

# 새로운 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조를 이용한 Quasi-Yagi 안테나 설계

## A Design of Quasi-Yagi Antenna Using the New Ultra-Wideband Microstrip-to-CPS Transitions

우동식 · 김영곤 · 조영기 · 김강욱

Dong Sik Woo · Young Gon Kim · Young-Ki Cho · Kang Wook Kim

### 요 약

본 논문에서는 quasi-Yagi 안테나의 설계에 있어 안테나와 CPS 급전선, 그리고 마이크로스트립-CPS 전이 구조간의 연결을 임피던스 정합에 기초하여 간단히 설계하는 방법을 소개하였다. 결합된 마이크로스트립 선로와 CPS 선로 간의 연결은 임피던스 및 필드 정합을 가지는 새롭게 개발된 초광대역 전이 구조를 적용하였고, 급전선과 전이 구조의 광대역 특성으로 인해 간략한 quasi-Yagi 안테나 설계가 가능함을 알 수 있었다. 실제 Ku와 Ka 대역에서 설계된 광대역 quasi-Yagi 안테나는 각각 53.2 %와 29.1 %의 대역폭을 가졌고, 4~5 dBi의 안테나 이득을 가졌다. 본 논문에서 제시된 새로운 안테나 설계 방법은 광대역 마이크로파 및 밀리미터파 평형(balanced) 안테나 설계에 응용될 수 있다.

### Abstract

A new, systematic, simplified design procedure for quasi-Yagi antennas is presented. The design is based on the simple impedance matching among antenna components: i.e., transition, feed, and antenna. This new antenna design is possible due to the newly developed ultra-wideband transition. As design examples, wideband quasi-Yagi antennas are successfully designed and implemented in Ku- and Ka-bands with frequency bandwidths of 53.2 % and 29.1 %, and antenna gains of 4~5 dBi and 5~5.6 dBi, respectively. The design method can be applied to other balanced antennas and their arrays.

Key words : Quasi-Yagi, Microstrip Antenna, Broadband Transition, Coplanar Stripline(CPS)

### I. 서 론

UWB(Ultra Wideband)나 WLAN과 같은 상용 통신 시스템뿐만 아니라 밀리미터파 센서 및 위상 배열 시스템(phased-array)에 가장 널리 사용되고 있는 안테나는 프린트된 평면형(printed planar type) 안테나이다. 일반적인 평면형 안테나는 크기가 작고, 저가이면서, 가볍고, 효율이 높으며, 동시에 적절한 이득을 가지는 장점이 있기 때문이다. 그리고 설계 및 제

작이 쉽고 간단하게 이루어진다<sup>[1]</sup>. 하지만 대부분의 마이크로스트립 안테나는 주파수 대역폭이 좁은 단점으로 인해 실제 시스템에 적용할 경우 많은 제한을 갖게 된다. 이러한 단점을 보완한 진행파 형태의 quasi-Yagi 안테나는 광대역 특성을 가져 위상 배열 및 공간 전력 합성(spatial power combiner)에 가장 널리 사용되는 평면형 안테나이다. 참고문헌 [2]에서 처음 소개된 quasi-Yagi 안테나는 소형이면서 광대역 특성을 가지는 장점으로 인해 다양한 연구들이 선행

「본 연구는 경북대학교 2단계 bk21 사업의 연구비 지원을 받아 수행되었음.」

경북대학교 전자전기컴퓨터학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

· 논문 번호 : 20070518-13S

· 수정완료일자 : 2007년 8월 3일

되었다. 그러나 원하는 동작 주파수 및 대역폭을 가지는 quasi-Yagi 안테나를 설계하기 위한 일반화된 설계 방법이 제시되지 않았으며, 수치 해석적 최적화 작업을 통해 설계되기 때문에 설계 및 제작에 있어서 많은 시간을 필요로 하였다.

본 논문에서는 quasi-Yagi 안테나의 설계에 있어 안테나와 CPS(Coplanar Stripline) 급전선, 그리고 마이크로스트립-CPS 전이 구조간의 연결을 임피던스 정합에 기초하여 간단히 설계하는 방법을 소개하였다. 새롭게 개발된 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조<sup>[5]</sup>는 이러한 간단한 안테나 설계를 가능하게 하였고, 실제 설계 예제를 통해 이를 확인하였다.

## II. Quasi-Yagi 안테나 설계

### 2-1 기존의 Quasi-Yagi 안테나 설계 방법

그림 1은 기존에 소개된 quasi-Yagi 안테나의 일반적인 구조를 보여주고 있다. Quasi-Yagi 안테나는 마이크로스트립 선로, 마이크로스트립-CPS 전이 구조, 급전선(CPS)과 다이폴 기생 배열 소자(parasitic array): 즉, 복사기(driver), 도파기(director) 및 반사기(reflector) 등으로 구성된다. 이때 반사기는 전이 구조 밑면의 잘려진(truncated) 접지면을 사용하여 반사기의 역할을 하도록 한다. 그리고 마이크로스트립-CPS 전이 구조는 3 dB 전력 분배기와 결합된 두 마이크로스트립 선로 사이에 180° 위상차가 발생하도록 한 쪽 선로를 1/2 더 길게 한 구조로 이루어져 있으며, 결합 마이크로스트립 선로에서 odd-mode 신호가 여기되도록 한다. 전력 분배기의 임피던스 정합은 quarter-wave 변환기를 사용하여 설계된다. 기존에 소개된 연구에서는<sup>[2],[3],[6]</sup> 광대역 특성을 갖는 결합된 마이크로스트립 선로-CPS 전이 구조에 대한 임피던스 정합에 대한 설명이 부족하였다. 그리고, 하나의 중심 주파수에서만 정확히 180° 위상차의 odd-mode 신호가 여기(excitation)되기 때문에 좁은 주파수 대역폭을 가지게 되어 광대역 안테나에 적용하기 어렵다.

### 2-2 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조

그림 2는 본 논문에 사용된 새롭게 개발된 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조를 보여주고 있다<sup>[5]</sup>. 이 전이 구조는 CPS와 결합 마이크로스트립 선

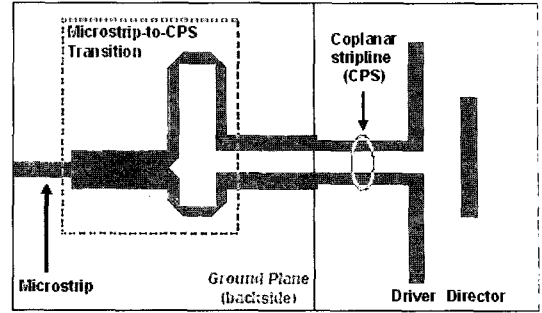


그림 1. 일반적인 quasi-Yagi 안테나  
Fig. 1. The conventional quasi-Yagi antenna.

로 사이의 임피던스 정합과 필드 정합을 보다 자연스럽게 하도록 설계되었다. 그림 2(a)는 전이 구조의 신호면 및 접지면의 구조를 보여주고 있으며, 접지면은 필드 정합과 임피던스 정합을 위하여 최적화된 테이퍼 선로(Klofenstein taper<sup>[7]</sup>)구조 형태로 설계하였다. 그림 2(b)는 전이 구조내의 전장의 분포이다.

이렇게 설계된 전이 구조는 수 GHz에서 40 GHz 이상의 광대역 특성을 가졌다.

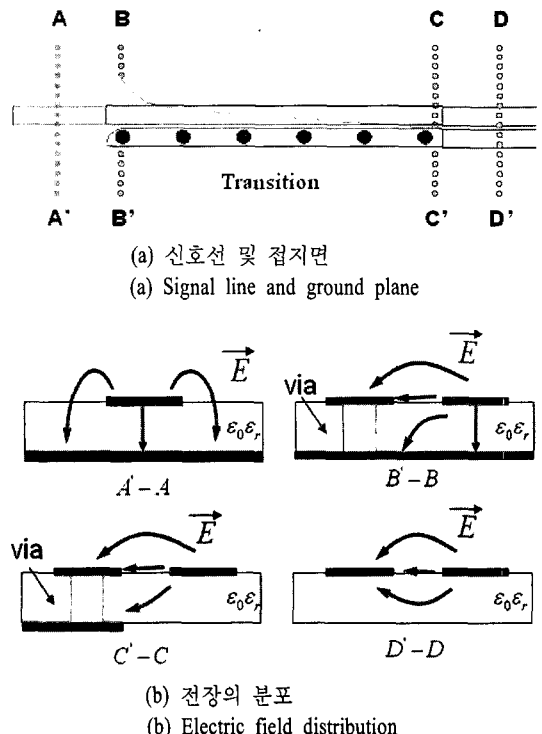


그림 2. 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조<sup>[5]</sup>  
Fig. 2. Ultra-wideband microstrip-to-CPS transition<sup>[5]</sup>.

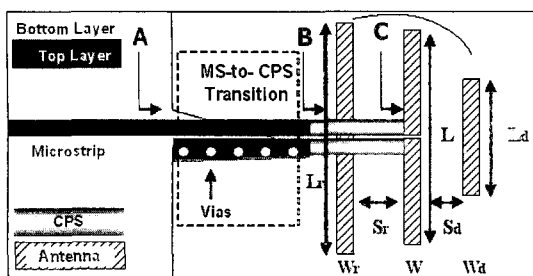


그림 3. 제안된 quasi-Yagi 안테나  
Fig. 3. The proposed quasi-Yagi antenna.

### 2-3 제안된 Quasi-Yagi 안테나 설계 방법

초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조를 사용하여 설계된 quasi-Yagi 안테나의 구조를 그림 3에 보였다. 그림 3과 같이 제안된 안테나의 간략한 설계 방법은 다음과 같다.

첫째, 다이폴 안테나의 최적화 작업이 필요하다. 다이폴 기생 배열(parasitic array) 안테나는 공진형 복사기(resonant type driver), 진행 파형 도파기(traveling-wave type director) 및 반사기(reflector)로 구성된다. 초기 안테나의 크기(dimension)는 일반적인 평면형 Yagi-Uda 안테나의 배열 원리에 따라 구성한다. CPS 선로의 특성 임피던스(characteristic impedance)의 값을 안테나의 입력 임피던스로 설정하여 최적화(optimization) 작업을 수행하였다. 최적화 작업에는 3차원 구조 해석 시뮬레이터인 Ansoft HFSS™를 사용하였다. 단, 밀리미터파와 같은 높은 주파수에서는 CPS 급전선과 접지면의 반사기가 겹쳐지는 부분에서 상호 작용이 발생할 수 있다. 이런 경우에는 다이폴 배열 안테나와 CPS 급전선까지 포함한 전체적인 안테나의 최적화 작업이 필요하다. 하지만 전이 구조를 포함한 안테나 전체를 최적화 하는 것에 비해 간단하다.

다이폴 안테나의 최적화 설계가 이루어지면, 설계된 안테나에 전이 구조를 연결하면 전체 quasi-Yagi 안테나의 설계가 완성된다. 전체적인 안테나의 성능은 다이폴 기생 배열 안테나와 급전선 그리고 전이 구조가 전체적으로 연결된 특성으로 나타난다. 만약 이러한 전체 안테나를 최적화 할 경우, 설계 파라미터가 증가하여 해석시간이 증가하게 된다. 그러나 새롭게 개발된 초광대역 전이 구조를 사용하면, 전

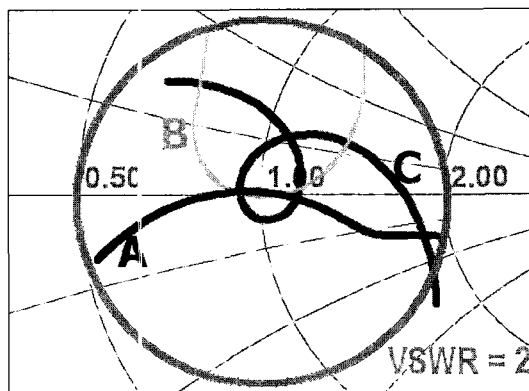


그림 4. 임피던스 궤적 예(VSWR<2)(10~18 GHz)  
Fig. 4. Example of impedance loci(VSWR<2).

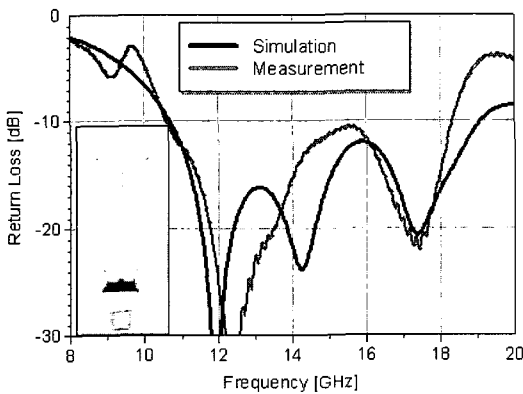
체적인 대역 특성과 방사 특성이 초기 다이폴 배열 안테나의 특성과 거의 동일하다. 그림 4는 그림 3의 C에서부터 A까지의 VSWR이 2 이하인 임피던스 궤적의 예를 스미스 차트 상에 나타낸 것이다. 전체적인 안테나의 대역폭은 다이폴 기생 배열 안테나의 대역폭과 일치함을 확인할 수 있다. 이는 CPS 급전선과 전이 구조가 충분히 넓은 임피던스 대역폭을 가지기 때문에 가능하다. 따라서 다이폴 기생 배열 안테나(그림 3의 C부분)가 전체 안테나의 특성을 결정하게 되어 설계 및 튜닝 시간을 단축시킬 수 있음을 알 수 있다.

### Ⅲ. 제작 및 측정 결과

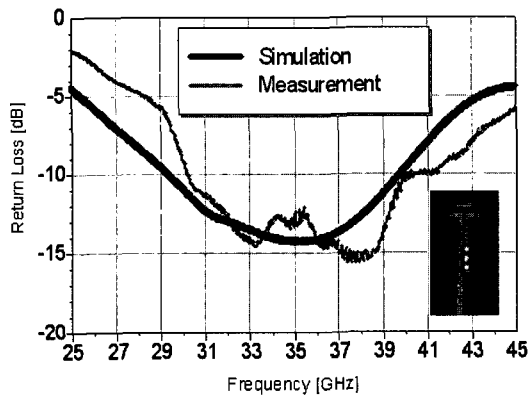
본 논문에서 제안한 새로운 안테나 설계 과정을 증명하기 위하여 두 가지 종류의 quasi-Yagi 안테나 (Case 1과 Case 2)를 설계하였다. Case 1과 Case 2에 사용된 기판은 ROGERS사의 20 mil 두께의 RO4003® ( $\epsilon_r=3.38$ )과 10 mil 두께의 Duroid5880® ( $\epsilon_r=2.2$ )을 각각 사용하였다. 3차원 구조 해석 시뮬레이터는 Ansoft HFSS™를 사용하여 수행하였다. 일반적으로 CPS 선로의 특성 임피던스는 마이크로스트립 선로에 비하여 비교적 크다(>100 Ω). 제작 한계에 따라 본 논문에서는 선로 사이의 간격이 5 mil인 107 Ω과 139 Ω의 임피던스를 가지는 CPS를 급전선으로 각각 사용하였다. CPS 급전선의 초기 길이는  $\lambda/4$ 로 설정하여 최적화하였다. 도출된 CPS를 포함한 안테나를 50 Ω 마이크로스트립에서 CPS 선로 임피던스

표 1. 안테나 설계 파라미터(단위: mil)  
Table 1. Design parameters of the antenna.

	$W$	$L$	$W_d$	$L_d$	$S_d$	$W_r$	$L_r$	$S_r$
Case 1	40	445	50	180	40	60	650	130
Case 2	20	175	15	90	27.5	10	210	30
	CPS 길이 및 입피턴스		크기		중심 주파수			
Case 1	335 mil/107 $\Omega$		1,450×800		14 GHz			
Case 2	137.5 mil/139 $\Omega$		600×400		35 GHz			



(a) Case 1의 반사 손실  
(a) Return loss of the case 1



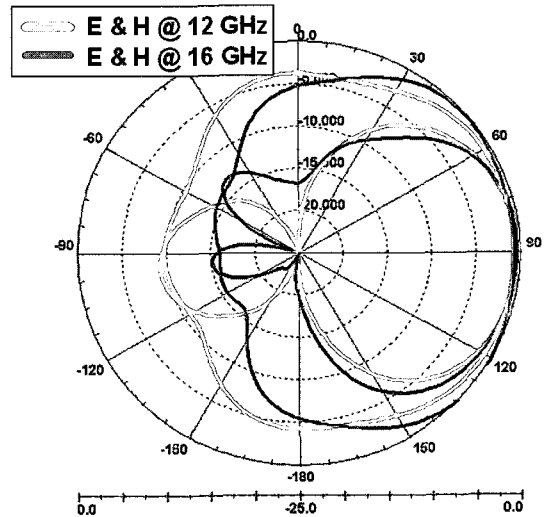
(b) Case 2의 반사 손실  
(b) Return loss of the case 2

그림 5. 시뮬레이션 및 측정된 반사 손실 특성  
Fig. 5. Simulated and measured return loss.

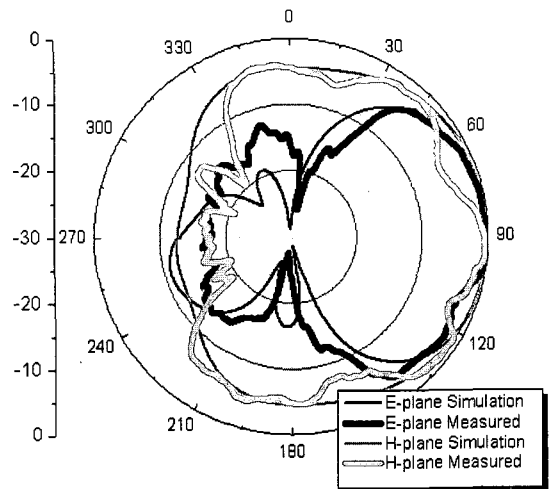
로 전이되는 광대역 전이 구조에 연결하여 전체 안테나를 완성하였다. 최적화된 안테나 설계 파라미터들을 표 1에 정리하였다.

Ku 및 Ka 대역에서 설계된 두 종류의 안테나의

사진과 반사 손실 특성은 그림 5와 같다. 설계된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 반사 손실 특성은 그림 5에서와 같이 비교적 잘 일치하였고 광대역 특성도 가짐을 알 수 있다. 설계된 안테나의 복사 패턴은 그림 6에 각각 나타내었다. 시뮬레이션 및 측정된 복사 패턴은 비교적 잘 일치함을 알 수 있다. 그림 7은 35 GHz에서의 Case 2 안테나의 전장 분포이며,



(a) Case 1의 방사 특성(시뮬레이션)  
(a) Radiation pattern of case 1 antenna(Simulation)



(b) Case 2의 방사 특성(시뮬레이션 및 측정)(35 GHz)  
(b) Radiation pattern of case 2 antenna(Simulation and measurement)(35 GHz)

그림 6. 시뮬레이션 및 측정된 방사 패턴  
Fig. 6. Simulated and measured radiation patterns.

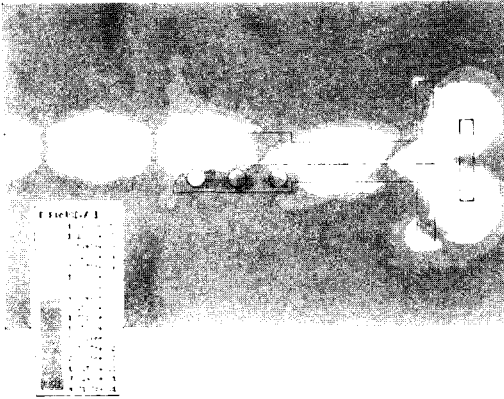


그림 7. Case 2 안테나의 전장 분포  
Fig. 7. Electric field distribution of case 2 antenna.

표 2. 설계된 안테나의 성능  
Table 2. The performance of the antenna.

	Bandwidth (GHz/%)	Gain (dBi)	HPBW (degree)		Front-Back Ratio (dB)
			E-plane	H-plane	
Case 1	10.6~18.3 /53.2	4~5	78~85	146~154	8~15
Case 2	30.2~40.5 /29.1	5~5.6	75~82	105~156	9~16
		추정값 (35 GHz)			
		7	85	110	17

전체적인 안테나의 해석 결과를 표 2에 요약하였다.

#### IV. 결 론

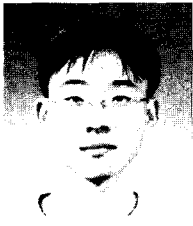
안테나와 급전선, 그리고 전이 구조 간의 단순한 임피던스 정합의 방법에 기초하여 설계한 새롭고 간단한 quasi-Yagi 안테나의 설계 방법이 제시되었다. 마이크로스트립 선로와 CPS 선로 간의 연결은 임피던스 및 필드 정합을 가지는 새롭게 개발된 초광대역 전이 구조를 적용하였고, 급전선과 전이 구조의 광대역 특성으로 인해 간략한 quasi-Yagi 안테나 설계가 가능함을 보여주었다. 이러한 설계 방법을 적

용하여, 광대역 특성을 가지는 quasi-Yagi 안테나를 설계하고 제작하였다. 각각의 안테나는 Ku 및 Ka 대역에서 53.2 %와 29.1 %의 대역폭을 가졌고, 4~5 dBi의 안테나 이득을 각각 가졌다. 본 논문에서 제시한 안테나 설계 방법은 광대역 마이크로파 및 밀리미터파 평형(balanced) 안테나 설계에 널리 응용될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] L. G. Maloratsky, "Reviewing the basics of microstrip lines", *Microwave & RF*, pp. 79-88, Mar. 2000.
- [2] Y. Qian, W. R. Deal, N. Kaneda, and T. Itoh, "Microstrip fed quasi-Yagi antenna with broadband characteristics", *Electron Lett.*, vol. 34, no. 23, pp. 2194-2196, 1998.
- [3] N. Kaneda, W. Deal, Y. Qian, R. Waterhouse, and T. Itoh, "A broad-band planar quasi-Yagi antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 50, no. 8, pp. 1158-1160, Aug. 2002.
- [4] N. I. Dib, R. N. Simons, and L. P. B. Katehi, "New uniplanar transitions for circuit and antenna applications", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 43, no. 12, pp. 2868-2873, Dec. 1995.
- [5] Y. G. Kir, D. S. Woo, K. W. Kim, and Y. K. Cho, "A new ultra-wideband microstrip-to-CPS transition", *IEEE Int'l. Symp. Microwave*, Honolulu, HI, pp. 1563-1566, Jun. 2007.
- [6] Y. Qian, T. Itoh, "A broadband uniplanar microstrip-to-CPS transition", *IEEE Int'l. Symp., AMPC '97*, vol. 2, pp. 609-612, 1997.
- [7] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, Third Edition, Wiley, pp. 255-261, 2005.

우 동 식



2002년 2월: 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부 (공학사)  
 2004년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2004년 3월~현재: 경북대학교 전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터와 안테나 설계, 마이크로파 및 밀리미터와 회로 설계 및 패키징

조 영 기



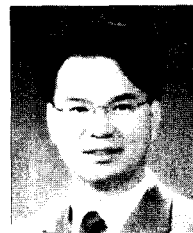
1978년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
 1981년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
 1998년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)  
 1981년~현재: 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부 교수  
 1992년~현재: 국제전파연합(URSI) Commission B Fields & Waves, Korea representative  
 2002년~현재: 경북대학교 공과대학 BK 사업 단장  
 2004년~현재: 한국전자과학회 수석 부회장  
 [주 관심분야] 전자기 산란 및 복사, 주기구조, 안테나 이론

김 영 곤



2006년 2월: 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부 (공학사)  
 2006년 3월~현재: 경북대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 초고주파 회로 설계, 초광대역 발룬, 광대역 믹서 및 주파수 체배기

김 강 욱



1985년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)  
 1987년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학석사)  
 1996년 7월: University of California, Los Angeles. 전자공학과 (공학박사)  
 1987년~1990년: 한국전기연구소 연구원  
 1996년~1998년: University of California Los Angeles. post-doctor 연구원  
 1998년~1999년: P-Com, Inc. 마이크로파 설계 연구원  
 1999년~2001년: Narda DBS Microwave, RF 설계 연구원  
 2001년~2005년: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 조교수  
 2006년~현재: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수  
 2007년 5월~현재: 이엠와이즈통신(주) 대표이사  
 [주 관심분야] 마이크로파 통신시스템 및 서비스시스템, 마이크로파 및 밀리미터와 부품 및 패키징, 무선통신용 안테나, 전자기 상호 작용 및 전자기 수치해석