

개구결합 및 3차원 천이 마이크로스트립 선으로 급전되는 이중편파 사각형 마이크로스트립 안테나

Aperture Coupled and 3-D Transition Microstrip Line Fed Dual Polarization Rectangular Microstrip Antenna

조 성 문 · 박 동 국*

Sung-Moon Cho · Dong-Kook Park*

요 약

본 논문에서는 개구결합 급전(포트 1)과 3차원 마이크로스트립 급전(포트 2)을 이용하여 단자간의 분리도가 우수한 이중편파 사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 설계는 각각의 급전방식에서 상용프로그램인 IE3D를 이용한 모의실험을 통하여 파라미터값들의 최적값을 찾고, 그 각각의 최적값을 통합하여 이중편파 마이크로스트립 안테나를 설계하고 제작하였다. 2 GHz 대역에서 실험한 결과 반사손실 10 dB 주파수 대역폭이 17 %이며, 30 dB 이상의 분리도를 확인하였다.

Abstract

In this paper, the design of a dual-polarization rectangular microstrip patch antenna with high isolation between two feeding ports excited by using both an aperture-coupled feed (port 1) and a 3-dimensional microstrip feed (port 2) is presented. From the simulation using the commercial program IE3D, the optimum values of the antenna parameters are investigated at both two feed structures and the optimum antenna is designed and fabricated. Experimental results confirmed that an bandwidth of the antenna is about 17 % and the isolation of two ports is great than 30 dB over all frequency bands.

Key words : Dual Polarization, Aperture Coupled Antenna, 3-Dimensional Transition Feed, Microstrip Antenna

I. 서 론

최근 무선통신에 사용하는 주파수가 높아지면서 광대역 특성의 안테나를 요구하는 추세이며, 일반적인 마이크로스트립 안테나의 경우 협대역 특성을 가지므로 여러 가지 광대역화를 위한 방법들이 제시되고 있다.

예를 들어 IMT-2000 서비스를 처리하기 위해서는 반사손실 10 dB 주파수 대역폭이 약 16 % 이상

되는 안테나가 필요하다. 그래서 광대역 안테나로 L자 형태의 급전구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 패치안테나^[1], Π-매칭회로를 이용한 개구결합 마이크로스트립 패치안테나^[2]가 제안되었다.

그러나 위의 제안된 안테나들은 단일편파 안테나로서 이동 전파환경에서 페이딩 현상으로 시스템의 성능이 저하되는 문제점이 있다. 또한 이러한 페이딩 현상의 성능 저하를 개선하기 위해 L급전과 개구결합을 사용한 이중편파 안테나^[3]가 제안되었다.

삼성탈레스(SamsungThales Co., Ltd.)

*한국해양대학교 전자통신공학과(Dept. of Electric and Communication Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20020805-091

· 수정완료일자 : 2002년 11월 5일

그러나 제안된 안테나는 적층구조 형태이므로 물리적인 크기를 증가시켜야 하고 제작비용이 증가하는 문제점이 있다.

이에 본 논문에서는 상용프로그램인 IE3D를 이용하여 이중오프셋 개구결합 급전 방법과 3차원 급전 방법의 각 파라미터 변화에 따른 안테나 특성변화를 고찰한 후 IMT-2000 주파수 대역에서 이중편파 사각형 마이크로스트립 안테나를 제작하였다.

II. 이중편파 마이크로스트립 안테나의 구조

그림 1에 개구결합 급전과 3차원 급전방법 구조를 갖는 이중편파 사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 나타내었다. 포트 1의 개구결합 급전방법은 일반적인 개구결합 급전방법에서 변형된 이중오프셋 개구결합 급전방법(dual offset feedlines)^[4]을 사용하였다. 이 구조는 포트 1에서 50 Ω 선로가 기관의 일정 위치에서 두 개의 100 Ω 선로로 나누어지면서 슬롯의 중심에서 일정한 간격으로 상호 대칭적으로 떨어져 있다. 이렇게 함으로서 반사손실 10 dB 주파수 대역폭을 넓게 하고 다층구조를 급전선로와 방사소자를 독립적으로 최적화하여 안테나의 특성을 개선하고 기생방사를 최소화 할 수 있을 뿐 아니라 단일오프셋 급전에서 발생하는 교차편파 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

포트 2는 패치와 급전선의 높이를 조절하여 복사

특성과 전송특성을 적절히 조절할 수 있는 장점이 있는 3차원 급전 방법^[5]을 사용하였다. 이 구조는 포트 2와 같이 안테나의 유전층을 공기층으로 하고 접지판에 홀(hole)을 뚫어 패치와 마이크로스트립 급전 선로를 3차원 급전선으로 연결해 주는 구조이다. 이렇게 함으로서 방사부와 급전부를 연결하는 3차원 연결이 가능하여 급전위치와 급전폭 조절이 간단해져 정합 튜닝이 용이하며 접지면과 패치 사이가 공기로 채워져 있어 유전체에 대한 손실이 없고 개구결합 급전과 같이 접지면이 급전선로와 방사소자 사이에 있어 기생방사의 간섭을 최소화 한다. 이러한 각각의 포트가 서로 수직적인 구조를 가짐으로써 서로 수직인 선형편파를 만들어 이중편파를 구현하였다.

III. 안테나 설계 및 측정

일반적으로 개구결합 급전은 패치의 높이가 높아질수록 급전선과의 간격이 벌어져 결합력이 떨어지는 단점이 있는 반면 마이크로스트립 선로 급전은 높이가 좁아질수록 전송특성이 강해져 무효전력(Reactive power)이 축적되는 단점이 있다^[5]. 또한 단일 사각형 패치에 이중급전을 하는 경우 공진주파수를 결정하는 각각의 길이(L_1, L_2)가 서로 다른 급전 포트에 폭(L_2, L_1)이 되는 등 몇 가지 공통파라미터가 발생한다. 따라서 각 급전방법의 파라미터

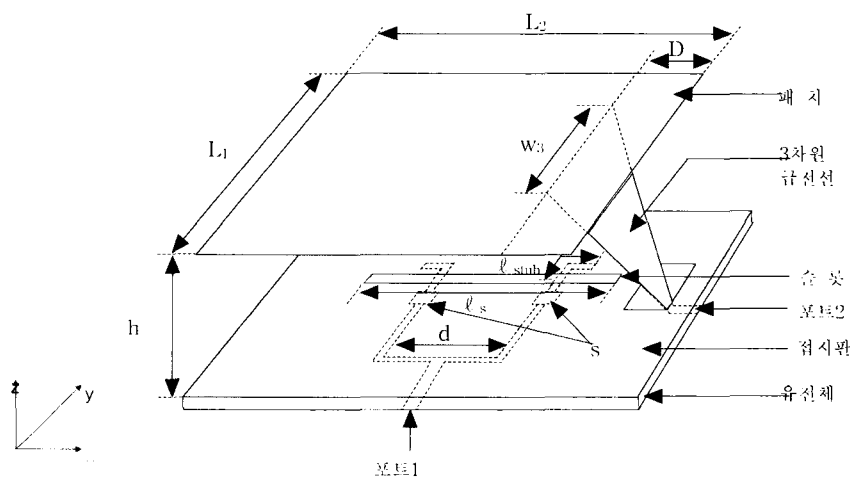


그림 1. 제안한 안테나의 구조 및 설계 파라미터
Fig. 1. The structure and design parameters of the proposed antenna.

변화에 따른 안테나 특성 변화뿐만 아니라 상호간의 영향도 고려해야 한다.

본 논문에서 사용한 급전기판은 유전율 3.38에 두께가 0.81 mm인 Rogers사의 RO4003기판을 사용하였고 슬롯의 폭은 1.7 mm로 고정하였다. 슬롯에 대한 패치의 위치는 패치의 중앙에 슬롯이 위치되도록 하였다.

시뮬레이션은 모멘트 방법에 기초한 상용 프로그램인 IE3D로 하였고 주파수 대역은 IMT-2000대역을 포함하는 1.5 GHz~2.5 GHz 범위에 대하여 조사하였다. 또한 안테나 고유의 특성을 측정하고자 포트 1은 급전선로의 전기적인 길이를 고려하여 시뮬레이션시 기준면(reference plane)을 50 Ω 선로가 100 Ω 선로로 나누어지는 부분으로 하였고, 포트 2는 50 Ω 선로와 3차원 선로가 만나는 부분으로 하였다.

안테나 설계 및 제작 과정은 다음과 같다. 먼저 이중오프셋 개구결합 급전방법과 3차원 급전방법 각

각 개별적으로 설계파라미터 변화에 대한 안테나 특성 변화를 시뮬레이션을 통해 고찰한 후 파라미터 값들을 결정하였다. 결정된 파라미터 값 가운데 상대 적으로 파라미터수가 적은 3차원 급전방법의 파라미터 수치들을 가능한 고정시키면서 이중오프셋 개구결합 급전의 설계 파라미터들을 변화시키는 과정을 반복하면서 이중편파 마이크로스트립 패치 안테나를 설계·제작하였다. 측정은 HP8722ES 네트워크 분석기를 이용하였다.

먼저 개구결합 급전 방법의 파라미터 변화에 따른 안테나 특성변화를 보면 패치의 길이(L_1)는 공진 주파수를 결정하는데 길이가 길어질수록 공진주파수가 낮아짐을 알 수 있었고, 패치의 폭(L_2)은 안테나의 입력임피던스 및 공진주파수에 영향을 주지만 그 영향은 매우 적었다.

패치와 접지판 사이의 거리(h) 변화는 그림 2의 (a)에서 보듯이 거리가 좁아질수록 개구면과 패치

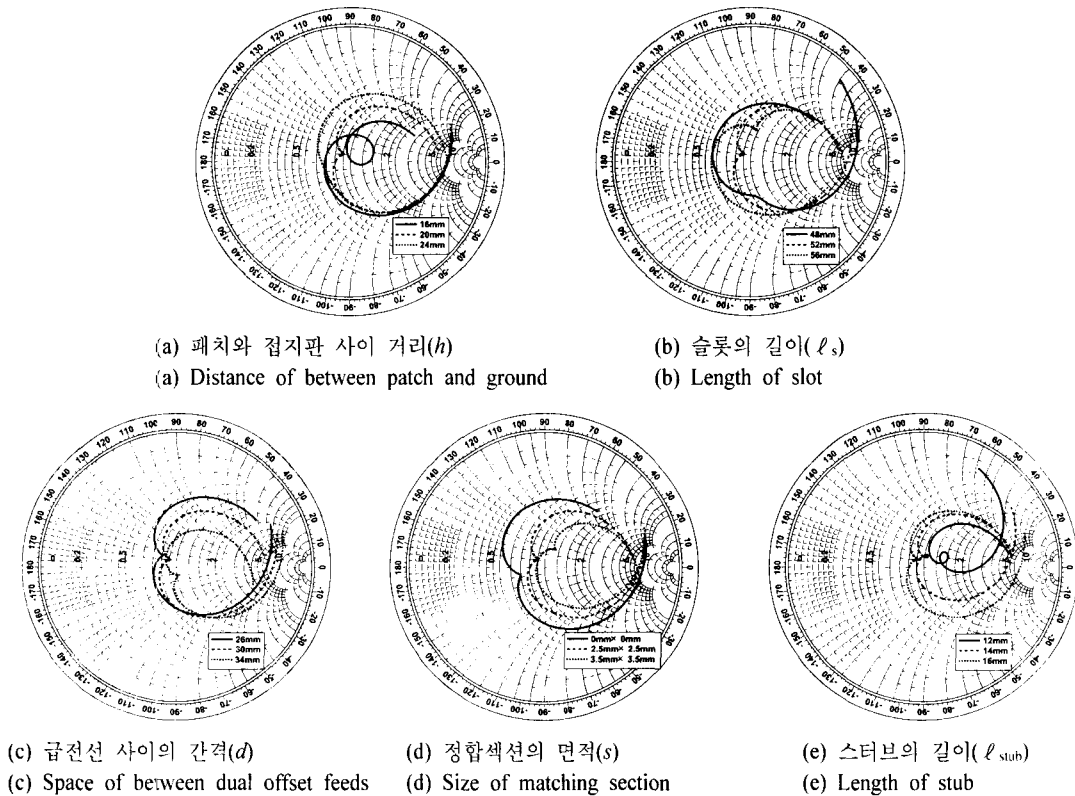


그림 2. 이중오프셋 개구결합 급전 안테나의 파라미터 변화에 따른 임피던스 변화

Fig. 2. A variation of impedance as a function of parameters of dual offset aperture coupled fed antenna.

사이의 결합도가 커져서 반사손실 10 dB 주파수 대역폭이 증가하면서 스미스 차트상에 궤적원이 작아지는 것을 알 수 있다.

슬롯의 길이(l_s)가 증가할수록 또는 이중읍셋 개구결합 급전선 사이의 간격(d)이 좁아질수록 커플링량이 증가하고 따라서 중심주파수가 스미스 차트상에서 위로 올라감을 알 수 있다.

정합섹션의 면적(s)이 넓어질수록 또는 스테브의 길이(l_{stub})가 짧아질수록 스미스차트상에 궤적원이 오른쪽 윗방향으로 이동하는 것을 알 수 있다. 이것은 정합섹션이 단축 커패시터의 역할을 하여 스테브의 길이를 상대적으로 짧게 해주기 때문이다. 또한 직렬 커패시터의 값이 커지므로 입력임피던스가 증가한 것이다.

다음으로 3차원 급전 방법의 파라미터 변화에 따른 안테나 특성변화를 보면 이중읍셋 개구결합 급전의 패치 길이(L_1)와 패치 폭(L_2)은 3차원 급전에서 각각 패치 폭(L_1)과 패치 길이(L_2)에 해당하는 파라미터나 개구결합 급전의 패치 폭(L_2)과 3차원 급전의 패치폭(L_1)이 각각 3차원 급전의 패치길이(L_1)과 개구결합 급전의 패치길이(L_2) 변화에 크게 영향을 받지 않으므로 각각 급전의 패치 길이를 결정하는데 있어서 각각 급전의 패치폭은 크게 고려하지 않아도 됨을 알 수 있었다.

패치와 접지판 사이의 거리(h)가 멀어질수록 용량성 성분의 감소로 입력 임피던스가 증가하고 안테나가 길어져 보이므로 중심주파수가 낮아지는 것을 그림 3의 (a)를 통해 알 수 있다. 이것은 이중읍셋 개구결합 급전구조와는 반대의 특성을 갖는다.

따라서 두 급전을 통합할 때는 거리 선정에 주의할 필요가 있다.

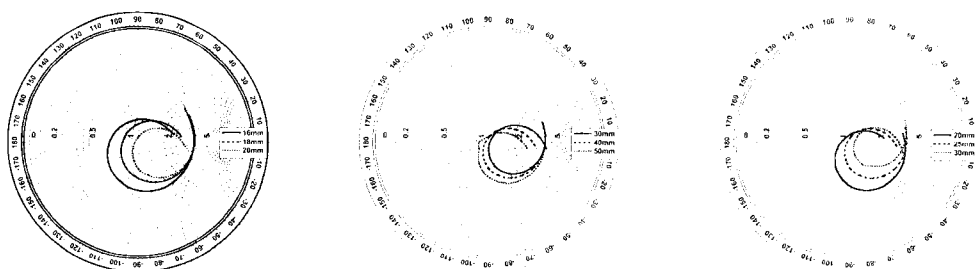
3차원 급전선의 폭(W_3)이 넓어질수록 입력 임피던스의 값이 작아지면서 광대역 특성을 가짐을 알 수 있고, 3차원 급전의 위치(D)가 깊어짐에 따라 입력임피던스 값이 높아지면서 공진주파수가 높아지는 것을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과를 바탕으로 두 급전방법을 통합하여 그림 1과 같은 이중편파 마이크로스트립 안테나를 설계하고 시뮬레이션 한 결과를 그림 4에 나타내었다. 안테나의 치수는 표 1의 A와 같다.

그림 4에서 보듯이 시뮬레이션한 결과는 반사손실 10 dB 주파수 대역폭이 각각의 포트에서 10 dB 기준으로 23 %이나 측정결과는 3차원 포트쪽에서 11 %의 결과를 얻었다. 이것은 3차원 포트쪽의 홀(hole)을 IE3D 프로그램으로 정확히 모델링 할 수

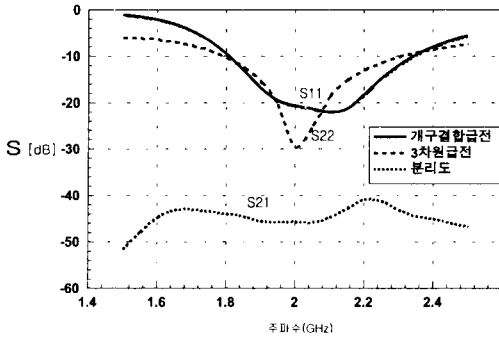
표 1. 이중편파 마이크로스트립 안테나 치수
Table. 1. The size of dual polarized microstrip antenna.

항 목	치 수	
	A	B
패치 길이(L_1)	66 mm	66 mm
패치 폭(L_2)	52 mm	50 mm
3차원 급전선 폭(W_3)	30 mm	40 mm
3차원 급전선 위치(D)	25 mm	0 mm
패치와 접지판 사이 거리(h)	20 mm	22 mm
급전선 사이 간격(d)	30 mm	26 mm
슬롯의 길이(l_s)	52 mm	48 mm
슬롯의 폭(W_s)	1.7 mm	1.7 mm
정합섹션 크기(s)	0 mm	2.5 mm×2.5 mm
스테브의 길이(l_{stub})	12 mm	16 mm

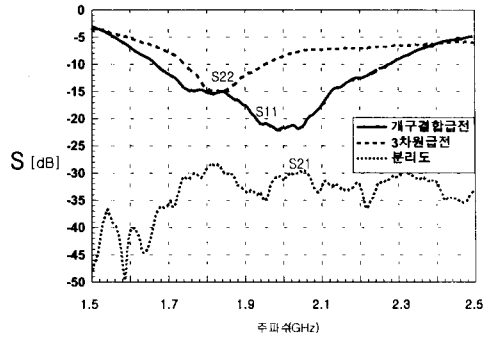


(a) 패치와 접지판 사이의 거리(h) (a) Distance of between patch and ground
(b) 3차원 급전선의 폭(W_3) (b) Width of 3-D feeder
(c) 3차원 급전선의 위치(D) (c) Position of 3-D feeder

그림 3. 3차원 급전 안테나의 파라미터 변화에 따른 임피던스 변화
Fig. 3. A variation of impedance as a function of parameters of 3-D fed antenna.



(a) 시뮬레이션 결과
(a) Simulation result



(b) 측정 결과
(b) Measurement result

그림 4. 이중편파 마이크로스트립 안테나의 S파라미터

Fig. 4. S parameter of dual polarized microstrip antenna.

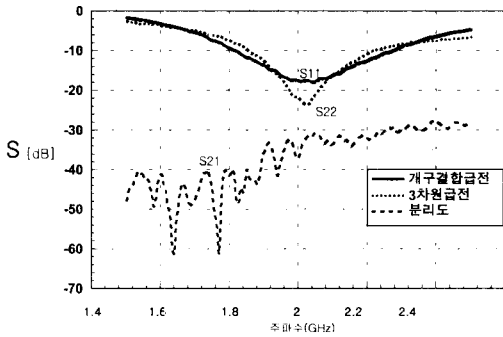
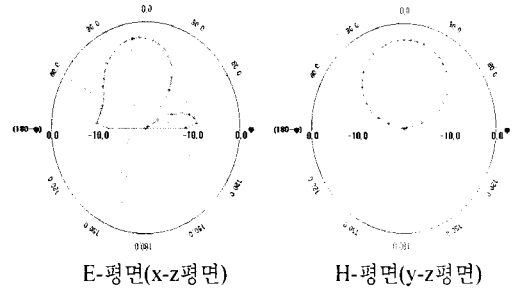


그림 5. 개선한 안테나의 측정결과
Fig. 5. Measured results of improved antenna.

없었기 때문이라 사료된다. 따라서 3차원 급전의 반사손실 10 dB 주파수 대역폭을 넓히기 위해서 파라미터 변화에 따른 안테나 특성 변화에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 안테나 치수를 표 1의 B와 같이 재조정하였다. 이렇게 한 결과 그림 5와 같이



(b) 3차원 급전
(b) 3 dimensional feed

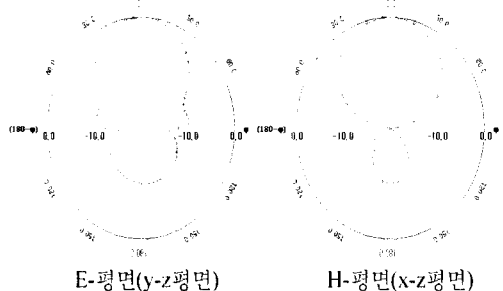
그림 6. 2 GHz에서 시뮬레이션한 복사패턴
Fig. 6. Simulated radiation pattern at 2 GHz.

개구결합 급전포트는 반사손실 10 dB 주파수 대역폭이 21 %, 3차원 급전포트는 17 %, 분리도는 -30 dB이상의 결과를 얻었다.

시뮬레이션한 안테나의 복사패턴은 그림 6에 나타내었다. 3차원 급전 E-평면 복사패턴에서 55° 방향에 널(null)이 생기는 것을 볼 수 있는데 이것은 3차원 급전선에 유기된 전류의 영향 때문이라 사료된다. 제작한 안테나의 모양을 그림 7에 나타내었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 협대역 특성을 개선하면서 이동통신에서 발생하는 페이딩 현상 문제를 해결하기 위해 광대역 이중편파



(a) 개구결합 급전
(a) Apertured coupled feed

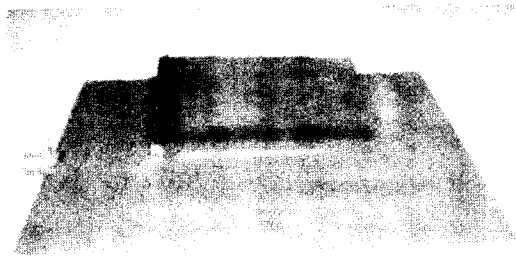


그림 7. 제작된 안테나
Fig. 7. Fabricated antenna.

마이크로스트립 패치 안테나를 이중오프셋 개구결합 급전방법과 3차원 급전방법을 이용하여 설계·제작하여 각각 포트의 반사손실 10 dB 주파수 대역폭이 17%가 넘고 포트 사이의 분리도가 30 dB 이상인 결과를 얻었다.

먼저 각각의 급전방법의 설계 파라미터 변화에 대한 안테나 특성변화를 보았는데 이중오프셋 개구결합 급전에서는 어느 정도 정합이 이루어진 후에는 정합책선의 크기와 스텐드 길이를 적절히 조정하여 안테나 정합 특성을 개선할 수 있었다. 3차원 급전에서는 3차원 급전의 깊이를 조절해서 높이 변화에 따른 특성변화를 보상할 수 있었다.

각각의 단일 급전으로는 25% 이상의 대역폭을 갖는 광대역 특성을 가지나 패치면과 접지면 사이의 거리에 각각의 급전이 상호반대되는 특성을 가지고 있어 두 급전 방식을 동시에 사용하는 패치 안테나에서는 두 급전 방식에 대해 특성을 동시에 만

족하는 적절한 거리의 설계가 중요하였다.

본 논문에서 제안한 이중편파 안테나를 적절히 배열하면 IMT-2000 기지국용 안테나에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Y. X. Guo, K. M. Luk, L. 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.
- [2] C. L. Mak, K. M. Luk, and K. F. Lee, "Proximity-coupled U-slot patch antenna", *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 715-716, 16 April 1998.
- [3] C. H. Taso, Y. M. Hwang, F. Kilburg and F. Dietrich, "Aperture-Coupled Patch Antennas with Wide-BandWith and Dual Polarization Capabilities", *IEEE Antennas Propagation Symp. Dig.*, pp. 936-939, 1988.
- [4] S. D. Targonki, R. B. Waterhouse and D. M. Pozar, "Design of wide-band aperture-stacked patch microstrip antennas", *IEEE Tran. Antennas Propagation.*, vol. 46, no. 9, pp. 1245-1251, Sep. 1998.
- [5] N. Herscovici, "New considerations in the design of microstrip antennas", *IEEE Tran. Antennas Propagation*, vol. 46, no. 6. pp. 807- 812, Jun. 1998.

조 성 문



1999년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)
1999년 9월~2001년 8월: 한국해양대학교 전자통신공학과 조교
2002년 8월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
2002년 8월~현재: 삼성탈레스 하

드웨어그룹 주임
[주 관심분야] 안테나, 레이더 시스템설계

박 동 국



1987년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)
1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1994년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1994년 8월~1996년 3월: LG전자

선임연구원
1996년 4월~현재: 한국해양대학교 부교수
2000년 1월~2001년 1월: 미국 UCLA 전기공학과 방문교수
[주 관심분야] 안테나, 이동통신 부품