

---

# 3차원 트랜지션을 이용한 광대역 마이크로스트립 패치 안테나의 설계

정창권\*, 강치운\*\*, 윤서용\*, 이봉석\*, 김우수\*\*, 이문수\*\*\*

## A Design of the Wideband Microstrip Patch Antenna Using Three-dimensional Transition

Chang Gwon Chung\*, Chi Woon Kang\*\*, Seo Yong Yoon\*,  
Bong Seok Lee\*, Woo Soo Kim\*\*, Mun Soo Lee\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 유전율 1.06, 두께  $\lambda/4$ 인 발포체 기판상의 얇은 필름에 인쇄한 새로운 형태의 단일층 마이크로스트립 패치 안테나를 설계했다. 안테나의 대역폭이 광대역 임피던스정합을 얻기 위하여 3차원 트랜지션을 사용한다. 안테나의 방사패턴 및 반사손실, 전압정재파비는 "IE3D" 시뮬레이션 패키지를 사용하여 계산하여 측정결과와 비교했다. 측정 결과 전압정재파비  $\leq 2:1$  인 대역폭이 중심주파수 6.8 GHz에서 약 65%로 광대역 안테나임을 입증하였다. 그리고 반사손실 및 전압정재파비는 계산치와 실험치가 거의 일치하였다.

### Abstract

In this paper, it is designed a new type single layer patch antenna which is printed on a very thin film and separated from the ground-plane by foam with a low permittivity of 1.06 and a high thickness of around quarter wavelength. It allows the use of three-dimensional transition, from one level to another, so that its bandwidth can be enhanced by wideband impedance matching. The radiation pattern, return loss, and VSWR of the antenna are calculated using "IE3D" simulation package, and compared with the experimental results. Experimental results

---

\* 경상대학교 전자공학과

\*\* 동의공업대학 전자통신과 교수

\*\*\* 경상대학교 부설 정보통신연구센터

접수일자 : 1999년 5월 17일

show that the bandwidth is about 65% of center frequency 6.8 GHz, return loss and VSWR are in a fairly good agreement with the calculations.

### I. 서 론

1974년 Munson<sup>[1]</sup>에 의해 미사일에 장착할 수 있는 구형 마이크로스트립배열안테나가 제작된 이래 마이크로스트립안테나 기술에 대한 연구개발은 지난 20여년동안 지속적으로 수행되어 왔다. 마이크로스트립안테나는 특히 경량, 소형, 박막 구조이며, 공정비용을 절감할 수 있고 물체에 부착이 용이하므로 개인휴대통신(PCS), 위성이동통신, 직접위성방송(DBS:Direct Broadcasting Sa-tellite), 무선사내통신망(WLAN:Wireless Local Area Network) 등의 시장에서 그 수요가 증가하는 추세에 있다. 그러나 마이크로스트립안테나는 대역폭이 좁고 손실로 인하여 이득이 낮은 단점을 가지고 있다. 그래서 대역폭을 개선하기 위하여 두꺼운 유전체 기판을 사용하면 표면파로 인하여 방사효율이 떨어지게 된다. 따라서 마이크로스트립 안테나의 이러한 단점을 개선하기 위한 연구<sup>[2,3,4]</sup>가 수행되어 왔으나 복잡한 구조를 가지거나 부피가 커짐에 따라 제작 비용이 상승하게 되는 문제를 안고 있으며, 대역폭도 40% 이상 개선할 수 없었다.

따라서 본 논문에서는 3차원 트랜지션을 이용하여 단일층 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭을 60% 이상 개선하고자 한다. 그리고 유전체 손실과 제작 비용을 증가시키는 유전체 기판의 사용을 피하므로써 고효율, 광대역 및 저비용 제작이 가능한 안테나의 설계 방법을 제시한다.

먼저 마이크로스트립안테나의 협대역 특성을 개선하기 위하여 방사소자를 접지판으로부터 약  $\lambda/4$  정도 떨어지도록 하여 접지판을 방사기로 동작하게 한다. 그리고 대역폭을 제한하며 유전체 손실을 가지는 유전체 기판 대신에 공기와 유사한 유전율을 갖는 발포체를 사용하여 패치를 지지해준다. 패치의 급전은 임피던스 정합에 용이한 3차원 트랜지션을 이용한다.<sup>[5]</sup> 트랜지션의 급전은 불요방사를 야기할 수 있는 마이크로스트립 선로 대신에 50Ω 동축 선로를 사용한다. 광대역 단일층 패치 안테나

는 모멘트법을 적용하여 방사패턴을 계산할 수 있는 IE3D 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 중심 주파수 6.8GHz에서의 안테나의 제특성을 계산한다. 그리고 방사소자로 동작하는 패치와의 트랜지션은 도전을  $5.8 \times 10^7$  [ $\Omega/m$ ], 두께 0.1mm인 동판을 사용한다. 그리고 회로망 분석기와 근계 측정장비를 사용하여 반사손실, 전압정재파비 및 방사패턴을 측정된 결과와 계산치와 비교·분석하여 마이크로스트립 패치 안테나의 광대역 특성을 고찰한다.

### II. 안테나의 대역폭 개선

#### 1. 안테나의 대역폭

안테나의 대역폭은 안테나의 성능이 어느 기준값을 만족시켜 주는 주파수 범위를 말하며, 임피던스 대역폭, 패턴 대역폭, 축비 대역폭으로 나뉘어진다. 패턴 대역폭은 빔폭과 부엽을 기준으로하는 대역폭이며, 축비 대역폭은 축비로써 그 대역폭을 정의한다. 일반적으로 사용되는 대역폭은 전압정재파비(VSWR)와 Q(quality factor)로 정의되는 임피던스 대역폭이며, 그 정의식은 다음과 같다<sup>[2]</sup>.

$$BW \text{ (bandwidth) } \% = \frac{VSWR - 1}{Q \sqrt{VSWR}} \dots\dots\dots (1)$$

이러한 임피던스 대역폭은 또한 다음과 같이 정의할 수 있다<sup>[2]</sup>.

$$BW \% = \frac{f_u - f_l}{f_c} \dots\dots\dots (2)$$

#### 2. 대역폭 개선 방법

마이크로스트립안테나의 좁은 대역폭의 단점은 대역폭에 영향을 미치는 요소를 조절하거나 기생소자 또는 임피던스 정합회로를 안테나에 추가함으로써 개선될 수 있다.

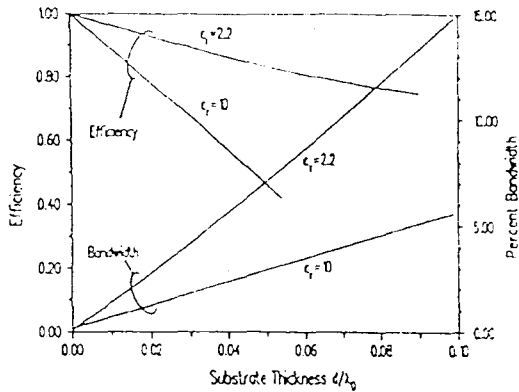


그림 1. 유전율과 높이에 따른 대역폭과 효율의 관계  
Fig. 1 Relation of bandwidth and efficiency as with permittivity and height

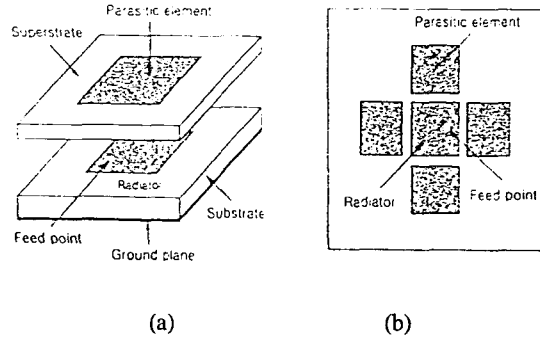


그림 2. 기생소자를 이용한 대역폭 확장방법  
Fig. 2 Bandwidth broadening method using parasitic elements.

1) 대역폭에 관계되는 요소를 조절하는 방법

패치를 지지하는 유전체 기판의 두께와 기판의 비유전율을 조절함으로써 안테나의 대역폭을 조절할 수 있다. 일반적으로 일정한 공진 주파수에서 마이크로스트립 안테나의 대역폭은 체적에 비례하고 유전율에 반비례한다<sup>[2]</sup>(그림 1). 기판의 두께와 유전율과 같이 대역폭을 결정하는 요소를 조절함으로써 확장된 대역폭을 얻을 수 있으나 두께의 증가로 인한 표면파의 증가와 불요 방사패턴을 가지는 단점이 있다.

2) 기생소자를 이용하는 방법

그림 2는 기생소자를 이용하여 주 공진 주파수에 인접한 주파수에서 공진을 일으킴으로써 대역폭을 확장시키는 방법이다. 그림 2의 (a)와 같은 형태는 (b) 구조에 비하여 소자가 점유하는 면적을 줄일 수 있으며 보다 좋은 결합도를 갖는다.

그러나 (a) 구조는 급전 회로를 동일 평면상에 설계할 수 없어서 구조가 복잡해지는 단점을 갖는다.

3) 임피던스 정합 회로를 사용하는 방법

이 기술은 패치와 동일 평면상 또는 다른 면에 임피던스 정합회로를 두어서 대역폭을 증가시키는 방법이다. 그림 3 (b)는 패치와 급전선 사이에 대역폭 개선을 위하여 정합회로를 둔 것으로 그림 3 (a)에서 처럼 급전선을 패치에 직접 연결한 경우에 비해

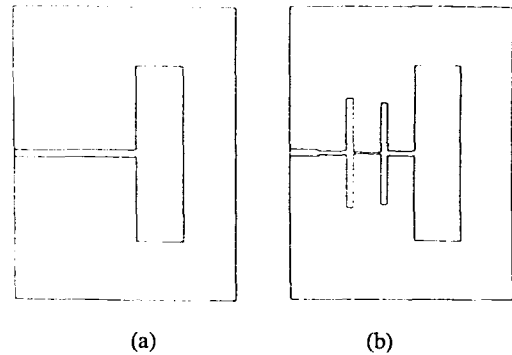


그림 3. 임피던스 정합 회로를 이용한 대역폭 확장방법  
Fig. 3 Bandwidth broadening method using impedance matching circuit

대역폭이 크게 개선된다. 이러한 안테나는 정합회로에서 불요방사를 야기할 수 있는 단점을 가진다.

상기와 같이 임피던스 대역폭을 확장하기 위한 3가지 방법은 대역폭을 개선할 수 있는 반면 복잡한 구조로 인하여 제작 공정이 복잡해지거나 부피가 커지는 단점을 갖는다.

Ⅲ. 광대역 단일 층 패치 안테나

광대역 마이크로스트립안테나를 설계하는데 있어서 유전체 기판의 유전체 손실로 인하여 효율 및

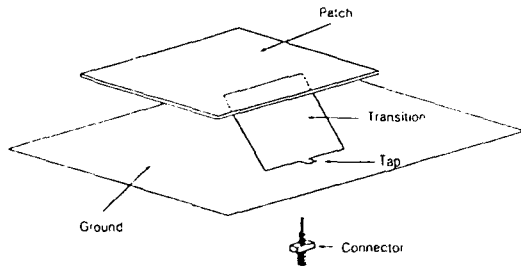


그림 4. 안테나의 구조  
Fig. 4 Structure of antenna

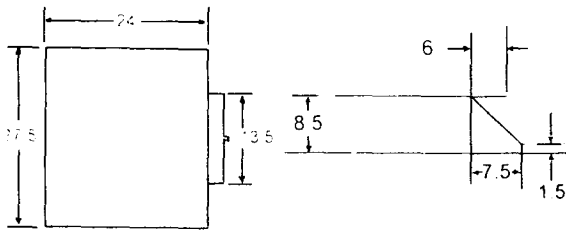


그림 5. 안테나의 크기  
Fig. 5 Dimension of antenna

대역폭을 제한하는 문제를 극복하기 위하여 유전체 기판을 공기와 유사한 발포체(foam)로 대체하며, 접지판으로부터 방사패치의 높이를  $\lambda/4$  정도까지 증가시킨다. 그리고 방사패치의 급전은 임피던스 정합이 용이한 경사진 3차원 트랜지션<sup>[6]</sup>을 이용한다(그림 4).

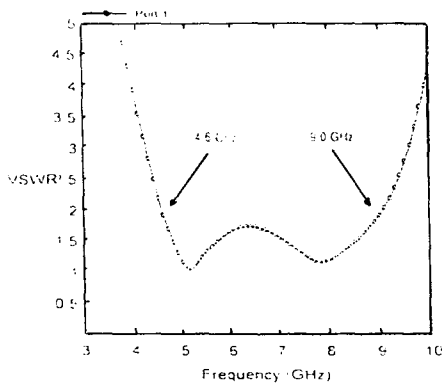


그림 6. 계산된 VSWR  
Fig. 6 Calculated VSWR

이와 같은 광대역 단일층 패치안테나는 다음과 같은 장점을 가진다.

- ① 3차원 트랜지션은 길이, 폭, 높이의 자유로운 조절로 임피던스 정합이 용이하다.
- ② 발포체 사용으로 유전체 손실이 줄어들어 이득이 향상된다.
- ③ 저가의 발포체를 사용하므로 인하여 안테나 전체 비용을 절감할 수 있다.

#### IV. 설계 및 실험

##### 1. 설계 및 제작

중심주파수 6.8 GHz에서 동작할 수 있는 단일층 패치 안테나는 대역폭을 개선하기 위하여 발포체 ( $\epsilon_r \approx 1.06$ )를 사용하며 방사패치를 접지면으로부터 약  $\lambda/4$  정도 높게 두었다. 그리고 패치의 크기는 폭을  $\lambda/2$ 로 하며 길이는 방사가 되는 끝 부분의 가장자리 효과를 고려하여  $\lambda/2$ 보다 약간 작게 하였다. 3차원 트랜지션의 폭과 길이, 접지판과의 간격 그리고 기울기는 모멘트 해석방법을 사용하는 Zeland Software사의 전자기 해석 소프트웨어인 "IE3D ver. 4.1"를 사용하여 최적화하였다. 본 논문에서 설계·제작한 안테나의 크기는 그림 5와 같다. 안테나의 전압 정재파비(VSWR)와 반사손실(return loss)을 계산한 결과는 각각 그림 6과 그림 7과 같다. 중심주파수는 6.8GHz이며 식(1)로 정의된 대역폭은 약 65%이다.

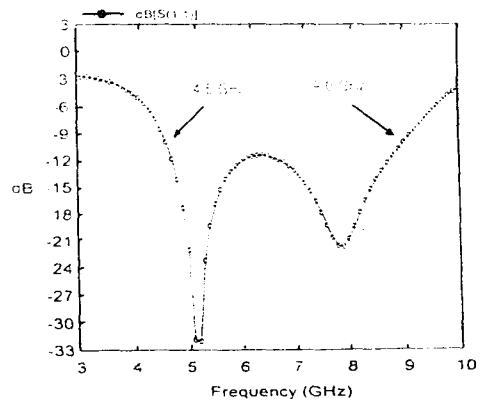


그림 7. 계산된 반사손실  
Fig. 7 Calculated return loss

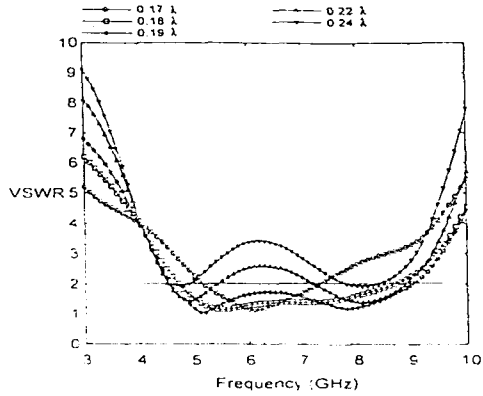
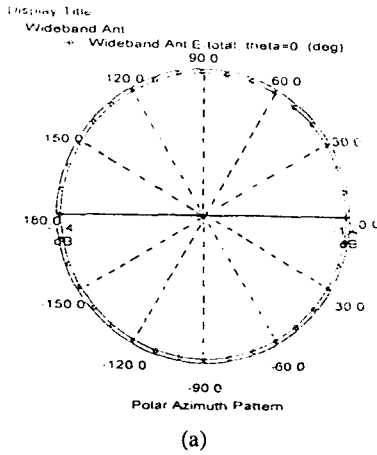
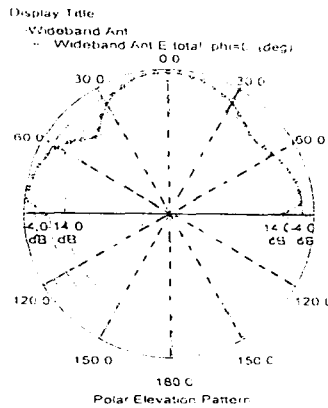


그림 8. 방사패치 높이에 따른 VSWR  
Fig. 8 VSWR as height of radiation patch



(a)



(b)

그림 9. 계산된 방사패턴  
Fig. 9 Calculated radiation pattern

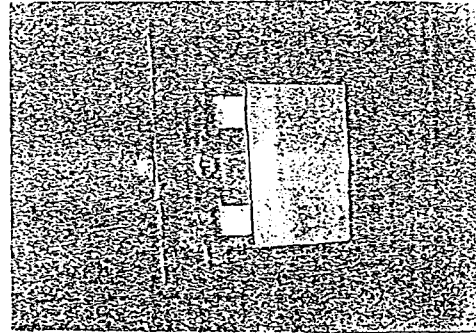


그림 10. 제작된 안테나의 사진  
Fig. 10 Photography of a fabricated antenna

그림 8은 방사패치의 높이에 따른 정재파비의 변화를 나타낸 것으로 높이가 약 0.19λ일 때 대역폭이 가장 넓음을 알 수 있다.

그림 9는 설계된 안테나의 방사패턴을 중심주파수 6.8GHz에서 시뮬레이션한 것이다.

제작한 안테나는  $5 \times 10^7 [S/m]$ 의 전도율을 갖는 0.1mm의 얇은 동판을 사용하여 제작하였다. 그림 10은 제작된 안테나의 사진이다.

## 2. 측정 및 고찰

그림 11은 제작된 안테나의 반사손실을 측정된 결과이고, 그림 12는 측정된 방사패턴이다. 안테나의 중심주파수는 약간 이동하였으나 대역폭은 65%로 광대역 패치안테나임을 입증한다.

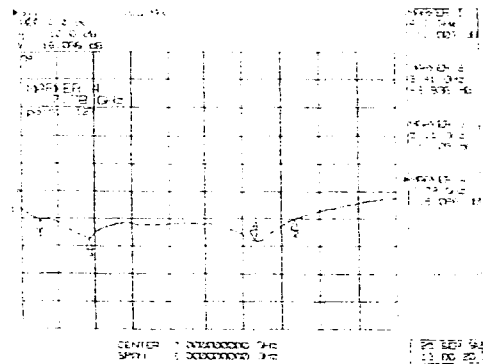


그림 11. 측정된 반사손실  
Fig. 11 Measured return loss

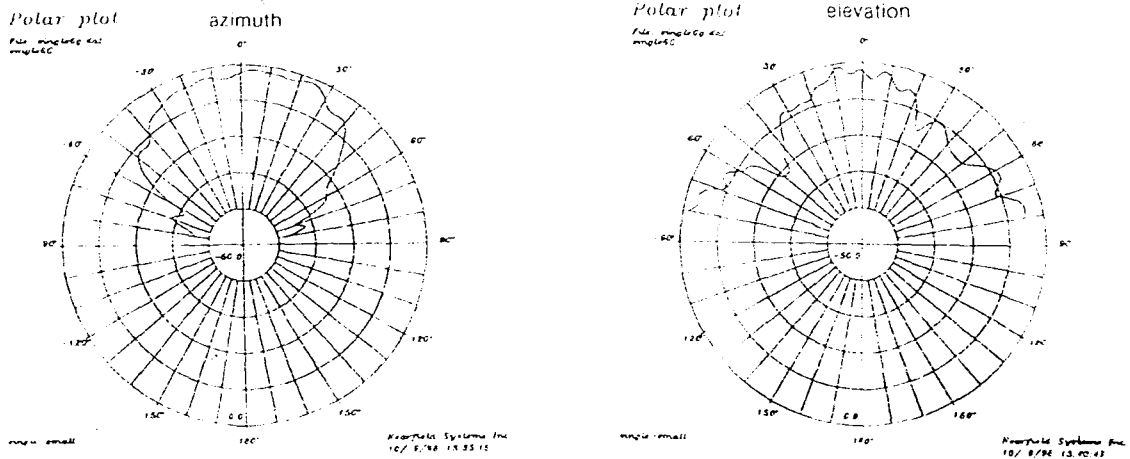


그림 12. 측정된 방사패턴  
Fig. 12 measured radiation pattern

### VI. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립안테나의 대역폭을 개선하기 위하여 패치의 높이를 증가시키고, 유전체기판을 공기와 유사한 유전율을 갖는 발포체를 사용하였다. 그리고 임피던스 정합을 용이하게 하기 위하여 경사진 3차원 트랜지션을 사용하여 중심주파수 6.8GHz에서 동작하도록 광대역 단일층 패치 안테나를 설계·제작하였다. 이 안테나는 양산할 경우 상용기판을 사용한 경우보다 제작비가 크게 절감될 것으로 생각한다. 시뮬레이션은 접지판이 무한하고 발포체의 유전율을 공기와 같다고 가정한 것이지만, 제작된 안테나는 접지판이 유한하며 발포체의 유전율이  $\epsilon_r = 1.06$ 이므로 두 결과는 다소 차이가 있다. 그리고 제작상의 오차로 인하여 약간의 중심주파수가 차이가 있지만, 대역폭이 약 65%(4.3 ~ 8.41GHz)로 나타나 기존의 마이크로스트립안테나의 좁은 대역폭에 비하여 현저히 개선되었다.

### 참고문헌

- [1] Munson, R. E., "Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased Arrays", IEEE Trans. Antennas & Propagat. AP-22 : 74-78, 1974.
- [2] Balanis, Constantine A., "Antenna Theory (second edition)", John Wiley & Sons, Inc : 760- 762, 1997.
- [3] Pozar, David M., "A Review of Bandwidth Enhancement Techniques for Microstrip Antennas", IEEE Press : 157-167, 1995.
- [4] Pues, H. F and A. R. Vand de Capelle, "An Impedance-Matching Technique for Increasing the Bandwidth of Microstrip Antennas", IEEE Trans. Antennas & Propagat AP-37 : 1345-1354, 1989.
- [5] Herscovici, N, "A New Type of Microstrip Arrays Fed by a Purely TEM Feeding Network", IEEE AP-S Int, Symp. Baltimore, MD : 1418-1321, 1996.
- [6] Herscovici, Naftali., "New Considerations in the Design of Microstrip Antennas", IEEE Trans. Atennas & Propagat, Vol 46, No. 6 : 807-812, 1998.



정 창 권(Chang-Gwon Chung)  
1997년 경상대학교 전자공학과  
(공학사)  
1999년 경상대학교 대학원 전자  
공학과(공학석사)  
1997~1999년 경상대학교 부설  
정보통신연구센터 연구원

1999년~현재 텔슨정보통신주식회사 연구원

\*관심분야 : 초고주파 회로 및 안테나



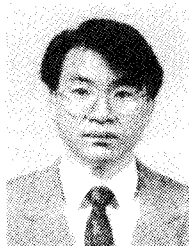
이 봉 석(Bong-Seok Lee)  
1980년 광운대학교 통신공학과  
(공학사)  
1991년 경희대학교 산업정보대  
학원 전자공학과(공학석사)  
1997년~현재 경상대학교 대학  
원 전자공학과(박사과정)

1980년~1982년 동아건설산업(주) 통신주임

1983년~1986년 Ericsson system Manager

1986년~현재 한국통신기술(주) NI 사업부장

\*관심분야 : 이동통신, 마이크로파, GIS 등



강 치 운(Chi-Woon Kang)  
1986년 제주대학교 통신공학과  
(공학사)  
1988년 한양대학교 대학원 전자  
통신공학과(공학석사)  
1999년 경상대학교 대학원 전자  
통신과 부교수

1991~현재 동의공업대학 전자통신과 부교수

\*관심분야 : 초고주파 회로 및 안테나



김 우 수(Woo-Soo Kim)  
1981년 동아대학교 전자공학과  
(공학사)  
1990년 한양대학교 대학원 전자  
통신공학과(공학석사)  
1999년 경상대학교 대학원 전자  
공학과(박사과정)

1978년~현재 동의공업대학 전자통신과 교수

\*관심분야 : 초고주파 회로 및 안테나



윤 서 용(Seo-Yong Yoon)  
1980년 숭실대학교 전자공학과  
(공학사)  
1982년 숭실대학교 대학원 전자  
공학과(공학석사)  
1999년 경상대학교 대학원 전자  
공학과(박사과정)

1997년~현재 텔슨정보통신 대표이사

\*관심분야 : 초고주파 회로 및 안테나



이 문 수(Mun-Soo Lee)  
1970년 2월 한국항공대학교 통  
신공학과 졸업  
1984년 8월 한양대학교 대학원  
전자통신과(공학박사)  
1981년 3월~1986년 3월 제주  
대학교 부교수

1986년 9월~1987년 8월 미국 COMSAT연구소 연  
구원

1986년 3월~현재 경상대학교 전자공학과 교수

1997년 9월~현재 경상대학교 부설 정보통신연구  
센터 소장

\*관심분야 : 이동통신, 마이크로파, 안테나, GIS 등