韓國電磁波學會論文誌 第13卷 第4號 2002年 4月 論文 2002-13-4-06

L-스트립 급전구조를 갖는 적층 패치 안테나의 특성

Characteristics of Wideband Patch Antenna with an L-Strip-Fed Structure

전 주 성 · 김 장 욱* · 김 종 규**

Joo-Seong Jeon · Jang-Wook Kim* · Jong-Kyu Kim**

요 약

L-스트립 급전선에 의해서 급전되는 광대역 적층 패치 안테나를 실험적으로 연구하였다. 본 논문의 목표는 PCS와 IMT-2000 서비스를 위한 소형 광대역 안테나를 설계하는데 있다. 실험결과에서 704.7 MHz(35.95 %)의 임피던스 대역폭(VSWR≤2)이 PCS와 IMT-2000 주파수 대역에서 얻어지는 것을 확인하였다. 연구된 안테나는 단순한 구조 때문에 어레이 확장이 쉽게 설계될 수 있다.

Abstract

A wideband stacked patch antenna fed by an L-strip feeder is studied experimentally. The objective of this paper is to design small wideband antenna for PCS and IMT-2000 service. Experimental results confirm that an impedance bandwidth(VSWR≤2) of 704.7 MHz(35.95 %) is achieved at PCS and IMT-2000 frequency band. The studied antenna can be designed easily for extension of array because it has simple structure.

Key words : wideband microstrip antenna, wireless communication application, stacked patch

I. 서 론

과거 셀룰러 이동전화 서비스의 한계성은 이동통신이 국민의 보편적 서비스로 정착하기 어려웠으나 PCS 서비스를 시작으로 우리나라 전국민들을 대상으로 하는 보편적 이동통신 서비스로 전환하게 되었다. 최근 무선 인터넷과 멀티미디어 분야의 수요확대와 급속한 기술개발로 이동통신시장은 음성위주의 서비스에서 데이터 위주의 서비스로 빠르게 진행되고 있다. 이러한 통신기반의 변화는 IMT-2000을 탄생토록 하였다. 현재 우리나라는 PCS 서비스에 이어 IMT-2000 서비스 시작을 앞두고 있다.

따라서 본 논문에서는 PCS와 IMT-2000 서비스를 위한 광대역 마이크로스트립 안테나를 연구하여 차세대 이동통신 서비스 기반을 준비하고자 한다. 연구할 안테나의 설계목표는 국내 PCS 3개 사업자들에게 할당된 주파수 대역인 1,750 MHz~1,870 MHz와 IMT-2000 주파수 대역 1,920 MHz~2,170 MHz 까지 사용할 수 있는 광대역 소형 안테나이다. 이 같은 설계목표의 안테나 즉 420 MHz 이상의 대역폭을 가진 안테나는 현재 사용중인 다이폴 구조로는 적절하지 않으며 광대역 특성을 갖는 새로운 구조의 안테나가 필요하다.

일반적으로 마이크로스트립 안테나의 주파수 특성을 광대역으로 만들기 위해서는 급전구조의 개선이 필수적이다. 즉 마이크로스트립 안테나에서 가장

KTF㈜ TCS팀(KTF TCS Team)
*동양전문대학 전자과(Dept. of Electronics, Dongyang Technical College)
**한국전자부품연구원(Korea Electronics Technology Institute)
· 논 문 번 호 : 20011116-165
· 수정완료일자 : 2002년 3월 8일

많이 사용되는 probe 급전은 급전구조에서 발생되는 기생 리액턴스 성분 때문에 광대역 특성을 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 급전구조에서 발생되는 기생 리액턴스 성분을 경감시켜 안테나 특성을 광대역화 할 수 있다고 보고된[1]~[4] L-스트립 급전구조를 삼각형 패치 안테나에 적용하고자 한다. 또한 삼각형 패치 위에 기생소자를 수직으로 적층시켜 이중공진 효과에 의한 광대역 안테나 특성을 얻을 수 있도록 설계하였다. 적층된 패치 안테나의 다양한 파라미터를 실험적으로 변화시켜 그 특성들을 고찰하였다.

본 논문에서 연구한 PCS와 IMT-2000 광대역 안테나는 기지국 공용화로 인하여 막대한 규모의 중복투자를 방지할 수 있는 장점을 가지고 있으며 유전체 기판을 사용하지 않으면서도 안테나의 제작이 비교적 용이한 구조로 설계하여 상업적인 이용이 가능하도록 설계하였다.

Ⅱ. L-스트립 급전구조를 갖는 적층 패치의 구조

그림 1에 L-스트립 급전구조를 갖는 삼각형 적층 패치 안테나를 나타냈다. 일반적으로 기생소자를 이용한 광대역 특성의 패치 안테나 설계는 패치 상단에 기생소자를 수직으로 적층시키는 방법과 패치 안테나 주위에 기생소자를 배열하는 두 가지 방법이 있다[5]~[7]. 기생소자를 주위에 배열하는 방법은 각 소자간 결합특성에 의해 대역폭을 확장할 수 있으나 안테나의 크기 증가와 어레이 설계가 제한된다. 따라서 본 논문에서는 그림 1과 같은 적층구조 안테나를 설계하였다.

패치 안테나는 다양한 형태로 설계가 가능하다. 특히 삼각형 패치 안테나는 사각형 패치 안테나에 비해서 크기가 작으면서도 복사특성은 유사한 것으로 보고되었다[8]. 그러므로 삼각형 패치는 어레이 안테나를 설계할 때 사각형 패치에 비해 안테나의 부피를 축소시킬 수 있으며 방사소자가 상대적으로 작기 때문에 인접하는 방사소자들 간의 커플링을 경감시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 이와 같은 장점을 가지고 있어 본 논문에서는 삼각형 패치를 선택하였다.

그림 2에서 L-스트립 급전구조를 갖는 패치 안테나의 등가회로를 나타냈다. Probe 급전은 단순한 구조적 특성 때문에 가장 널리 쓰인다. 그러나 이 방식은 패치의 도체면에 물리적으로 접합을 시키므로 임피던스 정합은 쉬우나 임피던스 대역폭이 좁은 단점을 가지고 있다[5]. 따라서 K. F. Lee가 최초로 제안한 L-스트립 급전구조는 probe급전에서 나타나는 여러 단점들을 타개할 수 있다. L-스트립의 수평부분은 L-스트립의 수직부분에 의해서 야기되는 유도성 리액턴스 성분을 억압시킬 수 있도록 용량성

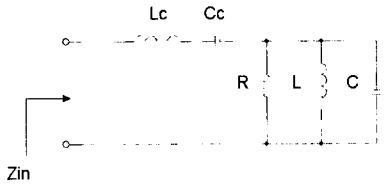


그림 2. L-스트립 급전구조를 갖는 패치 안테나의 등가회로

Fig. 2. Equivalent circuit of the patch antenna with an L-strip-fed structure.

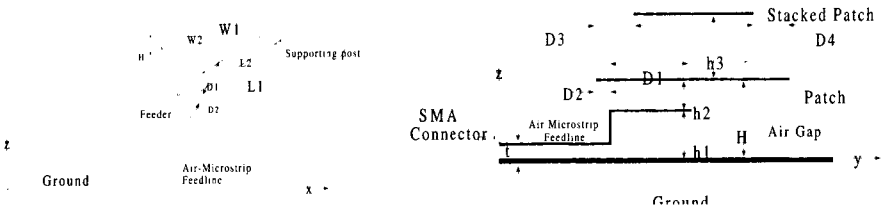


그림 1. L-스트립 급전구조를 갖는 적층 패치 안테나

Fig. 1. Stacked patch antenna with an L-strip-fed structure.

리액턴스 성분을 제공한다. 따라서 L-스트립 급전구조는 L-C공진소자처럼 동작하면서 패치의 병렬 R-L-C공진소자와 직렬로 연결되어 이중공진을 가능케 하여 안테나가 광대역에서 동작할 수 있도록 한다[2]. 등가회로에서 Lc는 패치와 L-스트립의 수직부분에서 발생되는 인덕턴스이며 Cc는 패치와 L-스트립의 수평부분에서 발생되는 캐패시턴스이다.

Ⅲ. 안테나 설계 및 측정

L-스트립 급전구조의 패치 안테나의 경우는 L-스트립의 길이(D1)와 높이(H) 그리고 삼각형 패치의 크기에 따라 커플링 되는 값이 바뀌게 되어 안테나의 임피던스 대역폭이 변화된다. 또한 적층형 안테나의 경우는 방사소자와 기생소자와의 간격(h3)에 의해서도 임피던스 대역폭이 변화된다. 그러므로 안테나 설계에서 이와 같은 파라미터를 중심으로 시뮬레이션을 실행하였다. 사용된 시뮬레이터는 MOM (methods of moment) 방법에 기초한 상용 시뮬레이터인 IE3D를 사용하였다[9].

본 논문에서 연구한 안테나의 전체적인 진행절차는 다음과 같다. 먼저 L-스트립 급전구조의 삼각형 단일 패치는 시뮬레이터 IE3D를 이용하여 설계한 후, 안테나를 제작하여 시뮬레이션 결과와 측정결과를 서로 비교하였다. 다음단계로 삼각형 패치 안테나의 수직상단에 기생소자의 높이(h3)를 실험적으로 가변하면서 최적상태로 적층한 후, 안테나의 임피던스 대역폭에 민감한 파라미터들을 변화시켜 특성 변화추이를 고찰하였다. 여기에서 방사소자와 기생소자와의 적층구조는 시뮬레이션 수행시간과 그 결과의 부정확성 때문에 cut & try 방법으로 접근하는 것이 효율적이기 때문이다.

시뮬레이션을 통하여 계산된 단일 패치의 설계 파라미터는 다음과 같다. 삼각형 패치의 폭(W1)과 길이(L1)는 65.8 mm, 접지면과 패치와의 높이(H) 34 mm, 접지면과 L-스트립과의 높이(h1) 17 mm, L-스트립과 삼각형 패치와의 높이(h2) 17 mm, L-스트립 급전선의 길이(D1) 23 mm, 삼각형 패치의 모서리와 L-스트립 급전선과의 간격(D2) 9.58 mm, 접지면과 급전선과의 높이(t) 1 mm이다.

그림 3에 제작된 단일 패치의 시뮬레이션 결과와

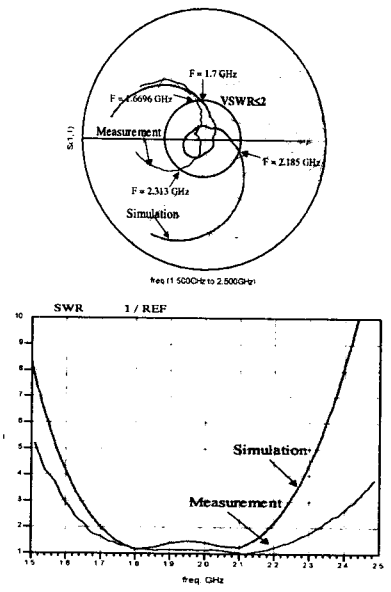
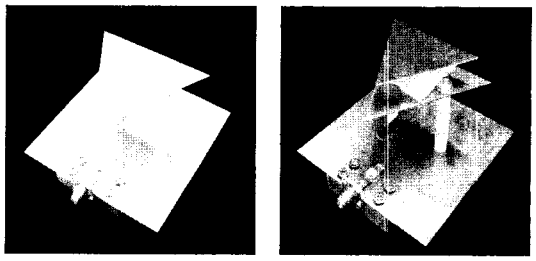


그림 3. 제작된 단일 패치의 임피던스 특성
Fig. 3. Impedance characteristic of manufactured single patch.

측정 결과를 도시하였다. VSWR을 2이하의 조건으로 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교한다면 시뮬레이션 결과는 487 MHz(24.85 %) 이며 측정 결과는 643.4 MHz(32.83 %) 이다. 두 결과의 차이는 시뮬레이션 툴의 오차와 제작과정에서 tuning한 결과이다.

제작된 L-스트립 급전구조의 단일 패치와 적층 패치를 그림 4에 나타냈다.



(a) (b)

그림 4. 제작된 L-스트립 급전구조를 가진 안테나.
(a) 단일 패치, (b) 적층 패치
Fig. 4. Manufactured antenna with an L-strip-fed structure.
(a) single patch, (b) stacked patch

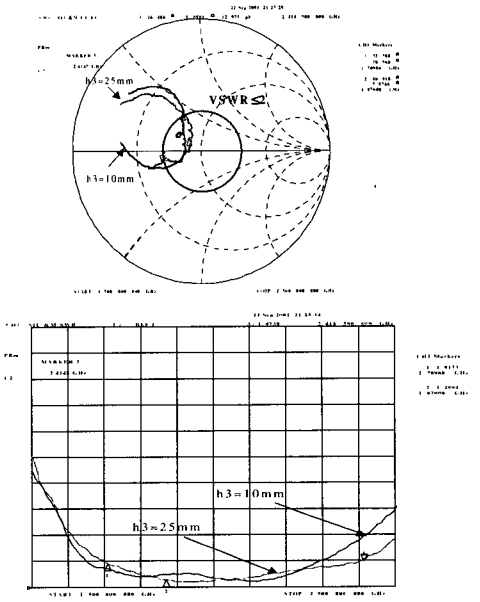


그림 5. 적층된 높이(h3)에 따른 임피던스 특성
Fig. 5. Impedance characteristics as a function of height(h3).

그림 5에서 삼각형 패치와 기생소자와의 높이(h3) 변화에 따른 임피던스 특성을 나타냈다. 적층 패치 안테나의 파라미터는 기생소자의 폭(W2)과 길이(L2)는 32 mm, 삼각형 패치와 기생소자와의 간격(D3, D4)은 각각 19.43 mm와 9.84 mm이며 기타 다른 파라미터들은 단일 패치의 설계 파라미터 즉 그림 3의 조건과 동일하다. 이러한 조건일 때 삼각형 패치와 기생소자와의 높이(h3)를 10 mm와 25 mm로 각각 변화시켰을 때 임피던스 특성을 그림 5에 나타냈다. 기생소자의 높이를 조금씩 높일 때 임피던스 대역폭은 점진적으로 증가되었으나 일정한 높이를 초과하면 임피던스 대역폭이 단일 패치와 유사한 특성으로 복원되는 현상을 나타냈다. 삼각형 패치와 기생소자와의 높이를 일정한 범위 내에서 증가시키면 임피던스 대역폭이 증가되나 25 mm로 제한하였다. 이는 안테나 높이가 너무 커지면 마이크로스트립 안테나의 최대 장점인 low profile 특징이 없어지기 때문이다. 그림 5에서의 두 조건에 대한 특성은 10 mm 높이일 때 649 MHz(33.1 %), 25 mm 높이일 때 704.7 MHz(35.95 %)의 임피던스 대역폭(VSWR≤2)을 확인할 수 있다.

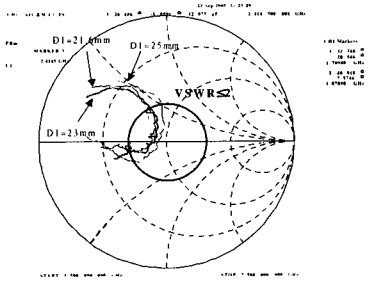


그림 6. 급전선 길이(D1)에 따른 임피던스 특성
Fig. 6. Impedance characteristics as a function of feeder length(D1).

일반적으로 사각형 패치의 경우는 급전선의 길이가 대략 중간지점(≈L/2)에 위치할 때 최대 커플링 발생조건이 된다[10]. 그러나 구조적으로 삼각형 패치는 이러한 조건은 성립될 수 없다. 그림 6은 L-스트립의 급전선 길이(D1)를 21.6 mm, 23 mm, 25 mm로 변화시켰을 때 임피던스 특성을 측정한 결과이다. L-스트립 급전선의 길이가 길어질수록 임피던스 궤적은 스미스 차트의 오른쪽으로 이동하는 것으로 볼 때 급전선의 길이는 임피던스 대역폭과는 무관하며 단지 공진 주파수의 변화를 의미한다.

삼각형 패치와 기생소자와의 높이(h3)를 25 mm, L-스트립 급전선의 길이(D1)를 23 mm, 다른 파라미터들은 그림 3과 동일한 조건에서 에어-갭(H)이 각각 29.5 mm와 34 mm 일 때의 임피던스 특성을 그림 7에 나타냈다. 에어-갭(H)이 29.5 mm일 때의 임피던스 궤적은 스미스 차트 좌측에 위치하여 대역폭이 좁아졌으나 에어-갭(H)을 34 mm로 증가시켰

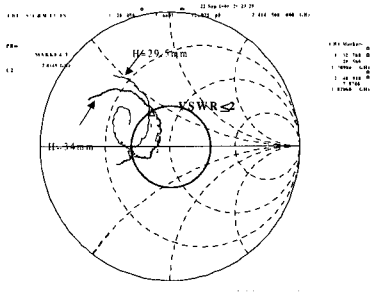


그림 7. 에어-갭(H)에 따른 임피던스 특성
Fig. 7. Impedance characteristics as a function of air-gap(H).

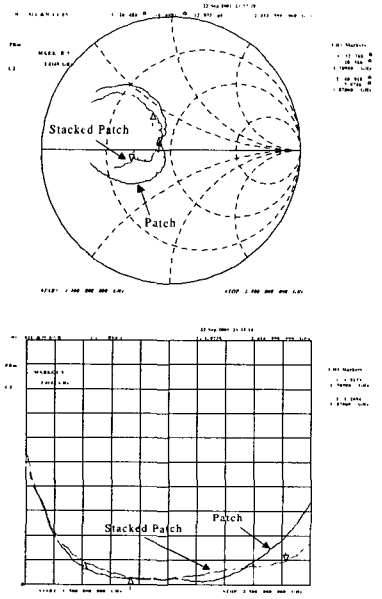


그림 8. 단일 패치와 적층 패치와의 비교
Fig. 8. Comparison between the single patch and the stacked patch.

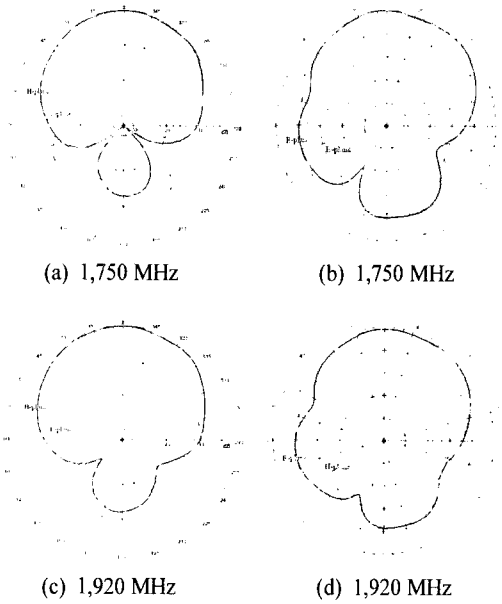


그림 9. 측정된 복사패턴(1750 MHz, 1,920 MHz에서).
Fig. 9. Measured radiation patterns at 1,750 MHz and 1,920 MHz.

을 때 임피던스 궤적은 스미스 차트 중심부근으로 이동하여 대역폭이 대폭적으로 확장되었다. 이와 같이 임피던스 궤적이 에어-갭(H)의 증가에 따라서 스미스 차트의 좌측에서 우측으로 이동하는 특성을 이용한다면 임피던스 정합이 용이할 것으로 생각된다. 이러한 결과는 에어-갭(H)에 따라 삼각형 패치와의 커플링되는 값이 변화되는 것을 의미한다.

지금까지 언급했던 단일 패치와 적층 패치의 임피던스 특성을 그림 8에서 비교하였다. 단일 패치의 경우 임피던스 대역폭(VSWR≤2)이 643.4 MHz (32.83 %)이다. 반면 적층 패치는 1,709.8 MHz ~ 2,414.5 MHz 까지 704.7 MHz(35.95 %)의 대역폭을 가진 것으로 나타났다. 즉 단일 패치에 수직으로 기생소자를 적층할 경우 61.3 MHz(3.12 %)의 임피던스 대역폭 확장효과가 나타난 것으로 확인되었다. 여기에서 삼각형 패치와 기생소자와의 높이(h3)를 25 mm 이상으로 증가시킨다면 대역폭은 약간 확장될 수 있는 가능성은 있지만 다른 구조의 패치 안테나와는 달리 본 논문에서 연구한 적층형 안테나 구조에서는 이중공진에 의한 임피던스 대역폭 확장효과는 크지 않았다.

그림 9는 1,750 MHz와 1,920 MHz 주파수에서 단일 패치와 적층 패치의 복사패턴을 측정한 결과를 나타냈다. 그림 9의 (a)와 (c)는 단일 패치, (b)와 (d)는 적층 패치의 복사패턴 이다. 주파수 1,750 MHz에서 단일 패치는 수평빔폭 42.9°, 수직빔폭 43°이며 적층 패치는 수평빔폭 31.8°, 수직빔폭 32°이다. 기생소자가 적층되면 빔폭이 약 10° 정도가 첨예하게 되는 것을 알 수 있다. 또한 probe로 급전되는 일반적인 마이크로스트립 패치에 비해서 L-스트립 급전구조의 패치가 상대적으로 빔폭이 좁다는 것을 확인할 수 있으며 주파수에 따른 복사특성은 비교적 광대역임을 확인할 수 있다.

기생소자가 적층된 패치는 임피던스 대역폭 확장뿐만 아니라 안테나의 이득이 향상되는 효과를 갖는다. 본 논문의 삼각형 패치의 경우, 단일 패치에 비해서 적층 패치는 최대 0.5 dB의 이득 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 단일 패치와 적층 패치의 특성들을 표 1에 정리하였다.

이상과 같이 본 논문에서 연구된 안테나의 임피던스 대역폭(VSWR≤2)은 704.7 MHz 이지만 상용 시스템에 적용(VSWR≤1.5)한다면 PCS와 IMT-

표 1. 단일 패치와 적층 패치와의 특성비교
Table 1. Comparison between the single patch and the stacked patch.

	Impedance bandwidth(MHz)	Max.gain (dBi)	H-plane HPBW(°)	E-plane HPBW(°)
Single patch	643.4	7.1	42.9	43
Stacked patch	704.7	7.6	31.8	32

2000 주파수 대역에서만 사용이 가능할 것으로 예상된다. 현재 국내 대부분의 이동통신 사업자들이 요구하는 임피던스 대역폭 SPEC.은 VSWR≤1.5 이다. 따라서 본 논문에서 연구된 안테나를 상업적으로 이용한다면 PCS와 IMT-2000 주파수 대역인 1750 MHz~2170 MHz 대역 내에서는 이러한 요구 SPEC.을 충족하기 때문이다. 기지국 안테나로 가장 많이 사용되는 12 dBi 고이득 섹터형 안테나를 위해서는 L-스트립 급전구조의 적층 패치를 4-element 어레이로 설계해야 될 것으로 예상된다. 이와 같이 구성할 경우, 현재 주로 사용하고 있는 방식인 다이폴 어레이와 유사한 수준인 30 dB 이상의 전후방비(F/B) 확보는 무난할 것으로 본다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 L-스트립 급전구조를 갖는 적층 패치 안테나의 설계 및 특성을 기술하였다. 본 논문에서 기술된 패치 안테나는 PCS와 IMT-2000 서비스 주파수 대역에서 사용할 수 있는 광대역 안테나 설계에 주안점을 두었다. 단일 패치의 경우 대역폭 특성이 매우 우수한 결과를 나타냈으나 적층 패치의 경우는 그 효과가 약간 미흡했다. 따라서 본 논문의 안테나를 PCS와 IMT-2000 이중대역 뿐만 아니라 무선 LAN 주파수 대역까지도 포함되는 triple 밴드 안테나로의 사용을 위해서는 약간의 개선 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 논문에서 연구된 안테나는 가볍고 구조가 단순하여 상용화 모델로 제작이 가능한 장점을 가지고 있다. 또한 삼각형 패치이므로 사각형 패치보다 부피가 작고 어레이 안테나로 확장이 용이하므로 기지국 안테나로의 적용이 가능하다. 본 논문에서 연구된 안테나는 우선적으로 인빌딩 음영지역에서 PCS와 IMT-2000 서비스용 안테나로 활용할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] K. F. Lee, et al., "Experimental and simulation studies of the coaxially fed u-slot rectangular patch antenna", *IEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, vol. 144, no. 5, pp. 354-358, 1997.

[2] C. L. Mak, K. M. Luk and K. F. Lee, "Microstrip line-fed L-strip patch antenna", *IEE Pro.-Microw. Antennas Propag.*, vol. 146, no. 4, pp. 282-284, 1999.

[3] Y. X. Guo, K. M. Luk, K. F. Lee, and Y. L. Chow, "A u-slot patch antenna with an L-shaped probe", *Asia Pacific Microw. Conf. Dig.*, pp. 1317-1319, 1998.

[4] 전주성, "PCS 및 IMT-2000 이중 대역용 삼각형 U-슬롯 패치 안테나", 한국전자파학회 논문지 제12권 제6호, pp. 965-971, 2001년 10월.

[5] K. F. Lee and W. Chen, *Advanced in Microstrip and Printed Antennas*, John Wiley & Sons, Inc., pp. 37-73, 1997.

[6] K. F. Lee, W. Chen and R. Q. Lee, " Studies of stacked electromagnetically coupled patch antenna", *Electronics Letters*, vol. 31, no. 16, pp. 1310-1312, 1995.

[7] R. Q. Lee, K. F. Lee and J. Bobinchak, "Characteristics of a two-layer electromagnetically coupled rectangular patch antenna", *Electronics Letters*, vol. 23, pp. 1070-1072, 1987.

[8] R. Garg, P. Bhartia and I. Bahl, *Microstrip*

Antenna Design Handbook, Artech House, pp. 425-436, 2001.

[9] IE3D, Zealand Software, Inc.

[10] R. A. Sainati, *CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications*, Artech House, pp. 86-92, 1996.

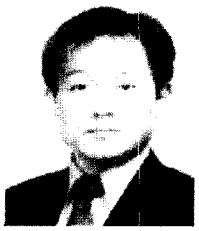
전 주 성

1988년 6월~1995년 6월: LG전자 중앙연구소 선임연구원
1995년 6월~1996년 11월: 전자부품연구원(KETI) 선임연구원
1999년 8월: 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사)
1996년 11월~현재: KTF㈜ TCS팀
[주 관심분야] 이동통신용 안테나 설계, CDMA RF 파라미터 분석

김 장 욱

1990년 1월~1996년 12월: 삼성전자 통신연구소 선임연구원
1996년 12월~2001년 10월: KTF㈜ 네트웍연구소
2000년 3월~현재: 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 박사과정
2001년 10월~현재: 동양공업전문대학 전기전자통신공학부 전임강사
[주 관심분야] CDMA 이동통신 시스템 설계

김 종 규



2002년 2월: 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1992년 3월~현재: 전자부품연구원(KETI) 무선회로연구센터 센터장 (수석연구원)
[주 관심분야] 이동통신용 안테나 설계, 초고주파 부품개발