

USPCS 대역 FEM 부착 안테나 설계

論文

56-4-19

A Design of Attaching the Antenna to USPCS Band FEM

金俊圭[†] · 姜聲遠^{*} · 千昌律^{**}
(Jun-Kyu Kim · Sung-Won Gang · Chang-Yul Cheon)

Abstract - Integration of RF front end module(FEM) into the antenna has been investigated in USPCS band (1.88GHz-1.99GHz). The FEM consists of input filter, power amplifier, coupler, power detector, bias switch and duplexer. The antenna was designed in planar inverted F antenna(PIFA) structure to implement it inside the handset. In order to avoid strong coupling between the antenna and FEM, a shielding ground layer was placed between them. The antenna size is 19mm by 10mm by 6mm under which FEM whose size is 8mm by 5mm by 1.5mm locates. The antenna impedance was selected to match to FEM having better efficiency rather than gain since FEM has enough gain whose system spec is minimum of 20dB. The antenna patterns are shown with and without FEM.

Key Words : USPCS, Planar antenna, FEM, PIFA, Intenna

1. 서 론

현재의 개인 휴대 통신 기술의 발전은 매우 급속히 이루어지고 있다. 휴대 전화 사용자들은 보다 다양하고 편리한 서비스를 요구하고 있고, 이러한 요구에 맞춰 빠르게 기술이 발전하고 있다. 새로운 서비스를 제공하기 위해서는 기존에 없던 부품들이 추가될 것이고, 그만큼 단말기의 크기가 커질 것이다. 그러나 소비자들은 큰 단말기를 원하지 않는다. 그러므로 여러 서비스를 제공하면서 크기는 작은 단말기 개발이 필요하게 되었다. 이를 위한 방법 중 하나로 기존 부품의 공간을 줄여 새로 추가될 부품의 공간을 확보하는 방법이 있는데, 최근 들어 한정된 크기의 단말기 내부를 보다 효율적으로 사용할 수 있는 SOP(System On Package) 즉, 시스템을 하나의 패키지로 구현하는 방법이 관심 받고 있다 [3]. SOP는 여러 가지 공정으로 제작한 각각의 소자들을 패키지화하므로 시스템의 복잡화가 실현 가능하다. SOP는 앞으로 휴대 단말기뿐 아니라 휴대용 오디오 기기, PDA, 디지털 카메라 등의 많은 분야에서 응용될 것이다. 본 논문에서의 SOP는 FEM(Front End Module)과 안테나를 결합하여 하나의 패키지로 구현하였다. 여기서 FEM은 그림 1 (b)에서와 같이 안테나로 송수신하기 위한 여러 가지 RF 소자들을 포함하는 모듈로서 필터, 전력증폭기, 커플러, 전력검파기, 듀플렉서 등의 안테나 앞 단의 소자들을 하나의 모듈로 만든 것이다.

[†] 교신저자, 學生會員 : 서울시립대 전자전기컴퓨터공학부 석사과정

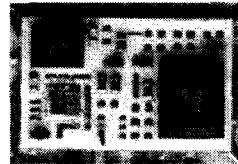
E-mail : jk99@uos.ac.kr

^{*} 正會員 : 서울시립대 전자전기컴퓨터공학부 석사과정

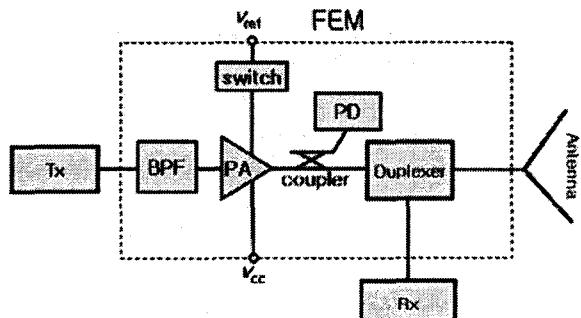
^{**} 正會員 : 서울시립대 전자전기컴퓨터공학부 교수

接受日字 : 2006年 12月 22日

最終完了 : 2007年 2月 24日



(a) FEM 사진



(b) FEM 구조

그림 1 FEM의 사진과 구조

Fig. 1 Picture and structure of FEM

그림 1 (a)는 FEM의 사진을 나타낸 것으로 몰딩하기 전의 모습이다. FEM을 이용해 단말기를 제작하면 부품 차지 면적을 30% 이상 줄일 수 있어 단말기 내부가 단순해지고, 단말기 회로 설계의 효율성이 올라가 단말기 개발 기간을 단축시킬 수 있다. 이런 FEM과 안테나를 결합하는 SOP는 다수의 부품을 한번에 조립하는 효과가 있어 제조효율이 좋아진다.

제작된 FEM의 크기는 가로, 세로, 높이가 5mm X 8mm X 1.5mm이고, 사용하는 주파수 대역은 미국 PCS 대역인 1.85GHz ~ 1.99 GHz (대역폭 140MHz)이다.

최근 개인 휴대 단말기용 안테나로 단말기 내부에 장착하는 형태의 내장형 안테나(Intenna)가 주를 이루고 있다. 상용화되고 있는 내장형 안테나들은 주로 PIFA(Planar Inverted F Antenna)구조를 사용하고 있다[1] [2]. PIFA는 안테나의 높이과 길이를 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 FEM과 적절히 연결할 수 있고, 인테나 구현이 가능한 PIFA구조를 이용하여 안테나를 설계하였고 안테나의 지지와 FEM의 부착을 위해 비유전율이 2인 캐리어를 사용하였다. 두 소자들간의 커플링을 없애기 위해 안테나와 FEM사이를 완전 도체(PEC)로 차폐시키는 방법을 이용하였다. 제작된 안테나의 크기는 가로, 세로, 높이가 19mm X 10mm X 6mm 이고 금전 방법은 cpw(coplanar waveguide)를 이용하였다. 측정 기판은 가로, 세로가 40mm X 80mm이고 비유전율 10, 기판 두께는 0.65mm 인 CER-10 기판을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 안테나 설계 및 모의실험

평판 역 F 안테나를 이용하여 PCS 대역 안테나를 설계할 것이다. 상용화 되고 있는 휴대 단말기의 평판 역 F 안테나는 캐리어 위에 안테나 요소를 구현한 형태를 이용하고 있다. 캐리어는 안테나의 지지를 목적으로 사용하고 또한 안테나를 부품화하여 간편하게 단말기에 조립할 수 있게 한다. 비유전율이 높으면 안테나의 소형화에는 좋지만 방사효율이 좋지 않고 대역이 좁아지므로 캐리어는 보통 비유전율이 2 정도의 낮은 물질을 사용하여 안테나의 성능에 큰 영향을 미치지 않게 한다. 본 논문에서도 이와 같은 방식으로 캐리어를 이용한 구조를 선택하였다.

모의실험을 통하여 안테나를 설계하였다. 모의실험은 유한요소기법(FEM)을 이용한 상용 해석 프로그램인 Ansoft사의 HFSS 9.2를 사용하였다. 안테나의 구조와 크기는 그림 2에 나타낸 것과 같다.

전체 기판의 크기는 일반적 단말기의 크기와 비슷한 가로, 세로 80mm X 40mm로 비유전율이 10이고 두께가 0.65인 CER-10 기판을 사용하였다. FEM과 안테나를 단말기에 내장하기 위해서는 높이가 낮아야 하므로 안테나의 높이는 6mm로 제한을 두었다. 금전은 HFSS 9.2가 제공하는 50Ω lumped 포트를 사용하였다. 금전 라인의 폭은 0.6mm이고 shorting plate의 폭은 5mm로 하였다. 안테나 요소는 그림 2(a)와 같이 사각형 패치 형태로 구현하였다.

안테나의 크기는 식(1)로부터 구할 수 있다 [4].

$$f_c \cong \frac{c}{4\sqrt{\epsilon_r}(L+W)} \quad (1)$$

여기서 f_c 는 공진 주파수, ϵ_r 은 유전체 캐리어의 비유전율, c 는 빛의 속도, L 과 W 는 안테나의 가로, 세로 길이를 나타낸다.

원하는 공진 주파수는 미국 PCS 대역의 중심 주파수인 1.9GHz 이고 캐리어의 비유전율은 약 2이므로 식(2)와 같이 안테나의 길이를 구할 수 있다.

$$(L+W) \cong \frac{c}{4\sqrt{\epsilon_r}f_c} \cong \frac{3 \times 10^8}{4\sqrt{2} \times 1.9 \times 10^9} \cong 27.9 \times 10^{-3} \quad (2)$$

위 식을 통해 대략적인 안테나의 크기를 정할 수 있다.

우선 모의 실험을 통해 안테나의 적절한 금전 위치를 찾았다. 안테나 끝 부분과 금전부까지의 거리를 d 라 하고 값을 바꿔가며 모의실험을 하였다.

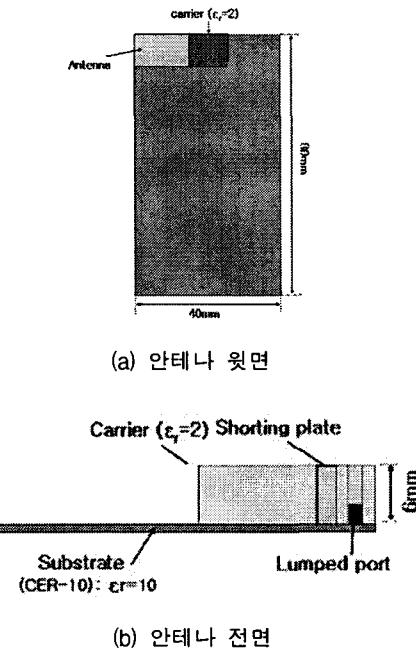


그림 2 평판 역 F 안테나의 구조와 크기

Fig. 2 Dimension and structure of planar inverted F antenna

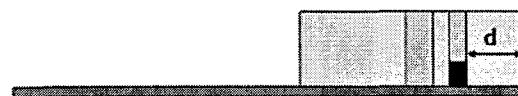


그림 3 모의실험 변화 요소

Fig. 3 variation factor of simulation

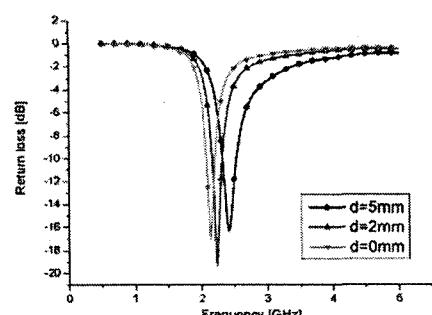


그림 4 d의 변화에 따른 반사손실 (모의실험)

Fig. 4 Return loss by changing d (simulation)

그림 4는 d 의 변화에 따른 반사손실을 나타낸다. 이로부터 안테나의 금전부가 가장자리로 갈수록 공진 주파수가 낮아진다는 것을 알 수 있다.

다음으로 금전부와 shorting plate와의 거리를 바꿔가며 모의실험을 하였다. 그 결과는 그림 5와 같다.

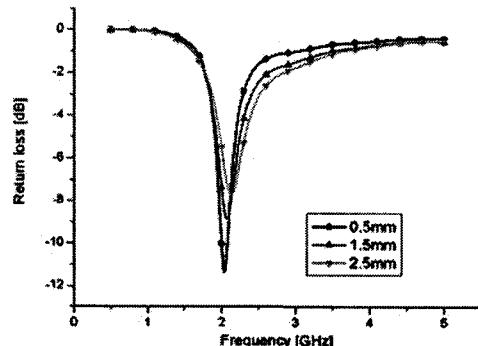


그림 5 Shorting plate와 금전부의 거리변화

Fig. 5 Variation of distance from shorting plate to feeding point

위의 결과로부터 shorting plate와 금전부의 거리가 가까울수록 공진 주파수를 낮출 수 있다는 것을 알 수 있다. 지금까지의 모의실험 결과를 통해 안테나의 크기와 shorting plate 및 금전의 적절한 위치를 정하였다. 이를 바탕으로 안테나를 제작하였다.

2.2 안테나와 FEM의 결합 및 모의실험

안테나와 FEM간의 결합에 있어 중요한 점은 상호간의 커플링이 생기지 않게 하여야 하는 것이다. 상호간의 커플링이 일어나면 서로의 성능의 영향을 줄 수 있기 때문이다. 특히 FEM에는 많은 열을 발생하는 전력증폭기 등의 부품들이 있기 때문에 최대한 차폐시켜야 한다.

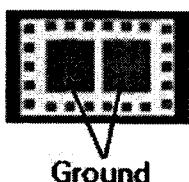


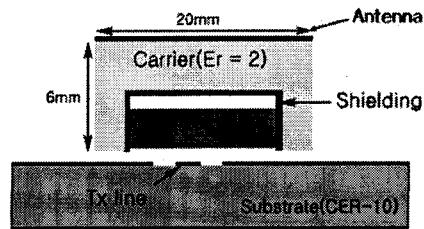
그림 6 FEM의 밑면

Fig. 6 Bottom plane of FEM

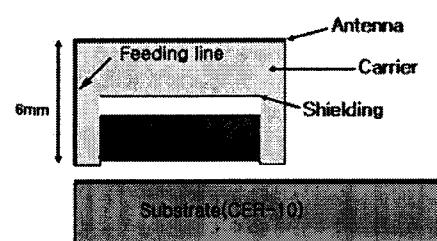
그림 6은 FEM의 밑면 사진이다. FEM의 밑면은 그라운드가 있으므로 연결할 때 이를 고려해야 한다.

이런 사항들을 고려하여 안테나와 FEM을 연결하여 하나의 패키지로 구현하였다. 그림 7은 패키지의 옆 단면을 나타낸 것이다. 캐리어의 밑부분을 FEM 크기에 맞게 제거하고 그 밑에 FEM을 부착하였다. 안테나와 FEM간의 차폐를 위해 FEM 부분을 완전 도체를 추가하였다.

해석의 간편화와 FEM과 안테나의 차폐 특성을 알아보기 위해 FEM의 공간을 완전도체로 하여 모의실험을 하였다. FEM의 출력 라인으로부터 안테나 금전이 이루어지므로 같은 조건에서의 모의실험을 위해 HFSS가 제공하는 lumped port를 사용하였다. 안테나의 크기는 19mm X 10mm 이다.



(a) 제작될 모델의 앞 단면



(b) 제작될 모델의 옆 단면

그림 7 SOP의 단면

Fig. 7 Cross section of the SOP

그림 8은 FEM이 있을 때와 없을 때 모의실험 결과를 비교한 것이다. FEM이 없을 때보다 공진 주파수는 약간 높아졌지만 안테나의 반사손실 특성에는 별 영향이 없는 것을 알 수 있다. 중심 주파수 1.91GHz에서 VSWR 1 : 2 기준 210MHz(1.81GHz ~ 2.02GHz)의 대역폭을 얻었다.

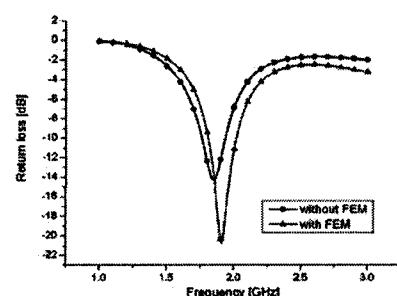


그림 8 FEM 유무에 따른 반사손실

Fig. 8 Return loss by presence of FEM

2.3 제작 및 측정

그림 9는 제작된 기판에 FEM을 올리고 캐리어는 부착하지 않은 상태를 나타낸다.

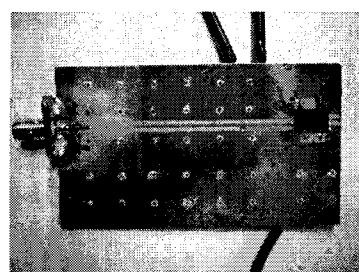


그림 9 제작된 기판 사진

Fig. 9 Picture of manufactured substrate

급전은 신호 라인은 0.6mm, 신호 라인과 그라운드 사이의 간격은 1mm 인 cpw를 사용하였다. 기판은 유전율 10이고 두께가 0.65mm인 CER-10 기판을 사용하였다.

먼저 FEM에 맞게 안테나를 설계하기 위해 FEM의 Load pull test를 하였다. 그림 10은 각각 1.85GHz, 1.88GHz, 1.91GHz에서의 Load pull test 결과를 나타낸다. 제작된 안테나의 특성을 load pull test 결과와 비교해보기 위해 각 주파수에서의 안테나 임피던스 위치를 load pull test 결과에 검은 원으로 표시하였다.

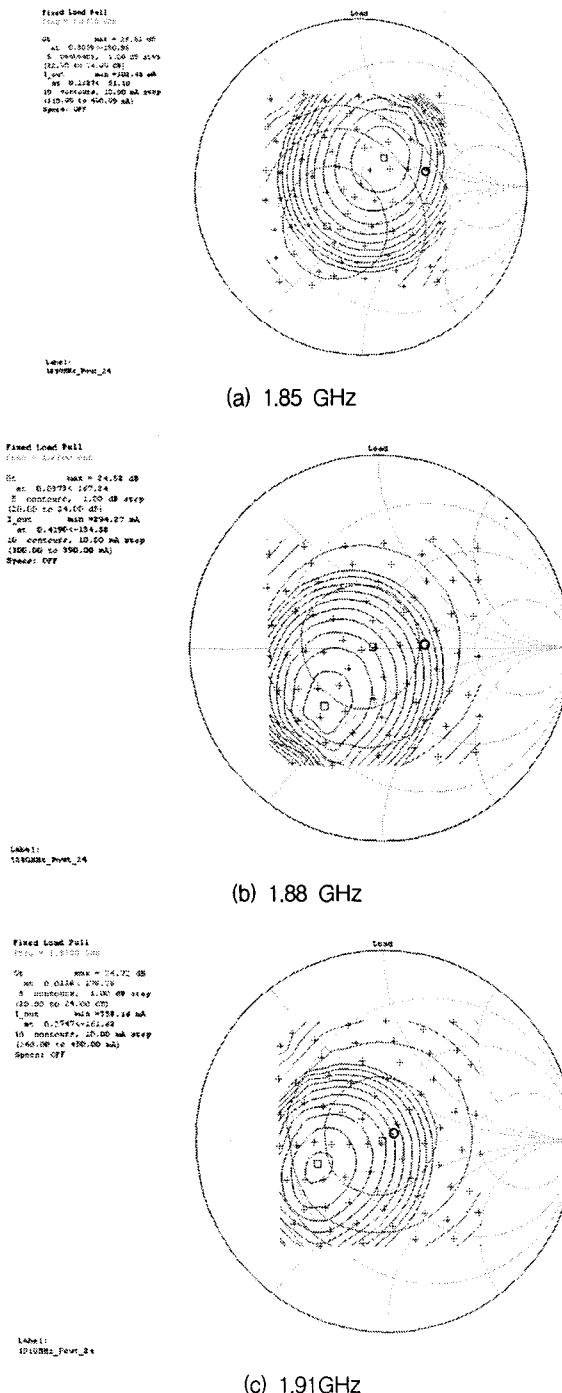


그림 10 FEM의 load pull test 결과
Fig. 10 Load pull test of FEM

load pull test 결과를 참고하여 FEM이 최대 이득을 가지면서 최대 효율로 동작할 수 있도록 안테나를 정합시켰다. 그림 11은 위 사항을 고려하여 만든 안테나의 사진이다.

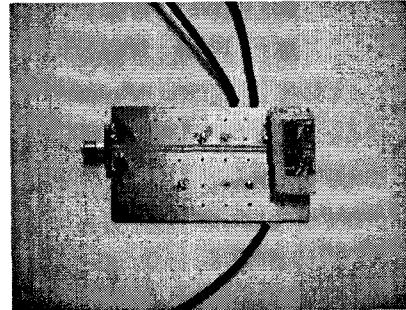


그림 11 제작된 안테나 사진
Fig. 11 Picture of manufactured antenna

제작된 안테나는 가로, 세로, 높이가 각각 19mm X 10mm X 6mm이고 급전부의 폭은 0.6mm, shorting plate의 폭은 6mm이다.

그림 12는 위 안테나 특성을 스미스 차트로 나타낸 것이다.

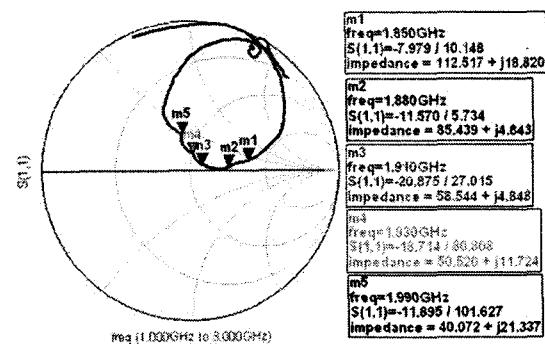


그림 12 제작된 안테나 특성
Fig. 12 Characteristic of manufactured antenna

그림 10에서 볼 수 있듯이 1.85GHz에서는 FEM의 이득이 최대 이득보다 약 2dB 낮은 지점에서 정합되었으나 FEM에 흐르는 전류가 작아 높은 효율로 동작함을 알 수 있다. 1.88GHz와 1.91GHz에서는 FEM이 최대 이득을 낼 수 있도록 정합되었음을 알 수 있다.

표 1에 안테나의 평균 이득을 정리하였다.

표 1 제작된 안테나의 평균 이득

Table 1 Average gain of manufactured antenna

주파수 (GHz)	Rx			Tx		
	1.85	1.88	1.91	1.93	1.96	1.99
평균 이득 (dBi)	-3.01	-3.78	-2.61	-2.03	-1.58	-3.03

다음은 기판에 FEM을 올린 후 DC Bias를 넣어주고 FEM의 이득을 측정하였다. 측정은 LS전선 안테나팀의 전파 무반향실에서 이루어졌다.

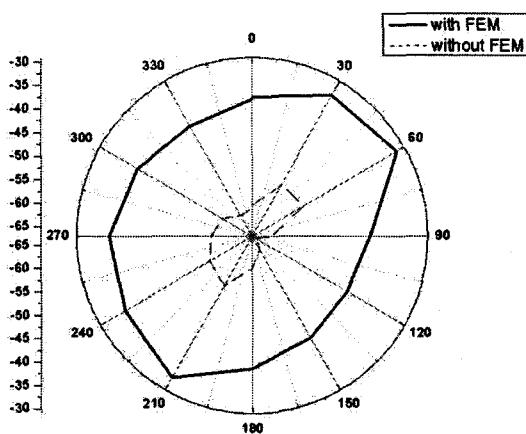


그림 13 FEM이 있을 때와 없을 때 측정한 S21의 polar plot
Fig. 13 S21 of the Antenna with and without FEM

안테나를 0도에서 360도까지 30도 간격으로 한 바퀴 돌려가면서 측정을 하였다. 검은 실선 그래프는 FEM에 bias를 넣어서 동작시켰을 때의 S21이고 빨간 점선 그래프는 FEM을 제외한 안테나만 있을 때의 S21이다. Bias를 가해주기 위해 기판에 붙인 전선들이 안테나를 돌릴 때 기판을 감싸면서 안테나 패턴에 어느 정도 작용을 하였고, 그 반면 FEM이 없을 때를 측정한 경우 Bias Line을 제거하고 측정하였기 때문에 그 영향으로 FEM의 이득이 각도에 따라 약간의 편차가 발생하였다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 서울시립대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

참 고 문 현

- [1] K. Fujimoto et al, "Small Antennas", Research Studies Press Ltd., 1987
- [2] Rowell, C.R. and Murch, R.D., "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone handsets", IEEE Trans. Antennas Propag., 1997
- [3] Steven Brebels, "SOP Integration and Codesign of

Antennas", IEEE Transaction on advanced packaging., 2004

- [4] Kin-Lu Wong, "Planar Antennas for Wireless Communications", John Wiley & Sons Inc., 2003

저 자 소 개



김 준 규 (金俊圭)

2006년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2006년~현재 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 RF시스템, 안테나.

Tel : 02-2216-1483

Fax : 02-2249-6802

E-mail : jk99@uos.ac.kr



강 성 원 (姜聲遠)

2006년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2006년~현재 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 RF시스템, 안테나.

Tel : 02-2216-1483

Fax : 02-2249-6802

E-mail : weathermap@uos.ac.kr



천 창 율 (千昌律)

1983년 서울대학교 전기공학(공학사). 1985년 서울대학교 전기공학(공학석사). 1992년 The University of Michigan, Ann Arbor 전자공학(공학박사). 1992년~1995년 강원대학교 조교수. 1995년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수.

Tel : 02-2210-2442

Fax : 02-2249-6802

E-mail : changyul@uos.ac.kr