

이동통신용 광대역 패치 안테나 설계

김 장 욱*

Design of Wide Band Antennas for Mobile Communications

Jang-Wook Kim *

요 약

L-스트립 급전선에 의해서 급전되는 광대역 패치 안테나를 연구하였다. 본 논문의 목표는 3G와 4G 이동통신 서비스를 위한 소형 광대역 안테나를 설계하는데 목표를 두었다. 기존 유사 연구문헌에 보고 되었던 안테나와 본 논문의 제안된 안테나를 비교하여 개선된 효과를 입증하였다. L-스트립 급전의 삼각형 패치 안테나의 측정결과에서 636MHz(32.5%, $f_0=1,960\text{MHz}$)의 임피던스 대역폭($\text{VSWR}\leq 2$)이 3G와 4G 주파수 대역에서 얻어지는 것을 확인하였다. 일반적으로 Probe 급전방식의 경우 Probe에 의해서 기생 리액턴스가 야기되며 이로 인하여 안테나의 대역폭 특성을 저하시킨다. 측정결과를 통해서 제안된 안테나가 급전구조로부터 발생하는 기생 리액턴스를 보상할 수 있기 때문에 개선효과를 얻을 수 있었다는 것을 입증하였다. 연구된 안테나는 단순한 구조 때문에 어레이 확장이 쉽게 설계될 수 있다.

▶ Keywords : 안테나, 통신, 광대역, 패치

Abstract

A wideband patch antenna fed by an L-strip feeder is studied. The objective of this paper is to design small wideband antenna for 3G and 4G wireless mobile communication service. The enhanced features were confirmed and proved by comparing the proposed antenna with the antennae that have been reported in the relevant literatures. Measurement results confirm that an impedance bandwidth($\text{VSWR}\leq 2$) of 636MHz(32.5%, $f_0=1,960\text{MHz}$) is achieved at 3G and 4G frequency band for L-strip-fed triangular patch antenna. In general, probe feed has only the parasitic reactance caused by the probe, which reduces the bandwidth performance of the antenna. The experimental results proved that the effects of improvement could be achieved because the

• 제1저자 : 김장욱

• 투고일 : 2013. 2. 14, 심사일 : 2013. 2. 26, 게재확정일 : 2013. 3. 12.

* 동양미래대학교 전기전자통신공학부 정보전자과(Dept. of Information Electronics, Dongyang Mirea University)

proposed antenna is capable of compensating the parasitic reactance from the feeding mechanism. The studied antenna can be designed easily for extension of array because it has simple structure.

▶ Keywords : Antenna, Communication, Wideband, Patch

I. 서 론

이동통신 기술의 발전과 이동통신 서비스 사용자의 폭발적인 증가는 전 국민의 인구통계를 초과하고 있는 실정이다. 이와 더불어 국내외적으로 이동통신 주파수는 지속적으로 확장되고 있다. 이동통신 주파수 확장은 통신 사업자에게는 다양한 문제를 야기하는데 가장 큰 문제점 중의 하나가 도심 기지국 설치 공간의 제한이다. 특히 최근엔 기지국 인접 집단 주거지역에서는 전자파의 유해성 등으로 기지국 설치에 부정적인 여론으로 곤란한 극면에 접하고 있다. 이와 같은 문제를 해소할 수 있는 방안이 이동통신 기지국 안테나를 광대역화하여 각 이동통신 사업자의 기지국에 설치되는 안테나 갯수를 최소화하는 방안이다. 즉 3세대 4세대 이동통신 기지국용 안테나를 이동통신 사업자 공용으로 사용가능하도록 하는 방법이다.

따라서 본 논문에서는 하나의 안테나로 여러 이동통신 사업자들의 전체 주파수 대역을 서비스 할 수 있는 광대역 안테나 설계에 관한 연구를 진행하였다.

3세대 및 4세대 이동통신 기지국용 안테나로 사용되는 마이크로스트립 안테나의 가장 큰 단점인 주파수 대역폭을 확장시키는 다양한 연구들이 진행되고 있다. 이러한 주파수 특성개선을 위한 기술에는 마이크로스트립 안테나의 직 상단에 기생 소자를 적층시키는 방법, 두껍고 낮은 유전체 기판의 사용, 급전선의 광대역 임피던스 정합기술, 안테나 소자의 배열기술 등이 지금까지 보고되었다. 이와 같은 연구결과들 가운데 가장 기대효과가 클 것으로 예상되는 기술이 급전방식의 개선이다.

일반적으로 마이크로스트립 안테나에서 가장 많이 사용되는 Probe 급전은 급전구조에서 발생하는 기생 리액턴스 성분 때문에 광대역 특성을 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 급전구조에서 발생하는 기생 리액턴스 성분을 경감시켜 안테나 특성을 광대역화 할 수 있다고 보고된 [1], [2], [3], [4], [5] L-스트립 급전구조를 삼각형 및 사각형 패치 안테나에 적용하여 그 특성을 비교 평가하였다. 본 논문에서 적용한 L-스트립 급전구조는 기존 연구에서 많

이 적용한 방식인 probe나 coaxial 커넥터 급전구조를 개선하여 에어-마이크로스트립 구조로 설계하여 여러 가지 좋은 특성을 도출할 수 있었다. 본 논문에서 연구된 안테나의 특성과 보고된 유사 연구결과 들을 비교하여 본 논문에서 설계된 안테나의 특성의 우수함을 입증하였다.

본 논문에서 연구된 마이크로스트립 안테나는 폭발적인 수요증가로 지속적으로 주파수 대역을 확장하고 있는 국내 이동통신시장의 현실을 감안하여 3세대 및 4세대 이동통신 주파수 대역용으로 설계하였다. 또한 안테나의 구조를 유전체 기판을 사용하지 않는 에어-마이크로스트립 급전구조로 제작하여 향후 본 논문에서 연구된 안테나를 산업화 할 수 있는 타당성을 제시하였다.

II. 마이크로스트립 안테나의 구조개선

마이크로스트립 안테나의 급전방식은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 즉 마이크로스트립 급전방식, Probe 급전방식 그리고 전자기 커플링(electromagnetic coupling)을 이용한 급전방식이다. 모든 종류의 안테나에서는 안테나의 입력 임피던스가 $50[\Omega]$ 이 아니기 때문에 별도의 임피던스 정합회로를 필수적으로 구성하여야만 한다.

마이크로스트립 급전방식은 임피던스 정합이 용이한 반면 급전선과 방사소자가 동일 평면상에 존재하여 발생하는 불요 복사 발생과 급전위치에 따라서 안테나의 제반 특성이 상이하게 되는 단점을 갖는다.

Probe 급전방식은 복사소자가 어떤 위치에 있든지 별도의 정합회로가 필요 없는 단순한 구조적 특성으로 가장 널리 사용되나 이 방식은 패치의 도체 면에 물리적으로 접합을 시키므로 임피던스 정합은 쉬우나 임피던스 대역폭이 좁은 단점을 가지고 있으며 두꺼운 기판을 사용하는 경우 Probe가 길어져 유도성 리액턴스가 증가하며 표면파 발생으로 인하여 안테나 복사특성이 나빠지는 단점을 갖는다[6], [7].

전자기 커플링을 이용한 급전방식은 급전선이 있는 하층 기판의 두께를 얇게 하여 급전선에 의한 복사손실을 줄일 수 있고 복사소자와 접지면 간의 간격을 크게 하여 안테나의 효

울과 대역폭을 증가시킬 수 있으며, 급전선이 복사소자와 직접 연결되지 않으므로 이를 이용할 경우 어레이 안테나를 매우 용이하게 설계할 수 있다.

윗 기판의 두께가 어떤 크기 이하일 때는 급전선과 복사소자 간의 상대적인 위치를 변화시킴으로써 임피던스 정합이 가능하며 두께가 그 이상일 때는 정합이 불가능하게 된다. 복사소자와 접지면 간의 간격이 클수록 안테나의 효율과 대역폭이 증가하므로 일반적으로 윗 기판은 임피던스 정합이 가능한 최대 두께로 설계한다. 이 방식의 특징은 안테나의 부피가 커지며 설계가 복잡해지는 단점을 갖는다(8).

이상과 같이 언급된 여러 급전방식의 단점을 타개하기 위하여 제안된 L-스트립 급전구조는 여러 단점들을 타개할 수 있다고 보고되었다(1), (2), (3), (4), (5).

그림 1에서 L-스트립 급전구조를 갖는 패치 안테나의 등가회로를 나타냈다. L-스트립의 수평부분은 L-스트립의 수직부분에 의해서 야기되는 유도성 리액턴스 성분을 억압시킬 수 있도록 용량성 리액턴스 성분을 제공한다. 따라서 L-스트립 급전구조는 LC 공진 소자처럼 동작하면서 패치의 병렬 RLC 공진소자와 직렬로 연결되어 이중공진을 가능케 하여 안테나가 광대역에서 동작할 수 있도록 한다. 등가회로에서 L_c 는 패치와 L-스트립의 수직부분에서 발생하는 인덕턴스이며 C_c 는 패치와 L-스트립의 수평부분에서 발생하는 캐패시턴스이다.

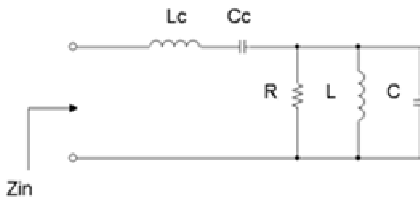


그림 1. L-스트립 급전구조를 갖는 패치 안테나의 등가회로
Fig. 1. Equivalent circuit of the patch antenna with an L-strip-fed structure.

III. L-스트립 패치 안테나 설계 및 측정

3-1. L-스트립 사각형 패치 안테나

그림 2에서 L-스트립 사각형 패치 안테나의 구조를 나타내었다. L-스트립 급전에 의한 사각형 패치 안테나는 유전체 기판을 사용하지 않고 0.3mm의 황동 금속판을 사용한 에어-마이크로스트립 급전선 구조로 설계하였다. 기존 연구에서 사

용한 L-스트립 급전구조는 발포 유전체를 사용하였으며 최종 급전은 probe나 coaxial 커넥터를 사용하였으나 본 논문에서는 유전체에 의한 손실 및 주파수 광대역 특성을 위하여 에어-마이크로스트립 구조로 설계하였다. 안테나의 설계에서 사용된 시뮬레이터는 MOM(Methods Of Moment) 방법에 기초한 상용 시뮬레이터인 IE3D를 사용하였다(9).

L-스트립 급전에 의한 사각형 패치 안테나는 에어 갭의 높이(H), L-스트립의 수평부분 길이(D)와 높이(h), 사각형 패치의 폭(W)에 의해서 안테나의 주파수 대역폭이 민감하게 동작한다(10), (11), (12).

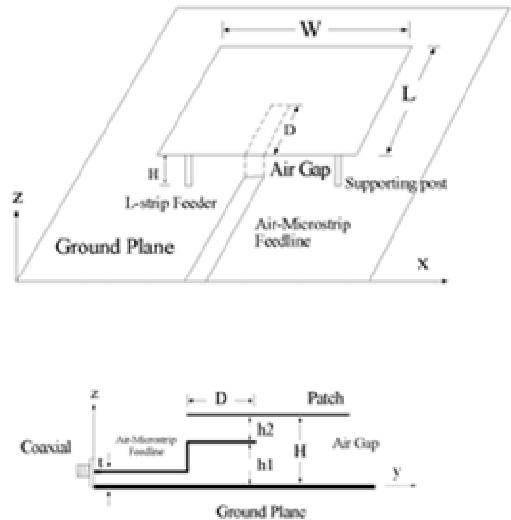


그림 2. L-스트립 사각형 패치 안테나
Fig. 2. L-strip-fed rectangular patch antenna.

L-스트립의 수평부분 길이(D)에 따른 안테나의 특성변화(임피던스 궤적)에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 3에 나타내었다.

설계된 안테나의 파라미터는 사각형 패치의 폭(W)과 길이(L)는 64 mm, 50 mm이며 접지면과 패치와의 높이(H) 19 mm, 접지면과 L-스트립과의 높이(h1) 10.5 mm, L-스트립과 사각형 패치와의 높이(h2) 8.2 mm, L-스트립 급전선의 길이(D)를 22 mm(모델 A), 23 mm(모델 B), 24 mm(모델 C)로 각각 변화시켜 시뮬레이션 하였다.

일반적으로 L-스트립의 수평부분 길이(D)가 사각형 패치 길이(L)의 1/2 수준일 때 방사소자와의 최대 커플링 조건이 되며 주파수 대역폭도 최대가 된다고 보고되었다. L-스트립 길이(D)가 길어질수록 임피던스 궤적이 시계방향으로 이동하는 경향을 나타내었으며 이러한 변화 트렌드를 이용하여 최적

조건의 설계 파라미터 도출이 가능하였다. L-스트립 길이(D) 변화에 따른 모델(A, B, C)에 대한 임피던스 궤적 특성을 보면 상기 언급된 사항을 확인할 수 있다.

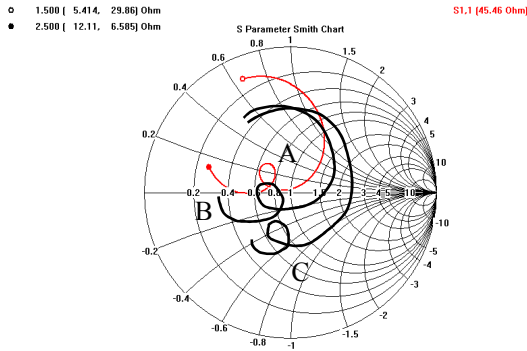


Fig. 3. L-스트립 급전선 길이(D)에 따른 임피던스 궤적
Fig. 3. Impedance loci for antennas as the L-strip feeder length(D).

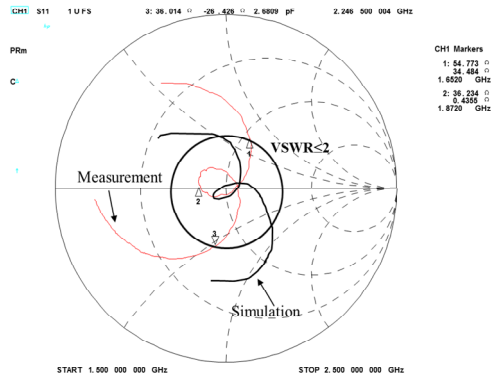


그림 4. 시뮬레이션 및 측정된 임피던스 특성 (1,500 MHz ~ 2,500 MHz)
Fig. 4. Simulated and measured curves of impedance loci (from 1,500 MHz to 2,500 MHz).

그림 4에서 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정 결과를 비교하였다. L-스트립 급전 사각형 패치 안테나는 VS_{WR}=1을 중심으로 큰 궤적과 작은 궤적의 두 공진 궤적이 생성되므로 광대역 특성을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 제작된 안테나의 주파수 대역특성을 살펴보기 위하여 2이하의 VS_{WR} 조건으로 비교한다면 시뮬레이션 결과는 560MHz 이며 측정 결과는 588MHz 로 거의 유사한 경향을 나타내었다. 이동통신 주파수 대역 즉 3세대와 4세대까지의 주파수 전체 대역은 1,750MHz ~ 2,170MHz (WCDMA 및 LTE 주파수 대역) 이며 420MHz 대역폭을 갖는다. 즉

설계된 안테나는 588MHz 대역폭을 가지고 있어 전체 주파수 대역에서 사용이 가능한 조건을 갖는다.

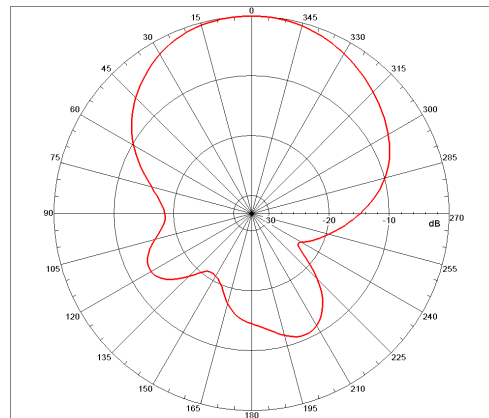
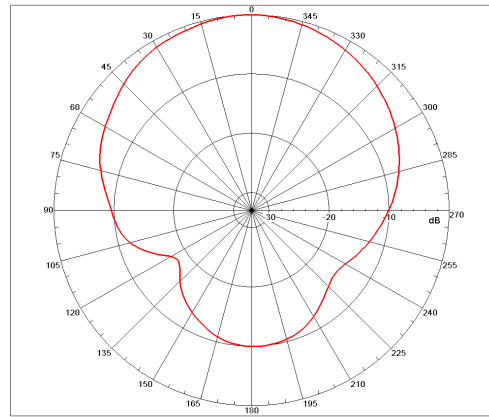


그림 5. 측정된 복사패턴(fo=1750MHz)
Fig. 5. Measured radiation patterns at 1,750 MHz.

그림 5에서 1,850MHz에서 측정된 L-스트립 사각형 패치 안테나의 복사특성을 나타내었으며 H-plane에서 45°와 E-plane에서 42°의 전력반치폭(HPBW) 특성을 나타냈다. 일반적인 유전체 기판을 이용한 패치 안테나에 비해서 H-plane 및 E-plane특성이 다소 좁은 특성은 L-스트립 구조의 패치 안테나가 갖는 고유의 특성으로 판단된다.

3-2. L-스트립 삼각형 패치 안테나

삼각형 패치 안테나는 사각형 패치 안테나에 비해서 크기

가 작으면서도 복사특성은 유사한 것으로 보고 되었으며 어레이 안테나를 설계할 때 사각형 패치에 비해 안테나의 부피를 축소시킬 수 있으며 방사소자가 상대적으로 작기 때문에 인접하는 방사소자들 간의 커플링을 경감시켜 방사특성의 왜곡을 방지할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그림 6에서 L-스트립 급전구조를 갖는 삼각형 패치 안테나를 나타내었다.

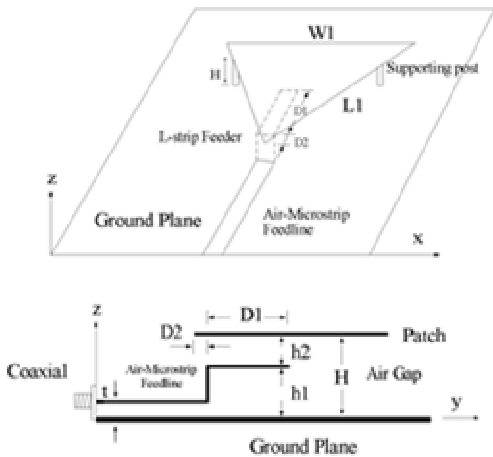


그림 6. L-스트립 삼각형 패치 안테나
Fig. 6. L-strip-fed triangular patch antenna.

사각형 패치 안테나의 구조와 동일하게 다른 연구에서 사용한 방식인 probe나 coaxial 커넥터를 사용하지 않고 에어-마이크로스트립 구조로 설계하였다.

시뮬레이션을 통하여 계산된 단일 패치의 설계 파라미터는 다음과 같다. 삼각형 패치의 폭(W1)과 길이(L1)는 62 mm로 정삼각형이며 접지면과 L-스트립과의 높이(h1) 15 mm, L-스트립 급전선의 길이(D1) 23 mm, 삼각형 패치의 모서리와 L-스트립 급전선과의 간격(D2) 9.58 mm, 접지면과 급전선과의 에어-마이크로스트립 선로의 두께(t) 1 mm이며 접지면과 패치와의 높이 즉 에어-갭의 높이(H)를 28mm~32mm 가변시켜 시험하였다. 즉 에어-갭(H)의 높이를 28mm(모델 A), 30 mm(모델 B), 32mm(모델 C)로 구분하여 시험한 결과를 그림 7에 나타내었다.

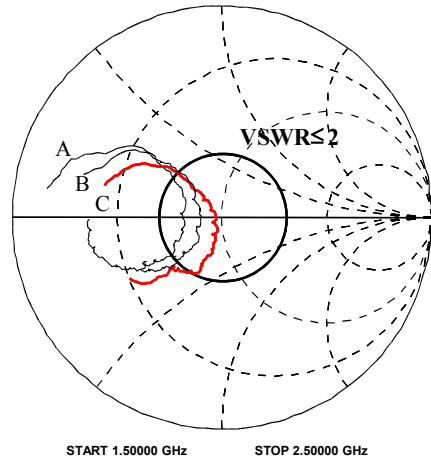


그림 7. 에어-갭(H)에 따른 임피던스 특성
Fig. 7. Impedance characteristics as a function of air-gap(H).

에어-갭(H)이 모델 A(28mm) 일 때의 임피던스 궤적은 스미스 차트 좌측에 위치하여 대역폭이 좁아졌으나 모델 B와 C 즉 에어-갭(H)이 30mm, 32 mm 일 때의 임피던스 궤적은 스미스 차트 중심부근으로 이동하여 대역폭이 점진적으로 확장되는 결과를 나타내었다. 이러한 특성 변화는 에어-갭(H)에 따라 삼각형 패치와 L-스트립 급전선과의 커플링 변화로 판단된다.

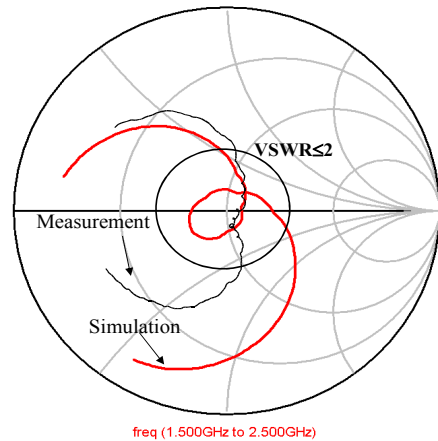
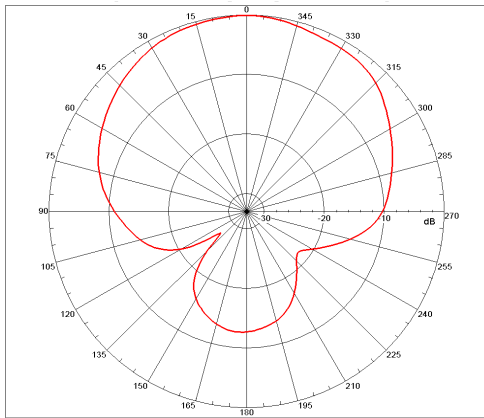


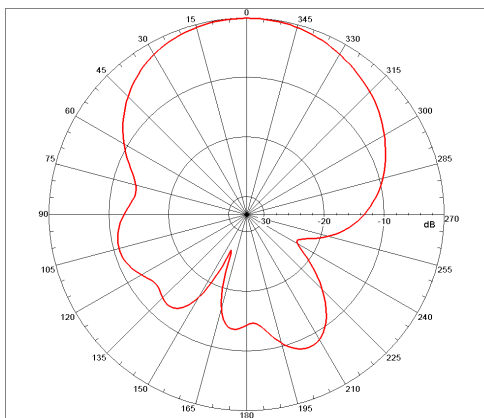
그림 8. 시뮬레이션 및 측정된 임피던스 특성 (1,500 MHz ~ 2,500 MHz)
Fig. 8. Simulated and measured curves of impedance loci (from 1,500 MHz to 2,500 MHz).

그림 8에서 L-스트립 삼각형 패치 안테나의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교하였다. L-스트립 삼각형 패치 안테

나는 VSWR=1을 중심으로 크고 작은 두개의 공진 궤적이 생성되므로 광대역 특성이 확인된다. 제작된 안테나를 VSWR≤2 조건으로 비교한다면 시뮬레이션 결과는 540MHz 이며 측정 결과는 636MHz를 확인하였다.



(a) H-plane



(b) E-plane

그림 9. 측정된 복사패턴($f_0=1,750$ MHz)
Fig. 9. Measured radiation patterns at 1,750 MHz.

그림 9에서 1750MHz에서 측정된 L-스트립 삼각형 패치 안테나의 복사특성을 나타내었으며 H-plane에서 44°와 E-plane에서 42.6°의 전력반향폭(HPBW) 특성을 확인할 수 있다.

3-3. L-스트립 사각형 및 삼각형 패치 안테나 비교평가

앞 절에서 언급된 L-스트립 사각형 및 삼각형 패치 안테나

의 특성들을 표1에서 비교하였다. 두 패치간의 복사패턴 차이는 거의 유사한 특성을 가지나 주파수 대역폭의 경우 사각형 패치의 경우 588MHz 이며 삼각형 패치의 경우 636MHz 로 삼각형 패치의 주파수 특성이 48MHz 정도 더 넓은 특성을 갖는다. 두 패치 안테나 동일하게 국내 3세대 및 4세대 이동통신 전체 주파수 대역을 포함하고 있다. 안테나의 이득은 사각형 패치와 삼각형 패치, 각각 7.4dBi, 7.1dBi 로 측정 오차범위 내에서 미세한 차이를 나타내었다.

표 1. 사각형 평면 안테나와 삼각형 패치 안테나와의 특성비교
Table 1. Comparison between the rectangular patch and the triangular patch antenna.

	Impedance bandwidth (MHz)	max. gain (dBi)	H-plane HPBW (°)	E-plane HPBW (°)
사각형 패치	588	7.4	45	42
삼각형 패치	636	7.1	44	42.6

그림 10에서 제작된 L-스트립 급전구조의 사각형 및 삼각형 패치 안테나를 나타내었다. 급전구조 개선에 따른 패치 안테나의 주파수 대역특성의 개선효과는 패치의 종류에 무관하게 모두 광대역 특성을 갖으나 삼각형 패치의 경우가 현저하게 개선효과가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 본 논문에서 설계된 L-스트립 패치 안테나와 동일한 구조의 L-스트립 패치 안테나 및 L-probe 급전구조의 패치안테나의 주파수 특성을 표 2에 비교하였다.

표 2. 보고된 패치 안테나와의 비교
Table 2. Comparison of reported patch antennas.

	Impedance bandwidth	Center Frequency(MHz)
patch 1	636MHz(32.5%)	1,960
patch 2	250MHz(27.8%)	900
patch 3	285MHz(11.04%)	2,587
patch 4	225MHz(15%)	2,945
patch 5	704.7MHz(35.95%)	2,062

표 2에 나타난 4개 패치 안테나의 모델에 대해 살펴보면 patch 1의 경우가 본 논문의 삼각형 패치 안테나의 결과이며 patch 2는 900MHz 주파수 대역의 DAB용 안테나로 설계한 결과이며[4] L-스트립 구조를 개선하여 설계하였으며 발

포 유전체 기판을 이용한 것이 특징이나 주파수 대역폭은 250MHz로 본 논문의 삼각형 패치에 비해 4.7% 주파수 대역이 좁은 특성을 갖는다. patch 3과 patch 4의 경우는 L-probe 급전구조의 패치 안테나의 특성이며 각각 2.6GHz, 2.9GHz 주파수 대역으로 설계되었다[6],[7]. 주파수 대역폭은 각각 11.04%, 15%로 일반적인 패치 안테나에 비해 개선효과가 있으나 본 논문에서 설계한 L-스트립 구조의 안테나와 비교하면 개선효과가 다소 미흡한 수준이다. patch 5의 경우 주파수 대역폭은 가장 광대역 특성을 가지나 본 논문의 패치 안테나의 구조와는 달리 패치 안테나의 직상단에 추가적인 기생 패치 안테나를 적층시켜 이중공진에 의한 광대역 특성을 얻을 수 있도록 설계된 안테나로 주파수 대역은 확장되어 지나 안테나의 부피가 커지며 빔폭이 축소되는 특성을 갖는다[5]. 즉 본 논문의 patch 1의 안테나의 높이(H)는 28mm이나 patch 5의 경우 59mm로 안테나의 부피가 커져 현실적인 적용에서는 제한을 받을 수 밖에 없을 것으로 생각된다. 또한 빔폭의 경우 본 논문의 patch 1은 H-plane에서 44°와 E-plane에서 42.6°이며 patch 5의 경우는 H-plane에서 31.8°와 E-plane에서 32°의 전력반치폭(HPBW) 특성을 가지고 있다. 즉 본 논문의 결과에 비해서 10° 이상의 빔폭이 좁아 어레이 안테나로 확장하는 경우 이동통신 기지국용 안테나로 적용하기엔 무리한 특성을 가진다고 볼 수 있다. 일반적으로 이동통신 기지국용 안테나의 경우엔 H-plane에서 30° 이상의 안테나를 사용하기 때문이다.

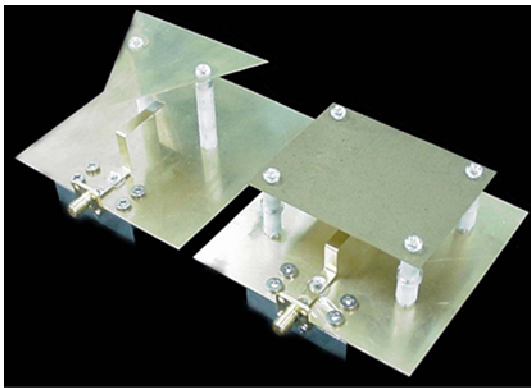


그림 10. 제작된 L-스트립 급전구조를 가진 패치 안테나
Fig. 10. Manufactured patch antenna with an L-strip-fed structure.

IV. 결 론

본 논문에서는 L-스트립 급전구조를 갖는 사각형 및 삼각

형 패치 안테나를 설계하여 그 특성을 비교 기술하였다. 주파수 대역폭은 사각형 패치 대비하여 삼각형 패치의 특성이 광대역 특성을 나타냈으나 안테나의 부피 면에서는 평균 10mm 정도가 커지는 단점을 가지고 있다. 두 패치 안테나의 전기적인 특성과 기구적인 특성 사이에서 적절한 선택을 취해야 할 것으로 판단된다. 설계된 안테나는 3세대와 4세대 이동통신 주파수 대역에서 사용이 가능한 420MHz 대역을 상회하는 588MHz와 636MHz 대역폭을 확인하였다.

본 논문의 결과를 통해서 L-스트립과 L-probe에서의 차이는 주파수 대역폭에서 2배에서 3배까지 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있어 향후 평면형 패치 안테나의 급전구조의 설계에 좋은 예시가 될 것으로 예상된다. 연구된 안테나는 가볍고 구조가 단순한 에어-마이크로스트립 급전선 구조로 설계하여 균일한 특성을 확보가 가능하여 이동통신용 상용화 모델로 제작이 가능한 장점을 가지고 있다. 향후 연구 방향은 고이득 특성을 얻기 위하여 어레이 안테나로 확장하는 것과 안테나의 빔특성을 능동 제어할 수 있는 기술을 접목하는 것이다.

참고문헌

- [1] J.A.Ansari, Ashish Singh, Kamakshi, Anurag Mishra, "Analysis of L-strip feed slot loaded dual band microstrip patch antenna," International Conference on Computer & Communication Technology, pp. 511-516, Sept. 2011.
- [2] J. A. Ansari, Ashish Singh, Kamakshi, Anurag Mishra, "Analysis of L-strip fed gap coupled compact semi-circular disk patch antenna," 2011 International Conference on Multimedia, Signal Processing and Communication Technologies, pp.180-183, Dec. 2011.
- [3] Amit Kumar Singh, Manoj Kumar Meshram, Babau R. Vishvakarma, "L-strip proximity fed shorted rectangular microstrip antenna for mobile communication," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 52, pp. 1567 - 1571, July 2010.
- [4] Zhongbao Wang, Shaojun Fang, and Shiqiang Fu, "Wideband dual-layer patch antenna fed by a modified L-strip," Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, vol. 9, pp. 89-99, Dec. 2010.

- [5] Joo-Seong Jeon, Jang-Wook Kim, Jong-Kyu Kim, "Characteristics of Wideband Patch Antenna with an L-Strip-Fed Structure", Journals of The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science vol. 13, no 4, pp.366-372, April 2002.
- [6] K. Q. da Costa, V. Dmitriev, D. C. Nascimento, J. C. da, and S. Lacava, "Broadband L-probe fed patch antenna combined with passive loop elements," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 6, pp. 100-102, June 2007.
- [7] M.T Ali, N.Nordin, Norsuzila Ya'acob and M.N.Md Tan, "Design of wideband microstrip patch antenna using L-probe fed at 2.6 GHz," International Conference on Computer and Communication Engineering, pp. 961-965, July 2012.
- [8] M. A. Matin, B. S. Sharif, and C. C. Tsimenidis, "Probe fed stacked patch antenna for wideband applications," IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 55, pp. 2385-2388, Aug. 2007.
- [9] IE3D, Zealand Software, Inc.
- [10] K. F. Lee and W. Chen, Advanced in Microstrip and Printed Antennas, John Wiley & Sons, Inc., pp. 37-73, Aug. 1997.
- [11] V. P. Sarin, M. S. Nishamol, D. Tony, C. K. Aanandan, P. Mohanan, K. Vasudevan, "A Broadband L-Strip Fed Printed Microstrip Antenna," IEEE Trans. on Ant. and Prop., vol. 59, pp. 281-284, Jan. 2011
- [12] V. P. Sarin, N. Nassar, V. Deepu, C. K. Aanandan, P. Mohanan, and K. Vasudevan, "Wideband printed microstrip antenna for wireless communications," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 8, pp. 779-781, July 2009.

본 논문은 동양미래대학교의 학술연구과제를 통해 연구되었음을 알립니다.

저 자 소 개



김 장 옥

1990: 한국과학기술원
전기전자공학과 공학사.
1997: 고려대학교
정보통신공학과 공학석사.
2004: 한국항공대학교
항공통신공학과 공학박사
현 재: 동양미래대학교
전기전자통신공학부
정보전자과 부교수
관심분야: 이동통신시스템, OFDM,
차세대 이동통신시스템.
Email: jwkim@dongyang.ac.kr