안테나 중 대표적인 두 가지 모형으로 급전 방법이다. 그림 2 (b)는 각 다이폴 소자가 동위상(in phase)으로 급 전되어 큰 소자쪽으로 전파가 방사되고, 그림 2 (b) 는 각 다이폴 소자가 180°의 위상차(out of phase) 로 급전되어 작은 소자쪽으로 전파가 방사된다.

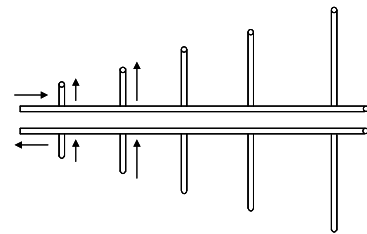
본 논문은 다이폴 어레이 형태의 대수주기 안테 나를 기본 모형으로 그림2 (b)와 같은 형태를 기본 으로 하여 설계하였다.

마이크로스트립 안테나의 최대 단점 중에 하나가 3%내외의 협대역을 갖는 구조이다. 본 안테나 설계 시 이런 단점을 보완하기 위해 안테나의 체적을 넓 힘으로써 넓은 대역폭을 갖는 특성을 이용하였다. 급전구조를 개구결합 급전구조로 선택하였다. 또한 직렬 급전구조의 좁은 대역폭을 보완하기위해 테이 퍼드 슬롯을 선택하게 되었다.

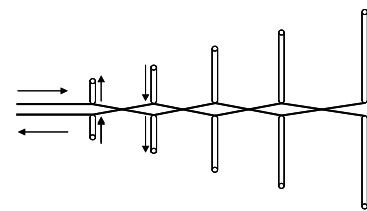
그림 3은 최적화된 안테나구조이다. (a)는 윗면에서 본 그림이고, (b)는 옆면에서 본 그림이다. 전송



(a) 다이폴 배열 형태



(b) 직접 연결 (Straight Connection)



(c) 십자가 형태 연결 (Cross Connection)

그림 2. 다이폴 형태의 대수주기 안테나
Fig. 2. Dipole type log-periodic antenna.

선(Feed line)은 첫 번째 패치 다이폴 바로 밑부분에 위치해 있고 각 다이폴의 간격은 $0.085 \lambda_0$ 로 등 간격 이며, 다이폴의 길이가 일정하게 커짐으로써 넓은

대역폭을 형성하였다.

또한 빔의 양각을 45°로 일정하게 유지하기 위해 패치 다이폴의 일정 간격 및 다이폴과 접지면과의 이격거리 그리고 테이퍼드 슬롯의 크기들을 최적화하였다. 전체적인 크기는 가로(19 mm)×세로(7.9 mm)×높이(14 mm)이다.

표 2는 본 안테나를 설계한 기판 재료의 두께 및 유전율 그리고 공기층의 두께를 나타낸 표이다.

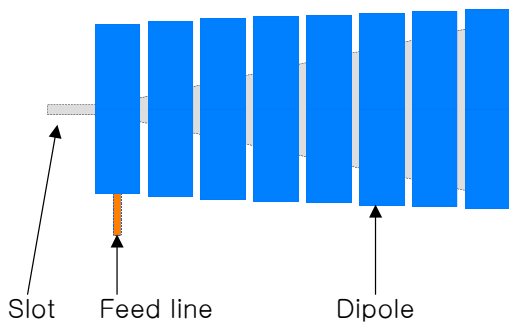
그림 4는 Ensemble 6.0으로 시뮬레이션한 결과이다. 그림 4 (a)는 급전선과 슬롯 그리고 다이폴 패치의 전류패턴이다. 직렬 급전으로 위상이 지연되면서

나타낸 표이다. 그림 4 (c)는 매칭 회로(open sub)를 사용하여 매칭을 하면 그 매칭 회로 자체의 손실을 갖게 되므로 매칭 회로없이 매칭을 하였다. 전체대역에서 S₁₁이 -15 dB이하로 양호한 결과를 얻었다.

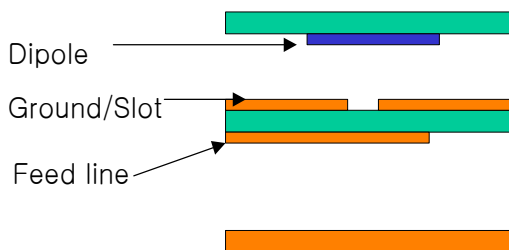
표 2. 기판 재료 / Air층 두께

Table 2. Substrate material / Air space

	두께	유전율	비 고
NH9300	0.254 mm	3.0	10 GHz
Air 층	4 mm		
NH9300	0.25 mm	3.0	10 GHz
Air 층	10 mm		



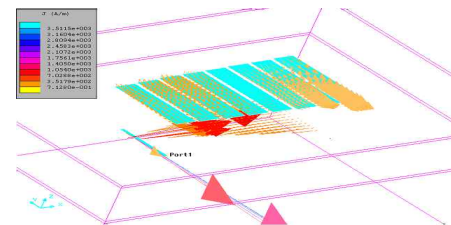
(a) 윗면



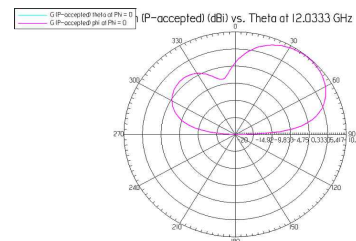
(b) 옆면

그림 3. 설계된 45°양각을 갖는 대수주기 안테나 구조
Fig. 3. Structure of log-periodic antenna designed for 45° elevation angle.

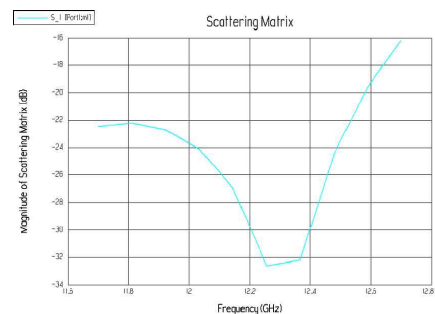
각 다이폴에 급전되는 현상이 잘 나타나 있다. 그림 4 (b)는 Far-field 방사패턴으로 45°근방에서 양호한 결과를 갖고 있다. 1 GHz 대역에서 각 파장이 다르므로 틸트되는 각의 변화가 있다. 표 3은 11.7 GHz, 12.2 GHz, 12.7 GHz에서 빔의 양각과 최대 이득을



(a) 전류 패턴



(b) 12.2 GHz에서 Far-field 방사패턴



(c) BS/CS 대역의 반사손실(S₁₁)

그림 4. Ensemble 6.0으로 시뮬레이션한 결과
Fig. 4. The simulation result of Ensemble 6.0

표 3. 시뮬레이션 결과

Table 3. The result of simulation.

주파수[GHz]	11.7	12.2	12.7
이득[dBi]	10.26	10.83	11.52
틸트각[°]	42	43.75	46

2-3 제작 및 측정

그림 5는 실제 제작한 대수주기 단일 소자 안테나이다. 전체적인 크기는 가로(50 mm)×세로(50 mm)×높이(14 mm)이다. 소자 자체의 크기는 가로(19 mm)×세로(7.9 mm)×높이(14 mm)이다. 트랜지션은 SMA 커넥터를 이용했다. 얇은 기판(0.254 mm)를 사용하였으나, 크기가 적어 지지대 4개로도 수평도를 유지할 수 있었다.

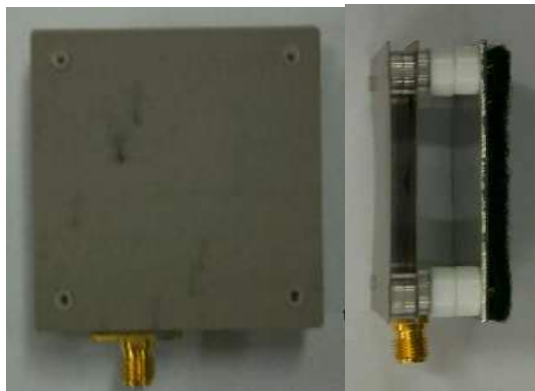


그림 5. 실제 제작한 대수주기 단일 소자 안테나
Fig. 5. Fabricated single element log-periodic antenna

그림 6은 실제 제작한 안테나의 반사손실을 측정 결과이다. 전 대역에서 -10 dB(VSWR 2:1) 이하의 결과를 얻었다.

그림 7은 실제 제작한 안테나의 Far-field 측정 결과이다. 그림 6 (a)는 11.7 GHz, (b)는 12.2 GHz, (c)는 12.75 GHz에서 Elevation Pattern이다. (d)는 측정된 이득그래프이고, (e)는 주파수에 따른 빔 틸트 각을 나타낸 그래프이다. 전대역에서 일정한 틸트각을 형성하지는 않았지만, 1 GHz 대역에서 변하는 각도가 5° 이하로 형성되므로 차후 배열시 병렬 급전구조로 하면 전체적인 대역에서 빔이 변하는 각

도는 5° 이하로 형성 될 것이다.

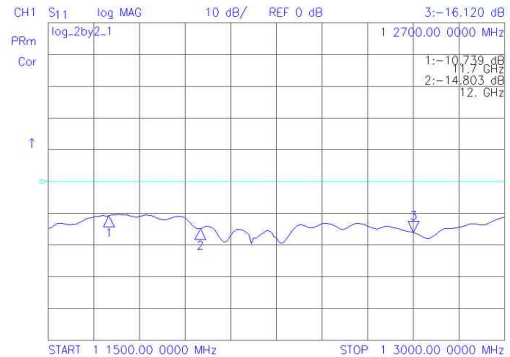
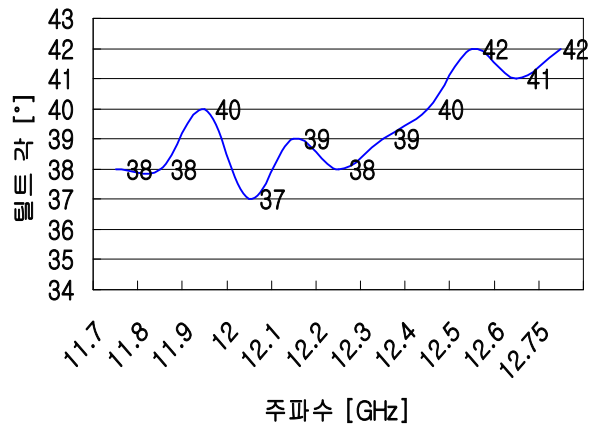


그림 6. 반사손실 측정 (11.5 GHz~13.0 GHz)
Fig. 6. Measured data of reflection coefficient (11.5 GHz~13.0 GHz).



(e) 제작된 안테나의 틸트 각

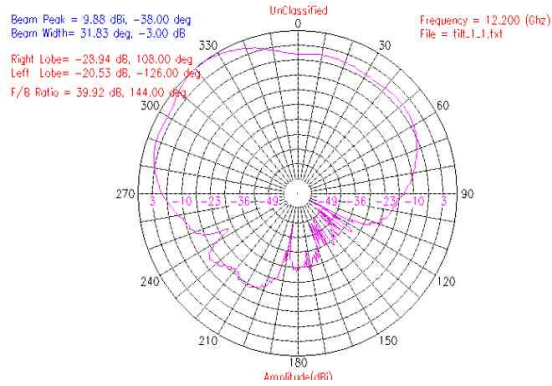
그림 7. 제작된 안테나의 Far-field 측정
Fig. 7. field measurement data of fabricated antenna.

III. 결 론

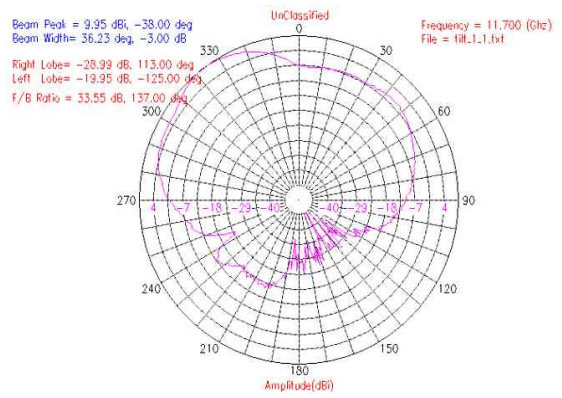
본 안테나를 설계 제작한 목적은 이동체 위성방송 시스템에 적용하기 위해서이다. 제작한 안테나를 측정된 결과 메인 빔의 양각은 약 38°~42°이고 이득은 최저 9.31 dBi~11.03 dBi이다. 메인 빔의 양각이 45°에서 고정되어 있지는 않지만 1 GHz에서 약 5°미만의 변화가 있고, 이득 또한 빔이 틸트된 후에도 같은 크기의 안테나에 비해 결코 뒤지지 않음을 확인하였다.

이동체 탑재용 위성방송 시스템에 들어갈 안테나로서 그 가능성을 확인하였다. 추후 지속적인 연구

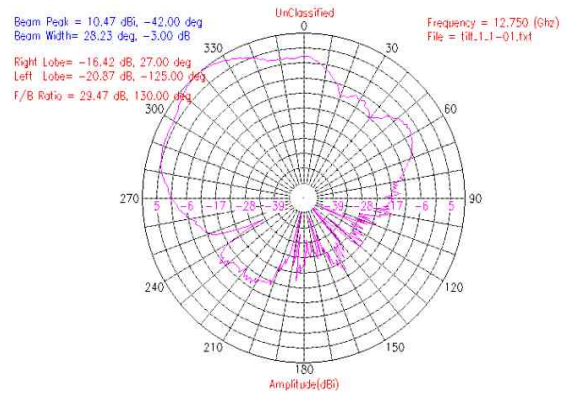
를 통하여 배열 안테나를 제작하여 이동체 탑재용 위성방송 시스템에 접목시킬 예정이다.



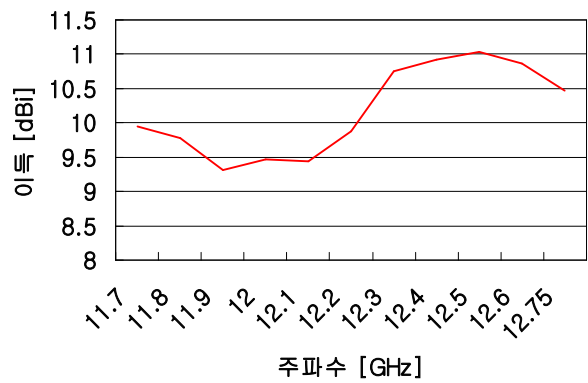
(a) Elevation Pattern (11.7 GHz)



(b) Elevation Pattern (12.2 GHz)



(c) Elevation Pattern (12.75 GHz)



(d) 제작된 안테나의 이득 곡선

그림 8. 제작된 안테나의 Far-field 측정
 Fig. 8. Far field measurement data of fabricated antenna.

참 고 문 헌

[1] K. Ito, K. Ohmaru, and Y. Konishi, "Planar antennas for satellite reception," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.34, no. 4, pp. 457-464, Dec. 1988.

[2] A. I. Zaghoul, E. C. Kohls, R. K. Gupta, and L. Q. Sun, "Low-cost flat antennas for mobile and wireless communications," *Antennas and Propagation for Wireless Communications, Proc. 2000 IEEE-APS Conf.*, pp. 133-136, Nov. 2000.

[3] M. Collier, "Microstrip antenna array for 12GHz TV," *Microwave Journal*, vol. 20, pp. 67-71, Sept. 1977.

[4] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, New York: John Wiley & Sons, 1997.

[5] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, New York: John Wiley & Sons, 1990.

[6] HOWELL, J. Q.: 'Microstrip antennas', *IEEE Trans.*, 1975, AP-23, pp. 90-93

[7] Owns, R.P., "Microstrip Antenna Feeds," in *Handbook of Microstrip Antennas*, Vol. 2, J. R. James and P. S. Hall (Eds.), Peter Peregrinus, London, UK, 1989.

[8] Peter. A. RIZZI, '*Microwave engineering Passive Circuits*', Prentice Hall 1988

[9] I. J. Bahl and P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, Dedham, MA, 1980

[10] John Huang, "Microstrip Yagi Array Antenna for Mobile Satellite Vehicle Application," *IEEE Trans., Antennas and Propag.* Vol 39, No.7, July 1991.

[11] K. Sakakibara, Y. Kimura, A. Akiyama, J. Hirokawa, M. Ando, and N. Goto, "Alternating Phase-Fed Waveguide Slot Arrays With a Single-Layer Multiple-Way Power Divider," *IEEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, Vol. 144, No. 6, Dec. 1997.

장 원 호 (張原豪)



1986년 2월 : 한국항공대학교, 전자공학과(공학사)
 1988년 2월 : 한국항공대학원, 전자공학과(공학석사)
 2003년 8월 : 한국항공대학원, 정보통신공학과(공학박사)
 1992년 : (주)에이스안테나 연구원

2001년 : 한국통신 연구원
 2001년~현재 : (주)에이스테크놀로지 연구원
 관심분야 : 안테나, 위성통신

진 재 선 (陳在善)



2000.2 : 서남대 전기공학과 졸업(공학사)
 2002.2 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2002.12 ~ 현재 : (주)에이스테크놀로지 연구원
 관심분야 : 이동통신안테나, 위성통신안테나

이 윤 현 (李潤鉉)



1965년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과(공학사)
 1985년 2월 : 경희대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 1979년 9월 : 정보 통신 기술사

1988년 7월 : New York State University at Buffalo 교
 환교수
 1980년~현재 : 한국항공대학교 전자, 정보통신, 컴퓨터 공
 학부 교수
 관심분야 : 초고주파 회로 설계, 마이크로파 및 광통신,
 안테나 및 전파 전파, EMI/EMC