

# 위성 DMB 중계기용 Cavity-Backed 슬롯 배열 안테나

## Cavity-Backed Slot Array Antenna for a Repeater System of a Satellite Digital Multimedia Broadcasting

정희철 · 이학용 · 정병운 · 강기조 · 박면주 · 이병제

Hee-Chul Jung · Hak-Yong Lee · Byungwoon Jung · Gi-Cho Kang ·  
Myun-Joo Park · Byungje Lee

### 요 약

본 논문에서는 2,630 MHz~2,655 MHz의 위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)의 지상 중계기 시스템에 적합한 낮은 부엽레벨과 높은 전후방 비를 갖는 슬롯배열 안테나를 제안하였다. 중계기용 안테나는 시스템의 특성상 고이득과 시스템간의 신호 간섭을 줄이기 위해 충분한 격리도가 확보되어야 하며, 이를 위해서는 안테나의 부엽레벨을 억제시키고, 전후방 비는 증대시켜야 한다. 제안된 안테나는 도파관 구조의 직접급전이 가능한 CBSA(Cavity-Backed Slot Array) 안테나이다. 일반적인 마이크로 스트립 급전라인을 이용한 구조와는 달리 유전체 손실이나 급전라인의 손실이 없는 공기를 매질로 하므로, 고풍력에 적합하며, 고효율을 가진다. 또한 tapered 배열 방식과 최적화된 수직 반사판을 이용하여 부엽레벨 및 전후방 비를 개선하고 이득을 증대시켰다. 제작 및 측정을 통하여 부엽레벨은 수평 및 수직면에서 각각 -33.24 dB 이하, -35.78 dB 이하를 얻었고 전후방 비는 37.84 dB 이상, 이득은 전 대역에서 17 dBi 이상을 얻었다.

### Abstract

This paper presents analysis of a slot array antenna having a low side lobe level and high front-to-back ratio for a repeater system of a satellite DMB(Digital Multimedia Broadcasting) service. Antennas for this repeater system require a high gain and enough isolation to reduce interferences between signals in system. Therefore, it is necessary to suppress a side lobe level and to increase front-to-back ratio. Unlike a structure fed by lossy microstrip lines, in this work, a single cavity-backed slot antenna array using a single waveguide feed is proposed to obtain the reliability for high power handling and high radiation efficiency. The side lobe level and front-to-back ratio are enhanced with tapered array technique and an optimized vertical reflector. The measured side lobe levels in H- and E-plane are under -33.24 dB and -35.78 dB, respectively. The front-to-back ratio over 37.84 dB, and the peak gain of over 17 dBi are measured.

Key words : Cavity-Backed Slot Array Antenna, Side-Lobe Suppression, Front-To-Back Ratio

### I. 서 론

최근 이동통신의 급속한 발전과 함께 사용자들의 요구도 점점 더 다양해지고 있다. 현재 TV 방송의 경우 고정형으로 개발이 되어 실제 이동 중에는 방송

수신이 어려운 실정이다. 그래서 최근 이동 중에도 방송 수신에 대한 요구가 증대되고 있고, 이를 위해서 위성 DMB 서비스가 부각되고 있다. 위성 DMB는 위성을 통해 방송 콘텐츠를 송출하여 사용자들이 옥외에서 또는 이동 중에도 개인 휴대용 또는 차량

광운대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University)

· 논문 번호 : 20041210-159

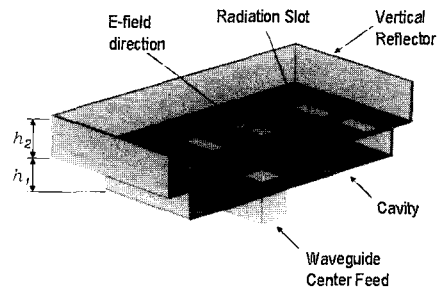
· 수정완료일자 : 2005년 3월 11일

용 수신기를 통해 비디오, 오디오 및 데이터 등 다양한 멀티미디어 방송을 다채널로 시청하거나 청취할 수 있는 방송 서비스를 말한다. 특히 기존의 고정수신 위성라디오 방송과는 차별화 된 이동서비스를 제공하며, 위성의 신호를 지상에서 다운 링크하여 사용하게 된다. 이때 지상의 대부분의 지역은 위성으로부터 직접수신이 가능하지만, 위성의 LOS(Line Of Sight)를 벗어나는 빌딩 내부, 지하 공간 및 고층건물에 의해 발생된 음영지역 등 직접수신이 불가능한 도심내의 지역은 지상중계기(gap filler)를 필요로 한다. 이러한 중계기용 안테나는 시스템간의 신호 간섭을 줄이기 위해 충분한 격리도(isolation)를 가져야 하며, 일반적으로 고이득의 안테나가 요구된다<sup>[1]</sup>.

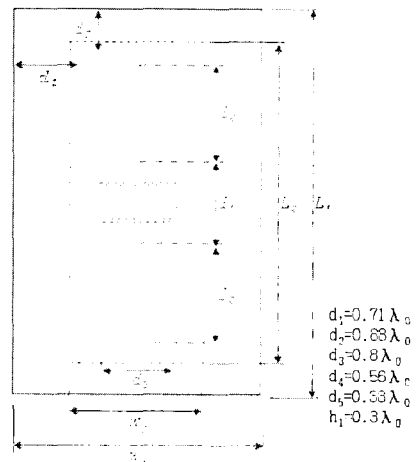
최근 중계기용 안테나로 유전체 기판을 사용한 가볍고 제작이 용이한 마이크로 스트립 배열 안테나가 많이 사용되고 있다. 하지만 많은 장점에 불구하고, 급전라인에 의한 손실과 표면파 손실, 임피던스 변환회로에 의한 반사손실 등의 단점으로 인해서 이득을 얻기가 힘들고, 유전체 기판으로 인한 높은 제작비용으로 많은 부담이 되고 있다<sup>[2], [4]</sup>. 따라서 본 논문에서는 유전체 손실이나 급전 라인의 손실을 줄이기 위해, 일반적인 마이크로 스트립 급전 라인 대신에 cavity를 이용하여, 슬롯 배열 안테나에 직접 급전이 가능하도록 설계하였으며, tapered 배열 방식과 최적화된 수직 반사판을 통해 부엽레벨과 전후방 비가 개선된 위성 DMB의 지상중계기에 적합한 CBSA(Cavity-Backed Slot Array) 안테나를 제안하였다.

## II. 안테나 구조 및 특성

제안된 안테나는 그림 1에서 보여주는 것처럼, 구형 도파관을 이용한 cavity 급전방식의 2×4의 슬롯 배열로 구성된 CBSA 안테나이다. 안테나의 크기는 260×400×85.4 mm<sup>3</sup>이며, 중앙에서 사각 도파관을 통해 입사된 필드는 cavity를 거쳐서 각각의 슬롯으로 급전된다. 따라서 기존의 마이크로 스트립이나 동축 케이블에 비하여 급전 부분의 손실이 적어지게 되고 효율을 극대화시킬 수 있다. 각 슬롯의 모양은 그림 1에서 보여주는 것처럼 도파관의 축 방향에 대해 가로방향으로 놓여 있고, 축 방향으로 진행하는



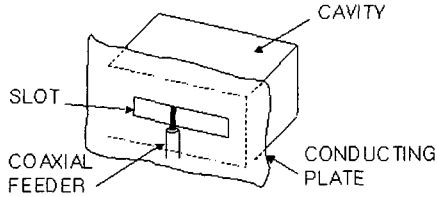
(a) 삼차원 단면도  
(a) 3D cross sectional view



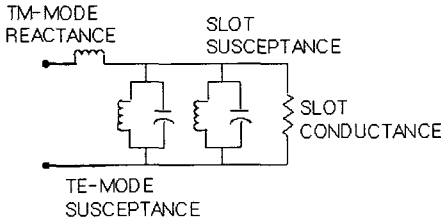
(b) 정면도  
(b) Top view

그림 1. 제안된 안테나의 구조  
Fig. 1. Structure of the proposed antenna.

표면전류와 교차하게 되어, 슬롯에서의 최대 결합을 이루게 된다<sup>[5]</sup>. 안테나에서 동작 주파수를 결정하는 각 방사 슬롯의 공진 길이는  $\lambda_0/2$ 보다 작은 크기를 가지며, 그림 2에서 표현된 것처럼 슬롯과 cavity 내부의 서셉턴스 성분을 줄이고 슬롯 컨덕턴스가 최대가 되도록 하기 위해 슬롯의 폭과 cavity의 높이를 조절하였다. 따라서 슬롯의 폭은  $0.23 \lambda_0$ , cavity의 높이( $h_1$ )는  $0.3 \lambda_0$ 가 되도록 조절하여 원하는 임피던스 대역폭을 만족시키고, 이와 동시에 슬롯에서의 방사 에너지가 최대가 되도록 유도하였다. 여기서 최대의 방사 컨덕턴스를 얻기 위해서는, 전계(혹은 자계 전류)의 정현파적인 분포가 생성되어야 한다. 이러한 분포는 방사 슬롯이 접해 있는 TE<sub>10</sub> 모드가 주 모드인 cavity 내에서 에너지가 축적될 때 이룰 수 있다.



(a) 구조  
(a) Structure



(b) 등가 회로  
(b) Equivalent circuit

그림 2. Cavity-backed 구조를 가지는 구형 방사 슬롯  
Fig. 2. Rectangular radiating slot with cavity-backed structure.

즉, cavity 크기가 충분히 커서, 주 모드가 차단 주파수 이상이 되도록 만들어질 때 이루어진다. 중요한 설계 파라미터는 안테나의  $Q$ (Quality-factor)이며, 그것은 축적된 에너지가 오직 주 모드일 때 최소가 된다. 여기서  $Q$ 는 주파수 대역폭을 한정하며, 최소 cavity에 대한 수식은 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q > \frac{3}{4\pi^2} \left( \frac{1}{V} \right) \quad (1)$$

여기서,  $V$ 는 cavity의 부피를 나타내며,  $Q$ 의 최소화는 효율적인 급전을 이룰 수 있는 cavity의 설계를 통해서 직렬 리액턴스가 제거될 때 실현될 수 있다. 그림 2(b)는 단순한 용량성 슬롯-부하 cavity에 대한 등가회로를 나타내고 있으며, 슬롯의 크기에 따라서 슬롯의 컨덕턴스 값이 바뀌며, 이는 tapered 배열방식을 구성하기 위해 사용되었다. 높은 TE나 TM 모드는 부수적으로 높은  $Q$ 를 생성할 수 있다<sup>[5]</sup>.

구형 도파관이나 혹은 CBSA 안테나에서 모든 특성은 공진형과 비공진형으로 나누어진다. 공진형 모드를 가지는 슬롯 배열 안테나의 경우는 그림 3에서 표현된 단락판의 위치가 슬롯으로부터  $\lambda_g/4$  이격된다. 이러한 공진형 슬롯 배열 안테나의 경우, 인접한

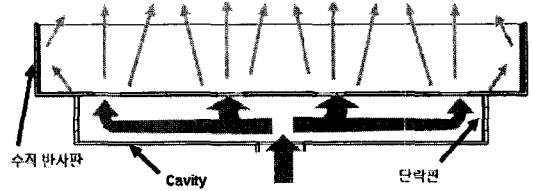


그림 3. CBSA 안테나 내부의 필드 근사 모델  
Fig. 3. Approximation model of total field within CBSA antenna.

슬롯간의 간격이  $\lambda_g$ 가 된다. 또한 관내파장은 도파관의 차단파장에 영향을 받는 것을 다음 식 (2)로부터 알 수 있다.

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}} \quad (2)$$

여기서,  $\lambda_c$ 는 관내 차단파장이고  $\lambda$ 는 동작주파수의 파장이다. 이러한 관내파장  $\lambda_g$ 는 자유 공간에서의  $1.6\lambda_0$ 에 해당되므로 원치 않는 그레이팅 로브를 발생시키는 원인이 된다. 이러한 그레이팅 로브를 피하기 위해서는 넓은 슬롯간의 간격을 줄여야 한다<sup>[6]</sup>. 도파관에서의 주 모드인  $TE_{10}$  모드가 변형되지 않도록 cavity 폭( $W_2$ )을 넓히고 단락판의 위치를 슬롯의 끝지점과 맞닿게 두어 비공진형 모드로 동작을 시켜 차단 파장을 증가시키는 동시에 관내 파장을 줄여, 슬롯간의 간격을  $0.8\lambda_0$ 까지 좁힐 수 있었다. 하지만 비공진형의 진행파 특성으로 인해 급전 점의 거리에 따라 약간의 위상 차이가 발생하게 된다. 이러한 위상 차이를 극복하기 위해서는 슬롯간의 간격을 약간씩 조정함으로써 위상을 동일하게 할 수가 있다. 따라서 중앙의 도파관 급전부로부터 각 슬롯간의 간격  $d_1, d_2$ 는 각각  $0.71\lambda_0, 0.88\lambda_0$ 의 간격을 가지게 된다. 배열 안테나에서 부엽을 줄이기 위해서는 각각의 방사체에 균일한 진폭 급전대신에 차등 진폭 급전방식을 주로 사용하게 되는데, 제안된 안테나에서는 좁은 반전력 빔폭(half-power beam-width)과 원하는 부엽 레벨의 조절을 위해서 tapered 배열 방식을 이용하였다<sup>[7],[8]</sup>. 도파관이나 cavity 구조의 슬롯 배열 안테나는 그림 3과 같이 중앙의 급전점으로부터 거리에 따른 감쇄현상으로 인해 슬롯에서의 결합되는 양이 다르게 된다. 즉, 급전 점으로부터 가까운 거리에 있는 슬롯에서 에너지의 대부분이 결합되고 나머지

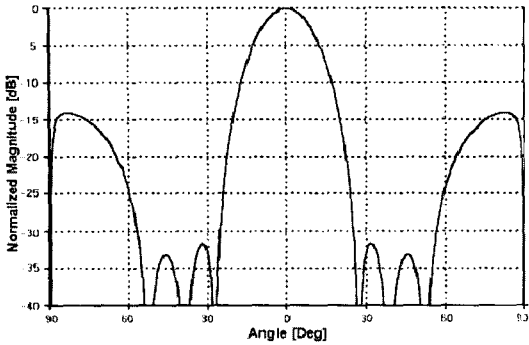


그림 4.  $0.8\lambda_0$  간격을 갖는 tapered 배열 방식의  $1 \times 4$  슬롯 배열 안테나의 E-plane 패턴

Fig. 4. E-plane pattern of tapered array antenna for  $1 \times 4$  slot with  $0.8\lambda_0$  spacing.

지는 cavity를 통해 감쇄하여 진행한 후 다음 슬롯에서 결합을 이룬다. 그림 3과 같이 각각의 방사 슬롯에 tapered 배열을 이루고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 4는  $0.8\lambda_0$  간격을 가지는 4개의 점전원(point source) 배열 소자에 대한 tapered 배열 합성을 할 경우  $\pm 90^\circ$  방향에서 부엽이 다시 발생됨을 보여주고 있다. 특히 그라운드 끝 부분에서의 회절에 의한 영향은 부엽뿐만이 아니라 후엽에도 영향을 미치게 된다. 이러한 이유로 인해서 방사 소자로부터 적절한 이격거리에서 최적화된 높이를 가지는 수직 반사판이 필요하게 된다. 일반적인 반사판 안테나에 반사판의 가장자리를 올린 open-cavity를 반사판으로 이용하는 안테나가 많이 연구되어 왔다. 이러한 open-cavity 구조의 반사판을 이용하여 안테나의 이득 및 전후방 비를 향상시킬 수 있다. Ehrenspeck는 반사판의 크기 및 open-cavity 구조를 갖는 수직 반사판의 가장자리 테(rim)의 영향을 실험적으로 연구하였다<sup>[9],[10]</sup>. CBSA 안테나에 적용된 open-cavity 구조의 반사판의 특성을 분석하기 위해서 근거리 장에서의 전계 분포를 살펴보았다. 그림 5는 근거리 장에서의 전계 분포를 보여주고 있다. 그라운드 면과 수직한 반사판을 그림 5에서처럼 전계 방향과 수평이 되게 놓았을 때와 또는 수직이 되게 놓았을 때, 그리고 네 개 면을 모두 감싸는 수직 반사판을 사용했을 때의 차이를 볼 수가 있다. 그림 5는 제안된 안테나에서의 side lobe는 컨덕터를 따라서 발생하는 leakage current에 의해서 발생한다고 생각하여 이에 대

한 해결책으로 수직 반사판을 사용하여 leakage current의 양을 줄어 들었음을 나타내는 것이다. 이러한 근거리 장에서의 전계 분포를 통하여 원거리 장에서의 방사 패턴을 예상할 수 있다. 또한 수직 반사판의 끝부분(rim)도 안테나의 방사체로 동작을 하게 되므로 슬롯 방사체와 수직 반사판 끝부분의 방사체에 의한 필드의 합성이 이루어질 수 있도록 조절하여 줌으로써, 원하지 않는 부엽의 발생을 피할 수 있다.

이때 open-cavity 구조의 수직 반사판의 위치는 슬롯에서부터  $3\lambda_0/4$  이내의 범위에 둬므로써 반대위

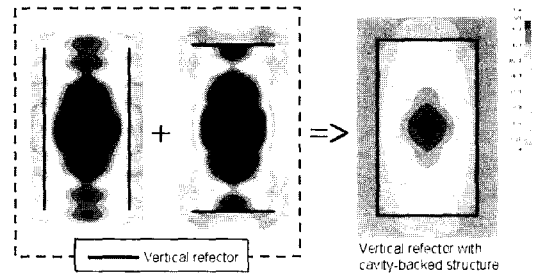


그림 5. 수직 반사판에 따른 근거리 장에서의 전계 분포의 변화

Fig. 5. E-field distributions according to variation of vertical reflector in near-field.

표 1. 제안된 안테나의 수직 반사판의 높이( $h_2$ ) 변화에 따른 특성

Table 1. Characteristics of the proposed antenna according to height( $h_2$ ) variation of vertical reflector.

높이 [mm]	Gain [dBi]	수평면 H-plane		수직면 E-plane		FBR [dB]
		HPBW [Deg.]	SLL [dB]	HPBW [Deg.]	SLL [dB]	
10	16.6	36.8	-23.3	17.3	-13.6	22.1
20	16.9	35.1	-24.8	17.5	-14.7	23.3
30	17.1	33.4	-27.0	19.0	-22.1	26.7
40	17.2	32.1	-30.4	19.7	-23.3	31.7
50	17.3	31.4	-35.6	19.9	-36.5	41.6
60	17.2	32.1	-30.4	19.7	-23.3	31.7
70	17.4	31.0	-	19.9	-26.8	36.2
80	17.3	30.9	-	20.0	-25.4	34.5
90	17.3	30.8	-	19.9	-23.4	33.2

\* (-)는  $\pm 90^\circ$  방향까지 부엽이 발생되지 않았음을 나타내는 것임.

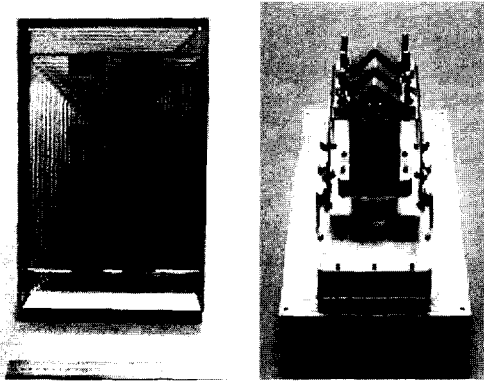


그림 6. 제작된 안테나의 실물도  
Fig. 6. Photograph of the fabricated antenna.

상을 갖는 전계(E-field)의 발생을 피하여, 안테나 이득의 감소를 막을 수 있었다. 원하는 방사패턴과 부엽의 발생을 피하기 위해 슬롯과 수직 반사판 사이의 간격  $d_4$ 와  $d_5$ 를 각각  $0.56 \lambda_0$ 과  $0.38 \lambda_0$ 인 위치에 두고 open-cavity 구조의 수직 반사판의 높이에 따른 반전력 빔폭과 부엽 레벨의 변화를 통해 최적화된 높이의 수직 반사판을 찾을 수 있었다. 표 1은 상용 시뮬레이션 툴인 Agilent(社)의 HFSS ver. 5.5를 통하여 수직 반사판의 높이 변화에 따른 특성 변화 결과를 정리한 것이다. 표를 통해서 볼 수 있듯이 슬롯으로부터  $0.56 \lambda_0$ 와  $0.38 \lambda_0$ 인 위치에 놓인 수직 반사판의 높이가 50 mm일 때 가장 적합한 값을 얻었고, 이

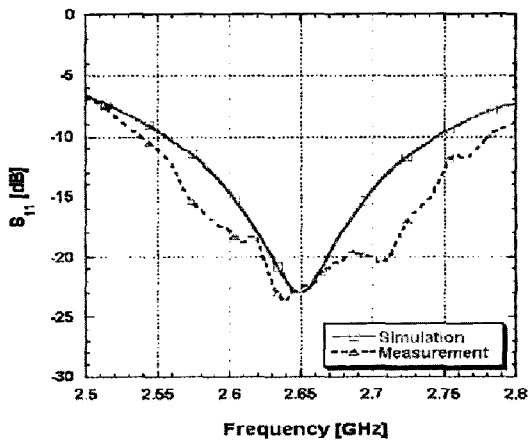
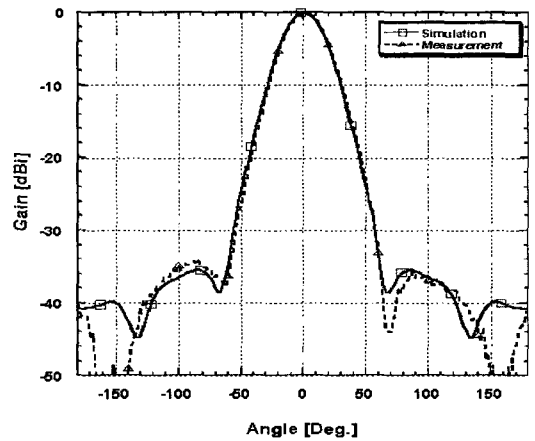


그림 7. 제작된 안테나의 시뮬레이션 및 측정을 통한 반사 손실  
Fig. 7. Simulated and measured return loss of the fabricated antenna.

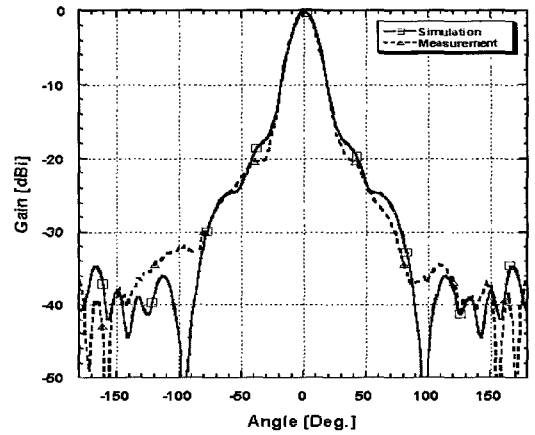
를 실제 안테나에 적용하였다.

### III. 안테나 제작 및 측정

제안된 안테나의 실제 모습을 그림 6에 나타내었다. 먼저 Agilent(社)의 E5071B 네트워크 분석기를 이용하여 제작된 안테나의 반사손실을 측정하였다. 측정된 안테나의 임피던스 대역폭은 그림 7과 같으며, 실선은 시뮬레이션을 통해 얻은 결과이고, 점선은 측정을 통해 얻은 결과이다. 측정된 안테나의 임피던스 대역폭은  $VSWR < 1.5$  기준에서 2,570 MHz~



(a) 수평면  
(a) H-plane



(b) 수직면  
(b) E-plane

그림 8. 제작된 안테나의 시뮬레이션 및 측정을 통한 방사 패턴  
Fig. 8. Simulated and measured radiation pattern of the fabricated antenna.

표 2. 제안된 안테나의 성능 측정 결과  
Table 2. Measured performance of the proposed antenna.

구분	Frq. [GHz]	Gain [dBi]	HPBW [Deg.]	SLL [dB]	FBR [dB]
수평면 H-plane	2630	17.92	31.32	-34.44	41.33
	2642	18.00	31.45	-34.24	40.08
	2655	18.04	31.26	-33.32	40.64
수직면 E-plane	2630	17.75	20.30	-37.50	39.73
	2642	17.78	20.19	-39.03	39.52
	2655	17.88	20.02	-35.78	37.84

2,740 MHz로써 위성 DMB의 사용 주파수를 모두 만족하는 결과를 얻었다.

안테나의 이득 및 방사패턴은 전자파 무반사실(anechoic chamber)에서 측정하였다. 측정된 안테나의 수평 및 수직 방사 패턴을 그림 8에 나타내었다. 그림 8과 같이 측정된 결과는 실선으로 표시된 시뮬레이션 결과와 유사한 값을 얻었다. 이상의 제작 및 측정을 통하여 얻은 결과를 표 2에 정리하여 나타내었다.

표 2와 같이 부엽레벨은 최소 -33.32 dB 이하이고, 전후방 비의 경우 최소 37.84 dB 이상을 얻었다. 측정된 안테나의 이득은 17 dBi 이상이고, 수평(H-plane)과 수직(E-plane)에서의 반전력 빔폭은 각각 30°, 20° 이상을 얻었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 유전체 손실이나 급전 라인의 손실을 줄이기 위해서, 일반적인 마이크로 스트립 급전라인 대신에 도파관 형태의 cavity 급전 구조를 통해 슬롯 배열 안테나에 직접 급전이 가능한 CBSA(Cavity-Backed Slot Array) 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 유전체 손실이나 급전라인의 손실이 없는 공기를 매질로 하므로, 고출력에 적합하며 고효율을 가진다. 또한 제작이 용이한 구조를 가지므로 대량 생산 시 많은 장점을 가질 것으로 기대된다. 또한 중계기 안테나에서 요구되는 낮은 부엽 레벨과 높은 전후방 비를 갖는 안테나 구조의 연구를 통하여 시스템간의 신호간섭을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 제안된 안테나는 2,630 MHz ~ 2,655 MHz의

위성 DMB용 중계기(Gap-filler)에 적합하도록 설계되었으며, VSWR < 1.5 기준에서 2,570 MHz ~ 2,740 MHz의 임피던스 대역폭과 17 dBi 이상의 이득을 얻었고, 측정된 반전력 빔폭은 수평면(H-plane)에서 31° 이상, 수직면(E-plane)에서 20° 이상을 가진다. 부엽 레벨의 경우는 수평 및 수직면에서 각각 -33.24 dB 이하, -35.78 dB 이하를 얻었고 전후방 비는 37.84 dB 이상을 얻었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] W. T. Slingsby, J. P. McGeehan, "Antenna isolation measurements for on-frequency radio repeaters", in *1995 Antennas Propagat. ICAP '95. Ninth International Conf. on*, vol. 1, pp. 239-243, Apr. 1995.
- [2] J. R. James, P. S. Hall, *Microstrip Antenna Theory and Design*, London: Peter Peregrinus, chap. 5, 6, 1981.
- [3] R. J. Mailloux, J. F. McIlvanna, "Microstrip array technology", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 29, pp. 25-37, Jan. 1981.
- [4] M. A. Weiss, "Microstrip antennas for millimeter waves", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 29, pp. 171-174, Jan. 1981.
- [5] R. C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, Inc., 3rd Edition, 1993.
- [6] L. Josefsson, "A grating lobe filter for transverse slot arrays", in *1991 Antennas Propagat. Soc. Int. Symp.*, vol. 2, pp. 1156-1159, Jun. 1991.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [8] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 2nd Edition, chap. 3, 1998.
- [9] K. J. Chen, "Radiation fields of the short-backfire antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 16, pp. 596-597, Sep. 1968.
- [10] H. W. Ehrenspeck, "A new class of medium-size high-efficiency reflector antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 22, Mar. 1974.

정 희 철



2003년 2월: 진주산업대 전자공학부 (공학사)  
2005년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
2005년 1월~현재: Galtronics Korea(주) 연구원  
[주 관심분야] 중계기용 안테나 시스템 및 단말기용 내장형 안테나 설계

강 기 조



1999년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)  
2001년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
2001년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정  
[주 관심분야] 위성 및 이동 통신 안테나 시스템 설계

이 학 용



1999년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)  
2001년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
2001년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정  
[주 관심분야] RF 안테나 시스템

박 면 주



1991년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
1993년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)  
1998년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)  
1998년 12월~2002년 8월: 삼성전자(주) 책임연구원

2002년 9월~현재: 광운대학교 전파공학과 조교수  
[주 관심분야] 초고주파 수동회로 및 안테나, 전자파, 초고주파 수치해석, High speed digital system noise, Signal integrity and interconnections, EMI/EMC

정 병 운



2001년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
2003년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
2003년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정  
[주 관심분야] 이동 통신 안테나 시스템 및 RF 수동 소자 설계

이 병 제



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
1993년 12월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)  
1993년 12월: 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)  
1998년 3월~현재: 광운대학교 전

파공학과 부교수  
[주 관심분야] 초고주파 안테나 해석 및 설계, 전기자기파 해석, 레이더 및 위성통신, 초고주파 응용, RF 능동 및 수동소자