

밀리미터파대 4x4 마이크로스트립 배열 안테나 설계 및 제작

안 성 훈, 문동권, 안상철, *박명렬, 정천석
울산대학교 전기전자정보시스템공학부, *(주)NRD,
전화 : 052-259-1519 / 핸드폰 : 019-528-5276

Design and Fabrication of the 4x4 Microstrip array Antenna for Millimeter-wave

Sung-Hun Ahn, Dong-Kwon Moon, Sang-Chul Ahn, *Myoung-Yeul Park, Chang-suk Jung
School of Electrical Engineering, University of Ulsan, *NRD co.
E-mail : shahn93@chol.net

Abstract

In This paper, the 4x4 microstrip patch array antenna for millimeter-wave is designed and fabricated. Before that, a patch antenna is designed to analyze the property in the millimeter-wave. Also, the excitation is implemented using edge and prove feeding. The array method is used to design the 2x1 array with corporate feeding network. Measured antenna shows 12.77 dBi gain, 37.65 GHz center frequency, -29.78 return loss and 680 MHz band width.

ITS(Intelligent Transport System) 핵심 기술로 국내 외에서 광범위하게 연구가 수행되고 있다. 국내에서는 국제전기통신연합(ITU)의 주파수이용계획에 의거하여 30~60 GHz 대역을 고밀도 고정업무(HDFS)용으로 국 간 통신용으로 분배하였다. 국내 밀리미터파대의 사용 은 선진 외국과 마찬가지로 이용이 낮은 상태이고 미 사용주파수 대역 개척과 관련기술개발을 필요로 하고 있다.

본 논문에서는 이를 위해 마이크로스트립 선로 (Microstrip-line)를 이용하여 밀리미터파대에 적합한 안테나를 연구하고자 한다. 고정식 무선통신 시스템에 응용이 가능한 안테나를 연구하기 위해 38 GHz를 공 진 주파수로 설정하고 단일 패치(Patch)를 설계하고 제작하여 배열의 기본소자의 특성을 연구한다. 또 설 계된 단일 패치를 이용해 병렬 급전구조의 4x4 배열을 시도한다. 이때 급전방식을 엣지(Edge)급전과 프로브 (Probe)급전으로 설계하고 제작된 안테나의 성능을 고 찰한다.

I. 서론

수많은 무선주파수를 사용함에 있어 무선자원의 고 갈 현상은 시대가 지남에 따라 더욱 심화될 것이다. 주파수 자원의 고갈 문제를 해결하기 위해서는 좀더 높은 주파수 대역을 사용해야 한다. 밀리미터파 (Millimeter-wave) 대역은 이런 문제에 해결책을 대두 되고 있으며 현재 많은 기관에서 연구가 진행중에 있 다. 그러나 전파수요의 급증과 소자 기술의 발달 등 으로 인하여 근거리 초고속, 광대역 통신을 비롯한 쌍 방향 비디오 서비스, 차량 충돌 경고용 레이더,

II. 본론

2.1 단일 패치 안테나

그림 1에 배열을 위해 설계한 단일패치이다. 정방향 패치의 공진주파수는 길이 L에 따라 달라지면 패치의

임피던스는 정방형의 경우 대각선이 만나는 지점이 가장 낮은 것으로 나타나 있다[1].

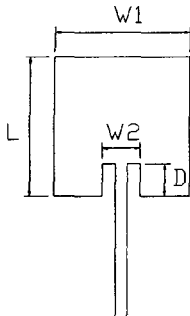


그림 1. 단일패치 안테나

단일패치의 프로파일은 T 형 전력분배기를 이용한 배열에 적합하지 못하다. 따라서 다수의 배열을 고려할 때 단일 패치의 프로브 급전보다는 한 면을 파고들어간 삼입형 급전이 적합하다. 이때 급전점의 삼입깊이에 따라 임피던스 변화가 심하며, 삼입깊이의 폭은 급전선로 폭(W2)에 3 배 이상으로 하였다. 이는 제작에 있어 에칭 가능한 최소 선폭을 고려한 것으로 에칭 폭중 최소 선폭이 100 μ m 선로로 이 보다 작을 필요가 없기 때문이다. 배열을 위해 급전점의 임피던스를 100 Ω 를 목표로 설계하였다. 삼입깊이(D)가 중심에 가까워질수록 임피던스가 낮아지고, 가장자리 쪽으로 이동할수록 임피던스가 높아짐을 볼 수 있다. 최종 설계된 단일패치 입력 임피던스는 115 Ω 로 나타났다. 그림 2은 입력 임피던스가 115 Ω 인 단일패치에 100 Ω 급전선로와 $\lambda/4$ 변환기를 구성하여 50 Ω 매칭을 이룬 안테나의 모의실험 결과이다.

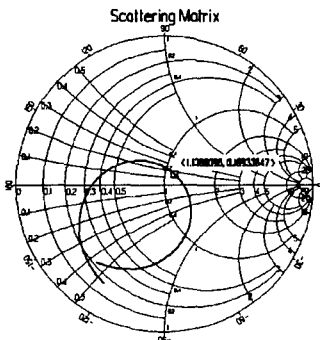


그림 2. 단일패치 안테나의 임피던스 도표

그림 3은 단일패치 안테나의 반사손실을 나타내고 있다. 이때 최대공진 주파수 38.06 GHz에서 -19dB를 보이고 있다. 표 1은 설계된 단일패치 안테나의 설계값이다.

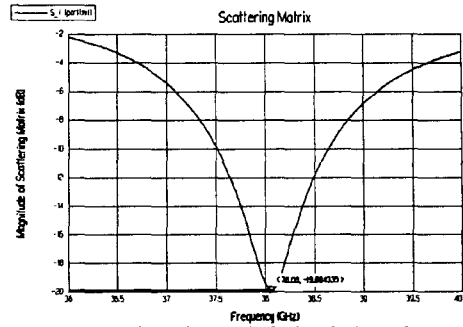


그림 3. 단일패치 안테나의 반사손실

항목	L[mm]	W1[mm]	W2[mm]	D[mm]
설계치	2.574	2.574	0.72	0.59

표 1. 단일 패치 안테나의 설계치

2-2. 4x4 배열 안테나

설계된 단일패치 안테나를 T 형 전력분배기를 사용하여 4x4으로 배열하였다. 안테나의 배열은 이득과 패턴에 따른 다양한 배열기법을 적용할 수 있다[2]. 고정 무선통신 용으로 안테나를 설계할 경우 높은 지향성과 높은이득이 고려되어야 하며, 밀티미디어 전송등을 고려할 때 대역폭 또한 넓어야 한다. 전력 분배 방법에 따라 균등분배, 비 균등분배로 나눌수 있으며 비 균등분배의 경우 다양한 분배법이 있다[3]. 본 논문의 4x4 배열에 있어서는 균등분배를 통해 38 GHz 밀리미터파 대 마이크로스트립 배열 안테나의 특성을 관찰하고자 한다. 소자 사이의 간격은 상호결합을 줄이고 주어진 소자 개수에서 최대 이득을 얻으며 급전선 간에 충분한 공간을 확보하고자 0.68 λ ($\lambda/2$ 이상)가 되도록 한다[2][4]. 그림 4, 5 은 4x4 배열 안테나의 급전별 반사손실에 대한 모의실험 결과이다.

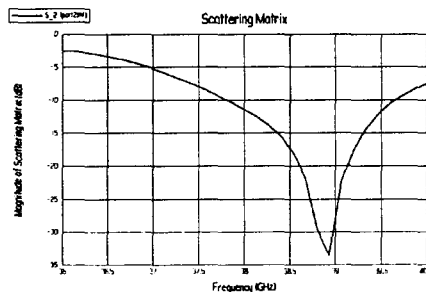


그림 4. 엣지 급전 안테나의 반사손실

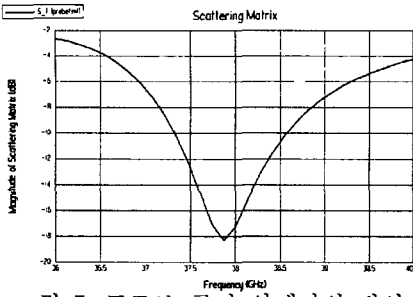


그림 5. 프로브 급전 안테나의 반사손실

항목	fo[GHz]	R.L.[dB]	B.W[GHz]	Gain[dBi]
Edge	38.9	-33.5	1.07	17.45
Probe	37.86	-18.2	0.643	13.3

표 2. 설계된 안테나 특성

설계된 안테나의 모의실험결과를 표 2에 나타내었다. 공진주파수는 엣지 급전의 경우 단일에 비해 0.2 GHz 낮아진 37.86 GHz 로 나타났다. 대역폭(VSWR<1.5)은 643 MHz 로 나타났다. 그림 6, 7은 각 급전에 따른 복사특성 모의실험 결과이다. 프로브 급전이 엣지급전에 비해 낮은 지향 이득을 보이고 있다. 이는 반사손실 차이에 의해 나타난 결과이다. 부엽준위(side lobe level)은 엣지급전의 경우 약 10 dB 차이를 보이고 있다.

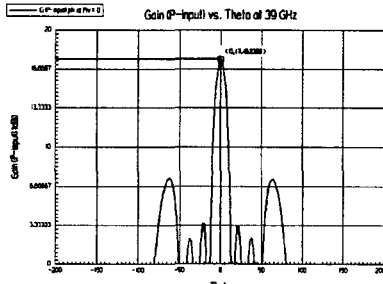


그림 6. 엣지급전시 복사특성

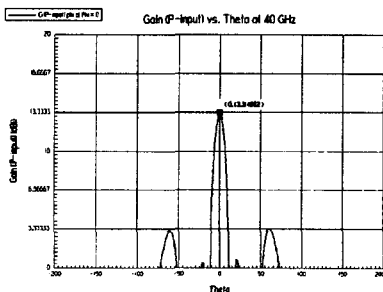


그림 7. 프로브급전시 복사특성

10 mil 기판을 사용하여 제작되었다. 제작은 설계에서 좋은 특성을 보였던 엣지급전 방식을 제작하였다. 그림 8은 제된 안테나의 실물 사진이다.

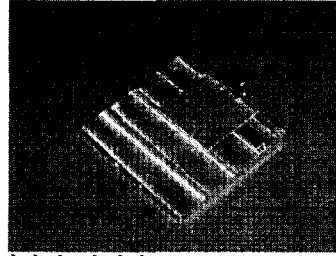


그림 8. 제작된 안테나

그림 9, 10 은 4x4 배열 안테나의 측정결과 이다. 최대 공진주파수 37.65 GHz, 반사손실 -26.78, 대역폭(vswr<1.5) 680 MHz 의 측정 결과를 보였다. 공진 주파수가 설계치와 크게 다르게 나온 것은 모의 실험기의 계산 오차와 제작상의 오차가 결합되어 나타난 결과로 사료된다.

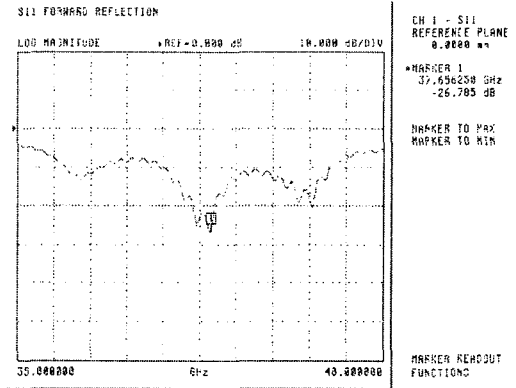


그림 9. 제작된 안테나의 반사손실

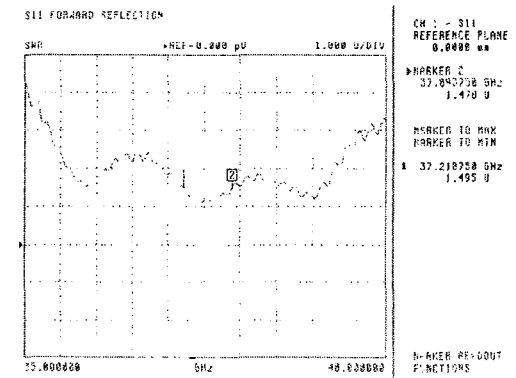


그림 10. 제작된 안테나의 대역특성

설계된 안테나는 Taconic 사의 유전율 $\epsilon_r=2.2$ 인

항목	fo[GHz]	R.L[dB]	B.W[GHz]	Gain[dBi]
설계치	38.9	-33.5	1.07	17.45
측정치	37.65	-26.78	680	12.77

표 3. 설계치와 측정치 비교

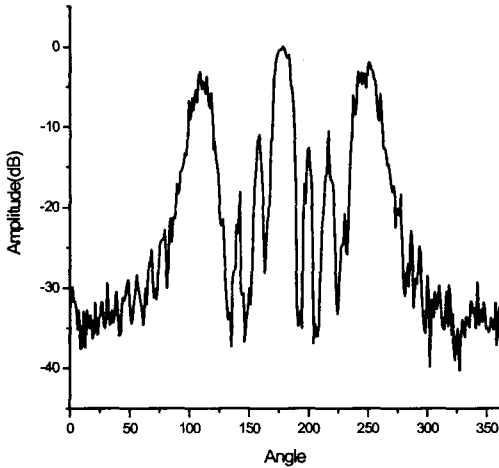


그림 11. 제작된 안테나의 복사특성

표 3은 안테나의 설계치와 측정치를 비교한 것이다. 공진주파수는 측정치가 설계치에 비해 더 작은 오차를 보였다. 대역폭은 측정치가 더 작은 결과를 보였다. 복사특성은 설계치에 못 미치는 12.77 dBi를 보였다. 복사패턴에 있어 부엽의 크기가 매우 크게 나타났다. 이는 안테나 배열 간격 0.68λ 가 부엽을 줄이기에 부적합한 간격임을 보여 주고 있다.

III. 결론

본연구에서는 38 GHz에서 동작하는 밀리미터파대 마이크로스트립 4x4 배열 안테나를 설계 제작하였다. 배열을 위한 단일패치 안테나를 설계하고 병렬급진을 위해 T형 전력분배기를 사용하였다. 설계된 단일패치 안테나를 4x4 배열하고, 옛지급전과 프로브급전으로 각각 설계하여 급전에 따른 특성을 고찰하였다. 프로브 급전의 경우 반사손실이 옛지급전에 비해 높게 나타났다. 따라서 제작에는 공진주파수의 이동외에 특성이 좋은 옛지급전방식의 안테나를 제작하여 측정하였다. 제작된 옛지급전의 안테나는 최대공진주파수 37.65 GHz, 반사손실 -26.78 dB, 대역폭 680 MHz, 이득

12.77 dBi의 특성을 보였다. 따라서 본 논문은 배열소자의 확장으로 얻어 질수 있는 안테나의 특성을 연구하는 데 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

<본 연구는 정보통신부에서 지원하는 기초기술연구지원사업에 의해서 수행된 결과임.>

참고문헌

- [1] H.F Lee, Wei Chen, *advances in microstrip and printed antennas*, wiley-interscience
- [2] W. L. Stutzman, *Antenna Theory and design*, John Willey & Sons, pp. 441-475, 1998.
- [3] Constantine A.Balanis, *Antenna Theory*, John Willey & Sons, pp. 249-306, 1997.
- [4] D.K Moon, "A Study on Microstrip Array Antenna for LMDS Receiver with Corporate Feeding Network using Chebyshev Polynomials", *The Journal of Korea Electromagnetic Engineering Society*) 2002.09 v.13, n.8, pp.827-833 1226-3133