

B-WLL용 광대역 마이크로스트립 안테나

A Broad-band Microstrip Patch Antenna for B-WLL System Applications

오창열** · 서성호* · 오순수* · 윤미경* · 김응배* · 김영식*

Chang-Youl Oh · Seong-Ho Seo · Soon-soo Oh · Mi-Kyoung Yoon · Eung-bae Kim · Young-Sik Kim

요 약

B-WLL용 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 배열 안테나를 만들기 위해 안테나의 크기를 소형화하였다. 두 개의 기생 소자를 급전되는 메인 패치에 가깝게 위치시킴으로써 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 설계, 제작된 안테나는 약 15%의 대역폭을 가졌다. 넓은 대역폭에 걸쳐 방사 패턴을 측정하였다.

Abstract

A microstrip patch antenna with B-WLL applications is designed and manufactured. To make a array antenna the size of patch antenna was miniaturized. A broad band is obtained by two additional parasitic elements which are closely located to the main patch. The bandwidth of the manufactured antenna is 15% at the center frequency of 26.8 GHz. Radiation patterns are measured over a wide bandwidth.

I. 서 론

B-WLL은 하나의 작은 셀 지역을 대상으로 다양한 멀티미디어서비스를 제공하는 통신시스템으로서, 현재 음성·영상전화와 양방향 데이터서비스, 대화형 비디오서비스를 제공할 수 있는 기술로 정의되고 있다. 따라서 가장 유력한 초고속정보통신망 구축대안으로 자리잡을 수 있을 것으로 보인다.

B-WLL은 준밀리미터파대의 높은 주파수를 사용하므로 안테나 설계 시 많은 변수가 존재한다. 그리고 앞으로 출현하는 무선망 서비스는 밀리미터파대의 주파수를 사용할 것이며 현재보다 더 높은 수준의 기술이 요구될 것이다. 따라서 높은 주파수대의 안테나를 설계하는 기술에 대한 연구가 필요하다.

마이크로스트립 패치 안테나는 평면형이기 때문에 안테나 소자로 널리 사용되고 있으나 공진 타입이므로 대역폭이 5% 정도로 좁은 단점이 있다. 패치의 가장 긴 면은 전형적으로 자유공간에서의 파장의 1/2~1/3이고 유전체 기판의 두께는 대개 0.003~0.05 λ이다^[1].

또한, 마이크로스트립 안테나는 얇은 기판에 대해서 100을 넘는 Q를 가진 high-Q소자이다. High-Q 소자는 작은 대역폭을 가지면 소자의 Q가 커질수록 효율은 점점 떨어진다. 유전체 기판의 두께를 증가시킴으로써 마이크로스트립 소자의 Q를 줄일 수 있고 그럼으로써 대역폭과 효율을 높일 수 있다. 그러나 여기에도 한계가 있다. 두께가 증가할수록 전원에 의해 전달되는 전체 전력의 상당한 부분이 표면파가 되고 이 표면파는 결국 불연속지점에서 산란

* 고려대학교 공과대학 전파공학과(Dept. of Radio Sciences and Engineering, Korea University)
** ETRI 무선방송기술연구소(Radio & Broadcasting Technology Laboratory, ETRI)
· 논문 번호 : 20001104-08S
· 수정완료일자 : 2000년 12월 20일

되므로 원하지 않는 전력 손실의 원인인 된다^[2].

본 논문에서는 두께가 20mil, 비유전율이 2.2인 RT/duroid 5880 기판을 사용해서 전력 손실을 최소화 하면서 B-WLL시스템에서 원하는 주파수대역을 얻기 위해서 급전되는 패치와 같은 층에 기생소자를 가깝게 위치시킴으로써 대역폭을 증가시키는 방법을 제시하였다^{[3],[4]}. 한편, 배열 구조를 만족시키기 위해 소형의 안테나를 구현하고자 한다.

II. 기생소자를 이용한 광대역 마이크로스트립 안테나

안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. 그림 1은 두 개의 부가적인 기생소자를 급전되는 패치에 가까이 위치시킨 구조를 나타낸다. 각각의 parameter 들은 표 1과 같다.

안테나는 50Ω source로 power가 공급되며, 안테나의 입력 임피던스 83Ω과 임피던스 매칭을 위해 지수함수형 테이퍼가 사용되었다. 입력 임피던스는 IE3D에서 시뮬레이션을 통하여 얻어진 값이다. 지수함수형 테이퍼의 길이는 10 mm로 설계되었다.

IE3D를 사용하여 시뮬레이션을 한 결과는 그림 2와 같다. VSWR=2를 기준으로 하는 대역폭을 보면 약 3 GHz 정도가 됨을 알 수 있다. 이는 원하는 대역폭을 만족시켜 주는 결과이다.

실제 제작해서 HP8510C를 이용해서 측정한 결과는 그림 3과 같다. VSWR=2를 기준으로 하는 대역폭을 보면 23.5 GHz에서 27.5 GHz까지의 약 4 GHz 정도를 가짐을 알 수 있다. 이를 시뮬레이션의 결과와 비교해 보면 약 1 GHz 정도의 대역폭 확장

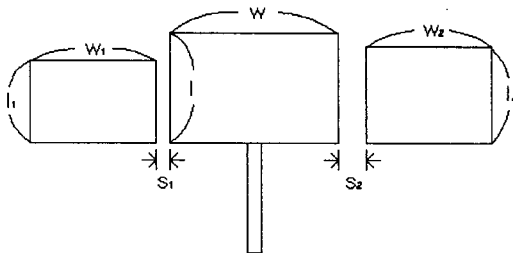


그림 1. 안테나 구조
Fig. 1. Structure of antenna.

표 1. 안테나 파라미터

Table 1. Parameter of antenna.

W_1	3
L_1	3.5
W	4.6
L	3.6
W_2	3
L_2	3.3
S_1	0.1
S_2	0.2

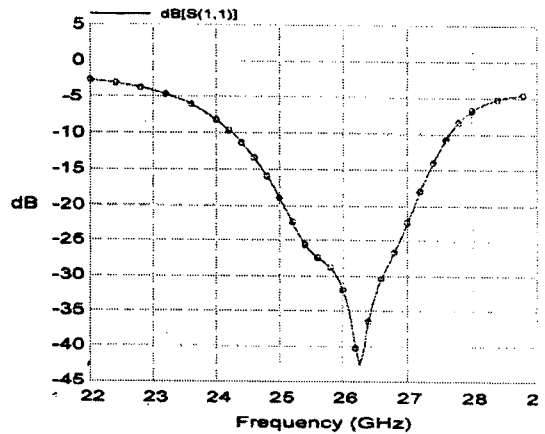


그림 2. 반사손실의 시뮬레이션값
Fig. 2. Simulated return loss.

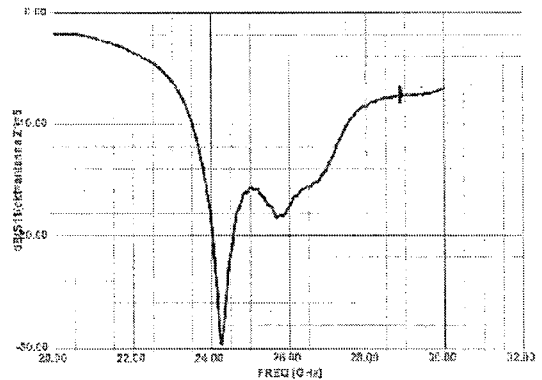


그림 3. 반사손실의 실험치
Fig. 3. Measured return loss.

이 있었음을 알 수 있다.

시뮬레이션과 실제 측정 사이에 차이가 나는 이유는 s_1 과 s_2 가 필름을 만들어서 제작하는 과정 중에 원하는 값보다 커져서 발생한 것으로 사료된다.

이 안테나는 한 개 소자만을 생각한다면 대역폭을 충분히 만족시켜 준다. 하지만 배열 안테나를 제작할 경우 문제점이 발생된다. 소자와 소자를 배열할 때, 소자의 크기가 커 소자들 사이의 거리가 operating frequency의 한 파장보다 커지게 된다. 한 파장보다 커지게 되면 side lobe level이 심각하게 커지는 현상이 발생된다. 그래서 배열 안테나 제작을 고려하면 위의 제작한 안테나보다 좀더 소형의 것을 필요로 한다. 기생 패치를 줄이면, 원하는 대역폭을 얻지 못함을 시뮬레이션을 통해서 알게 되었다. 그래서 새로 제시한 것이 급전되는 패치의 크기를 급격하게 줄이는 것이다.

Ⅲ. 안테나 소형화

급전되는 메인 패치와 기생소자들의 길이는 $L_1 = L_2 = 3.6 \text{ mm}$ 이고, $L = 3.7 \text{ mm}$ 이다. 안테나의 길이는 중심 주파수에 의해 결정되며 기생소자들은 W 를 정한 후, W_1 과 W_2 를 비대칭의 형태로 시뮬레이션을 한 후 결정한다. 안테나의 크기를 줄이기 위해 W 의 길이는 안테나의 크기를 줄이기 위해 일반적인 단일 소자 패치 안테나보다 약 56% 축소시켰다.

안테나의 입력 임피던스와 전원 사이의 임피던스 매칭은 광대역의 특성을 갖기 위해 지수 함수적 테이퍼가 사용되었다. 그림 4는 지수 함수적 테이퍼의 반사계수와 투과계수를 나타낸다. 테이퍼의 길이는 사용 주파수대가 26.8 GHz 근방임을 고려하여 10 mm로 하였다^[5].

S_{21} 의 경우, -1 dB 정도로 전 대역폭에 걸쳐 거의 평탄함을 알 수 있고, S_{11} 의 경우 24 GHz에서부터 서서히 증가하여 28.5 GHz에서 -17 dB가 됨을 알 수 있다.

그림 5는 급전되는 패치와 기생소자와의 간격 S_1 과 S_2 를 공히 0 mm에서 0.5 mm까지 변화시키면서 그에 따른 S_{11} 의 특성을 나타낸다.

그림 5에서 간격이 0 mm(급전되는 패치와 기생소자가 붙어있는 경우)를 제외하고는 모두가 광대

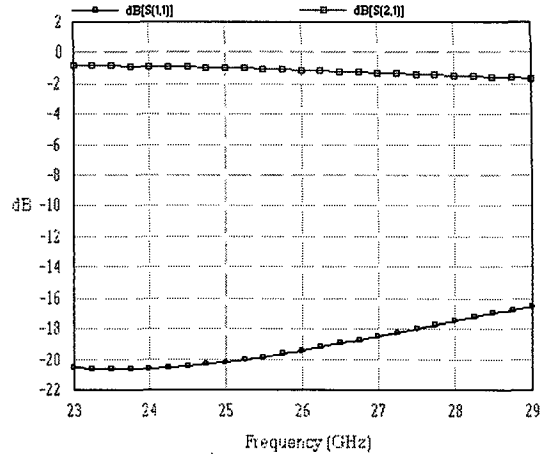


그림 4. 지수 함수적 테이퍼 특성
Fig. 4. Characteristics of exponential taper.

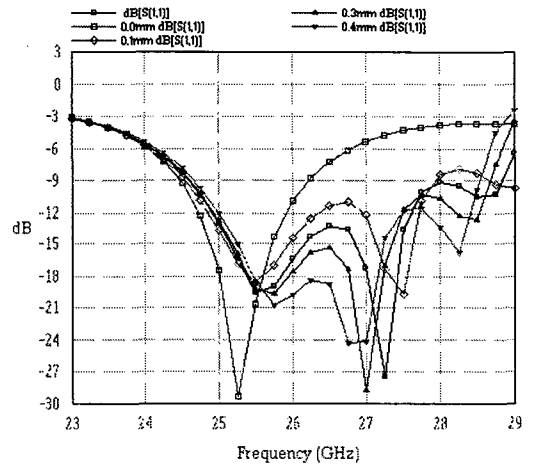


그림 5. 간격 변화에 따른 S_{11} 특성 비교
Fig. 5. S_{11} from simulation by varying the gap size.

역특성을 나타낸다. 간격이 커질수록 대역폭이 증가되지만 두 공진 주파수 사이의 S_{11} 특성이 나빠지고 안테나의 크기가 커지게 된다. 안테나의 크기와 원하는 대역폭 둘 다를 고려할 때 간격이 0.2 mm일 때가 최적임을 알 수 있다. 그림 6은 급전되는 패치, W 에 대한 W_1 의 기생소자의 크기에 대한 비의 변화에 따른 S_{11} 의 특성을 나타낸다. 기생소자 크기가 1 mm에서 최적화 된다. W_1 의 크기가 1mm보다 크거나 작을 경우 광대역의 특성은 나타나지만 두 번째

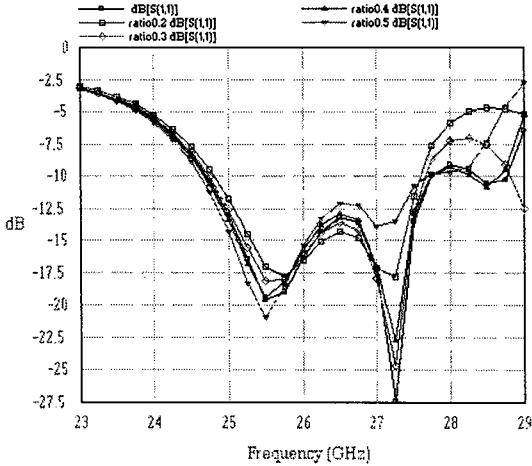


그림 6. W_1/W 의 변화에 따른 특성 비교
Fig. 6. S_{11} from simulation by varying the W_1/W .

공진 특성이 약해지는 문제가 있다. 그림 7는 급전되는 패치에 대한 W_2 의 기생소자의 크기에 대한 비의 변화에 따른 S_{11} 의 특성을 나타낸다. W_2 가 커질수록 반사계수 특성이 향상되지만 안테나의 크기가 커지면서 비대칭이 증대된다. 이는 방사패턴의 모양이 나빠지게 되는 원인이 된다. $W_2=2\text{ mm}$ 가 안테나의 크기와 반사계수 특성 사이의 최적화된 값이다.

그림 8과 그림 9는 위의 파라미터들을 이용하여 시뮬레이션을 한 결과이다. 25.5 GHz와 27.2 GHz에서 두 번의 공진이 일어나면서 대역폭이 넓어진다.

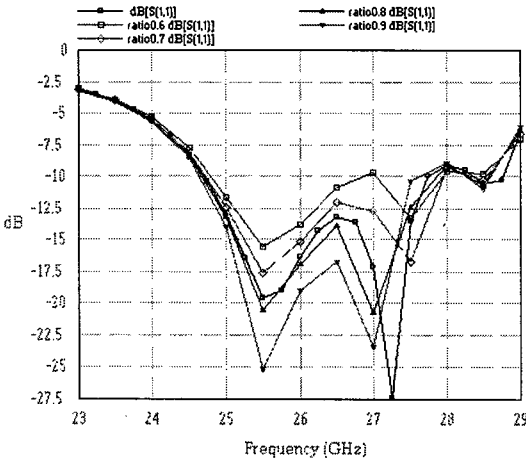


그림 7. W_2/W 변화에 따른 특성 비교
Fig. 7. S_{11} from simulation by varying the W_2/W .

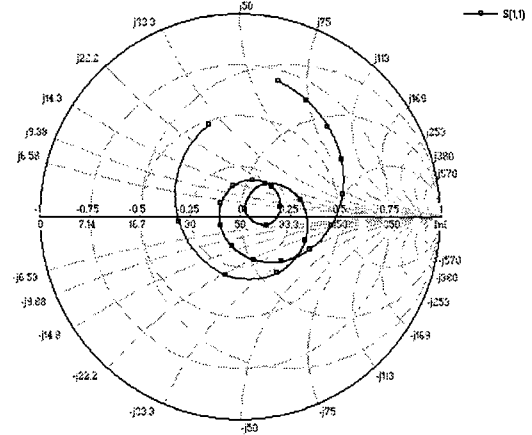


그림 8. 설계한 안테나의 입력 임피던스 궤적
Fig. 8. Simulated input impedance.

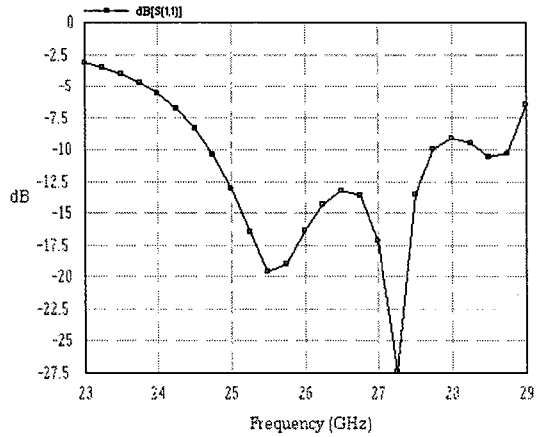


그림 9. 설계한 안테나의 S_{11} 특성
Fig. 9. Simulated return loss.

VSWR=2를 기준으로 대역폭은 24.5 GHz에서 27.7 GHz까지 약 12% 정도가 된다.

IV. 제작 및 측정

그림 10은 위에서 설계한 안테나의 양화필름을 나타낸다.

그림 11과 그림 12는 제작된 안테나의 입력 임피던스와 반사계수 특성을 나타내고 있다.

25.6 GHz와 27.2 GHz에서 두 번의 공진이 일어

난다. 또한 VSWR=2를 기준으로 24.8 GHz에서 28.9 GHz까지의 15%의 넓은 대역폭을 가진다. 실험값이 시뮬레이션 값보다 대역폭이 3% 정도 넓다. 그것은 유전체, 전도체, 표면파에 의한 손실 때문에 실험치의 대역폭이 커지게 됐다. 또한 필름의 해상도 때문에 0.2 mm의 간격이 기판상에 정확히 식각되지 않아 대역폭이 커지게 됐다.

그림 13, 14, 15는 제작된 안테나의 24, 26, 28 GHz에서의 E-평면과 H-평면에서의 방사패턴을 나타낸다.

안테나의 모양이 비대칭이므로 방사패턴 또한 좌우가 다른 모양을 하고 있다. 24 GHz에서 높은 주파수쪽으로 갈수록 방사패턴모양의 비대칭이 심하게 발생하게 된다. 하지만 전 주파수대에 걸쳐 0° 부근에서 최대 방사가 일어난다.

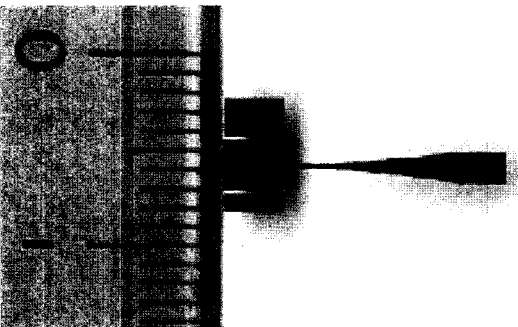


그림 10. 안테나의 양화필름
Fig. 10. Positive film of antenna.

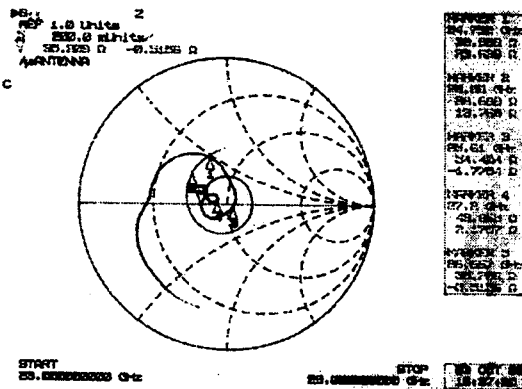


그림 11. 입력 임피던스 측정치
Fig. 11. Measured input impedance.

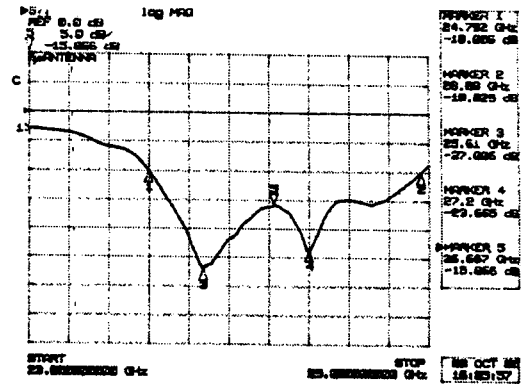
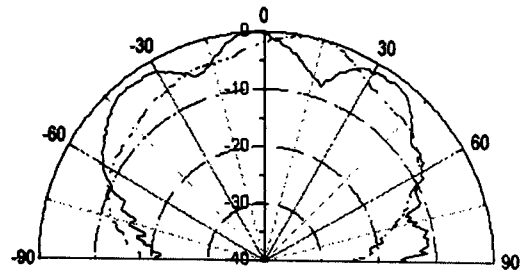
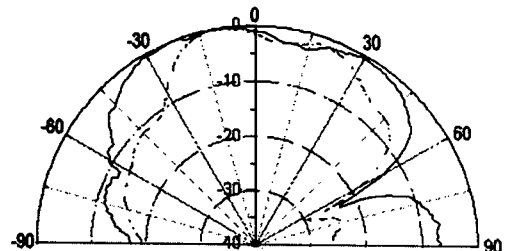


그림 12. 제작된 안테나의 S₁₁특성
Fig. 12. Measured return loss.



(실선:E-평면 패턴 점선:H-평면 패턴)

그림 13. 24 GHz에서 방사패턴
Fig. 13. Measured radiation pattern at 24 GHz.



(실선:E-평면 , 점선:H-평면)

그림 14. 26 GHz에서의 방사패턴
Fig. 14. Measured radiation pattern at 26 GHz.

V. 결 론

본 논문에서는 B-WLL용 평판형 안테나로 원하

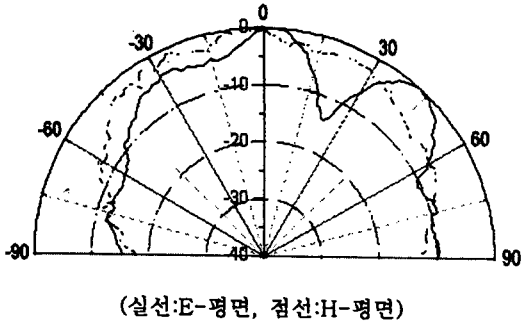


그림 15. 28 GHz에서의 방사패턴
Fig. 15. Measured radiation pattern at 28 GHz.

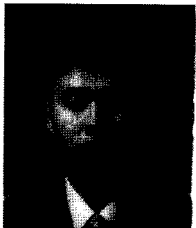
는 대역폭을 얻기 위해 급전되는 메인 패치와 같은 층에 기생소자를 가까이 위치시킴으로써 대역폭을 증가시키는 안테나를 구현하였다. 보통 마이크로스트립 패치 안테나는 공진 타입이므로 대역폭이 5% 정도로 좁은 단점이 있다.

하지만 새로이 제시한 안테나는 26.8 GHz 중심 주파수에서 VSWR = 2를 기준으로 15% 정도의 대역폭을 가짐을 확인하였다. 그리고 넓은 대역폭에 걸친 안테나의 방사패턴을 측정하였다.

참고 문헌

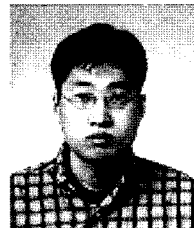
- [1] H. F. Lee and W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, Wiley & Sons, 1997.
- [2] D. M. Pozer, "Considerations for Millimeter Wave Printed Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol., AP-31, pp 740-747, Sep., 1983.
- [3] G. Kumar and K. C. Gupta, "Broad-band microstrip antennas using additional resonators gap-coupled to the radiating edges," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-32, pp. 1375-1379, Dec., 1984.
- [4] G. Kumar and K. C. Gupta, "Nonradiating edges gap-coupled multiple resonator broadband microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-33, pp 173-178, Feb., 1985.
- [5] D. M. Pozer, *Microwave Engineering*, Wiley & Sons, 1998.

오 창 열



1990년 2월: 충남대학교 전자공학과(공학사)
1992년 2월: 충남대학교 전자공학과(공학석사)
1992년 3월~2000년 6월: 국방과학연구소(선임연구원)
2000년 6월~현재: ETRI 무선방송 기술연구소 광대역무선멀티미디어팀 근무(선임연구원)
[주 관심분야] 광대역무선액세스망 기술

서 성 호



2000년 2월: 광운대학교 전자공학과(공학사)
2000년 3월~현재: 고려대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나, 초고주파 회로

오 순 수



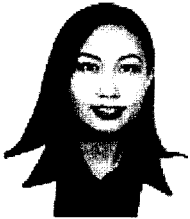
1998년 2월: 인하대학교 전자공학과(공학사)
2000년 2월: 인하대학교 전자공학과(공학석사)
2000년 3월~현재: 고려대학교 전파공학과 박사과정
[주 관심분야] 전자장 수치해석, 안테나, 초고주파 능동 및 수동소자

김 응 배



1981년 2월: 고려대학교 전자공학과(공학사)
1983년 2월: 고려대학교 전자공학과(공학석사)
1999년 2월: 고려대학교 전자공학과(공학박사)
1983년 2월~1988년 3월: 금성전기연구소 연구원
1988년 3월~1989년 11월: 한국통신진흥(주) 과장
1989년 3월~현재: 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소, 광대역무선멀티미디어팀장
[주 관심분야] 이동통신, B-WLL, IMT-2000

윤 미 경



1999년 2월: 고려대학교 전파공학과(공학사)
2000년 8월~현재: 고려대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 초고주파 시스템 설계 및 소자개발, ka 밴드 안테나 개발

김 영 식



1978년 3월~1982년 1월: 홍익공업대학 전자과 조교수
1982년 2월~1988년 3월: University of Massachusetts at Amherst, Research Assistant
1988년 3월~1989년 2월: University of Massachusetts at Amherst, Post doc
1989년 3월~1993년 2월: ETRI 이동통신연구단 무선기술연구실 실장
1993년 3월~현재: 고려대학교 전파공학과 교수