

이동체 탑재 DBS 안테나 시스템

전순익 · 이성팔 / 한국전자통신연구원

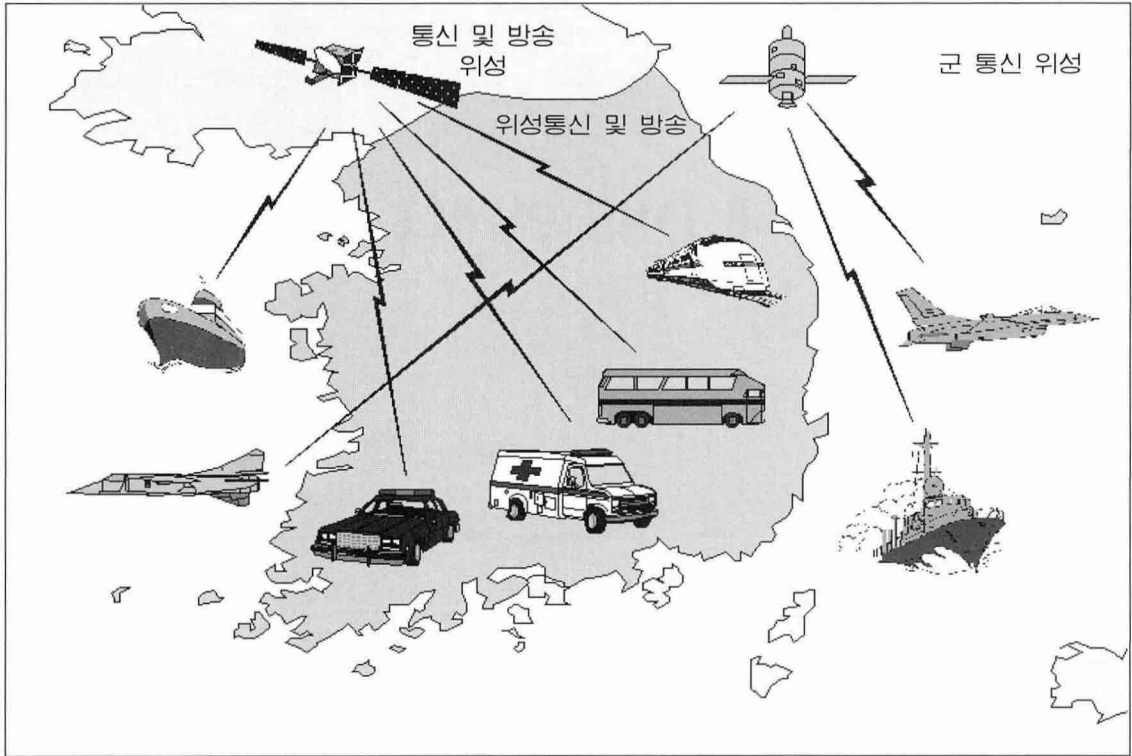
I. 서 론

1982년의 INMARSAT 시스템이 시작된 이후로 이동체 위성통신에 대한 관심은 그 영역을 항공기와 육상 차량에까지 확장하고 있으며 캐나다의 MSAT, 일본의 ETS-V, 미국의 MSAT-X, EU의 PROSAT 등을 이용한 이동 위성통신 연구와 함께 IRIDIUM, GLOBALSTAR 등 LEO 위성을 이용하는 위성 이동통신이 실용화되고 있다.

위성통신에 있어서 LEO 위성과의 통신을 위한 일부 추적 안테나의 사용을 제외하면 일반적으로 GEO 위성을 이용한 위성통신과 위성방송은 안정된 장소에 고정 설치되는 접시형 안테나를 사용하여 이루어지고 있다. 그러나 근래에는 GEO 위성통신에서도 움직이는 이동체에서 상대적으로 이동하는 위성을 추적하여 통신을 하는 기술의 발전이 이루어지고 있으며, 이러한 기술의 전개는 군사적 목적이나 해난 구조 목적을 위해 지속적으로 발전되고 있다.¹⁾ 그리고 한편에서는 이러한 기술을 응용하여 기존의 Ku대역 DBS 위성방송을 차량이나 기차, 선박, 그리고 항공기 안에서 수신하게 하는 이동체 탑재

DBS 안테나가 연구되고 있다. 이러한 이동체 DBS 수신은 이점인 기존의 이동체 지상과 수신은 경우 발생하는 다중경로에 의한 지속적인 전파 장애가 완벽하게 극복될 수 있다는 것이다.

이동체 탑재 DBS 안테나 시스템은 크게 기계식 추적안테나 시스템과 전자빔 추적안테나 시스템으로 분류될 수 있다.²⁾ 특히 소개되는 능동 위상배열 안테나 또는 약칭하여 능동안테나는 가변적인 위상배열에 의해 안테나 빔(Beam)의 전자적 스캐닝(Scanning)이 가능한 기술로서 향후 이동 위성통신 뿐만이 아닌 지상 이동통신을 위한 다양한 목적에서 이에 대한 많은 응용 연구가 이루어지고 있다. DBS 안테나가 이동체에서 사용되기 위해서는 정확한 빔 포인팅(Beam Pointing)과 고속 추적, 위성신호 차단에 대한 극복, 그리고 높이와 무게에 대한 제한을 만족해야 한다. 따라서 다음에서 소개되는 기술들은 사용자가 요구하는 경제성과 함께 이러한 요구조건을 만족해야 할 것이다.



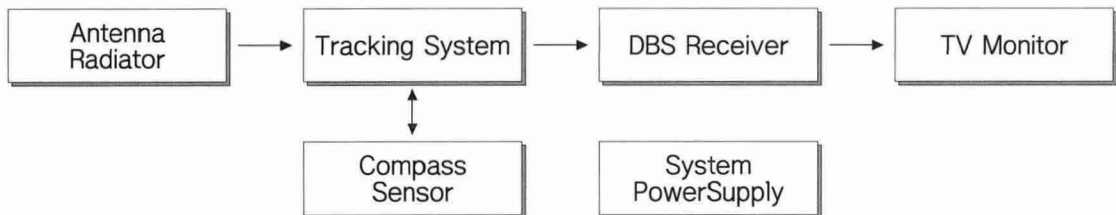
[그림 1] 위성통신 및 위성방송 이동체 서비스의 응용 개념도

II. 이동체 탑재 안테나 기술 현황

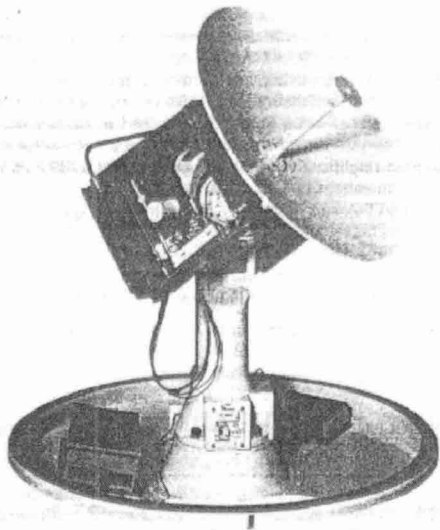
1. 기계식 추적 안테나 시스템

일반적으로 DBS 수신을 위해서는 32dBi 수준의 안테나 이득을 필요로 한다. 이러한 안테나는 계산

에 의해 약 2도의 좁은 빔폭(Beam Width)를 가진다. 따라서 안테나 시스템은 매우 정교하며 고속의 추적이 가능한 빔 포인팅 기술을 필요로 한다. 기계식 추적안테나 시스템은 사용하는 안테나의 종류에 따라서 접시형 안테나와 평판형 안테나로 분류할 수 있다.



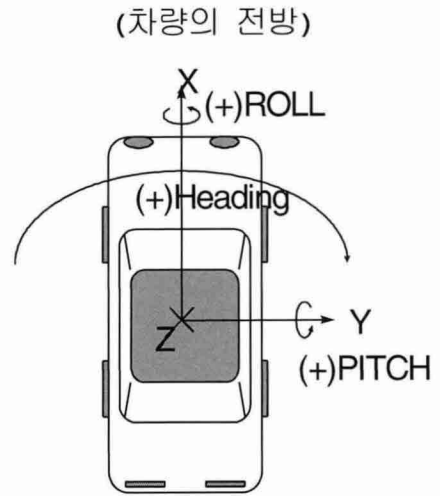
[그림 2] 기계식 추적안테나의 개념 구조



[그림 3] 양각 방위각 기계식 추적 안테나 시스템

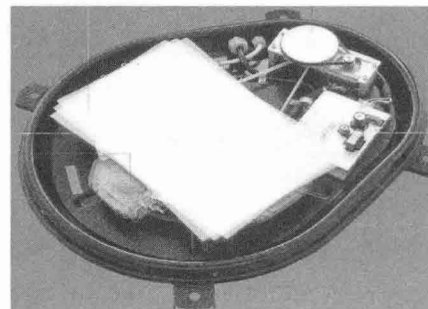
접시형 안테나를 사용하는 기계식 추적안테나는 높은 안테나 이득 효율과 넓은 주파수 대역을 제공할 수 있다. 그러나 이 시스템은 이동체의 전후 기울기(Pitch), 좌우 흔들림(Roll), 방향 전환(Heading)에 대한 지향 위성의 상대적 운동을 극복하기 위하여 고속의 3차원 자세 제어가 필요하며 이것은 정밀한 센서와 고속 기계제어 방식을 이용한 기술을 필요로 한다. 기계식 추적 평판안테나의 경우는 수동 위상배열(Passive Phased Array)을 적용한 평판 구조라는 점을 제외하면 오히려 안테나 효율이 접시형 안테나에 비하여 현저히 떨어지는 단점이 있다. 안테나의 이득은 그 물리적 크기에 의해 결정되므로 이 경우는 접시형에 비교하여 안테나의 면적이 커지는 단점이 있다.

기계식 안테나 시스템은 사용 안테나 종류에 관계없이 위성 지향을 위해 경사각이 있으며 이로 인하여 안테나는 이동체에 적합한 낮은 높이(Low Profile)를 제공할 수가 없다. 최근에는 이를 극복하기 위하여 평판 위상배열 안테나의 경사된 빔(Tilted Beam)을 이용한 안테나 시스템이 개발되어 상용화되고 있다.³⁾ 그러나 이러한 상용화된 기계식



[그림 4] 이동체(차량) 운동의 종류

추적 평판안테나는 고 비용의 3차원 위성추적을 회피하기 위하여 양각 위성추적 방향에 대하여 광역 빔폭(Wide Beamwidth)으로 설계하고 방위각만을 기계식으로 추적하는 안테나이다. 이것은 안테나 이득과 빔폭의 상호 상반된 관계를 고려할 때 충분한 광역 빔폭이 요구되는 이동체 조건에서는 매우 낮은 안테나 이득만이 제공 가능하다는 모순된 성능을 가지게 된다.⁴⁾ 따라서 이러한 안테나는 가격이 싸다는 장점을 제외하면 적은 범위 지역 내에서만 사용이 가능하며, 지표면의 위도상에서 장거리를 운행하는 차량이나 기차 그리고 경사 운동이 심한 해상에서는 사용할 수가 없다.



[그림 5] 방위각 추적만의 기계식 추적 평판안테나

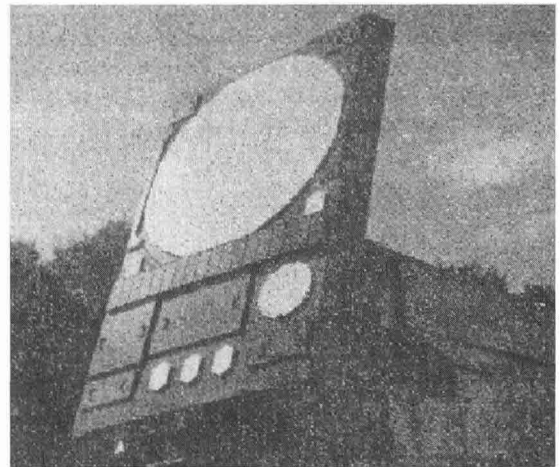
<표 1> 기계식 추적 안테나와 전자빔 추적 안테나의 성능 비교

비 교 항 목	기계식 제어 평판안테나 상용제품(예)	하이브리드 제어 능동안테나 상용제품(예)
수신주파수 및 편파	11.7-12.0GHz RHCP	11.7-12.0GHz LHCP
방향성 이득	28dBi	32.6 dBi
추적방식	기계식	전자식, 기계식혼합
추적범위	양각 : 7도 방위각 : 360도 무한	양각 : 12도 방위각 : 360도 무한
C/N	12dB	17dB
추적속도	방위각 45도/초	방위각 90도/초 양각 180도/초
추적복원시간	5초 이내	1초 이내
전력소모량	초기시(60W), 정상시(20W)	초기시(30W), 정상시(15W)

2. 전자빔 추적 안테나 시스템

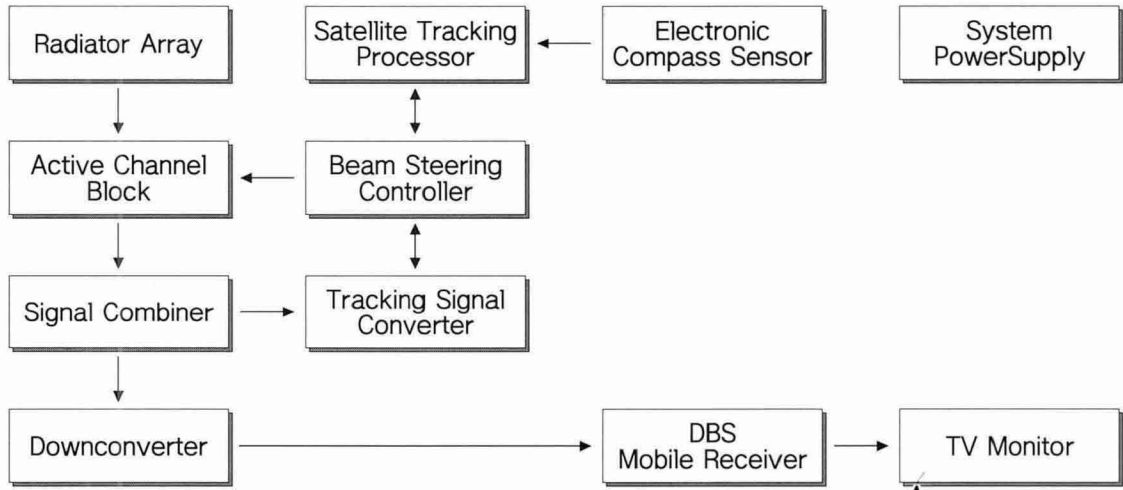
위성 추적 안테나의 진보된 기술로서 전자빔 추적안테나가 있다. 전자 빔은 능동 위상배열(Active Phased Array)에 의한 가변적인 빔 합성을 이용하므로 빔의 지향 각도를 전자적으로 제어하여 상대적으로 이동하는 위성을 고속으로 추적할 수 있다. 또한 능동소자를 각 각의 단위 배열 안테나에 할당함으로써 위성 추적 성능을 유지하면서도 적용하는 환경에 따라 안테나의 이득을 자유로이 확장 및 축소할 수 있다.

능동 위상배열 안테나 종류에는 기계적인 지원이 없이 전 방위각으로의 빔 조향(Beam Scanning)이 가능한 전 전자 빔 조향 방식이 있으며 이러한 시스템은 많은 수의 능동소자가 소요된다. 이러한 이유로 전 전자 방식은 군사적 목적이나 특수한 항공기용을 제외하면 경제성을 요구하는 일반 민수용으로 적합하지 않는 것으로 평가되어 왔다.⁵⁾



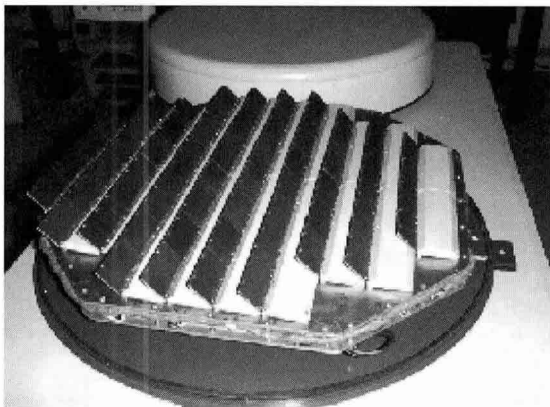
[그림 6] 전 전자빔 방식 레이더용 안테나

한편 부분적인 전자빔 추적을 이용하는 하이브리드(Hybrid) 제어 능동안테나 시스템의 출현은 전자 빔 제어의 기술적인 이점과 기계식 제어 방식의 경제적 구조를 혼합하여 이러한 문제를 해결하였다.⁶⁾



[그림 7] 하이브리드 제어 능동안테나 시스템 개념 구조

일반적으로 능동 위상배열 안테나 시스템은 전체 시스템 비용의 50% 수준을 능동소자 회로가 점유한다. 따라서 현재로서는 하이브리드 제어 능동안테나가 보다 경제적인 기술로서 소개되지만, 향후 능동소자 회로의 MMIC화와 이의 저가 대량 생산은 이동체 탑재 DBS 안테나 시스템으로서 전자빔 추적 안테나 기술의 발전, 대량 보급, 그리고 전 전자빔 기술의 상용 적용이 가능하도록 할 것이다.



[그림 8] 이동체 탑재 DBS 능동안테나 시스템

Ⅲ. 능동 위상배열 안테나 시스템

1. 전 전자 방식과 하이브리드 방식

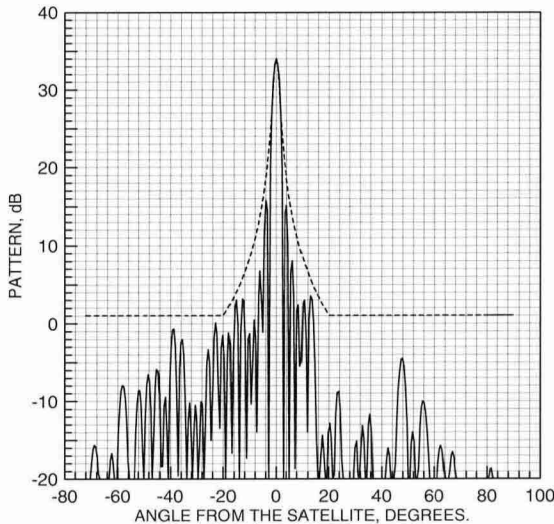
전 전자 방식과 하이브리드 방식의 차이는 결과적으로 사용되는 안테나 단위 배열의 수로서 나타나며 이것은 시스템의 비용에 비례한다. 따라서 최적의 이동체 탑재 시스템은 동일한 성능을 유지하면서 배열 소자의 수를 줄이는 기술을 요구한다. 위상배열 안테나 배열 소자의 수는 DBS 수신을 위한 요구 이득에서 단위 안테나의 이득과 역함수의 관계에 있다.⁷⁾ 예로서 34dBi의 이득을 가지는 안테나에서 $45^{\circ} \pm 12^{\circ}$ 의 위성추적이 요구되는 경우에 관계식으로부터 전 전자 방식은 하이브리드 방식보다 126배 정도의 소자수를 요구한다.

2. 능동 위상배열

위상 배열 안테나는 위성으로부터 입사되는 전파

가 단위 안테나를 경유하여 수신될 때 발생하는 개별 신호의 위상 차이를 각각의 위상 변위기(Phase Shifter)를 통하여 보상함으로써 동일 위상면(Phase Plane)을 합성하는 것이다. 할당되는 위상은 설계되는 안테나 배열 구조에서 원하는 빔에 대한 관계식에 의해 계산된다.⁸⁾

위상 변위기는 대전력 연속 위상제어의 경우 패라이트 소자를 사용하며, DBS 수신과 같은 저 전력의 경우는 PIN Diode 또는 MESFET 소자 등을 이용하는 디지털 방식을 사용한다. 디지털 방식의 경우는 연속적인 위상 값의 제공이 불가하므로 소자의 디지털 비트(Bit) 수에 따라 오류(Quantization Error)가 필연적으로 발생한다.



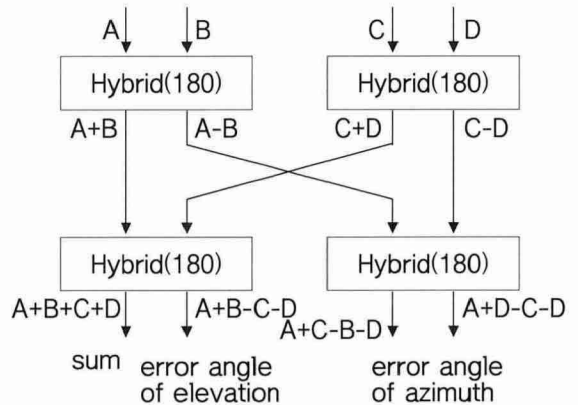
[그림 9] 위상배열 안테나 지향 이득 계산결과

3. Closed Loop 추적과 Open Loop 추적

이동체에 탑재되는 안테나 시스템의 위성 추적 알고리즘은 위성 신호를 수신하여 추적하는 Closed Loop 방식과 이동체의 방위 입력으로부터 절대적 좌표를 판단하여 추적하는 Open Loop 방식이 있다.

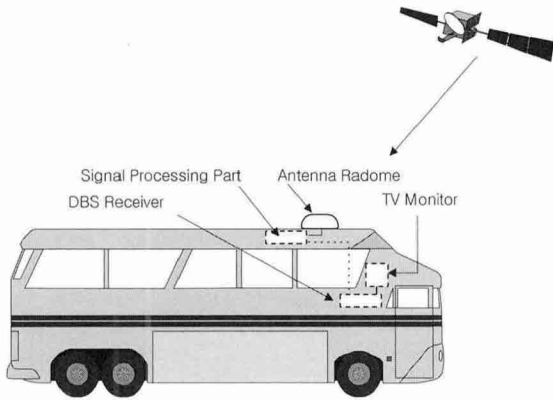
절대 좌표에 의한 Open Loop 방식은 실제 환경에서는 주변의 환경에 의해 부정확한 제어를 발생시키는 단점이 있다. 이에 대하여 Closed Loop는 정확한 위성추적이 가능하지만 위성과 안테나 사이에 터널이나 건물 등의 장애물이 있는 경우에 추적이 불가능한 결함이 있다. 대부분의 시스템은 Closed Loop와 Open Loop를 결합하여 알고리즘에 적용하고 있다.

Closed Loop에서의 위성추적 방식에는 Sequential Lobing 방식으로서 Step Tracking과 Conical Scan 방식이 있으며, Simultaneous Lobing 방식으로서 Amplitude Monopulse Tracking과 Phase Monopulse Tracking이 있다. 정확성은 낮으나 저가인 Step Tracking이 일반적이며, 고속 추적 시스템에서는 일반적으로 Phase Monopulse Tracking을 사용하고 있다.



[그림 10] 위상 모노펄스 추적방식의 개념

이동체 탑재 DBS 안테나 시스템은 어떠한 추적 알고리즘을 사용하더라도 장애물에 의한 신호 차단은 회피할 수 없다. 이러한 경우로서 대도시의 도심에서는 약 70% 내외의 수신율이 보장된다. 그러나 고속도로와 해상 등에서는 신호 차단이 거의 없으므로 연속적인 수신이 가능하다.



[그림 11] 이동체 탑재 DBS 안테나 설치 개념



[그림 12] 차량 설치된 이동체 탑재 DBS 안테나

IV. 결 론


정지된 DBS 위성에 대하여 운동하는 이동체에 탑재되는 안테나는 그 회전운동 속도를 극복할 수 있어야 한다. 이것은 항공기 경우의 약 $18^\circ/\text{sec}$ 속도를 제외하면 차량이나 선박의 경우 약 $45^\circ/\text{sec}$ 에서 $90^\circ/\text{sec}$ 까지의 속도를 요구한다. 그리고 안테나의 양각 추적 범위는 이동체의 양각 운동과 이동 지역의 범위를 고려해야 하며, 예로서 한반도 전역을 이동하는 경우는 24° 이상의 범위를 만족해야 한다. 양각 방위각 추적 기계식 추적안테나는 정밀한 기계제어가 필요한 고가의 시스템이며, 기계식 추적 평판안테나는 방위각 추적만 수행하는 저가 시스템이지만 양각 추적 성능을 제공하지 못한다. 그리고 전 전자빔 추적 안테나는 고속 추적이 가능하지만 DBS 수신만을 위해서는 고가의 시스템이다. 이들에 비교하여 하이브리드 추적 시스템은 이동체 탑재를 위한 기술적인 문제를 해결하면서 저가의 시스템을 제공한다.

이동체 탑재 안테나 시스템 기술은 DBS 수신에 서만 적용될 수 있는 것은 아니다. 오히려 향후 전개되는 멀티미디어 위성 서비스와 기타 다양한 위

성 서비스를 제공하기 위한 기반 안테나 기술로서 응용이 가능하다. 능동 위상배열 안테나를 비롯한 추적 안테나 기술은 군용 목적의 레이더 등에서 활용되어 왔으나 이제 민수용 안테나 시스템을 위한 기술로 발전되고 있다.

참 고 문 헌

- 1) Eli Brookner, "Phased Arrays, Major Advances and Future Trends into the Next Millennium", The XXVIII ICATT, pp24-36, Sep. 1998.
- 2) K. Fujimoto and J. R. James, Mobile Antenna System Handbook, Artech House, 1994.
- 3) J. Hirokava, M. Ando, N. Goto et. al. "Single-Layer Slotted Leaky Waveguide Array Antenna for Mobile Reception DBS from Satellite", IEEE Trans. on VT, Vol. 44, No 4, pp749-755, Nov. 1995.
- 4) R.C. Johnson, Antenna Handbook, McGraw-Hill, 1993.
- 5) Barbra Davis, "High-flying technology", The Seattle Times, 20 Aug. 1996.

- 6) S.I. Jeon, J.I. Choi, Ch.S. Yim, and S.P. Lee, "Vehicular Active Antenna System with Combined Electrical and Mechanical Beam Steering for Reception from DBS in Ku-band", The XXVIII ICATT, pp72-76, Sep. 1998.
- 7) R. Mailloux, Phased Array Antenna Handbook, Artech House, 1994.
- 8) C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., 1997. 

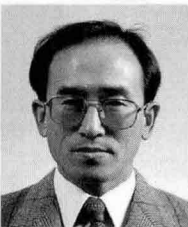


필자 소개



전 순 익

- 1984년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1996년 2월 : 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
- 1984년~1990년 : 삼성전자(주) 종합연구소
- 1991년~1993년 : 캐나다 MPR사 파견연구
- 1990년~현재 : 한국전자통신연구원 위성통신안테나연구팀 팀장
- ♦ 주관심분야 : 능동위상배열 안테나 시스템, 위성 통신 시스템, 초고주파 회로설계



이 성 팔

- 1978년 2월 : 서울대학교 전기공학과 졸업(공학사)
- 1986년 6월 : Polytechnic Institute of New York 전기공학과 졸업(공학석사)
- 1990년 6월 : Polytechnic Institute of New York 전기공학과 졸업(공학박사)
- 1999년 현재 : 한국전자통신연구원 지상시스템연구부 부장
- ♦ 주관심분야 : 능동안테나 시스템, 위성중계기, 위성통신시스템 설계 및 분석 등