

5GHz 대역 미앤더 형태 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

준회원 정계택*, 정회원 윤중한**, 정회원 강문규***, 정회원 이화춘****, 정회원 광경섭*

Design of a Meander Type Microstrip Antenna in the 5GHz Band

Gyey-Taek Jeong*, Joong-Han Yoon**, Moon-Kyu Kang***, Hwa-Choon Lee****, Kyung-Seop Kwak*

요 약

본 논문에서는 5GHz 전 대역에서 사용 가능한 미앤더 형태의 마이크로스트립 안테나를 설계하고 제작하였다. 미앤더 형태의 안테나에 공기층을 삽입하고 동축 급전을 주어 VSWR<2에서 충분한 대역을 얻고자 하였다. 미앤더 라인의 길이와 폭, 동축급전의 위치 및 공기층의 두께를 변화시키면서 시뮬레이션 하였으며, 최적화된 파라미터를 가지고 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 측정 결과는 VSWR<2에서 약 1GHz의 17.5%의 대역폭을 얻었으며, 7.3~9.5 dBi의 이득과 Broad한 방사패턴을 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, a meander-type microstrip patch antenna for application in 5GHz-band is designed and fabricated. To obtain enough bandwidth in VSWR<2, the foam is inserted between substrate and ground plane, the coaxial probe source is used. Antenna is simulated varying the length and width of meander line, the position of probe feeding and the thick of airgap. Later antenna is fabricated with optimized antenna parameter. The measured result of Fabricated antenna obtained 1GHz(17.5%) bandwidth in VSWR<2, the gain of 7.3~9.5dBi, Unidirectional pattern.

1. 서 론

최근 초고속 무선 서비스에 대한 수요가 증가하면서 5GHz 주파수 대역의 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 5.725~5.825GHz의 대역을 ISM band라 칭하며 무선 랜 영역으로 사용중에 있으며, ITU에서는 WRC-2000 회의에서 5.150~5.350 및 5.470~5.725 대역을 세계 공통으로 무선 랜 등의 고정접속시스템(FAS)용으로 분배를 검토하기로 결정하였고, 이에 따라 세계 각국은 WRC-2003 회의에서 5GHz 대역의 주파수가 분배될 것으로 예상하고 이 대역에 대한 연구에 몰두하고 있다. 특히 유

럽, 미국, 일본 등 일부 국가에서는 ITU의 분배 여부와 상관없이 IEEE802.11a 대역에 대한 자체적인 주파수 사용 계획을 이미 정하여 시행하고 있다.[1][2]

한편, 초고집적 반도체 기술과 고주파소자 및 회로 기술의 발달로 단말기의 크기와 중량이 크게 줄어들고 있고, 단말기 또한 소형화/경량화 되어 가고 있으며, 이에 따라 안테나도 단말기에 적합한 형태인 소형화가 요구되어지고 있다.[3][4] 안테나를 소형화 하는 방법에는 고유전율의 기판을 이용하는 방법, 안테나의 모양을 변형시키는 방법, 유전체 칩을 이용하는 방법, 접지판을 이용하는 방법 등이 있

* 인하대학교 정보통신공학부
논문번호 : 030314-0722, 접수일자 : 2003년 7월 22일

다. 이러한 방법들을 이용하여 지금까지 제안된 소형 안테나 기술로는 헬리컬 안테나[5], 미앤더 안테나[6], 역 F-안테나[7] 그리고 접지핀을 이용한 안테나[8] 등이 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 필요성에 만족하기 위해 미앤더 안테나 형식을 기본으로 하여 5GHz 대역에서 활용 가능한 안테나를 설계 및 제작하고자 한다. 미앤더 안테나는 안테나 모양을 변형시키는 방법으로 안테나 전기적 거리를 증가시켜 안테나를 소형화 할 수 있는 방법이다. 그런데 그동안의 미앤더 안테나[9]-[11] 및 미앤더 슬롯 형태의 안테나[12]-[17]는 개구면 급전구조나, 마이크로스트립 급전구조를 사용하여 소형화에만 중점을 두며 이중 공진 특성을 보이는 예가 많았다. 이러한 연구는 대부분 안테나 소형화에는 성공하였지만 그 대역폭이 매우 작아 실제 응용에는 어려움이 있을 것으로 보인다. 본 논문에서는 미앤더 형태의 안테나의 대역폭 개선을 위해 공기층을 삽입하고 동축 급전을 사용하는 구조를 제안한다.

II. 미앤더 형태 M형 마이크로 스트립 안테나

II-1. 미앤더 안테나

어떤 회로에서 곧게 진행하는 선로를 구부려서 구현하면 그 회로의 크기를 줄일 수 있으므로 미앤더 선로는 증폭기나 위상 변위기 등의 초고주파 소자를 소형화 하는데 이용된다. 이 경우 미앤더 선로는 반사손실이 작고 위상이 곧게 진행하는 단일 선로와 같은 특성을 갖도록 설계되어야 한다. 또한 미앤더 선로는 저속과 구조나 협대역 여파기로 이용할 수 있고 빔성형과 스티어링에 적합한 모놀리틱 안테나 어레이로 상용할 수도 있다.[18]

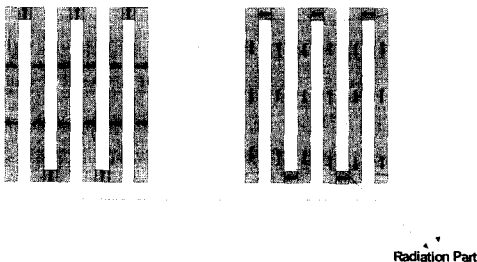


그림 1. 미앤더 선로의 전계 분포와 자계 분포

그림 1은 미앤더 선로의 전계 분포와 자계 분포

를 개략적으로 나타낸 것이다. 미앤더 선로는 주어진 안테나의 전기적 크기를 최소의 면적에 집적시킬 수 있는 장점이 있다. 그림 1에서 전계와 아래 부분의 전계는 서로 같은 방향을 갖지만, 수직 방향의 선로에 걸리는 전계는 서로 다른 방향을 가지게 된다. 따라서, 이들 수직방향의 선로에서 생성되는 원거리장 필드는 서로 상쇄되게 된다. 그림 1에 자계 분포와 미앤더 선로의 방사하는 부분을 나타내었다. 일반적인 안테나는 $1/2\lambda$ 의 길이를 가지는 데에 반해, 미앤더 안테나는 모서리 부분에서 가지는 손실과 평행한 각 선로간의 간섭 현상 때문에 대략 1λ 의 길이를 가지게 된다.

II-2. 시뮬레이션을 통한 안테나 최적화

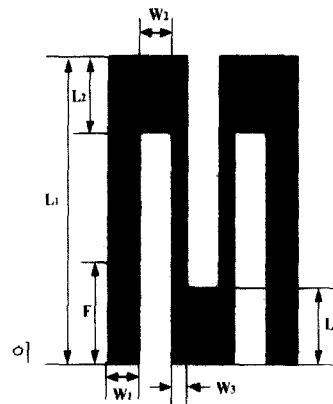


그림 2. 정면도

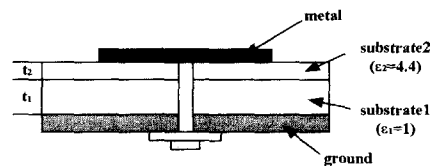


그림 3. 측면도

본 논문에서 제안하는 안테나의 정면도와 측면도를 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 대역폭을 개선하기 위해 공기층을 삽입하였으며, 공기층은 유전율이 1인 foam을 사용하였다. 모든 시뮬레이션은 크기를 줄임과 동시에 $VSWR < 2$ 에서 최대한 많이 5GHz 대역을 포함할 수 있도록 하였으며, 특 IEEE802.11a 대역과 ISM 대역에서 더 좋은 특성이 나오도록 하였다. 시뮬레이터는 Ansoft 사의

Ensemble 5.0을 사용하였다.

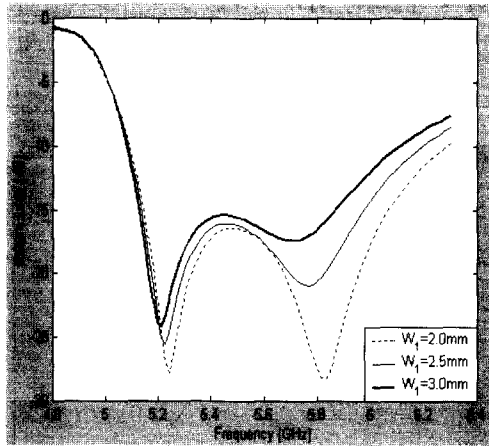


그림 4. W_1 의 길이 변화에 따른 반사계수 특성변화

첫째, 미앤더 선로 양쪽의 폭 W_1 을 변형시키면서 시뮬레이션 한 결과 그림 4와 같이 나타났다. W_1 의 길이가 증가함에 따라 첫 번째 공진 주파수와 두 번째 공진 주파수 모두 왼쪽으로 이동하였고 두 번째 공진 주파수는 점점 첫 번째 공진 주파수와 가까워지며 이중 공진의 특성이 사라져 가는 현상을 관찰할 수 있었다.

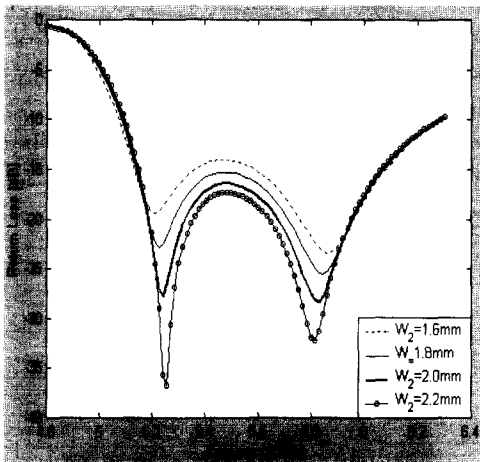


그림 5. W_2 의 변화에 따른 반사계수 특성변화

둘째, 슬롯으로 여겨질 수 있는 W_2 의 길이를 변화시키면서 시뮬레이션 한 결과 그림 5과 같이 나타났다. W_2 의 값이 증가함에 따라 낮은쪽 공진 주파수와 높은쪽 공진 주파수가 점점 가까워졌으며,

VSWR<2에서의 대역폭은 비슷하였지만 W_2 의 길이가 증가할수록 반사계수 특성이 개선되었다. 제작시 오차를 줄이기 위해 2mm를 최적의 파라미터로 결정하였다.

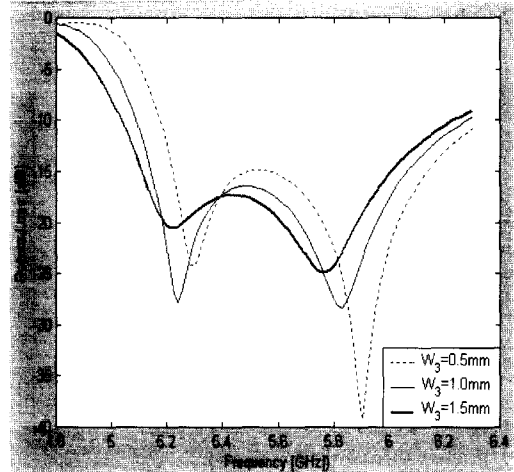


그림 6. W_3 의 변화에 따른 반사계수 특성변화

셋째, 가운데 미앤더 선로 W_3 를 변화시켜가며 시뮬레이션 한 결과를 그림 6에 나타내었다. W_3 의 폭이 증가함에 따라 공진 주파수는 왼쪽으로 이동하였으며, 낮은쪽에서 형성되는 공진 주파수에 비해 높은쪽에서 형성되는 공진 주파수에 더 큰 영향을 미쳤다. VSWR<2에서 대역폭은 비슷하게 나타났으나, $W_3=1\text{mm}$ 에서 IEEE802.11a 대역과 ISM 대역에서 보다 좋은 특성을 나타내었다.

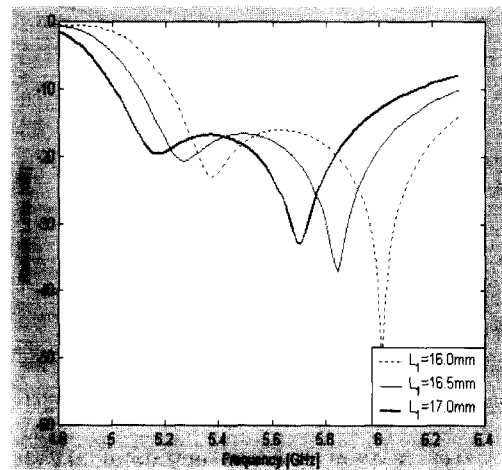


그림 7. L_1 의 변화에 따른 반사계수 특성변화

넷째, 미앤더 선로의 길이 L_1 을 변화시키면서 시뮬레이션 한 결과 그림 7과 같이 나타났다. L_1 의 길이가 길어짐에 따라 낮은쪽과 높은쪽 공진 주파수가 모두 왼쪽으로 이동하였으며, 이는 본 안테나의 파장 길이가 L_1 의 길이와 연관되어 있음을 알려준다.

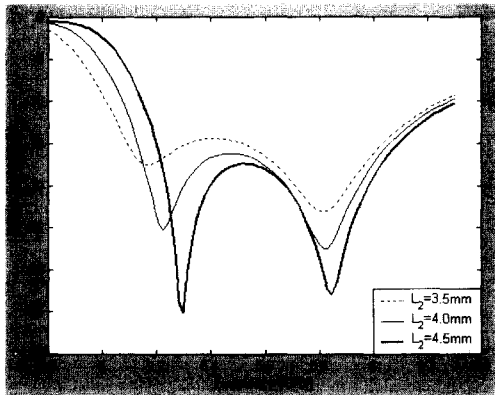


그림 8. L_2 의 변화에 따른 반사계수 특성변화

다섯째, 미앤더 선로가 꺾여지는 부분인 L_2 의 길이를 변화시키며 시뮬레이션 한 결과는 그림 8처럼 나타났다. L_2 의 길이가 줄어들어 따라 낮은쪽의 공진 주파수는 왼쪽으로 이동하였으며, 높은쪽의 공진 주파수는 위치 변화 없이 반사계수 크기만 변화하였다.

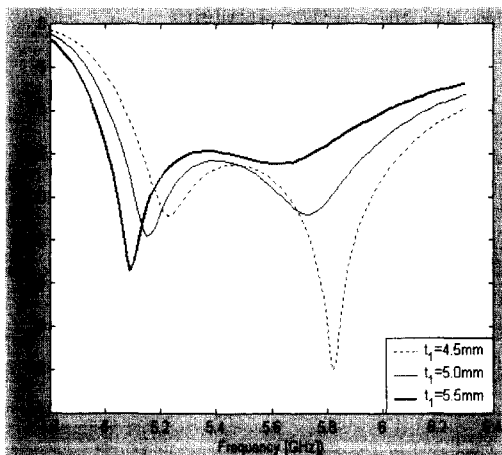


그림 9. 공기층의 두께 t_1 의 변화에 따른 반사계수 특성변화

여섯째, 공기층의 두께 t_1 을 변형시키며 시뮬레이션 하였다. 그 결과는 그림 9처럼 나타났다. 공기층의 두께가 두꺼워질수록 공진 주파수는 점점 낮은

쪽에서 형성되었으며, 이중 공진중 높은 주파수쪽에서의 공진은 점점 사라지는 현상이 일어났다. 공기층이 얇아질때는 이와 반대로 공진 주파수의 이동은 높은쪽으로 움직였으며, 낮은쪽에서의 공진 현상이 점점 사라진다는 사실이 관찰되었다.

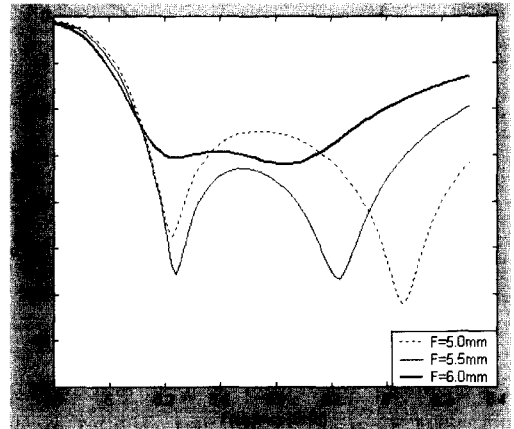


그림 10. 동축급전 위치 F의 변화에 따른 반사계수 특성변화

일곱째, 동축급전의 위치를 변화시키면서 시뮬레이션 한 결과를 그림 10에 나타내었다. 동축급전의 위치는 50옴 매칭을 하는데 있어서 상당 중요한 파라미터이다. 많은 시뮬레이션을 통해 패치 밑부분으로부터 5.0mm에서 6.0mm 사이에 있을 때 5GHz 대역에서 공진이 일어나고 좋은 반사계수 특성을 나타낸다는 것을 알아내었고, 최적의 파라미터로는 5.5mm를 결정하였다.

이러한 과정을 거쳐 얻어낸 최적의 파라미터는 $W1=W2=2mm$, $W3=1mm$, $L1=16.5mm$, $L2=4mm$, $F=5.5mm$ 이다.

III. 안테나 제작 및 측정



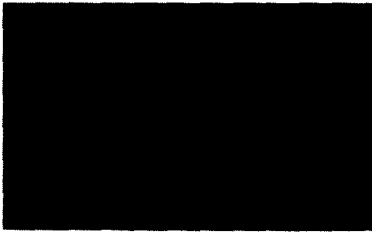


그림 11. 실제 제작한 안테나 정면도와 측면도

2-2 과정을 거쳐 얻은 최적의 파라미터로 실제 제작한 안테나는 그림 11에 나타내었다. 기판은 PCB와 연동이 가능한 유전율이 4.4이고 두께가 0.8mm인 fr4 기판을 사용하였고, 접지면을 포함한 전체 면적은 35mm×35mm 이며 패치만의 면적은 12mm×16.5mm 이다. 이렇게 해서 제작된 안테나는 광운대 무반사실에서 측정하였고 측정 결과는 다음과 같다.

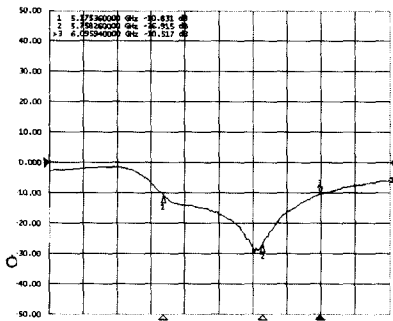


그림 12. 측정된 반사계수

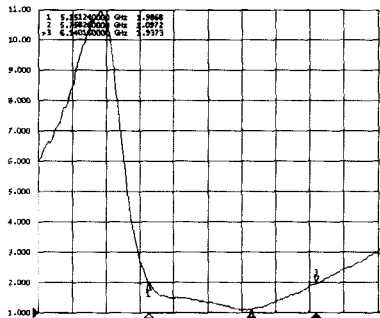


그림 13. VSWR

실제 측정된 반사계수와 VSWR는 그림 12, 그림 13와 같다. 그림 13를 보면 VSWR<2에서 5.15GHz에서 6.15GHz의 대역이 모두 만족하여 약 1GHz(17.5%)의 대역폭을 확보하였다. 이는 그동안

연구되었던 미앤더 안테나의 좁은 대역폭을 극복하여, 소형화와 대역폭 확대 모두 만족시켰다는 점에서 앞으로의 무선 통신 안테나로써 상당 유용한 안테나가 될 수 있을 것으로 보인다. 그림 12에 나타난 측정된 반사계수의 시뮬레이션값과의 차이는 실제 안테나 제작시 사용한 foam의 오차에 의한 것이라고 판단된다.

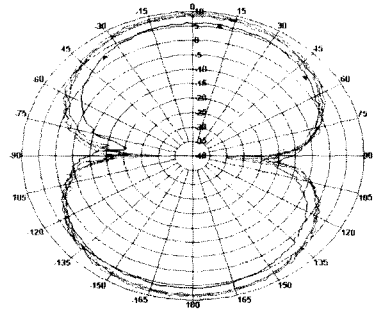


그림 14. polarization

제작된 안테나의 Azimuth에 대한 polarization을 그림 14에 나타내었다. Cross-pol.과 Co-pol.은 약 25dB의 차이를 보여 상당 좋은 선형편파 특성을 나타내고 있다.

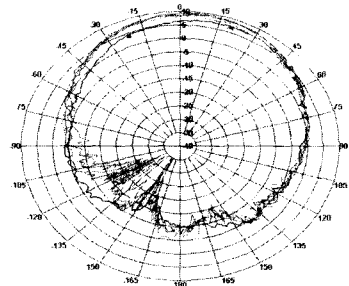


그림 15. Azimuth 패턴

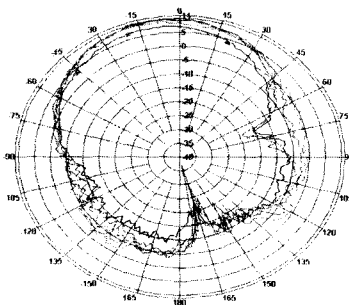


그림 16. Elevation 패턴

안테나 방사패턴은 5.1, 5.3, 5.5, 5.7, 5.9 GHz에서 측정하였다. 실제 측정된 안테나의 Azimuth와 Elevation 패턴은 그림 13과 그림 14처럼 나타났다. 그림에서 보는 바와 같이 전방향으로 약 80도의 빔폭을 갖는 Broad한 방사패턴을 얻어 광대역 특성을 뒷받침해준다.

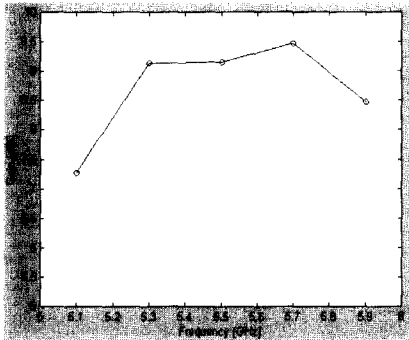


그림 17. 이득

측정된 안테나의 이득은 7.3dBi~9.5dBi 사이의 값이었으며 그림 14에 나타내었다.

저유전율의 적절한 두께를 가진 foam의 삽입과 동축급전의 위치를 기존의 미앤더 안테나와는 달리 하고 방사부를 최대한 크게 함으로써 단일 패치의 안테나, 그동안에 연구되었던 미앤더 형태의 안테나에 비해 상당 양호한 이득을 얻었다.

IV. 결론

본 논문은 현대의 무선통신 시스템에 알맞은 소형이면서도 광대역 특성을 갖는 마이크로스트립 안테나를 설계하고 제작하였다. 소형 안테나중 하나인 미앤더 형태를 표본으로 삼았으며 적정 두께의 foam을 이용하여 공기층을 형성하고 동축급전을 주어 대역폭을 확장하였다. 안테나 설계는 Ensemble 5.0 으로 하였으며, 최적의 파라미터로 설계된 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 5GHz 대역에서 약 1GHz의 17.5%의 대역폭을 얻었으며, 7.3-9.5dBi의 이득과 Unidirectional 방사패턴을 얻었으며, 좋은 선형 편파 특성을 나타내어 5GHz 대역에서 상당 유용한 안테나로 쓰일수 있을 것으로 보인다. 향후 본 논문에서 제시한 미앤더 안테나의 특성을 유지하면서 쇼트핀을 이용해 안테나 소형화에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

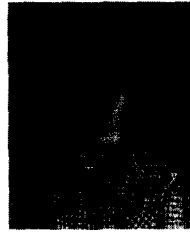
참고 문헌

- [1] 오승곤, "국내의 5GHz 대역 주파수 이동 동향," 한국통신학회지, Vol. 19, No. 5, pp 54-62 2002.
- [2] 송홍중, 김동구, "5GHz 대역 무선 랜 도입을 위한 전파간섭 영향 및 데이터 전송률 측정," 한국통신학회지, Vol. 27, No. 9B, pp 864-875, 2002
- [3] Hyun Jun Kim 외 6명, "Dual-frequency small-chip meander antenna," Vol. 35, No. 4, 2002
- [4] S. H. Wi, J. M. Kim, T. H. Yoo, and H. J. Lee, J. Y. Park, J. G. Yook, and H. K. Park, "Bow-tie Shaped Meander Slot Antenna for 5GHz Application," IEEE Antenna and Propagation Conference, pp. 456-459, July 2002.
- [5] Chien-Jen Wang, "Small Helical antenna for the applications of the dual ISM bands," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 37, No. 2, 2003
- [6] H.Y.Wang, J.Simkin, C.Emsom, and M.J.Lancaster, "Compact meander slot antennas," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 24, No. 6, pp.377-380, 2000
- [7] Wei Ping Dou and Y.W.M.Dhia, "Novel meandered planar inverted-F antenna for Triple-frequency operation," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 27, NO. 1, 2000
- [8] Kin-Lu Wong, Chia-Luan Tang, and Jong-Twu Chen, "A compact meandered circular microstrip antenna with a Shorting Pin," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 15, No. 3, 1997
- [9] S. Dey, and R. Mittra, "Compact Microstrip Patch Antenna," Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 13, No. 1, pp. 12-14, Sept. 1996.
- [10] H. Y. Wang and M. J. Lancaster, "Aperture-Coupled Thin-Film Superconducting Meander Antennas," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 47, no. 5, pp. 829-836, May 1999

- [11] C. J. Wang, and C. F. Jou, Compact Microstrip Meander Antenna,"Microwave and Optical Technology Letters, vol. 22, no. 6, pp. 413-414, Sept. 1999.
- [12] C. K.Wu, K. L. Wong, and W. S. Chen, Slot-coupled meandered rectangular microstrip antenna for compact dual-frequency operation,"Electron Letter, vol. 34, no. 11, 1047-1048, May 1998.
- [13] J. H. Lu, and K. L. Wong, Slot-loaded, meandered rectangular microstrip antenna with compact dual-frequency operation,"Electron Letter, vol. 34, no. 11, pp. 1048-1049, May 1998.
- [14] H. Y. Wang, J. Simkin, C. Emson, and M. J. Lancaster, Compact Meander slot Antennas,"Microwave and Optical Technology Letters, vol. 24, no. 6, pp.377-380, Mar. 2000.
- [15] J. M. Kim, K. W. Kim, J. G. Yook, and H. K. Park, Compact stripline-fed slot antenna,"Electron Letters vol. 37, no. 16, pp. 995-996 Aug. 2001.
- [16] T. Willians, M. Rahman, and M. A. Stuchly, Dual Band Meander Antenna for Wireless Telephones,"Microwave and Optical Technology Letters, vol. 24, no. 2, pp.81-85, Jan. 2003.
- [17] C. M. Allen, A. Z. Elsherbeni, C. E. Smith, C. W. Huang, and K. F. Lee, Tapered Meander slot antenna for dual band personal wireless communication systems,"Microwave and Optical Technology Letters, vol. 36, no. 5, pp.381-385, Mar. 2003.
- [18] P.G. Hall and S. J. Vetterlein, "Microstrip patch array with multiple beams",Proc, 19th European Microwave conf., pp. 343-348, Sept. 1989.

정 계 택(Gyey-Taek Jeong)

준회원



2003년 2월 :

인하대학교교 전자공학과
(공학사)

2003년 9월 ~ 현재 :

인하대학교 정보통신공학과 석
사과정

<관심분야> 안테나 설계, RF 시스템, 이동통신

윤 중 한 (Joong-Han Yoon)

정회원



1994년 2월 : 인하대학교 전자공
학과 (공학사)

1996년 8월 : 인하대학교 전자공
학과(공학석사)

2003년 2월 : 인하대학교 전자공
학과(공학박사)

2003년 3월 ~ 2004 2월: 인하대

학교 IT신기술연구소 연구원

2004년 3월 ~ 현재: Post-Doc

<관심분야> 전자장 이론 및 산란, 안테나 설계,

강 문 규 (Moon-Kyu Kang)

정회원



1979년 2월 : 인하대학교교

전자공학과
(공학사)

1982년 2월 : 인하대학교

전자공학과
(공학석사)

1995년 9월 ~ 현재 : 인하대

학교 전자공학과 통신전공(박사과정)

1991년 ~ 현재 : 재능대학 컴퓨터 정보계열 부교
수

<관심분야> 위성통신, 이동통신, 통신 네트워크, 무
선 인터넷, 안테나 설계

이 화 춘 (Hwa-Choon Lee)

정회원



1985년 2월 : 인하대학교
전자공학과(공학사)
1987년 2월 : 인하대학교
전자공학과(공학석사)
1995년 2월: 인하대학교
전자공학과(공학박사)
1995년 2월~현재: 초당대학교

정보통신공학과 조교수

<관심분야> 안테나 및 전파전파, 전자장 이론, 이동통신

곽 경 섭 (Kyung-Seop Kwak)

정회원



1977년 2월 : 인하대학교 전기
공학과(공학사)
1982년 12월 : 미국 Univ. of
So. Calif. 대학원(EE석사)
1988년 12월 : 미국 Univ. of
So. Calif. San Diego (통신
이론 및 시스템 박사)

1988년 2월 ~이: 1989년 2월 미국 Hughes
Network Systems 연구원

1989년 2월 ~이 1990년 3월 미국 IBM Network
Analysis Center 연구원

2000년 3월 ~이 2002년 2월 : 인하대학교 정보통
신전문대학원 초대원장

1990년 3월 ~이 현재 : 인하대학교 정보통신공학부
교수

2002년 1월 ~이 2003년 12월 : 통신학회 부회장

2004년 1월 ~이 현재 통신학회 감사

2003년 8월 ~이 현재 : 인하대학교 IT신기술 연구
소 소장, ITRC-UWB 연구센터장

<주관심분야> 위성통신 이동통신, 통신네트워크, 무
선 인터넷