

논문 2004-41 TC-2-5

IMT-2000 기지국용 빔 조향 다이폴 위상배열 안테나 시스템 설계

(Design of beam steering dipole phased array antenna systems for IMT-2000 base station)

이 상 수*, 김 명 철*, 최 학 근**

(Sang-Su Lee, Mounng Choul Kim, and Hak-Keun Choi)

요 약

본 논문에서는 IMT-2000 기지국용 빔 조향 다이폴 위상배열 안테나 시스템을 설계하였다. 본 논문에서 설계한 빔 조향 다이폴 위상배열 안테나 시스템은 크게 안테나부와 빔 조향 제어부로 구성된다. 안테나부는 광대역 특성을 위해 기본 복사소자로 평판형 다이폴을 제안하고, 설계하였으며, 지향성 복사패턴을 위해 평판형 다이폴을 8×8로 배열하였다. 또한 다이폴 수직배열 8소자 전력분포를 위한 수직 전력 분배기를 설계하였다. 빔 조향 제어부에서는 다이폴 수평배열 8소자 전력분포를 위한 수평 전력 분배기와, 수평방향(7방향)에 빔 틸트를 위한 4비트 위상 변위기와 구동회로를 설계하였다. 설계된 안테나 시스템의 성능을 평가하기 위해 실제 제작하고 복사특성을 측정하였다. 측정결과 각 제어신호에 따라 수평 빔 틸트가 일어남을 확인할 수 있었으며, 측정된 복사특성은 설계목표에 거의 근접한 것으로 나타났다.

Abstract

In this paper, the beam steering dipole phased array antenna systems for IMT-2000 base station have been designed. The designed beam steering dipole phased array antenna systems are constituted by the antenna part and the beam steering control system part. The antenna part is designed by the proposed flat dipole for the broadband characteristics, and the 8×8 dipole array antenna is constructed by the proposed flat dipole for the directional radiation pattern. Besides the vertical power divider is designed for the vertical power distribution. The beam steering control system part is designed the horizontal power divider for the horizontal power distribution, the 4-bit phase shifters and the driving circuit of phase shifters for the horizontal beam tilting. In order to evaluate a performance of the designed antenna systems, they were fabricated and the radiation characteristics were measured. From the measured results, we found that the horizontal beams were tilted by the each control signals, and the measured radiation characteristics showed good agreement with the design goals.

Keywords: IMT-2000, Phased array antenna, Beam steering, Flat dipole, Phase shifter, Power divider

I. 서 론

기존의 이동 통신 가입자의 증가와 데이터 통신량의

급증, 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증대됨에 따라 이에 대응하여 전세계 각국의 정부들은 차세대 이동통신인 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000) 서비스에 대한 상용화를 조속한 시일 내에 이루도록 진행 중에 있다. 또한 전세계 각국의 정보통신업체들이 앞 다투어 상용화에 필요한 시스템 장비개발에 박차를 가하고 있다.^{[1][2]} 특히 현 시점에서 통신 서비스의 질적 향상과 통신량의 급

* 정희원, 단국대학교 대학원 전자 컴퓨터공학부
(Dept. of Electronics Engineering Dankook University)
** 정희원, 단국대학교 대학원 전자 컴퓨터학부
(Dept. of Electronics Engineering Dankook University)
접수일자: 2003년 7월 22일, 수정완료일: 2004년 2월 6일

중에 대한 대책 개발 장비로 안테나의 주빔이 가입자가 많은 곳으로 시시각각 변화할 수 있는 안테나 시스템 개발이 매우 필요하다.^[3] 이와 같은 안테나 시스템은 빔 조향이 가능한 위상배열 안테나(Phased array antenna)로 구현할 수 있다. 위상배열 안테나는 각 기본 복사소자에 흐르는 전류의 진폭과 위상지연의 조합에 의해 빔 형상과 방향을 결정짓는 안테나를 말한다.^[4] 기본 복사소자로는 전형적인 다이폴 또는 슬롯을 이용하며, 최근에는 마이크로 스트립기판을 이용한 패치안테나도 많이 사용한다.^{[5]-[7]} 기본 복사소자에 급전되는 전송선로로는 동축선로나 도파관을 사용하였으나 최근에는 구조적으로도 간단한 다양한 종류의 마이크로 스트립선로, 스트립선로로 바뀌고 있다.^[8] 그동안 이와 같은 위상배열 안테나 기술은 주로 군용 레이더에 사용되어 왔다.^[4] 그러나 최근 들어 위상배열 안테나 기술은 군용 레이더뿐만 아니라 통신 시스템 장비 개발에도 많이 이용하는 추세이다.^[8] 따라서 본 논문에서는 IMT-2000 주파수 대역에서 제어신호에 따라 수평 빔 틸트가 일어나는 다이폴 위상배열 안테나 시스템을 설계한다.^{[8],[9]} 본 논문에서 설계한 빔 조향 다이폴 위상배열 안테나 시스템은 크게 안테나부와 빔 조향 제어부를 구성한다. 안테나부 설계는 IMT-2000 주파수 대역에서 동작하는 광대역 특성을 위해 새로운 급전선 구조를 갖는 평판형 다이폴을 기본 복사소자로 제안하고, 지향성 복사패턴을 위해 이를 8×8로 배열한다. 또한 수직방향의 복사특성을 위해 다이폴 수직 배열 8소자의 전력 분포와 수직 다이폴 배열 간격을 결정하고 수직 전력 분배기를 설계한다.^{[10]-[12]} 빔 조향 제어부에서는 수평방향 복사특성을 만족시키기 위해 다이폴 수평배열 8소자의 전력 분포와 수평 다이폴 배열 간격을 결정하며, 이로부터 수평 전력 분배기를 설계한다.^{[10]-[12]} 또한 수평방향으로 7방향 빔 틸트를 위한 4비트 위상 변위기와^{[13]-[15]} 이를 동작시키기 위한 구동회로를 설계한다. 이상에서 설계된 안테나 시스템을 실제 제작하고, IMT-2000 주파수 대역에서 복사특성을 측정하여 그 성능을 검토한다.

II. 다이폴 위상배열 안테나 시스템 설계

1. 안테나 시스템 구조 및 설계 목표

그림 1은 본 논문에서 설계한 다이폴 위상배열 안테나 시스템의 구조를 나타낸다. 본 논문에서 설계한 안테나 시스템의 구조는 안테나부와 빔 조향 제어부로

크게 둘로 나눌 수 있다. 안테나부는 광대역 특성을 위해 새로운 급전선 구조를 갖는 평판형 다이폴을 제안하였으며 이를 기본 복사소자로 하였다. 제안된 기본 복사소자는 수직, 수평방향으로 낮은 사이드로브 레벨을 갖는 지향성 복사패턴을 위해 각각 8소자를 사용하여 전체적으로 8×8로 배열하였다. 다이폴 수직배열 8소자의 전력 분포를 위한 수직 전력 분배기는 반사판 전면 부에 마이크로 에어스트립선로로 구성하였다.^{[10]-[12]} 빔 조향 제어부는 다이폴 수평배열 8소자에 위상차를 주어 수평방향으로 7방향 가변 빔 틸트를 위한 4비트 위상 변위기와^{[13]-[15]} 수평방향으로 최대 빔 틸트 시 그레이팅 로브가 발생하지 않는 전력 분포를 위한 수평 전력 분배기를 따로 구성하였다.^{[10]-[12]}

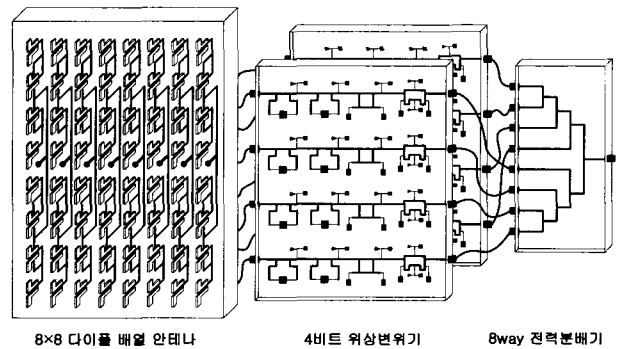


그림 1. 다이폴 위상배열 안테나 시스템의 구조
Fig. 1. Structure of dipole phased array antenna system.

표 1은 다이폴 위상배열 안테나 시스템 설계 목표를 나타낸다. 이득은 11dBd 이상, 수직 빔폭은 10°, 수평 빔폭은 14° 사이드로브 레벨은 -15dB 이하를, 수평방향 주빔 틸트 각도 범위는 -45° ~ 45° 를 만족하도록 한다.

표 1. 다이폴 위상배열 안테나 시스템 설계 목표
Table. 1. Design goals of the dipole phased array antenna system.

구 분	사 양
주파수	1.885GHz ~ 2.2GHz
이득	11dBd 이상
수직 빔폭 (V-HPBW)	10°
수평 빔폭 (H-HPBW)	14°
사이드로브 레벨	- 15dB 이하
수평방향 주빔 틸트 각도 범위	-45° ~ 45° (-3dB 기준)

2. 안테나부 설계

2-1. 기본 복사소자 구조 및 특성

본 논문에서는 안테나부 설계 시 IMT-2000 주파수 대역에서 동작하는 광대역 특성을 만족시키기 위해 새로운 급전선 구조를 갖는 평판형 다이폴을 제안하고, 이를 기본 복사소자로 사용하였으며, 그 구조는 그림 2와 같다. 평판형 다이폴은 안테나 특성에 따라 폭 d_w 을 넓히고 길이 d_l 을 줄임으로써 광대역 특성을 얻을 수 있다. 또한 수직 전력 분배기의 적절한 설계를 위해 새로운 급전선을 포함한 평판형 다이폴의 입력임피던스를 IMT-2000 주파수 대역에서 60Ω 에 맞게 설계하였다. 이는 새로운 급전선의 폭 f_{wl} , f_{ul} 와 사잇간격 l_{wl} , l_{ul} 를 조정함으로써 가능하다. 그림 3은 IMT-2000 주파수 대역에서 급전선을 포함한 평판형 다이폴 소자의 입력임피던스와 전압정재파비(VSWR)에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

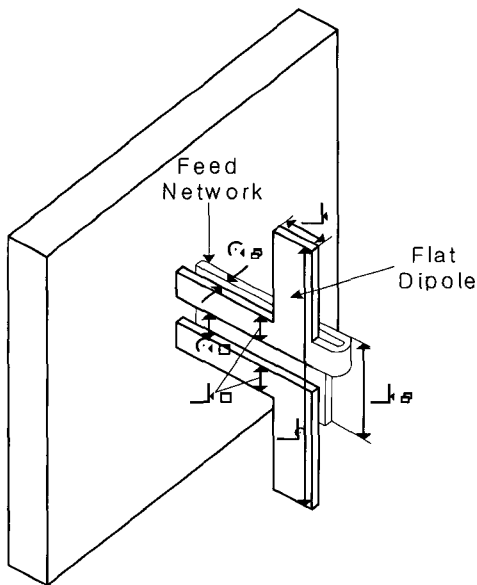
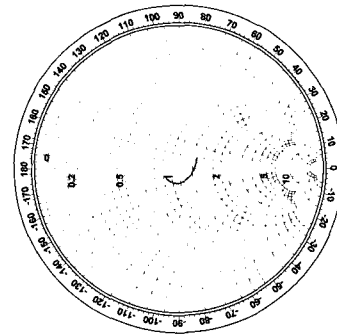


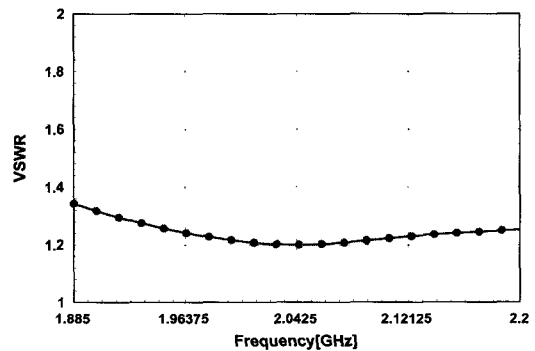
그림 2. 평판형 다이폴 구조
Fig. 2. Structure of a flat dipole.

2-2. 수직 전력 분포 결정

본 논문에서 설계한 다이폴 위상배열 안테나 시스템의 안테나부 설계 시 수직방향으로 지향성 복사패턴을 위해 기본 복사소자 8소자를 수직 배열하였다. 따라서



(a)

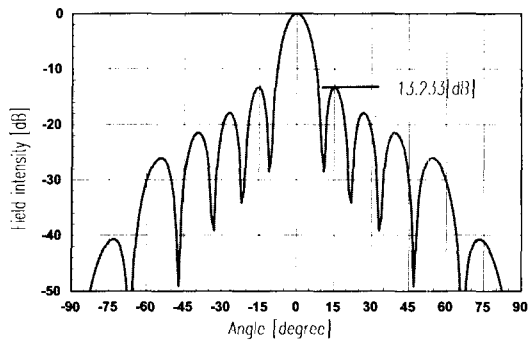


(b)

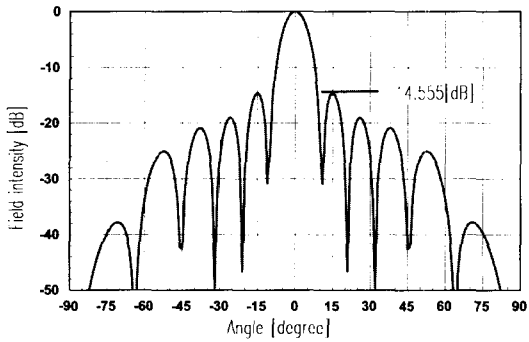
그림 3. 평판형 다이폴 소자 특성
(a) 입력임피던스 (b)전압정재파비

Fig. 3. Characteristics of a flat dipole element.
(a) Input Impedance (b)VSWR

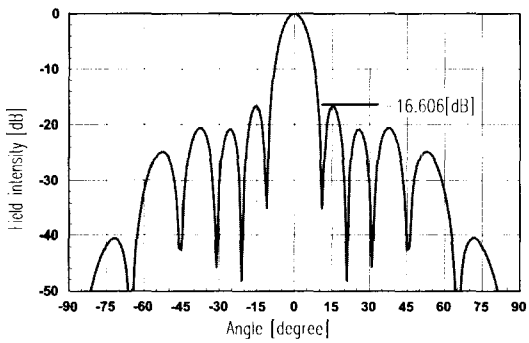
다이폴 수직배열 8소자의 전력 분포를 위한 수직 전력 분배기가 필요하며, 낮은 사이드로브 레벨을 갖는 복사특성을 위해서는 전력 분포가 매우 중요하다. 그림 4는 전력 분포에 따른 수직방향 복사패턴을 나타낸다. 그림 4 (a)는 균일 전력 분포인 경우이며, 첫 번째 사이드로브 레벨이 약 -13.2dB 로 나타남을 알 수 있다. 그림 4 (b),(c),(d)는 비균일 전력 분포인 경우이며, 중앙에 위치한 소자로부터 양쪽으로 멀어지는 소자에 분포되는 전력이 적어질수록 첫 번째 사이드로브 레벨이 낮아짐을 알 수 있다. 하지만 사이드로브 레벨이 낮아짐에 따라서 주빔의 빔폭이 약간씩 넓어지고 이득이 감소된다. 또한 전력 분배기 구현이 어려워진다. 그러므로 사이드로브 레벨, 주빔의 빔폭, 이득 및 설계구현 등을 고려해서 전력 분배비를 결정해야 한다.



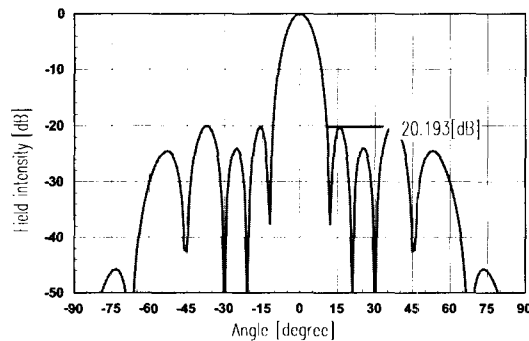
(a) 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1



(b) 0.8 : 0.8 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.8 : 0.8



(c) 0.6 : 0.6 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.6 : 0.6



(d) 0.4 : 0.4 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.4 : 0.4

그림 4. 전력 분포에 따른 수직방향 복사패턴
Fig. 4. E-plane radiation patterns by power distribution.

그림 5는 전력 분배비를 0.6 : 0.6 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.6 : 0.6 로 급전하고 각 다이폴 소자의 위상차를 0° 로 하였을 때 배열 간격에 따른 수직방향 복사패턴을 나타낸다. 배열 간격이 넓어질수록 주빔의 빔폭이 좁아짐을 알 수 있으며, 이에 따라 이득은 높아진다. 하지만 배열 간격을 넓어질수록 안테나가 커지게 된다. 따라서, 안테나 설계 시 안테나 크기를 고려하여 수직 다이폴 배열 간격을 결정해야 한다.

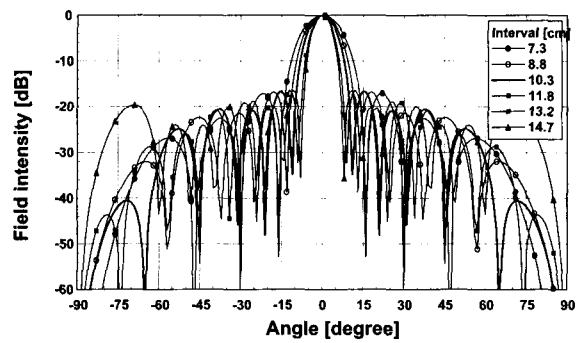


그림 5. 배열 간격에 따른 수직방향 복사패턴

Fig. 5. E-plane radiation patterns by array interval.

따라서, 본 논문에서는 수직 전력 분배비를 0.6 : 0.6 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.6 : 0.6 으로 하며, 수직 다이폴 배열 간격은 안테나 크기를 고려하여 $0.7\lambda=10.3\text{cm}$ 로 한다.

3. 빔 조향 제어부 설계

본 논문에서 설계한 다이폴 위상배열 안테나 시스템의 빔 조향 제어부는 4비트 위상변위기를 이용하여 기본 복사소자인 평판형 다이폴 수평배열 8소자에 위상차를 주어 수평방향(7방향)으로 빔을 틸트 시킨다. 따라서 여기서는 낮은 사이드로브 레벨을 갖는 수평방향 복사패턴 특성과 최대 빔 틸트 시 그레이팅 로브가 발생하지 않도록 수평 전력 분배비와 수평 다이폴 소자 간격을 결정하며, 이를 이용하여 수평 전력 분배기를 설계한다. 또한 7방향 가변 빔 틸트를 위한 4비트 위상 변위기와 구동회로를 설계한다.

3-1. 수평 전력 분포 결정

여기서는 낮은 사이드로브 레벨, 최대 빔 틸트 시 그레이팅 로브가 나타나지 않는 수평방향 복사패턴 특성

을 만족시키기 위한 수평 전력 분배비를 결정한다. 수평방향 주빔의 틸트 각도 범위가 $-45^\circ \sim 45^\circ$ 를 만족하기 위해서는 총 7개의 방향으로 나누어서 주빔을 틸트 시킴으로써 가능하다. 따라서 급전되어야 하는 수평방향 각 기본 복사소자의 위상차는 7가지가 필요하다. 표 2는 수평방향으로 배열된 기본복사소자인 평판형 다이폴에 $0^\circ, 22.5^\circ, 67.5^\circ, 112.5^\circ, -22.5^\circ, -67.5^\circ, -112.5^\circ$ 의 위상차로 급전하였을 경우, 실제로 각 기본 복사소자에서 필요한 위상지연을 나타낸다. 표 2과 같이 수평방향 각 기본 복사소자들에 필요한 위상들은 4비트 위상 변위기를 이용하여 급전될 수 있다. 따라서 4비트 위상 변위기 설계가 필요하다.

표 2. 수평방향 평판형 다이폴에 급전될 위상지연
Table. 2. Real differential phase delays for the horizontal flat dipoles.

복사소자 위상차	1	2	3	4	5	6	7	8
0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°
22.5°	0°	22.5°	45°	67.5°	90°	112.5°	135°	157.5°
67.5°	0°	67.5°	135°	202.5°	270°	337.5°	45°	112.5°
112.5°	0°	112.5°	225°	337.5°	90°	202.5°	315°	67.5°
-22.5°	157.5°	135°	112.5°	90°	67.5°	45°	22.5°	0°
-67.5°	112.5°	45°	337.5°	270°	202.5°	135°	67.5°	0°
-112.5°	67.5°	315°	202.5°	90°	337.5°	225°	112.5°	0°

수평방향 복사패턴은 기본 복사소자의 복사패턴과 위상배열 안테나의 AF(Array Factor)를 곱함으로써 나타낼 수 있다.^{[8],[11]} 이 때 사이드로브 레벨을 만족시키기 위해서 각 다이폴 소자에 서로 다른 전류크기로 급전한다. 그림 6은 Taylor 전력 분포에 따른 수평방향 복사패턴을 나타낸다. 이 때 수평방향 주빔의 틸트 각도 $\theta_0=0^\circ$ 를 나타낸다. 낮은 사이드로브 레벨을 만족시키기 위하여 Taylor 전력 분포를 기준으로 하였다.^{[8],[11]} 전력 분배비가 $0.1 : 0.3 : 0.7 : 1 : 1 : 0.7 : 0.3 : 0.1$ 일 때 사이드로브 레벨이 -25dB 이하인 복사패턴이 나타남을 알 수 있다.

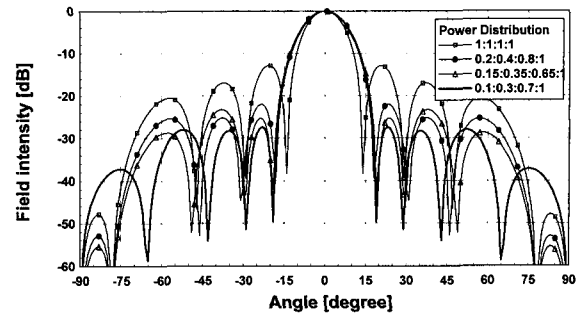


그림 6. Taylor 전력 분포에 따른 수평방향 복사패턴
Fig. 6. H-plane radiation patterns by Taylor's power distribution.

그러나 최대빔이 틸트 될 경우에는 그레이팅 로브가 발생할 수 있다. 이것은 다이폴 소자의 배열 간격을 조정함으로써 가능하며 수평방향 주빔의 틸트 각도 θ_0 , 주파수에 따라서 그 간격이 결정될 수 있다.^[8] 그림 7은 전력 분배비를 $0.1 : 0.3 : 0.7 : 1 : 1 : 0.7 : 0.3 : 0.1$ 로 급전하고 각 다이폴 소자의 위상차를 112.5° 로 하였을 때 배열 간격에 따른 복사패턴을 나타낸다. 배열 간격이 넓어질수록 그레이팅 로브가 커짐을 알 수 있다.

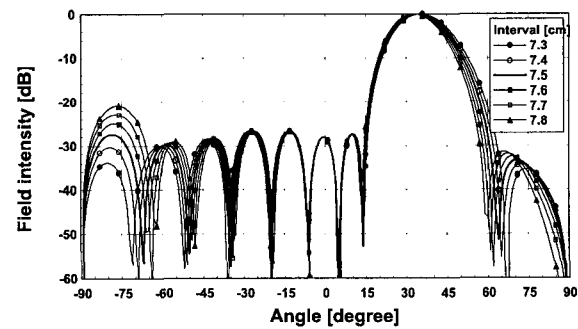
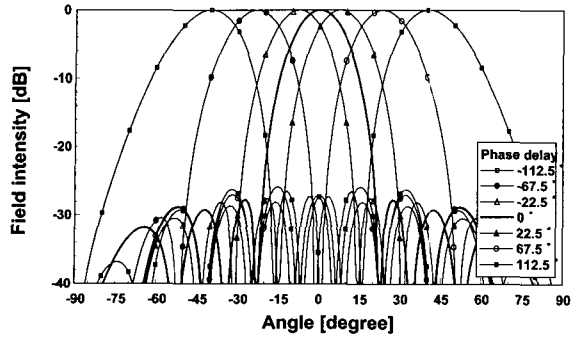
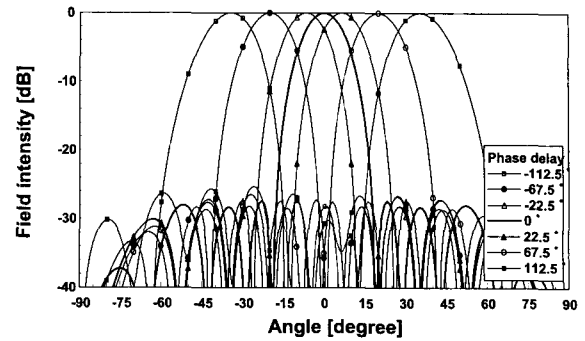


그림 7. 배열 간격에 따른 수평방향 복사패턴
Fig. 7. H-plane radiation patterns by array interval.

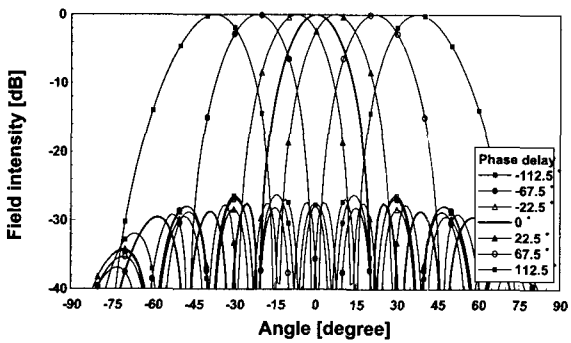
그림 8은 전력 분배비가 $0.1 : 0.3 : 0.7 : 1 : 1 : 0.7 : 0.3 : 0.1$ 이고, 다이폴 소자의 배열 간격이 $0.55\lambda = 7.5\text{cm}$ 일 때 주파수 별 위상 변화에 따른 수평방향 복사패턴을 나타낸다. 주파수 대역에서 7개의 위상차를 이용하여 $\pm 45^\circ$ 의 빔 틸트 범위와 사이드로브 레벨이 -25dB 이하로 설계목표에 만족함을 알 수 있다.



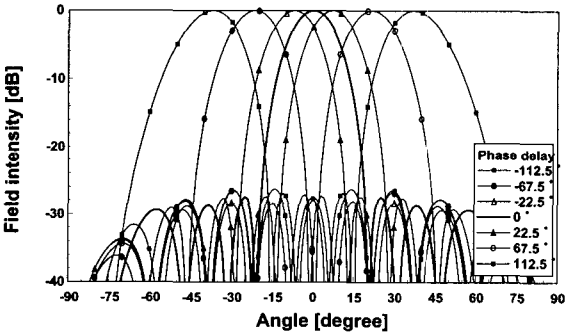
(a) 1.885[GHz]



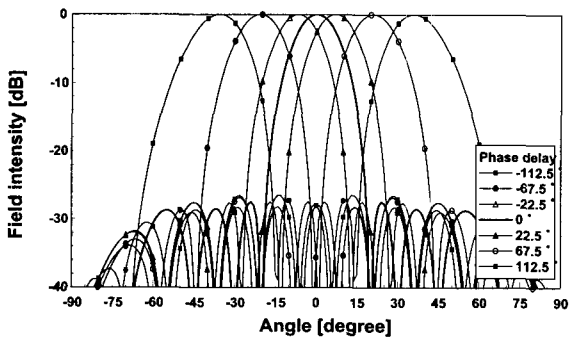
(e) 2.2[GHz]



(b) 2.025[GHz]



(c) 2.0425[GHz]



(d) 2.11[GHz]

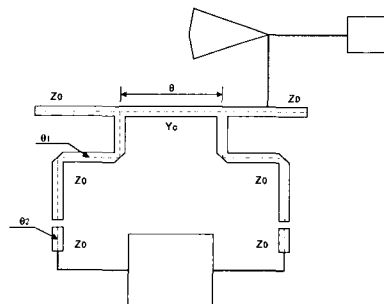
그림 8. 위상 변화에 따른 수평방향 복사패턴

Fig. 8. H-plane radiation patterns as functions of phase delays.

따라서, 본 논문에서는 수평 전력 분배비를 0.1 : 0.3 : 0.7 : 1 : 1 : 0.7 : 0.3 : 0.1 로 하며, 수평 다이폴 배열 간격은 제작 상 용이하도록 $0.55\lambda = 7.5\text{cm}$ 로 한다.

3-2. 4비트 위상 변위기

여기서는 수평방향으로 빔 틸트가 되도록 위상 변위기와 구동회로를 설계한다. 4비트 위상 변위기는 22.5° , 45° , 90° , 180° 를 위상 지연시키는 위상 변위기의 직렬 결합으로서 설계 될 수 있다. 각 위상비트에 해당되는 1 비트 위상 변위기는 각 위상 변위 특성에 적합한 구조로 구현하였다. 22.5° 와 45° 의 경우 작은 위상 변위 구현에 적합한 Tandem 스타브 구조의 부하선로형 위상 변위기를, 90° 의 경우 브랜치선로형 혼성 결합 위상 변위기 구조를, 180° 의 경우 직렬-다이오드 스위칭 선로형 구조를 이용하였다.^{[13]-[15]} 그림 9는 설계된 각 위상비트에 해당되는 1비트 위상 변위기(22.5° , 45° , 90° , 180°)이다.



(a) 22.5°

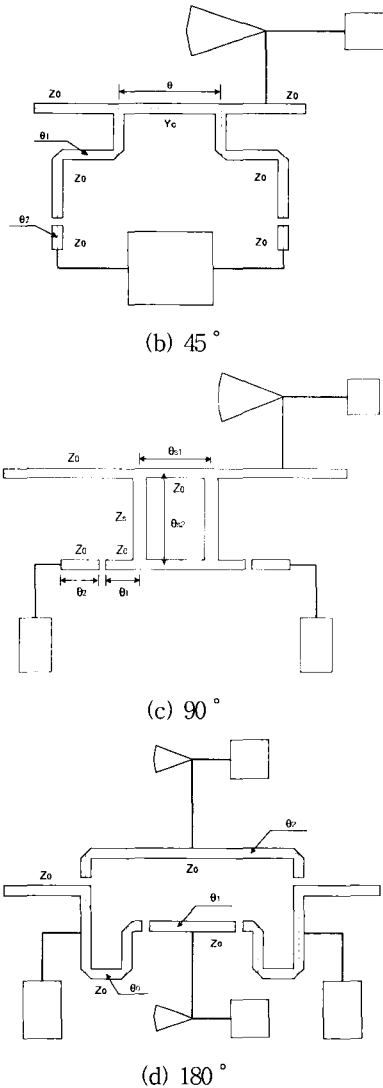


그림 9. 1비트 위상 변위기(22.5°, 45°, 90°, 180°)
Fig. 9. The layout of 1-bit phase shifters.

위상 변위기 설계 시 각 위상비트들의 동작상태를 스위칭 하기 위해 Agilent사의 PIN Diode(HSMP-4890-BLK)를 이용하였다. 위상변위기 설계 시 이용된 마이크로스트립 기판은 TACONIC사의 유전체 두께 1.143mm 를 갖는 TLC-32이다. 각각의 위상 변위기를 직렬 연결하여 4비트 위상 변위기를 설계할 경우, PIN Diode에 순·역방향 바이어스를 인가하기 위하여 급전되는 직류 성분의 상호 위상 비트 간 영향을 없애고 고주파 성분의 감쇄가 없도록 하기 위하여 D.C 블록킹과 A.C 바이패스 역할을 하는 캐패시턴스가 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 MURATA사의 GRM-39C0G151J50인 커패시터를 사용하였다. 이와 같이 설계된 4비트 위상 변위기를 실제 제작하였다. 다이폴

수평배열 8소자의 위상을 변위시키려면 8개의 4비트 위상 변위기가 필요하다. 따라서, 제작 시 크기를 고려하여 하나의 마이크로스트립 기판 상에 4개의 4비트 위상 변위기를 구현하였으며, 2세트를 제작하였다. 그림 10은 실제 제작된 4비트 위상 변위기의 외관을 나타낸다.

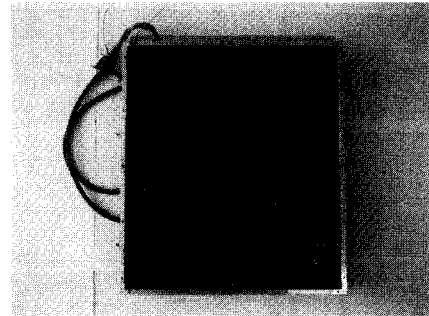


그림 10. 4비트 위상 변위기의 제작된 외관
Fig. 10. 4-bit phase shifters.

표 3은 수평방향 각 기본 복사소자에서 실제 필요한 위상 지연을 각 위상 비트들의 조합으로 나타낸 것이며, 이는 각 위상 비트들의 PIN Diode 바이어스 상태를 스위칭함으로써 가능하다. 따라서, 각 위상 비트들의 PIN Diode 바이어스 상태를 스위칭하기 위한 구동 회로가 필요하다.

표 3. 위상 지연을 위한 위상 비트 조합
Table. 3. The phase-bit combination for the actual phase delays.

위상 지연	위상 비트 조합
67.5°	45°+ 22.5°
112.5°	90°+ 22.5°
135°	90°+ 45°
157.5°	90°+ 45°+ 22.5°
202.5°	180°+ 22.5°
225°	180°+ 45°
270°	180°+ 90°
315°	180°+ 90°+ 45°
337.5°	180°+ 90°+ 45°+ 22.5°

구동회로 설계는 프로그래머블 논리소자(PLD : Programmable Logic Device)를 이용하여 논리식을 구현함으로써 가능하게 하였다. 실제 이용된 PLD는 4개의 Lattice사 GAL22V10D이다. PLD 각각의 출력단자와

위상 변위기의 바이어스 라인 사이에는 $100\ \Omega$ 의 저항과 발광 다이오드를 삽입하여 순방향 바이어스 전류 I_F 를 5mA 의 정전류가 흐를 수 있도록 하였다.

III. 측정결과 및 고찰

본 절에서는 이상에서 설계된 다이폴 위상배열 안테나 시스템의 성능을 검토하기 위해 실제 제작하고, 복사특성을 측정하였다. 표 4는 실제 제작한 시작 안테나의 제원을 나타내며, 그림 11은 표 4에 나타낸 제원에 의해 실제 제작된 시작 안테나의 외관이다.

표 4. 시작 안테나 제원
Table. 4. The parameters for the experimental antenna.

구분	치수	
다이폴 길이	6.00[cm]	
다이폴 높이	3.67[cm]	
다이폴 두께	0.16[cm]	
다이폴 간격	수직	10.3[cm]
	수평	7.5[cm]
전력 분배비	수직	0.6 : 0.6 : 1 : 1 : 1 : 1 : 0.6 : 0.6
	수평	0.1 : 0.3 : 0.7 : 1 : 1 : 0.7 : 0.3 : 0.1

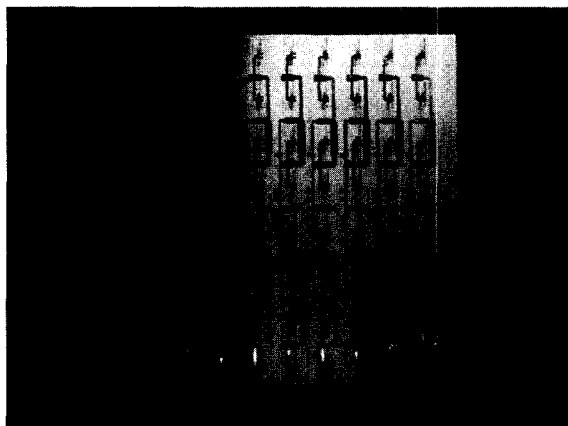


그림 11. 시작 안테나 외관
Fig. 11. Experimental antenna.

그림 12는 제어 신호에 따른 시작 안테나의 이득 측정된 것이며, 제어 신호는 다이폴 수평배열 8소자의 위상차로서 표현하였다. 측정결과 고정된 위상차로 급전하였을 경우 IMT-2000 주파수 대역에서 거의 일정

한 이득 특성이 나타남을 알 수 있으며, 위상차가 커짐에 따라서 약간 이득이 감소함을 알 수 있다. 전반적으로 이득은 13 ~ 15dBd 로 설계목표에 만족함을 알 수 있다.

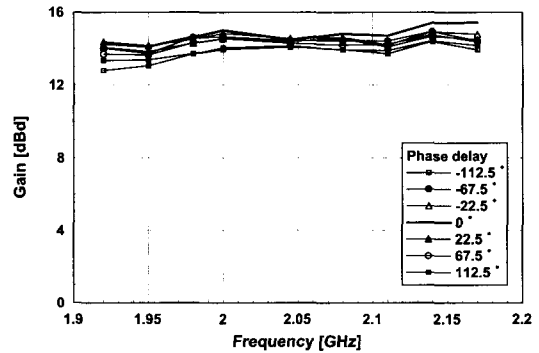


그림 12. 측정된 시작 안테나 이득 특성
Fig. 12. Measured gain characteristics of the experimental antenna.

그림 13은 주파수에 따른 far-field 수직 복사패턴 측정결과를 나타낸다. 주파수에 대해 다소 차이가 있지만 수직 빔폭은 평균 10° 로, 사이드로브 레벨은 평균 -15dB 이하로 설계목표에 근접함을 알 수 있다.

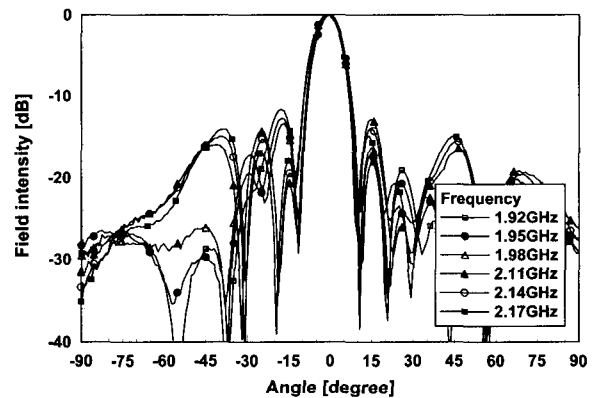
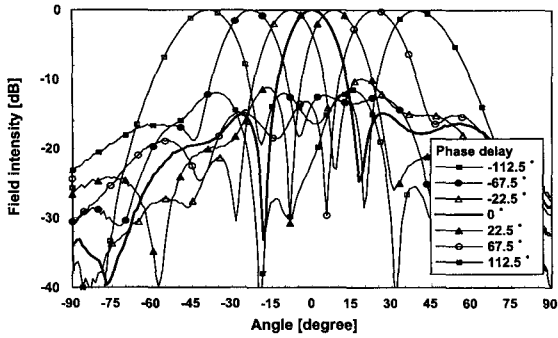
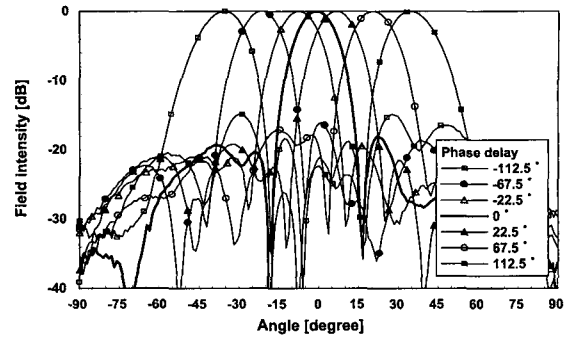


그림 13. 측정된 시작 안테나 수직 복사패턴
Fig. 13. Measured E-plane radiation patterns of the experimental antenna.

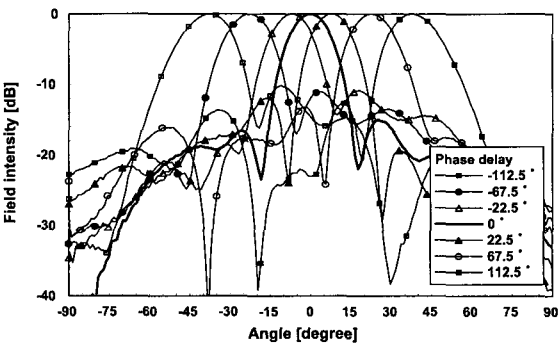
그림 14는 각각 제어신호 입력 시 주파수에 따른 far-field 수평 복사패턴 측정결과를 나타낸다. 측정결과 제어신호에 따라 빔 틸트가 일어남을 알 수 있으며, 제어신호와 주파수에 대해 다소 변화가 있지만 수평 빔폭은 평균 14° , 사이드로브 레벨은 평균 -15dB 이하로 설계목표에 근접함을 확인할 수 있다.



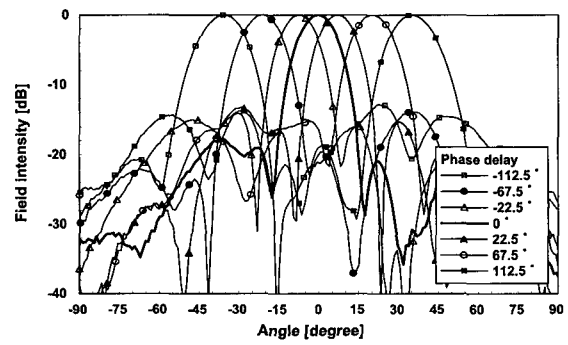
(a) 1.920[GHz]



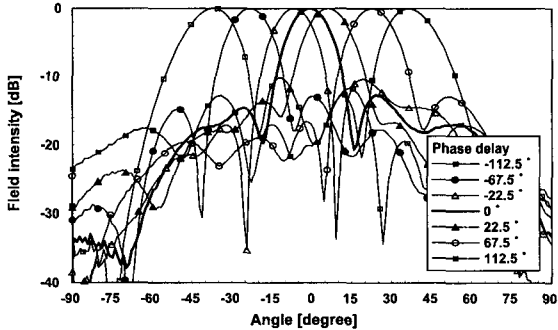
(e) 2.140[GHz]



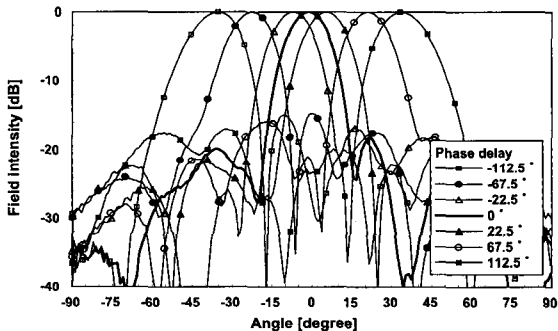
(b) 1.950[GHz]



(f) 2.170[GHz]



(c) 1.980[GHz]



(d) 2.110[GHz]

그림 14. 측정된 시차 안테나 수평 복사패턴
Fig. 14. Measured H-plane radiation patterns of the experimental antenna.

IV. 결론

본 논문에서는 IMT-2000 주파수 대역에서 제어신호에 따라 수평방향의 빔을 틸트시킬 수 있는 다이폴 위상배열 안테나 시스템을 설계하였다. 본 논문에서 설계된 빔 조향 다이폴 위상배열 안테나 시스템은 크게 안테나부와 빔 조향 제어부로 구성된다. 안테나부는 주파수 대역이 광대역인 IMT-2000 주파수 대역에서 동작시키기 위해 평판형 다이폴을 기본 복사소자로 제안하고, 설계하였으며, 지향성 복사패턴을 위해 제안한 기본 복사소자를 8×8 로 배열하였다. 또한 낮은 사이드로브 레벨을 갖는 수직방향의 복사특성을 위해 다이폴 수직배열 8소자의 수직 전력 분포와 수직 다이폴 배열간격을 결정하였으며, 이를 이용하여 수직 전력 분배기를 설계하였다. 빔 조향 제어부에서는 낮은 사이드로브 레벨과 최대 빔 틸트 시 그레이팅 로브가 나타나지 않는 수평방향의 복사패턴 특성을 만족시키기 위해 다이폴 수평배열 8소자의 수평 전력 분포와 수평 다이폴 배열간격을 결정하였으며, 이로부터 수평 전력

분배기를 설계하였다. 또한 수평방향(7방향)에 빔 틸트를 위해 4비트 위상 변위기와 구동회로를 설계하였다. 이상에서 설계된 안테나 시스템의 성능을 검토하기 위해 실제 제작하고 복사특성을 측정하였다. 측정결과 각 제어신호에 따라 수평 빔 틸트가 일어남을 확인할 수 있었으며, 이득은 13 ~ 15dBd, 수직 빔폭은 평균 10° , 수평 빔폭은 평균 14° , 사이드로브 레벨은 평균 -15dB 이하로 설계목표에 거의 근접하게 나타났다. 따라서, 본 논문에서 설계한 안테나 시스템은 IMT-2000 기지국용 빔 조향 다이폴 위상배열 안테나 시스템으로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 이 혁, 한정희, “비동기 IMT-2000 시스템 개발 현황,” *전자공학회지*, 29권 5호, pp. 49-60, 2002.
- [2] 연철흠, 최진성, 류덕인, “IMT-2000 및 Beyond IMT-2000 기술 동향,” *한국통신학회지*, 18권 6호, pp. 25-33, 2001.
- [3] 이근호, 길용섭, 김남영, “IMT2000 기지국용 안테나 및 관련RF 모듈 최신동향,” *한국통신학회지*, 19권 12호, pp. 26-35, 2002.
- [4] Merrill I. Skolnik, *Introduction to Radar System*, McGraw-Hill, ch. 8, 1980.
- [5] Henrik Holter, Tan-Huat Chio, Daniel H. Schaubert “Elimination of impedance anomalies in single- and dual-polarized endfire tapered slot phased arrays,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 48, pp. 122-124, January 2000.
- [6] Ivor L. Morrow, Peter S. Hall, Jim R. James “Measurement and modeling of a microwave active-patch phased array for wide-angle scanning,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 45, pp. 297-304, February 1997.
- [7] Ronald D. Javor, Xiao-Dong Wu, Kai Chang “Design and performance of a microstrip reflectarray antenna,” *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 43, pp. 932-939, September 1995.
- [8] R. J. Mailloux, *Phased Array Antenna Handbook*, Artech House, ch. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 1994.
- [9] E. Brookner, *Practical Phased Array Antenna Systems*, Artech House, 1991.
- [10] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna theory and Design*, Wiley Co. New York, ch. 2, 3, 7, 1981.
- [11] Constantine A. Balanis, *Antenna theory analysis and design*, John-Wiley, New York, ch. 6, 7, 1982.
- [12] B. C. Wadell, *Transmission line design handbook*, Artech House, 1991.
- [13] S. K. Koul, B. Bhat, *Microwave and Millimeter Wave Phase Shifters*, Artech House Inc, 1991.
- [14] R. V. Garver, “Broad-Band Diode Phase Shifters,” *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. MTT-20, No. 5, May 1972.
- [15] H. A. Atwater, “Circuit Design of the Loaded-line Phase Shifter,” *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. MTT-33, No. 7, July 1985.

저 자 소 개



이 상 수(정회원)
 1997년 2월 단국대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 2월 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1999년 3월~현재 단국대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 <주관심분야: 안테나 및 전파전파, 마이크로파 회로>



최 학 근(정회원)
 1979년 2월 고려대학교 전자공학과(공학사)
 1981년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1988년 8월 고려대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 1991년 3월~현재 단국대학교 전자·컴퓨터학부 전자공학전공 교수
 <주관심분야: 안테나 및 전파전파, 마이크로파>



김 명 철(정회원)
 1997년 2월 단국대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 2월 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 2001년 8월 (주)삼지전자 주임연구
 2002년 7월 (주)LG 이노텍 주임
 연구원

2003년 3월 (주)Gigawave Telecom 선임연구원
 2002년 3월~현재 단국대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 <주관심분야: 안테나 및 전파전파, 마이크로파 회로>