

# LMDS 휴대통신용 유전체 장하 소형 원추형 혼 안테나

°김 재학\*, 원 충호\*, 이 태훈\*, 이 홍민\*\*  
경기대학교 전자공학과

경기도 수원시 팔달구 이의동 산 94-6번지 (우) 442-760

전화 : (031) 246-8746 / 팩스 : (031) 249-9796

E-mail : ykjh95@dreamwiz.com

## Dielectric Loaded Small Conical Horn Antennas for portable LMDS Communication

°Jae-Hak Kim\*, Chung-Ho Won\*\*, Tae-Hun Lee\*, Hong-Min Lee\*\*

Department of Electronic Engineering, Kyonggi University

San 94-6, Yiui-Dong, Paldal-Gu, Suwon-Si, Kyonggi-do, Korea

E-mail : ykjh95@dreamwiz.com

### 요 약

본 논문에서는 기존의 혼 안테나에 Dielectric rod를 삽입하는 구조를 사용하였다. 입력구조는 Rectangular Waveguide Feed에 Cone을 집속시키는 형태로 구현 되었으며 기존의 E-Plane taper구조보다 특성이 양호하며 소형화를 구현 해냈다. 제작된 안테나의 중심주파수는 37GHz 이며 정제파비 특성 또한 양호하다. 여러 Feeding구조 중 Bandwidth를 좀더 확장할 수 있는 구조에 초점을 맞추어 대역폭은 13%이상을 구현했으며 시뮬레이션 툴은 Ansoft HFSS V7.0으로 최적화한 후 제작 및 측정 하였다. 또한 사용된 Dielectric rod의 제질은 Teflon(ETFE,  $\epsilon_r=2.03$ )을 사용하였다.

### I. 서 론

근래 전파를 이용하는 서비스가 점점 더 다양화되고 있다. 따라서 주파수 사용이 보이지 않는 중요한 자원이 되어가고 있으며 새로운 자원을 위해 주파수 상황은 필수 불가결한 요소이다. 이에 기존의 10GHz대역 이하의 연구에서 그이상의 대역 연구가 활발히 진행되어 가고 있다. 본 연구에서는 이러한 경향에 발맞추어 37GHz 밀리미터파 대역을 사용하는 LMDS용 혼 안테나를 설계 제작 하였다. 이러한 주파수에 대한 연구는 기존의 주파수의 파 밀 상태 해소와 더불어 안개나 먼지 등의 시스템운영에 장애가 될 수 있는 요소들을 해결할 수 있는 장점이 있다. 또한 이러한 대역의 안테나는 제작이 용이하고 복사패턴이 narrow한 특징 등이 있다. 이에 논문에서는 30GHz 대역의 원추형 혼 안테나를

설계하였다. 안테나의 Feeding은 WR-28 직사각형 도파관을 사용했으며 Horn부분은 원추형 형태를 사용하였다. 이때 직사각형 도파관에서 Horn부분으로 파가 진행시 발생하는 Mismatch현상을 줄이고자 Dielectric rod를 삽입하여 이러한 mismatch현상을 최대한 완충시켰다. 또한 Dielectric rod는 특성 뿐 아니라 기구적으로 견고하고 또한 제작하기 쉬운 형태를 선택하였다. 기존의 혼 안테나는 부피가 커서 제작 및 비용에 많은 어려움이 있었으나 Waveguide 안쪽에 유전체를 삽입하는 기술이 제안되어 소형화를 이루어 내는데 성공하게 되었다. 이미 기존의 Dielectric rod를 삽입한 개구 안테나는 다양한 구조가 제시 되어 있다.<sup>[1]</sup> 또한 이러한 다양한 구조 중에서 이득(Gain)을 증가시킬 수 있는 구조<sup>[2]</sup>, 특이한 구조를 가지면서 표면파를 발생시킬 수 있는 연구, 다양한 유전체 모양을 변화 시키면

서 특성을 비교해보는 연구, 또한 다양한 Feeding 구조를 사용하여 특성을 비교해보는 연구<sup>[3]</sup> 등 최근 까지 이 분야의 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그러나 이러한 구조는 안테나의 사이즈가 너무 크고 Dielectric rod가 앞으로 돌출이 되어 있기 때문에 제작, 측정, 보관에 어려움이 많았다 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하여 사이즈 소형화를 구현했으며 Dielectric rod의 끝부분과 혼의 끝부분을 일치시켜서 다소 단점을 보완 하였다. 설계된 안테나의 총길이는 30mm, Horn 반경은 10mm, 로 소형화를 실현했다. 또한 Dielectric rod를 다양하게 설계한 후 비교 측정하였다.

## II. 본 론

### 1. Dielectric rod를 삽입한 원추형 혼 안테나

이차세계대전 이후 혼 안테나는 여러 가지 type으로 발전 되어왔다. 기본적인 E-plane Horn, H-plane Horn, 구조에서 Pyramidal Horn, Corrugated Horn, Aperture-Matched Horn까지 실로 눈부신 발전이다. 여러 Horn 안테나중 좀더 소형화를 구현할수 있는 형태중 한 형태가 Dielectric rod를 삽입한 형태다. 또한 Dielectric rod를 삽입한 Horn 안테나의 형태도 기존의 여러 형태의 단점을 보완한 연구가 요즘 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 Feeding은 직사각형 도파관을 사용하고 Horn은 원추형 도파관을 사용하였다. 직사각형 도파관을 사용하여 Feeding 함으로써 Source를 좀더 쉽게 여기 시킬 수 있고 원추형 Horn 구조를 제안하여 원편파를 발생시킬 수 있으므로 국부적인 형태에서 위성봉신을 행할 수 있게 설계했다. 그림 1에 설계된 혼 안테나의 사이즈와 고려해야 될 여러 파라미터들을 제시하였다.(a)그림은 측면도이고 (b)그림은 화살표방향에서 바라다본 후면도이다. 후면도에서 A, B는 dielectric rod의 가로, 세로 길이인데 이 길이는 WR-28도파관과 사이즈가 일치한다. 또한 그림에서 알 수 있듯이 Dielectric rod의 feeder구조는 Cut-wedge profile구조를 사용하였으며 다른 구조보다 Bandwidth 측면에서 장점이 있다. Dielectric rod구조를 살펴보면 D2, 즉 도파관에서 혼 쪽으로 linear하게 나온 길이가 Matching에서 중요하게 쓰인다. Dielectric rod의 길이가 Cone의 전체 길이와 일치하여 전체 사이즈가 많이

줄었으며 제작과 측정의 경우에 많은 편리함이 있으며 대량 생산시 원가 절감의 잇점이 있다.

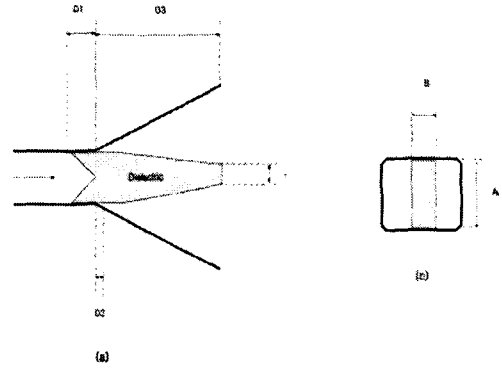


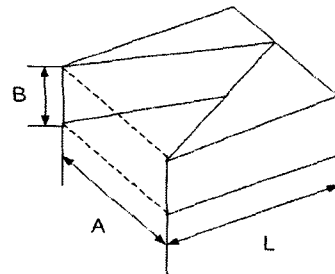
그림 1. 설계된 Horn 안테나의 기본 구조

파라미터를 살펴보면, 아래와 같다.

- 1)Feeding region: D1
- 2)Straight dielectric rod region: D2
- 3)Length of Cone: D3
- 4)Dielectric rod 의 끝부분 region: t

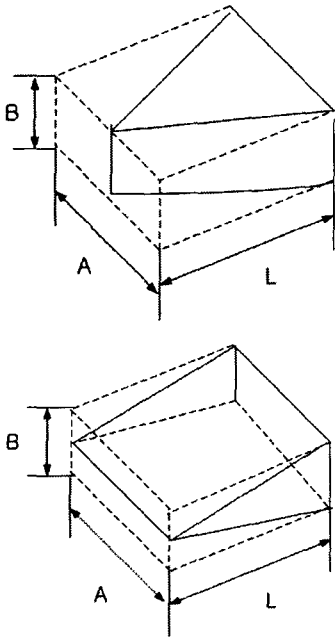
### 2. 다양한 정합 급전 소자의 구조

Dielectric rod 혼 안테나에서 안테나 급전부를 정합시키기 위한 유전체 소자의 구조를 그림 2에 나타내었다.



(a) Cut-wedge Profile 구조 (E-Plane Taper)

(b) wedge Profile 구조 (E-Plane Taper)



(c) wedge profile구조 (H-Plane Taper)

그림 2 급전부 정합 소자의 구조

그림 2에서 A와 B는 각각 직사각형 도파관의 가로와 세로의 길이로서 일정하게 놓고, 길이 L은 변화시킬 수 있는 변수이다. L이 작으면 작을수록 임피던스 값이 작아서 부엽 레벨이 좋아지지만 어느 한계를 벗어나면 특성이 나빠진다. E-Plane Taper(Broad wall), 그림 2(a)에 소개된 Cut-wedge profile구조가 그림 2(b)의 구조인 Wedge-profile 구조보다 좀더 Matching과 효율이 양호하다. 따라서 본 연구에서도 (a)구조를 사용하였다. (c)는 H-Plane Taper의 wedge profile구조이며 이 구조는 Maximum Gain Horn Antenna에 적합하다.

### 3. 설계 및 측정

Dielectric rod를 아래 표1과 같이 10가지로 제작하여 비교하였다 또한 혼의 치수(D3)를 16mm, 17mm 두가지로 제작하여 (A)~(J)까지 Dielectric rod를 교체하며 총 20가지의 데이터를 얻을 수 있었다. 이 중에서 비교적 양호한 특성을 나타낸 데이터를 표2에 제시 하였다.

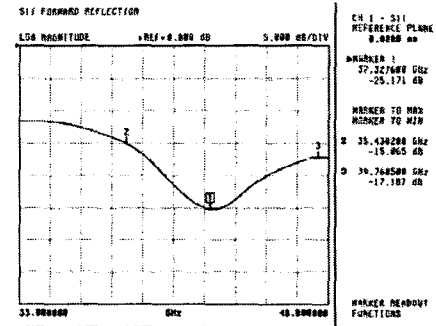
표 1. 다양한 Dielectric rod의 치수

구분	D1(mm)	D2(mm)	D3-D2 (mm)	T(mm)
(A)	4	3	13	4
(B)	4	3	14	4
(C)	4	3	13	3
(D)	4	3	14	3
(E)	4	2	14	4
(F)	4	2	15	4
(G)	5	3	13	3
(H)	5	3	14	3
(I)	5	2	14	3
(J)	5	2	15	3

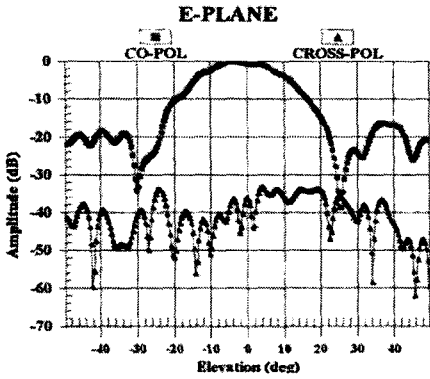
표 2. Dielectric rod 종류에 따른 측정 결과

구분	중심주파수 (GHz)	BW (GHz)	Return Loss (dB)
16mm혼 + (B)	37	4.2	-23.2
16mm혼 + (D)	37.5	2.8	-19.9
16mm혼 + (F)	37.3	3.5	-23.2
16mm혼 + (J)	37.5	5.6	-25.2
17mm혼 + (B)	37.0	2.1	-18.5
17mm혼 + (F)	36.9	3.5	-21
17mm혼 + (H)	37.5	5	-24.4
17mm혼 + (J)	37.3	5.6	-25.1

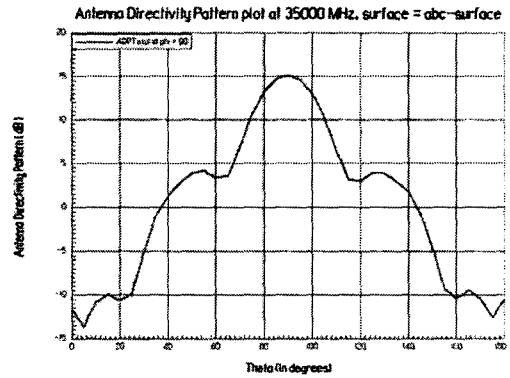
제작된 안테나의 특성 측정을 통하여 가장 양호한 특성을 나타낸 17mm혼 + (J)형태의 안테나에 대한 특성을 아래에 나타내었다. 그림3은 실측 데이터이고 그림4는 시뮬레이션 특징이다. 안테나 측정에는 NSI사의 모델 200V - 5 × 5 Near-Field 안테나 패턴 측정시스템과 HP사의 Vector Network Analyzer 모델 8722D를 사용하였다.



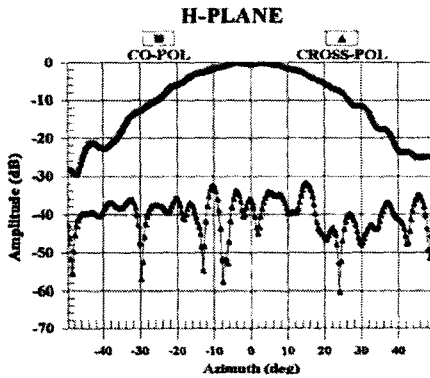
(a) Return loss



(b) E-plane 방사패턴



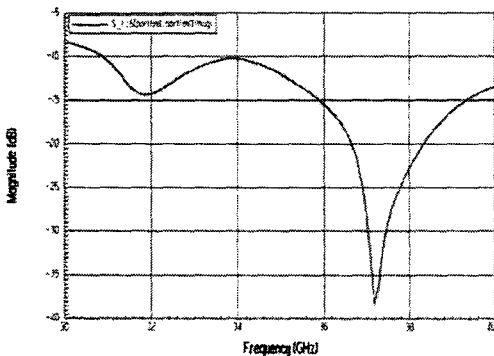
(b) E-plane 패턴



(c) H-plane 방사패턴

그림 3. 설계된 안테나의 Measurement 특성

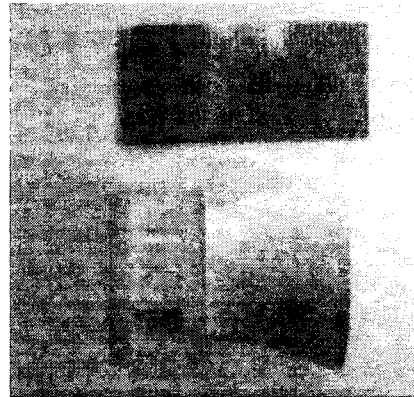
최적화된 안테나(17mm혼+(J))의 시뮬레이션 특성은 아래와 같다. 아래 그림에서와 같이 약 37GHz에서 공진이 일어나며 임피던스 매칭이나 패턴이 양호함을 알수 있다. 또 빔폭이 매우 작은 narrow빔을 얻을수 있었다.



(a)Return loss

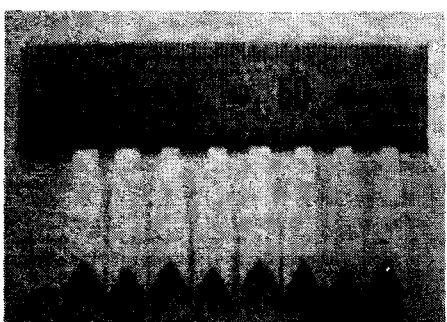
그림 4. 설계된 안테나의 Simulation 특성

측정된 안테나 방사 패턴은 설계치와 비교하여 거의 일치하는 특성을 나타내고 있으며, 17mm혼+(J)형태는 약 15.96dB의 이득을 나타내고 있어서 원래 설계 목표값 15dB 이득을 만족하였다. 특히 안테나의 Co-pol과 Cross-pol과의 차이가 30dB 이상으로 매우 양호한 특성을 나타내었다. 그림5는 제작된 안테나의 실제 그림이다.

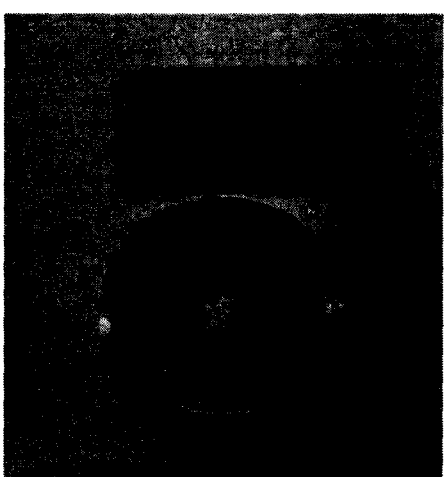


(a)제작된 혼 안테나의 옆면

참고 문헌



(b) 여러 구조의 Dielectric rod



(c) 유전체가 장하된 혼 안테나

그림 5. 설계된 안테나의 Simulation 특성

III. 결 론

직사각형 도파관으로 급전되며 테프론으로 제작된 E-plane Tapered Cut-wedge profile 구조의 정합 소자를 혼 안테나에 내장시키고 최적화 설계하여, 30GHz 주파수대 밀리미터 휴대 이동통신 시스템에 적용 가능한 소형 안테나를 개발하였다. 개발된 안테나의 크기는 총 길이가 30mm, 안테나 개구 혼의 직경이 20mm되는 초소형으로 기존의 안테나보다 그 크기를 획기적으로 축소시켰다. 제안된 안테나는 약 16dB의 이득을 가지며, 우수한 Return Loss 및 VSWR 특성을 나타내었다.

[1] Satoshi Kobayashi, Raz Mittra, R. Lampe "Dielectric Antennas for Millimeter Wave Application" Tech. Rep. Electromagnetics Lab, Univ. Illinois, Urbana May 1980

[2] Satoshi Kobayashi, Raz Mittra, R. Lampe "Dielectric Tapered Rod Antenna for Millimeterwave Applications" IEEE. Transaction on Antennas and Propagation, Vol. AP-30 No.1, January 1982

[3] Anatoliy O. Boryssenko, "Dielectric-core Conical Horn Antennas with Rectangular waveguide Feed of Point-to-Point Millimeter-Wave Communication" IEEE Antennas Propagation Magazine, Vol.42, No.2, April 2000

[4] B. N. Das and P. V. D. Somasekhar Rao "Analysis of a Transition Between Rectangular and Circular Waveguides" IEEE Transaction on Microwave Theory and Technique, VOL.39, NO.2, February 1991

[5] 국제테크노 정보 연구소 기술정보팀, "초고주파 안테나의 기초와 이동 통신 안테나 시스템". NTT이동통신망(주)

[6] Wallen L. Stutzman, Gary A. Thiele "Antenna theory and design". Wiley

[7] S. Kobayashi, R. Mittra and R. Lampe "Dielectric Rod antenna of Rectangular Cross Section" IEEE, 1980

[8] V. P. Joseph, S. Mathew, J. Jacob, U Raveendranath and K. T. Mathew "Radiation characteristics of strip loaded hollow dielectric E-plane sectoral horn antennas" Electronic letters 20th November 1997 VOL.33 No.24