

# 무선 멀티미디어 통신 환경에서 정지영상 전송에 삽입되는 디지털 워터마킹에 관한 연구

## A Study on the Digital Watermarking Embedded Transmission of Still Image in Wireless Multimedia Communication Environment

조 송 백\*, 이 양 선\*, 강 희 조\*

Song-Back Jo\*, Yang-Sun Lee\*, Heau-Jo Kang\*

### 요 약

본 논문에서는 무선 멀티미디어 통신 환경에서 정지영상 전송에 삽입되는 디지털 워터마킹에 관하여 분석하였다. 또한, 기존의 이미지를 사용한 방법보다 원 영상에 미치는 영향이 적고 외부공격으로부터 강인한 워터마크 복원 능력을 보이는 개선된 워터마크 기법을 제안 하였다. 성능분석으로써 무선 멀티미디어 서비스를 위해 OFDM/QPSK 영상전송 시스템을 이용하여 무선채널 환경에서의 정지영상 이미지와 워터마크로 사용된 정보에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 본 논문에서 제안한 VI 워터마크를 삽입함으로써 원영상에 미치는 영향이 매우작고, 높은 복원 성능을 보여줌을 알 수 있었다. 또한, 동일한 전송에러 조건의 무선 채널환경에서 이미지 워터마크에 비해 우수한 저작권 정보 추출 성능을 보였다.

### Abstract

We analyzed about digital watermarking embedded transmission of still image in wireless multimedia communication environment. Also, we proposed improved watermark techniques. It effects that get in original image than method to use conventional image is less and shows robust watermark restoration ability from outside attack. Performance analysis achieved about still image and restoration of watermark information using OFDM/QPSK still image transmission system in wireless channel environment. Analysis result, VI watermark performance that influence in original image is very small. And it could know that show high restoration performance. Also, It showed superior copyright information extraction performance than image watermark in wireless channel environment of same transmission error condition.

Key words : 디지털 워터마킹, 음성정보(VI:Voice Information) 워터마킹, 로고 이미지, OFDM

\* 목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부

· 논문번호 : 2004-2-11

· 접수일자 : 2004년 11월 5일

## I. 서 론

최근 인터넷에 멀티미디어 데이터의 디지털화 현상은 멀티미디어 데이터의 편집, 전송 및 저장에 편리함을 제공해 주는 반면, 저작권 분쟁과 무단 복사 등과 같은 문제점들을 발생시킬 수 있다. 또한 통신과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전에 따른 인터넷의 급속한 발달과 성장으로 인하여 무선 인터넷을 통한 멀티미디어 서비스의 수요가 증가함에 따라 데이터들에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제점들이 부각되었다.

이에 따라 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹에 관한 연구 또한 활발하게 이루어 지고 있으나 아직 완벽한 해결책은 나오지 않고 있다[1],[2].

워터마크란 저작권 보호를 위해 영상이나 음성 데이터에 표시한 보이지 않는 마크(Mark)로써, 영상이나 음성 등의 신호에 삽입되는 특정한 부호나 패턴을 말한다. 이 워터마크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정함으로써, 원 신호의 위조나 도용이 이루어졌는지를 검사할 수 있는 저작권 보호의 방법으로 사용될 수 있다. 이러한 워터마크의 종류로는 크게 공간영역과 주파수영역에서의 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역에 워터마크를 삽입할 경우 일반적인 영상처리에 도 쉽게 지워지며 비트 열이 첨가된 위치를 알고 있으므로 다른 비트열을 대신 넣을 경우 워터마크가 쉽게 바뀐다는 단점을 가지고 있다. 이러한 공간영역의 단점을 보완하기 위해 주파수 영역에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3],[4].

본 논문에서는 원 영상에 삽입되는 워터마크 데이터로써 음성정보(VI : Voice Information)를 이용한 워터마크 기법을 제안하고 제안한 워터마크 기법이 원 영상에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 무선 멀티미디어 서비스를 위해 OFDM/QPSK 시스템을 고려하여 무선채널 환경에서의 외부공격 시 원 영상 및 워터마크 복원에 미치는 영향에 관하여 분석하였다.

2장에서는 본 논문에서 제안한 워터마크 기법에 관하여 설명하고, 3장에서는 무선 영상전송을 위한 OFDM/QPSK 시스템에 대하여, 4장에서는 고려한

채널 환경에서의 BER 특성과 원 영상 및 워터마크 복원 능력에 관하여 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

## II. 워터마킹

### 2-1 오디오 워터마크 기법

기존의 오디오 워터마킹은 오디오 신호 안에 저작권과 같은 부가 정보를 들리지 않도록 삽입하고 추출하는 방법으로써 원 신호 자체를 변경하거나 특성을 부여함으로써 워터마크를 삽입한다는 것이다. 이러한 오디오 워터마크 방법에는 가장 기본적인 Low-bit coding과 Phase coding, Spread spectrum, Echo hiding 등의 방법이 있다.

### 2-2 이미지 워터마크 기법

워터마크를 삽입하는 방법이나 응용기술에 따라 데이터를 공간적 관점에서 삽입하는 방법(Spatial Method), 주파수 영역에서 삽입하는 방법(Frequency Domain Method)으로 나눌 수 있으며 그 외에 비가시적인 워터마킹(Zhao & Koch's Algorithm), 생성 키 값에 의한 워터마킹이 있다. 다음은 워터마킹 방법에 대한 설명이다.

#### 2-2-1 공간영역에 의한 워터마킹

공간적인 방법은 이미지와 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석하여 삽입하려는 정보를 공간상에서 흩어 버려서 쉽게 구별을 할 수 없도록 하는 방법으로, 일반적으로 화면 화소 값에 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 워터마크의 삽입은 쉽지만, 손실압축(JPEG)이나 필터링과 같은 이미지 처리에 약하다는 단점이 있다[5].

#### 2-2-2 주파수 영역에서의 워터마킹

최근에 가장 많이 이용되는 것이 데이터를 주파수 공간 변환(frequency domain transforms)으로 워터마킹 하는 기술이다. 이 방법은 공간적 분석을 통

한 워터마킹보다 여러 가지 장점을 가지고 있으며, 주파수를 이용한 방법은 멀티미디어 데이터를 주파수 성분의 아날로그 신호로 변환하고 삽입하려는 워터마크를 동일하게 아날로그 신호로 변환하여 삽입하는 방법이다.

일반적으로 데이터를 변환하는 방법으로 이산 코사인 변환(DCT), 고속 푸리에 변환(FFT) 그리고 웨이브렛 변환(Wavelet Transform) 등을 이용한다. 이 방법은 삽입하려는 워터마크 계수들이 원 데이터의 전 영역에 분포하게 되며 한번 삽입된 워터마크는 삭제가 어려운 장점이 있다.

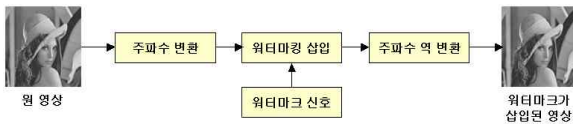


그림 1. 주파수 영역에서의 워터마크 삽입  
Fig. 1. Watermark embedded in frequency domain

그림 1은 이미지 워터마킹에서 주파수 영역에 워터마크 데이터를 삽입하는 블록도이다.

2-3 제안한 VI(Voice Information)워터마크 기법

본 논문에서는 원 영상에 삽입되는 워터마크 데이터로써 음성정보를 이용한 워터마크 기법을 제안한다.

음성정보는 영상 이미지에 비하여 가지고 있는 주파수 대역이 낮기 때문에 로고이미지와 같은 영상을 워터마크 데이터로 삽입했을 때 보다 원 영상에 미치는 영향이 매우 작고 워터마크 정보를 추출하여 복원 하였을 때 음성 데이터의 경우  $10^{-3}$  BER 정도의 에러율을 만족하더라도 음성정보의 복원이 가능하기 때문에 기존의 이미지를 이용한 워터마크 삽입보다 강인한 성능을 가질 수 있는 이점을 가지고 있다. 따라서, 워터마킹 기술에서의 Trade-off 관계에 있는 비가시성과 강인성을 모두 개선시킬 수 있다.

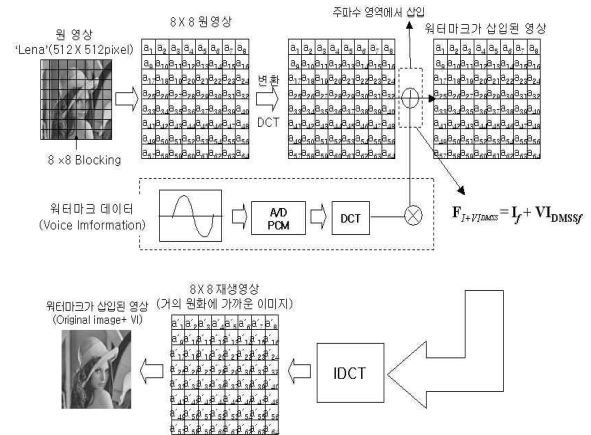


그림 2. 워터마크 삽입과정  
Fig. 2. Watermark embedded process

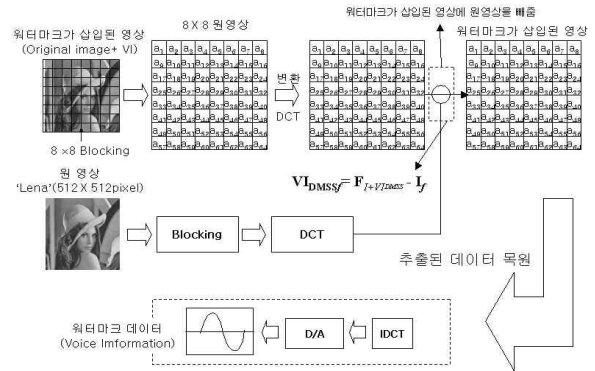


그림 3. 워터마크 데이터 추출 과정  
Fig. 3. Watermark extraction process

그림 2는 워터마킹을 삽입하는 과정으로 원 영상('Lena512\_std.bmp', 512\*512 pixel)을 DCT를 이용하여 주파수 변환 후 PCM 변조된 음성데이터를 삽입한다. 다음은 워터마크 삽입 과정을 나타내고 있다.

- 1) 원영상을 8x8 블록으로 나눈 후 각 블록에 대하여 DCT 변환을 수행한다.
- 2) 입력받은 음성정보에 대해 PCM 변조를 수행한다.
- 3) PCM 변조를 수행한 VI 데이터는 DCT 변환을 이용한다.
- 4) 각각 DCT 변환을 수행한 원영상 데이터에 VI

데이터를 삽입한다.

- 5) 삽입된 데이터는 DCT의 역과정인 IDCT를 수행하여 원영상을 복원한다.

그림 3은 삽입된 워터마킹 데이터를 추출하는 블록도로써 다음과 같은 과정을 갖는다.

- 1) 워터마크가 삽입된 영상을 8×8 블록으로 나눈 후 각 블록에 대해 DCT 변환을 한다.
- 2) 원 영상을 8×8 블록으로 나눈 후 각 블록에 대해 DCT 변환을 한다.
- 3) 각각 DCT 변환을 수행한 워터마크가 삽입된 영상 데이터에서 원 영상 데이터를 빼줌으로써 워터마크 정보를 추출한다.
- 4) 추출된 VI 데이터에 대해 주파수 역과정을 수행한다.
- 5) 주파수 역과정을 수행한 VI 데이터를 디지털 신호에서 아날로그 신호로 변환 시킨다.

### 2-4 복호화상의 평가척도

압축률은 부호화한 후의 데이터양으로부터 쉽게 구해지지만, 복호 화상의 화질 판정은 쉽지 않다. 최종적으로 사람이 판단해야 하지만, 객관적인 평가척도로서 S/N비가 자주 사용된다. 이것은 일반적인 전송 S/N비와는 다르다.

아래의 식은 PSNR의 정의식으로 분자 단은 8비트/화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력값 255를 갖는 신호를 나타낸다. 분모 단은 잡음을 표현한 식으로 복호 화상과 원화상의 차이를 이용한다[5].

$$PSNR(a, b) = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{N \times M} \right] \quad (1)$$

위 식에서 a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. (x, y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다.

## III. 영상전송을 위한 OFDM/QPSK 시스템

### 3-1 OFDM/QPSK 시스템

그림 4에서는 OFDM/QPSK 시스템의 송신기 구조를 보인다. N개의 직렬 QPSK 데이터 심볼들을  $T = 1/f_s$  간격으로 배치한다. 여기서  $f_s$ 와 T는 각각 직렬 데이터에 대한 심볼율과 심볼구간이다. 이러한 직렬 데이터들은 먼저 직·병렬 변환 계에 의해 병렬 데이터 형태로 변환된 후에 N개의 부반송파를 변조시키게 된다. 이렇게 변조한 부 반송파들을 모두 더한 후 주 반송파에 의해 원하는 주파수 대역 신호로 변환하여 무선 채널을 통해 전송한다. 이러한 전송신호는 기호  $s'(t)$ 로 표시하였으며 다음과 같은 식으로 나타낸다[6],[7].

$$s'(t) = s(t)e^{j2\pi f_c t} \quad (2)$$

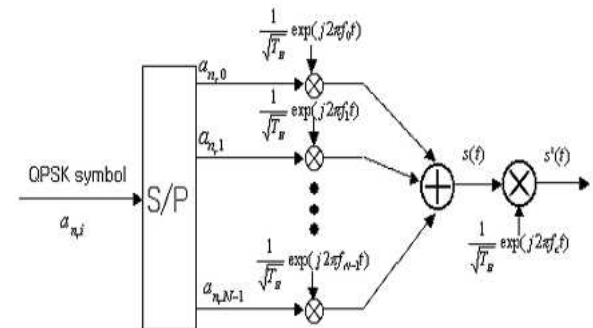


그림 4. OFDM/QPSK 송신기 모델  
Fig. 4. OFDM/QPSK transmitter model

그림 5에서는 일반적인 OFDM/QPSK의 수신기 구조를 보여주고 있다. 수신된 신호는 기저대역 신호로의 변환을 위해 주반송파에 의해서 곱해지고 각각의 부반송파에 대한 상관기에 의해 상관작용이 행해진 후 판정기를 거쳐 원하는 데이터 심볼들을 구해낸다. 마지막으로 동기 검파된 심볼들은 병/직렬 변환기에 의해 직렬 데이터로 변환되어 송신된 정보 심볼들로 복원하게 된다. 수신신호에 대한 표현 식은 채널을 통과하고 수신 단에서 잡음이 더해지는 것을 고려하면 다음 식으로 쓸 수 있다.

$$r'(t) = s'(t) * h(t) + n(t)$$

$$= s'(t) + bs'(t - \tau)e^{j\theta} + n(t) \quad (3)$$

여기서 \*는 컨볼루션 연산을 나타내며 n(t)는 양측전력스펙트럼 밀도가 No/2인 AWGN 이다.

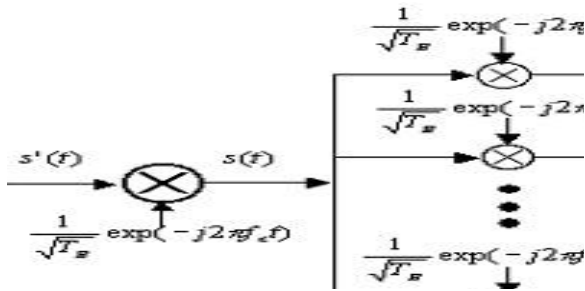


그림 5. OFDM/QPSK 수신기 모델  
Fig. 5. OFDM/QPSK transmitter mode

#### IV. 시뮬레이션 및 검토

본 논문에서는 무선 멀티미디어 서비스를 위해 OFDM/QPSK 영상전송 시스템을 이용하여 무선채널 환경에서의 정지영상 이미지와 워터마크로 사용된 정보에 미치는 영향을 분석하였다.

표 1. VI 워터마킹 기법의 성능 평가 및 분석을 위한 OFDM/QPSK시스템 시뮬레이션 파라미터

Table 1. OFDM/QPSK system simulation parameter for Performance analysis of VI water marking technique

시뮬레이션 파라미터	
원영상	'Lena512_std.bmp' 512*512 pixel
VI 워터마크	'Audio.wav' Fs=8000Hz, Time=3sec
이미지 워터마크	"Mokwon64.bmp" 64*64 pixel
주파수 변화	DCT
영상 전송시스템	OFDM/QPSK
채널환경	AWGN

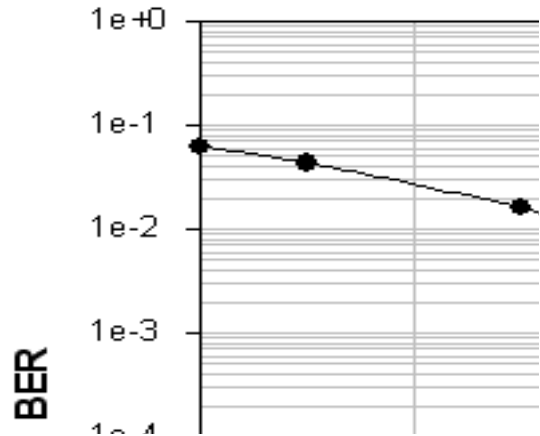


그림 6. AWGN 무선 채널 환경에서 BER 성능  
Fig. 6. BER Performance in AWGN wireless channel environment

표 1은 VI 워터마킹 기법의 성능 평가 및 분석을 위한 시뮬레이션 파라미터이다. 원영상은 'Lena512\_std' 이미지를 이용하였고, 워터마크 정보로는 Fs (frequency sampling)=8000Hz, Time=3sec를 갖는 'Audio .wav' 정보를 이용하였다. 그리고 주파수 변환으로는 DCT를 이용하였으며 AWGN환경에서의 영상 전송을 위해 OFDM/QPSK 시스템을 이용하였다.

그림 6은 AWGN 무선 채널 환경에서의 OFDM/QPSK시스템의 성능을 보여주고 있다.

표 2는 본 논문에서 제안한 VI 워터마킹에 대하여 SNR=7dB 기준으로 복원된 영상과 복원된 영상의 PSNR, BER, 추출한 VI의 데이터를 보여주고 있다.

추출한 VI는 약간의 잡음이 섞여 있지만, 거의 흡사한 데이터를 나타냄을 알 수 있었다. 그리고 표 3은 워터마크 정보를 로고 이미지로 이용하여 VI 시스템과 같은 조건에서 추출한 결과 원 영상에 비해 많은 열화 정도를 시각적으로도 분명하게 판단된다. 이와 같이 표 2와 표 3의 추출한 워터마크 복원도를 고려하면, 본 논문에서 제안한 VI 워터마킹 기법의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

표 2. VI 워터마킹을 이용한 OFDM/QPSK시스템의 성능 결과 (SNR=7dB기준, 원영상, 복원영상, 워터마크 데이터추출)

Table 2. Performance result of OFDM/QPSK system using VI watermarking(SNR=7dB, original image, restoration, image detected watermark data



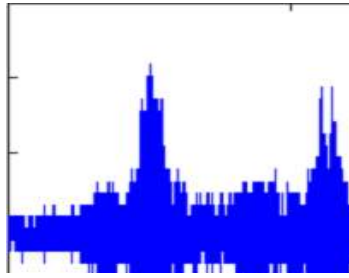
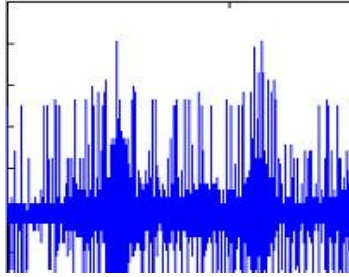


시뮬레이션 결과	
원영상	
복원영상	
PSNR	34.7982
BER	4.4632e-4
영상 전송시스템	OFDM/QPSK
원 Voice Information	
추출한 Voice Information	

표 3. 이미지 워터마킹을 이용한 OFDM/QPSK시스템의 성능결과 (SNR=7dB기준, 원영상, 복원영상, 워터마크 데이터추출)

Table 3. Performance result of OFDM/QPSK system using image watermarking

원 워터마크 영상	추출한 워터마크 영상
	

### V. 결론

본 논문에서는 워터마크 삽입시 VI(Voice Information)를 이용하여 원 영상에 삽입된 영상을 OFDM/QPSK 시스템을 이용하여 무선 채널상에 전송하고 전송 과정 중 무선 채널상에서 일어나는 여러 요인을 고려하여 본 논문에서 제안한 VI워터마킹 기법을 평가 및 분석하였다. 시뮬레이션 결과 추출한 VI는 약간의 잡음이 섞여 있지만, 거의 흡사한 데이터를 나타냄을 알 수 있었다. 또한, 워터마크 정보로써 로고 이미지를 이용하여 VI 워터마크와 같은 조건에서 추출한 결과 원 영상에 비해 많은 열화 정도를 보임을 시각적으로도 분명하게 판단할 수 있었다. 따라서, 시뮬레이션을 통하여 추출한 워터마크 복원도를 비교·분석한 결과, 본 논문에서 제안한 VI 워터마킹 기법의 성능이 우수함을 알 수 있었다. 음성정보는 영상 이미지에 비하여 가지고 있는 주파수 대역이 낮기 때문에 로고이미지와 같은 영상을 워터마크 데이터로 삽입했을 때 보다 원 영상에 미치는 영향이 매우 작고 워터마크 정보를 추출하여 복원 하였을 때 음성 데이터의 경우  $10^{-3}$  BER 정도의 에러율을 만족하더라도 음성정보의 복원이 가능하기 때문에 기존의 이미지를 이용한 워터마크 삽입보다 강인한 성능을 가질 수 있는 이점을 가지고 있다. 따라서, 워터마킹 기술에서의 Trade-off 관계에 있는 비가시성과 강인성을 모두 개선시킬 수 있었다. 또한, 시뮬레이션 과정 중 VI 워터마킹 기법에서 음성 정보를 영상에 삽입 시 음성정보의 데이터의

양에 대한 문제점이 있었으나 시뮬레이션 과정 중 256\*256 Pixel의 경우  $F_s=8000\text{Hz}$  사용시,  $\text{Time}=2\text{sec}$  이내의 VI 워터마크 삽입이 가능하고, 512\*512 Pixel을 갖는 영상의 경우  $F_s=8000\text{Hz}$ , 사용시  $\text{Time}=8\text{sec}$  이내의 VI 워터마크 삽입이 가능함을 알 수 있었다. 향후, 다양한 압축 기법들을 이용함으로써 음성정보(VI) 데이터들의 효율적인 개선이 가능하리라 사료된다.

### 참 고 문 헌

[1] A. Z. Tirkel, R. G. Schyndel, and C. F. Osborne, "Adigital watermark," *In Proc. of IEEE ICIP'94*, vol. 2, pp. 86-90, Nov. 1994.

[2] A. Z. Tirkel, C. F. Osborne, and R. G. Schyndel, "Image watermarking - a spread spectrum application," *In Proc. of IEEE ICIP'96*, vol. 2, pp. 785-789, Sep. 1996.

[3] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35(3/4), pp. 313-336, 1996.

[4] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," *In Proc. of IEEE ICIP'96*, vol. 3, pp. 215-218, 1996.

[5] <http://www.watermarking.net/watermarking/watermarking.htm>.

[6] R. Prasad, "Universal Wireless Personal Communications", Artech House Publishers, 1998.

[7] L. J. Cimini Jr., "Analysis and simulation of a digital mobile channel using orthogonal frequency division multiplexing," *IEEE Trans. Comm.*, vol. com-33, pp. 665-575, July 1985

### 조 송 백(趙松栢)



2003년 2월 : 동신대학교 전기 전자 공학부 졸업(공학사)  
 2004년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 대학원 컴퓨터멀티미디어공학부(석사과정)  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 디지털 워터마킹, 영상처리 무선통신시스템, 유비쿼터스

### 이 양 선(李洋先)



2001년 2월 : 동신대학교 전기 전자공학과 졸업(공학사)  
 2003년 2월 : 동신대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(공학석사)  
 2004년 3월~현재 : 목원대학교 대학원 컴퓨터멀티미디어공학부(박사과정)

2003년 2월 ~ 2004년 2월 : (주)휴메이트 H/W개발부  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신시스템, UWB통신

### 강 희 조(姜熙照)



1994년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학박사)  
 1994년 7월 ~ 1995년 12월 : 전자 통신연구원 위성망 연구소 초빙연구원  
 1996년 8월 ~ 1997년 8월 : 일본 오사카대학교 공학부

통신공학과 객원 교수  
 1998년 3월 ~ 1998년 8월 : 전자통신연구원 무선이동 위성통신시스템 연구소 초빙연구원  
 1990년 3월 ~ 2003년 2월 : 동신대학교 전기전자정보통신공학부 교수  
 2003년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수  
 관심분야 : 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 멀티미디어 통신, 텔레매틱스, 가시광통신, 밀리미터파, UWB 통신, 유비쿼터스, RFID