

# 잡음 대책법을 이용한 GSM 방식 이동전화기의 TDMA 잡음 개선에 관한 연구

## A Study on Performance Improvement of TDMA Noise in a GSM Mobile Phone using the Noise Measure Method

오세갑\*, 최재명\*, 강희조\*

Se-Kab Oh\*, Jae-Myeong Choi\* and Heau-Jo Kang\*

### 요 약

본 논문에서는 GSM(Global System for Mobile communication) 방식의 이동전화기에서 TDMA 잡음을 분석하기 위하여 잡음 대책 방법에 대하여 알아보고, 또한 잡음의 발생 원인에 대하여 기술한다. 또한 잡음 대책 방법 중 차이분석법을 이용하여 MIC를 shielding하고, 비드나 캐퍼시턴스를 장착하고, PCB의 Ground 보강으로 TDMA 잡음을 9dB, 3.5dB, 6dB 감소시켰다.

### Abstract

In this paper, we study the method of noise analysis for analysing TDMA noise in a GSM mobile phone and describe the cause of TDMA noise. And we reduced noise by 9dB, 3.5dB, 6dB, using MIC shielding, equipped bead or capacitance, connected PCB ground based on the difference analysis method, which is one of common noise analysis methods.

Key words : GSM Mobile Phone, TDMA Noise, Method of Noise Analysis, Method of Difference Analysis

### I. 서 론

이동전화기는 크게 3가지의 주파수 송출방식을 사용하고 있다. CDMA(Code Division Multiple Access)와 TDMA(Time Division Multiple Access) 그리고 FDMA(Frequency Division Multiple Access)라는 3가지 방식을 각 나라별로 다르게 적용하여 사용되어지고 있다. TDMA 방식은 유럽에서 광범위하게 사용되어지고 있는 방식으로 현재 이 방식을 사용하는 이동전화기에서 TDMA 잡음이라고 하는 RF 잡음의 문제가 크게 대두되어지고 있는 실정이다.

현재 GSM 방식 이동전화기 통화 음질의 핵심 인자인 TDMA 잡음에 대한 연구가 기업체 및 연구기관에서 활발하게 진행되고 있다. 기존 연구는 휴대폰 오디오 경로를 가청 주파수 대역으로 정의하고 저주파 영역을 대상으로 연구를 진행해 왔다. TDMA 잡음을 개선하기 위해서 신호 이역을 통한 PCB(Printed Circuit Board) 설계 수정에 대한 연구가 진행됐다. 그러나 이러한 연구는 잡음을 일정 수준 이하로 감소시킬 뿐 근본적인 TDMA 잡음 개선에는 한계가 있다. 또한, 휴대폰의 특수 환경 즉, 고주파 송수신 주파수에 대한 영향을 배제한 한계를 갖고 있다. 최근에는 반도체 공정 기술이 급

\* Mokwon대학교 대학원 IT공학과 (Dept. of Information Technology Eng., Graduate School, Mokwon University)

· 교신저자(Corresponding Author) : 강희조

· 투고일자 : 2009년 6월 1일

· 심사(수정)일자 : 2009년 6월 2일 (수정일자 : 2009년 6월 19일)

· 게재일자 : 2009년 6월 30일

격한 발전을 통해 IC(Integrated Circuit)에서 저전력, 소면적의 ADC(Analog to Digital Converter) 개발을 가능하게 했고, ADC 알고리즘을 이용해 TDMA 잡음을 제거하는 제안도 이뤄지고 있다[1].

본 논문에서는 GSM 서비스가 되는 나라에서 GSM 방식 이동전화기를 사용해 본 사람은 한번쯤 경험해 볼 수 있는 통화 품질상 발생하는 잡음의 한 종류인 TDMA 잡음의 발생 원인을 분석하고, 통화 품질 개선을 위한 성능을 분석한다.

본 논문구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 잡음대책방법에 대해 기술하고 3장에서 TDMA잡음에 대해 분석하고 잡음 개선방법에 대해 설명한다.

## II. 잡음 대책 방법

잡음에 대한 장애는 잡음 발생원이 되는 전자회로로부터 잡음의 영향을 받는 전자회로에 대하여 잡음의 전도 경로가 형성되어 잡음 장애가 발생한다.

잡음의 레벨을 낮추기 위해서는 그림 1의 잡음 대책 순서를 이용하여 초기의 잡음 조사에 있어서 잡음 규제값을 만족시키지 못하는 경우에는 목표값을 설정한 후 잡음 발생원과 잡음 경로를 분석한다.

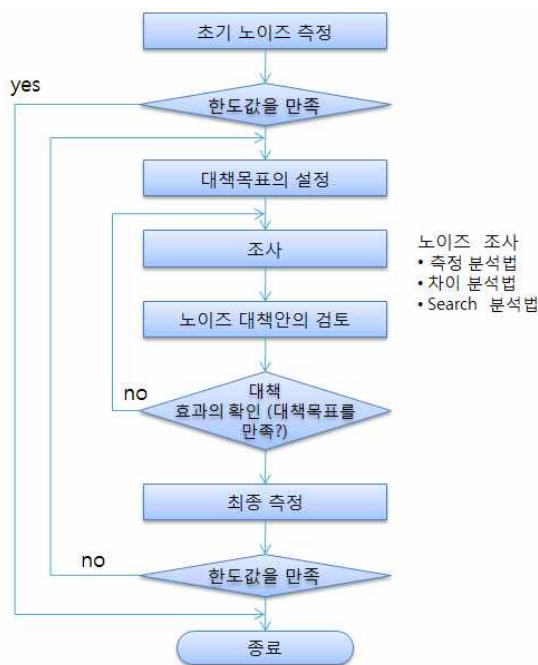


그림 1. 잡음 대책 흐름도

Fig. 1. Noise measure flowchart

조사 결과에 근거하여 대책안을 생각하여 실시하고, 효과를 확인하여야 한다. 잡음 발생원이나 전도 경로를 조사하고 그 잡음의 성질을 잘 파악하여 잡음 대책법에서 가장 적당한 방법을 선택한다.

잡음의 발생원이나 전도 경로를 조사하는 대표적인 방법으로는 잡음 측정 데이터를 원래대로 분석하는 방법인 측정 분석법, 기기의 동작을 바꾸거나 레이아웃을 바꾸는 식으로 행하는 차이 분석법 그리고 회로의 특정 개소의 잡음을 관측하여 분석하는 Search 분석법이 있다[2].

### 2-1 측정 분석법

측정 분석법은 전자기기로부터 방사되는 잡음의 주파수 성분이나 시간적인 변화에 잡음 발생원을 추정하는 방법이다.

첫째, 주파수 분해에 의해 잡음 발생원을 탐색하는 방법은 전자기기로부터 방사되는 잡음의 대부분은 디지털 회로의 동작과 연동하기 때문에 회로의 동작 주파수의 정수배 주파수로 되어 나타난다. 따라서 잡음의 주파수를 정확하게 측정함으로써 잡음의 근원이 된 회로의 동작 주파수를 추정할 수 있다.

둘째, 시간분해로 잡음 발생원을 탐색하는 방법은 시간적으로 레벨이 변화하는 잡음이면 잡음이 강해지는 타이밍으로 동작하는 회로나, 잡음이 강해지는 주기로부터 잡음 발생원을 추정할 수 있다.

### 2-2 차이 분석법

차이 분석법은 전자기기의 동작을 바꾸거나, 잡음 방사의 안테나로 될 가능성이 있는 케이블류 레이아웃을 변경했을 때의 잡음 변화를 관측하여, 거기서 잡음 발생원이나 잡음 전도 경로 잡음 방사의 안테나를 추정하는 방법이다.

첫째, 동작 변화에 주목하여 잡음 발생원을 탐색하는 방법은 전자기기의 동작 모드의 변화에 의해 레벨이 변동하는 경우는 변경한 동작에 관계하는 회로가 잡음 발생원이라고 추정할 수 있다.

둘째, 배치를 바꾸어 잡음의 안테나를 탐색하는 방법은 케이블류의 배치나 접속을 변경해 보면, 그 케이블로부터 잡음이 방사되고 있었던 경우에는 잡

음 레벨이 크게 변동하기 때문에 그것이라고 추정할 수 있다.

2-3 Search 분석법

Search 분석법은 오실로스코프나 스펙트럼 아날라이저에 접속한 프로브를 사용하여, 전자회로 중의 잡음 발생원이나 잡음 전도 경로를 탐색하는 방법이다.

프로브에는 유도식과 접촉식이 있다. 유도식의 대표적인 예로서는 근자계 프로브가 있다. 접촉식에서는 오실로스코프에서 사용하는 파형 측정용의 프로브가 있다.

Search 분석법은 측정 분석법이나 차이 분석법으로 분석했을 경우보다 어떤 부분이 잡음 발생원이나 잡음의 전도 경로가 되고 있는지, 보다 상세히 분석하기 위하여 이용되어 진다.

III. TDMA 잡음 분석

본 장에서는 TDMA 잡음이 무엇이며 왜 발생하는지 분석해본다.

그림 2는 이동전화기의 전형적인 전원단 구성을 나타내고 있는 것으로 특히 오디오 증폭기들은 배터리로부터 안정적인 전원을 사용하기 위하여 LDO(Low Drop Out Regulator)를 통해 전원을 공급받게 된다. 참고로 전력증폭기 PA(Power Amplifier)는 배터리로부터 직접 전원을 공급 받고 있음을 볼 수 있다.

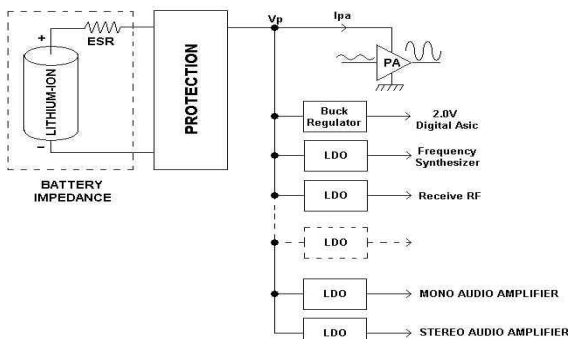


그림 2. 전원단 구성  
Fig. 2. Configuration of power supply

그림 2에서 보듯이 각 전원 라인은 GSM Burst에 기인한 전원 공급 라인상의 리플 제거와 배터리 레벨의 변화를 방지하기 위해 LDO를 사용하여 전원 공급을 일정하게 조절하여 준다. 오디오 측면에서 살펴보면, 모노 오디오 증폭기는 8옴의 스피커로 최대 1W까지의 전력을 전달할 수 있으며 많은 전원 공급을 필요로 하는 디바이스이다. 하지만 대부분의 응용에 있어 부하로 공급되는 출력 전력은 350mW를 초과하지 않는다[3].

ON Semiconductor사의 NCP2890 같은 증폭기는 2.6V~5V 범위의 배터리 레벨로 전원을 공급받아 스피커에 전력을 전달할 수 있으며 NCP2809 같은 스테레오 증폭기도 같은 레벨로 전원을 공급받아 스피커에 전력을 전달할 수 있다. 하지만 오디오 증폭기에 Regulated 전원 공급을 사용하는 주된 이유는 TDMA 잡음을 막기 위한 것이다.

TDMA 잡음은 배터리 전원 라인상의 GSM Burst Ripple에 기인하여 Audio 출력단에 나타나는 잡음으로 정의될 수 있다.

또한 Main 전원상의 Ripple이 나타나는 이유는 이동전화기 내부에서 전력을 가장 많이 끌어 사용하는 전력증폭기에 기인한다.

이동전화기가 전송하고자 하는 정보를 고주파에 실어 높은 출력으로 보낼 때, 이 전력증폭기가 배터리로부터 한 Time Slot의 기간 (577us) 동안 Pulse Current를 최대 2.5A나 끌어 쓰게 되며 이는 송신이 지속되는 한 매 4.6ms의 시간 마다 반복하게 된다. 한편 전원 전압레벨도 GSM burst에 의해 영향을 받게 되는데 리튬이온(Lithium-Ion)은 Serial Resistance가 최악의 경우 120 mΩ을 가지며 이로 인해 Burst 기간 (577us) 동안 300mV정도의 Voltage Drop이 생기게 되며 이는 그림 3과 같다[4].

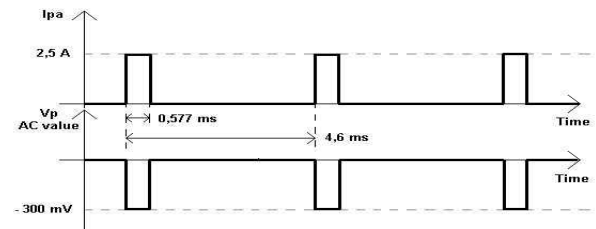
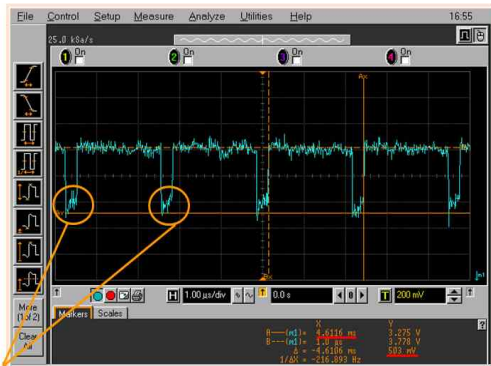


그림 3. PA 동작시 IPA 및 VP  
Fig. 3. PA operation IPA and VP

또한 그림 4에서는 Voltage Drop 유무를 확인하기 위하여 실측한 Data이다.



: 약 4.6 (ms)의 주기로 약 500 (mV) 정도의 Drop 발생 (실측치)

그림 4. 전력증폭기 동작시 측정된 배터리 전압 강하  
Fig. 4. Power amplifier operation measurement of battery voltage drop

또한 이렇게 전원 공급 라인에 존재하는 GSM burst 동안의 Transient Voltage는 다음과 같이 주파수 스펙트럼으로도 표현할 수 있다.

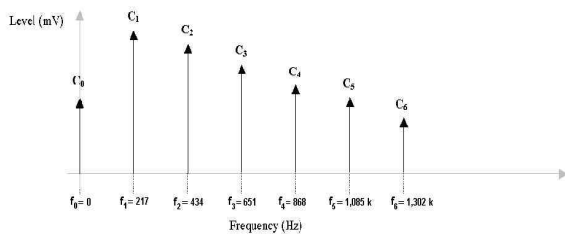


그림 5. GSM Burst의 주파수 분포도  
Fig. 5. Frequency distribution chart of GSM burst

위의 GSM burst의 주파수 분포도에서 첫 번째 스펙트럼 C1의 주파수는 217Hz로 이는 4.6ms의 시간 주기가 주파수값으로 변환된 것이다. ( $1/4.6\text{ms} = 217.3913\text{Hz}$ )

다음 스펙트럼(C2)는 첫 번째 스펙트럼(C1)의 2배, 그 다음은 3배, ... 등과 같이 분포되어 있으며 이들은 모두 사람이 들을 수 있는 가정 범위에 있는 주파수 스펙트럼이란 사실을 알 수 있다.

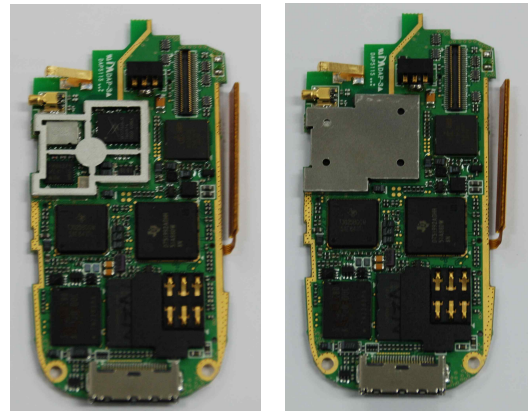
위의 그림에 나타난 하모닉 C0~C6의 주파수와 레벨을 표로 요약하면 다음과 같다.

표 1. GSM Burst 하모닉  
Table 1. GSM Burst harmonics

하모닉	주파수[Hz]	하모닉 레벨[mV]
0	0	38
1	217	74
2	434	68
3	651	59
4	868	48
5	1085	35
6	1302	22

#### IV. 성능 측정 결과

잡음 대책 방법 중 차이분석법을 이용하여 TDMA 잡음의 성능을 개선하였다.



<PCB> <Shielding PCB>  
그림 6. GSM 이동전화기 PCB  
Fig. 6. GSM mobile phone PCB

만일 전원 공급 라인 상에 존재할 수 있는 이러한 200Hz~1.5kHz 범위의 주파수 스펙트럼들이 충분히 감쇄되지 못한다면 이것은 TDMA 잡음이라 불리는 오디오 잡음을 야기하게 될 것이며, TDMA 잡음을 방지하거나 혹은 줄이고자 한다면 전원단 설계시 Ripple을 줄이고 안정적인 공급을 위한 고려를 하지 않을 수 없다.

GSM 900MHz 대역에서 mic가 Antenna 밑에 위치하여 방사조건에 의해 TDMA가 유지되는 현상은 mic에 인접해 있는 antenna pattern에 따라 radiation power가 가장 큰 특정 band의 Sending TDMA가 가장 크게 영향을 받기 때문이다.

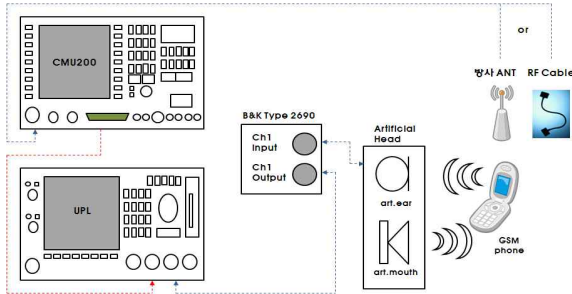


그림 7. GSM 오디오 측정 시스템 구성도  
Fig. 7. The configuration of the GSM audio measurement system

그림 7은 GSM 이동전화기에 대한 오디오 측정 시스템에 대한 구성도로 통화연결 장비(CMU200)에서 방사 안테나 또는 RF 케이블을 통해 통화 연결한 후 오디오 분석기(UPL)를 통해 GSM 휴대폰의 TDMA 잡음에 대한 측정 결과를 얻는다.

그림 8은 TDMA 잡음 발생시 Maker를 TDMA 잡음을 217Hz에 맞추어서 측정한 결과이다.

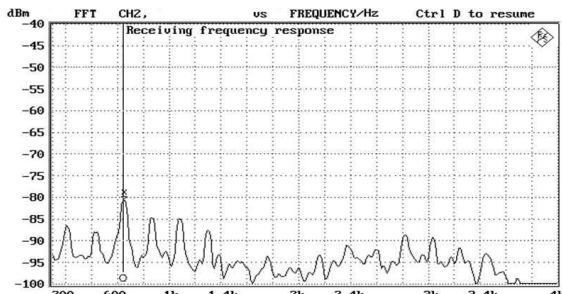


그림 8. 개선 전 측정 결과  
Fig. 8. The measured result of the original board

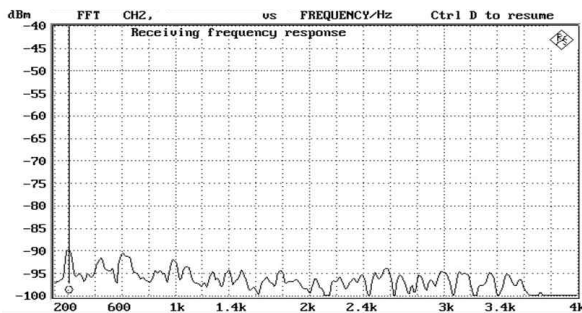


그림 9. MIC를 shielding한 TDMA 잡음 측정 결과  
Fig. 9. The measured result of MIC shielding

GSM 900MHz 대역에서 key pcb의 실드캔을 연장하여 mic를 shielding함으로써 그림 9에서 보이는 바와 같이 -80.75dBm에서 -89.50dBm으로 TDMA 잡음

이 약 9dB가 개선되었다.

또한 본 논문에서는 900MHz, 1,900MHz RF 잡음을 여과하기 위해서 비드와 9pF, 15pF 캐패시터를 베이스밴드 칩셋과 오디오 패턴 종단에 추가로 삽입하면 그림 10에서 보이는 바와 같이 -84.20dBm으로 약 3.5dB가 개선된다. 기타 개선방법으로는 key PCB 쪽에 위치한 MIC의 전원에 ground를 베이스밴드에서 라인으로 끌고와 key PCB ground와 연결(key PCB ground를 이용하는 intenna와 ground를 분리시키는 역할)함으로써 약 6dB를 개선시킬 수 있다(그림 11).

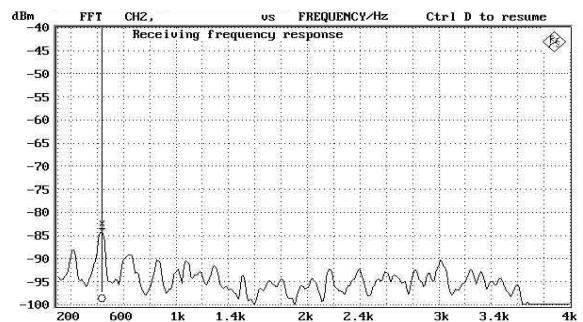


그림 10. 비드, 캐패시터 장착 후 측정한 TDMA 잡음 측정 결과  
Fig. 10. The measured result of equipped bead, capacitor

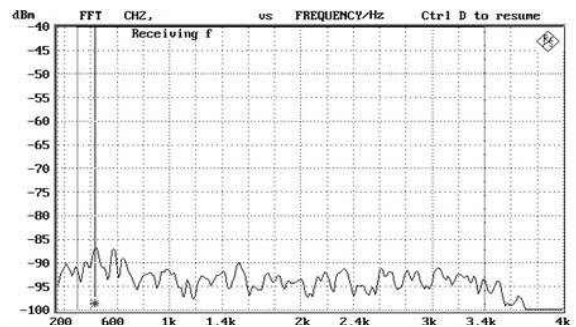


그림 11. key PCB ground와 연결한 TDMA 잡음 측정 결과  
Fig. 11. The measured result of connected key PCB ground

### V. 결 론

전원 공급 라인 상에 존재할 수 있는 이러한 200Hz~1.5kHz 범위의 주파수 스펙트럼들이 충분히 감쇄되지 못한다면 이것은 TDMA 잡음이라 불리는 오디오 잡음을 야기하게 될 것이며, TDMA 잡음을

방지하거나 혹은 줄이고자 한다면 전원단 설계시 리플을 줄이고 안정적인 공급을 위한 고려를 하지 않을 수 없다.

본 논문에서는 시스템 설계시 key PCB의 실드캔을 연장하여 MIC를 shielding하고, 비드나 캐퍼시턴스를 장착하고, key PCB의 ground를 연결함으로써 성능을 개선하였다. 또한 참고로 공간과 가격상승의 제한을 받지 않는 설계에 있어 별도의 오디오 증폭기를 쓰게 된다면 오디오 증폭기의 PSRR (Power Supply Rejection Ratio)란 파라미터가 가청 주파수 범위 내에서 최소한 -60dB가 보장되거나 그 이상이 되는 것을 사용할 필요가 있다. 또한 개발에 있어서 TDMA 잡음을 해결하는데 많은 도움을 줄 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] 유시욱, 박용현, 문경준, 이세원, 김동일, 유필선, 최희철, 이승훈, "A 12b 1MS/s 1.9 mW 0.56mm<sup>2</sup> algorithmic A/D converter for TDMA noise reduction", 제 14회 한국 반도체 학술대회 논문집, pp.891-892, 2007년 2월.

[2] EMC/EMI 대책부품의 적용 실무 전자회로의 노이즈 대책기술, 국제테크노정보연구소 출판부

[3] Tournier Pascal, System & Application Engineer, Portable Business Unit, ON Semiconductor, Phoenix, "Low audio amplifier PSSR saves LDO costs in GSM cellular phones", White Paper from An EE Time Community, Planet Analog, Feb. 2003.

[4] Simon S. Haykin, Signals and Systems, New York John Wiley & Sons, 1999.

오 세 갑 (吳世甲)



1999. 8. : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학석사)  
 1999. 8. ~ 2001. 3. : (주)세영통신 전파기술연구소 연구원  
 2001. 3. ~ 2006. 5. : (주)벨웨이브 통신연구소 책임연구원  
 2006. 5. ~ 현재 : 대전테크노파크 고주파센터 대리  
 2007. 3. ~ 현재 : 목원대학교 IT 공학과 박사과정  
 관심분야 : 무선멀티미디어통신, 무선이동통신, IT기반 융합기술 등

최 재 명 (崔載明)



2007년 목원대학교 컴퓨터공학과 공학사  
 2009년 2월 목원대학교 대학원 IT공학과 공학석사  
 2009년 3월~현재 목원대학교 대학원 IT공학과 박사과정  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 무선통신시스템, WBAN 등

강 희 조 (姜熙照)



1994년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)  
 1996년~1997년 일본 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수  
 1990년~2003년 2월 동신대학교 전자정보통신공학부 교수  
 2003년~현재 : 목원대학교 컴퓨터

공학부 교수  
 2008년 7월~현재 목원대학교 방재정보통신RIC 센터장  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 무선이동통신, 가시광통신, 모바일 컴퓨터, 환경전자공학, RFID, 인지적무선통신, 기술정책