

# 무선 전송 채널 환경에서 오디오와 로고 영상을 이용한 워터마킹 성능분석

## Performance Analysis of Watermarking using Audio and Image Watermark in Wireless Channel Environment

김윤호\*, 박기홍\*

Yoon-Ho Kim\* and Ki-Hong Park\*

### 요 약

본 논문에서는 워터마크 데이터로써 오디오 신호를 이용한 워터마크 기법과 이미지를 삽입하는 워터마크 기법의 성능을 분석하였다. AWGN 채널 환경에서 OFDM/QPSK 시스템을 이용하여 워터마킹된 영상을 전송하고 워터마크 정보를 추출하였다. 실험결과, 오디오를 이용한 워터마크 삽입 방법이 이미지 기반 방법보다 우수한바, SNR=3 [dB]까지 오디오 신호가 복원 가능하였다.

### Abstract

In this paper, we analyzed the performance of digital watermarking by using audio signal as well as logo image watermark. By utilizing the OFDM/QPSK system under AWGN channel environment, watermarked image are transmitted and detected. Experimental results showed that audio signal-based watermark embedding scheme is superior to that of logo image-based, which is able to restore a signal at SNR=3[dB].

Key words : DCT, Watermark

### I. 서 론

컴퓨터와 인터넷 통신의 발달로 아날로그 데이터들이 디지털화 되고, 디지털화 된 콘텐츠를 유통하는 상업적인 형태가 점차 자리를 잡아감에 따라 디지털 콘텐츠의 저작권 보호 기술에 대한 필요성이 대두되고 있다. 디지털 콘텐츠의 불법적인 복제를 방지하기 위한 저작권 보호 방법의 하나인 디지털 워터마킹은 1990년대 초반의 Tanaka[1]과 1993년 Caronni[2], 그리고 Tirkel[3]가 디지털 이미지에 워터마킹을 도입하면서 이에 대한 연구가 시작되었다. 현재 디지털 워터마킹은 문서, 이미지, 오디오, 비디오 등 여러 종류의 디

지탈 데이터에 대한 연구가 이루어지고 있다.

워터마크란 저작권 보호를 위해 영상이나 음성 데이터에 표시한 보이지 않는 마크로써, 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 워터마킹의 종류로는 크게 공간영역과 주파수 영역에서의 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역에 워터마크를 삽입할 경우 일반적인 영상처리에도 쉽게 지워지며 비트 열이 첨가된 위치를 알고 있으므로 다른 비트열을 대신 넣을 경우 워터마크가 쉽게 바뀐다는

\* 목원대학교 컴퓨터공학부(Division of Computer Eng., Mokwon University)

· 제1저자 (First Author) : 김윤호

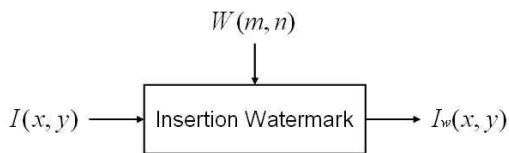
· 접수일자 : 2006년 11월 6일

단점을 가지고 있다. 이러한 공간 영역의 단점을 보완하기 위한 방법으로 주파수 영역에 대한 연구가 중요한 해결책으로 대두되었고, 주파수영역 기반의 워터마킹 기법에서 중요한 것은 워터마크가 삽입되는 중간 주파수 대역을 효과적으로 결정하는 방법인 바, 다양한 연구 결과들이 보고되고 있다[4]-[6].

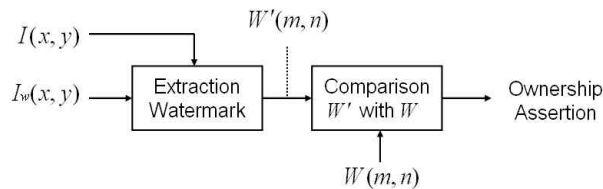
본 논문에서는 DCT를 이용한 주파수기반 워터마킹 기법에 있어서 이진영상을 워터마크로 사용한 경우와 오디오 신호를 이용한 경우의 성능을 분석한다. 전처리 과정으로 워터마크가 삽입될 중간 주파수 대역을 결정하기 위하여 퍼지추론 시스템을 적용하는 방법을 이용하였다[6]. 워터마킹된 영상에 대한 외부 공격은 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널 환경에서 OFDM/QPSK (Orthogonal Frequency Division Multiplexing/Quadrature Phase Shift Keying) 시스템을 이용하여 워터마킹된 영상을 전송하였다[7]. 두가지 형태의 워터마크를 이용한 복원영상의 비가시성과 견고성을 계산하여 성능을 평가하였다.

## II. 디지털 워터마킹

그림 1은 워터마크 삽입과정과 추출과정을 일반적으로 나타내고 있다.



(a) 워터마크 삽입과정



(b) 워터마크 추출과정

그림 1. 워터마킹의 기본 원리  
Fig. 1. The principle of Watermarking.

워터마크의 삽입과정은 식 (1)과 같이 원 영상  $I(x, y)$ 와 워터마크  $W(m, n)$ 와의 연산에 의해서

이루어진다.  $s$ 가 워터마크의 크기를 조절하는 상수일 때 워터마킹 된 데이터  $I_w(x, y)$ 를 생성할 수 있다.  $i(x, y)$ 는 화소의 밝기(intensity)를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 I_w(x, y) &= I(x, y) + sW(m, n) \\
 I &= \{i(x, y) | 0 \leq x \leq N_1, 0 \leq y \leq N_2\} \\
 W &= \{w(x, y) | 0 \leq x \leq M_1, 0 \leq y \leq M_2\} \\
 w(x, y) &\in \{0, 1\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

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

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. 데이터를 주파수 공간 변환으로 워터마킹 하는 기술은 최근에 가장 많이 이용되는 방법이다. 일반적으로 데이터를 변환하는 방법으로 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transform), 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform) 그리고 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform) 등을 이용한다. 이 방법은 삽입하려는 워터마크 계수들이 원 데이터의 전 영역에 분포하게 되며 한번 삽입된 워터마크는 삭제가 어려운 장점이 있다.

## III. 워터마킹 알고리즘

### 3-1 로고 이미지를 이용한 이미지 워터마킹

영상의 영역별 파라미터의 값들을 계산하기 위하여 원영상을 8x8 블록으로 2차원 DCT를 수행한 후, 중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입하였다[8]. 인간의 감지능력이 떨어지는 주파수 영역과 데이터 손실을 고려하여 미드밴드를 선택하였고, 워터마크가 삽

입되어질 영역이 된다.

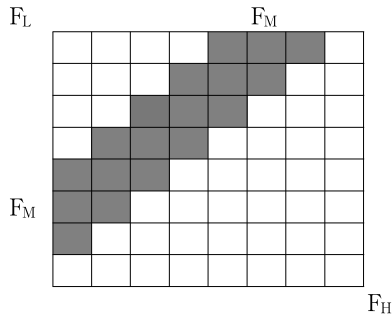


그림 2. 워터마크 삽입 영역 (8 by 8)  
Fig. 2. The region of watermark insertion (8 by 8).

3-2 오디오 신호를 이용한 이미지 워터마킹

음성정보는 영상 이미지에 비하여 가지고 있는 주파수 대역이 낮기 때문에 로고 이미지와 같은 영상을 워터마크 데이터로 삽입했을 때 보다 원 영상에 미치는 영향이 매우 작다.

본 논문에서는 원 영상에 대한 주파수 변환 방법으로 DCT를 이용하였고, 이산 코사인 변환은 화상 분포에 효과적이다. DCT와 역변환인 IDCT의 식은 다음과 같이 표현된다[9].

$$F(u) = \frac{2}{N} C(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N}$$

$$F(x) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} C(u) f(u) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \quad (2)$$

if  $u=0, C(u) = 1/\sqrt{2}$   
if  $u \neq 0, C(u) = 1$

DCT를 화상에 이용하는 경우는  $m \times n$  화소를 1구획으로서 2차원 DCT를 행하고 있으며  $8 \times 8$  화소 또는  $16 \times 16$  화소의 구획이 자주 사용되고 있다.  $8 \times 8$  화소의 2차원 DCT와 IDCT는 다음과 같이 표현이 된다.

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) Q$$

$$F(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u) C(v) f(u, v) Q$$

$$Q = \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16}$$

여기서,  $f(x, y)$ 는 입력 화상,  $F(u, v)$ 는 변환 결과이고, 계수  $C$ 는 다음과 같다.

if  $u=0, C(u) = 1/\sqrt{2}$   
if  $u \neq 0, C(u) = 1$   
if  $v=0, C(v) = 1/\sqrt{2}$   
if  $v \neq 0, C(v) = 1$  (4)

2차원 DCT는 식 (2)의 1차원 DCT를 가로방향과 세로방향으로 양방향의 2회 코사인을 곱 변환을 의미한다.  $x$  및  $u$ 가 가로방향을  $y$  및  $v$ 가 세로방향을 나타내고 있다. 식 (3)의 코사인과 같은 2차원 기본 함수를 영상에 이용하여 표현하는 경우를 기본 영상이라고 한다.  $u = 0, v = 0$ 의 기본영상은 직류성분을 나타내고,  $u$ 가 클수록 높은 수평 주파수를,  $y$ 가 클수록 높은 수직 주파수를 나타낸다.

오디오 신호를 이용한 워터마킹 방법으로 오디오 신호 데이터에 PCM 변조를 거쳐 DCT를 수행하였다.

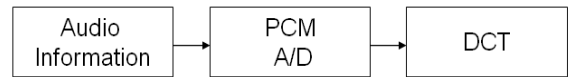


그림 3. 오디오 신호 데이터 처리 과정  
Fig. 3. The process of audio signal.

3-3. 오디오 신호 삽입 과정

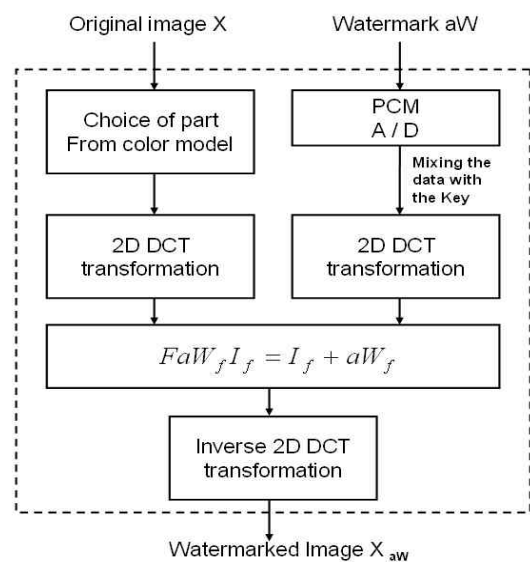


그림 4. 워터마크 삽입과정  
Fig. 4. Block diagram of embedding process.

PCM 변조 후 DCT 변환된 오디오 신호를  $8 \times 8$  블록킹 된 후의 DCT 변환된 영상에 삽입을 한다. DCT 변환된 오디오 신호를  $aW_f$ 라 하고, DCT 변환된 원 영상을  $I_f$ 라고 했을 때 다음 식과 같이 표현 할 수 있다.

$$F_{aW_f I_f} = I_f + aW_f \tag{5}$$

위 식에서,  $aW_f$ 의 크기는  $I_f$ 보다 작거나 같다. 그림 4는 워터마크( $aW$ )를 원 영상에 삽입하는 과정을 보여주고 있다.

먼저 원 영상을  $8 \times 8$  블록으로 나눈 후 각 블록에 대하여 DCT 변환을 수행하고, 워터마크로 사용될 오디오 신호에 대해 PCM 변조 후 DCT 변환을 한다. 각각 DCT 변환된 원 영상 데이터에 오디오 신호 데이터를 삽입하고 IDCT를 수행하여 영상을 복원한다.

### 3-4 오디오 신호 추출 과정

워터마크가 삽입된 영상으로부터 워터마크를 추출하기 위해서는 워터마킹된  $W$ 에 원 영상  $I$ 를 빼서 워터마크  $aW$ 를 추출하여야 한다.

$$aW \sim = W - I \tag{6}$$

워터마크가 삽입된 영상과 원 영상을  $8 \times 8$ 블록으로 나눈 후 각 블록에 대해 DCT 변환을 한다. 각각 DCT 변환을 수행한 워터마크가 삽입된 영상 데이터에서 원 영상 데이터의 차이 값으로 워터마크 정보 ( $aW$ )를 추출한다. 추출된 오디오 신호 데이터에 대해 주파수 역과정을 수행한 후, 디지털 신호에서 아날로그 신호로 변환시킨다.

## IV. 실험 및 고찰

### 4-1 실험 환경

본 논문에서 제시한 워터마킹 성능분석은 Pentium IV 3.0GHz 의 시스템에서 Matlab 6.5를 사용하여 구현하였다. 실험영상은  $256 \times 256$  크기의 표준 그레이

영상 Barboon 이미지를 사용하였고, 삽입할 워터마크 정보는 청각적으로 소유권 주장 가능한 오디오 신호와  $32 \times 32$  크기의 이진 영상인 시각적인 로고 이미지를 그림 5와같이 제작하여 사용하였다. 즉, 그림 5의 (b)와 (c)는 각각 워터마크로 사용될 제작된 오디오 신호와 로고 이미지이다.

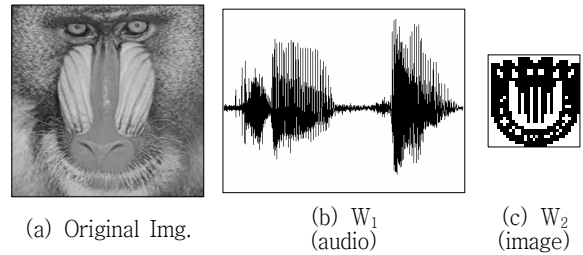


그림 5. 원 영상과 워터마크

Fig. 5. Experimental image & watermarks.

표 1. 워터마크 사용된 오디오 신호 특성

Table 1. The spec. of audio signal.

watermark.wave	
파일 크기	17 KByte
비트 전송률	128 kbps
채널	1(모노)
오디오 샘플 크기	16 bit
오디오 샘플 속도	8 KHz
오디오 형식	PCM

### 4-2 복원영상의 평가 척도

비가시성이라 함은 워터마크 신호의 삽입 여부를 시각적으로 인식할 수 없어야 한다는 것을 의미한다. 영상의 압축률은 부호화한 후의 데이터의 양으로부터 쉽게 구해지지만, 복호 화상의 화질 판정은 쉽지 않다. 최종적으로 인간의 시각에 의한 주관적 판단과 객관적인 평가척도로서 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)이 자주 사용된다. 식(7)은 PSNR의 정의식으로 분자단은 8비트 화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력 값 255를 갖는 신호를 나타낸다. 분모단은 잡음을 표현한 식으로 복호화상과 원화상의 차이를 이용한다[10].

$$PSNR(a, b) = 10 \log_{10} (255^2 / K) [d]$$

$$K = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [a(x, y) - b(x, y)]^2 \quad (7)$$

위 식에서  $a$ 는 원 영상이고,  $b$ 는 복호된 영상이다.  $(x, y)$ 는 픽셀의 조합을 나타낸다.

견고성에 대한 실험에서는 식 (8)과 같은 상관도식을 이용하여 워터마크가 삽입된 영상에 외부공격을 가한 후 오디오 신호에 대한 파형과 청각적 인지로 판단하고, 로고 이미지의 경우 추출된 워터마크와 본래의 워터마크의 상관관계를 측정하여 결과를 분석하였다.

$$Corr. = \frac{\sum_m \sum_n (a_{mn} - \bar{a})(b_{mn} - \bar{b})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (a_{mn} - \bar{a})^2 \sum_m \sum_n (b_{mn} - \bar{b})^2}} \quad (8)$$

$a = Original Data, b = Embedded Data$   
 $\bar{a} = the\ mean\ of\ the\ element\ of\ a$   
 $\bar{b} = the\ mean\ of\ the\ element\ of\ b$

### 4-3 성능 검증

본 연구에서는 워터마크된 영상의 성능 검증을 위하여 무선 채널 환경에서의 수신 성능을 분석하였다. 무선 채널은 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 잡음 모델을 고려하였고 OFDM/QPSK 무선 전송 시스템을 이용하여 워터마크된 영상을 전송하였다. 영상 전송 후, SNR(Signal power to Noise power Ratio) 값의 변화에 따라 수신된 영상에서 워터마크를 추출하였다. 무선 채널 환경에서의 송신 전 단계에서의 원 영상과 오디오 신호가 삽입된 영상의 화질 저하를 비교하였을 때, PSNR 값이 49[dB]로 높은 비가시성을 나타내었고, 워터마크로 사용된 오디오 신호와 큰 차이가 없다.

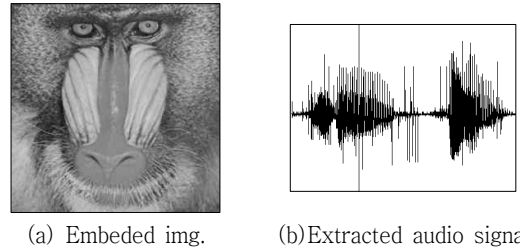
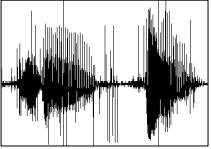

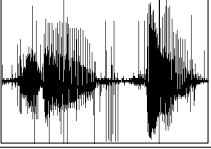

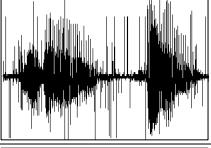

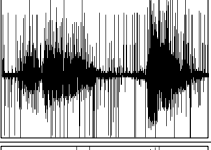

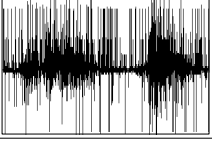



그림 6. 워터마크된 영상과 추출한 오디오 신호  
 Fig. 6. Embedded image & extracted audio signal.

반면에 로고 이미지를 워터마크로 사용한 경우에는 30[dB]로 오디오 신호를 사용한 경우보다 비가시성이 떨어졌지만, 인간의 시각적으로 큰 차이를 느끼지 못했다. 이것은 원영상이 아닌 워터마크된 영상이 최종적인 콘텐츠로서 사용자들에게 배포된다는 점에서 비가시성을 평가한다. 워터마크된 영상에서 로고 이미지를 추출하였을 때, 원 워터마크와의 추출된 워터마크가 90%의 상관도를 가졌다.

표 2는 무선 잡음 채널 환경에서 OFDM/QPSK 시스템을 통하여 수신된 워터마크된 영상을 SNR 값에 따라 추출한 오디오 신호와 로고 이미지를 보여주고 있다. 오디오 신호의 경우, SNR=3[dB] 이상에서, 본래의 오디오 신호에 가까운 신호를 추출 가능하였고, 로고 이미지의 경우, SNR=5[dB] 이상에서 시각적으로 인지가 가능한 상관도 성능을 보임을 알 수 있다. 결과적으로 무선통신을 이용한 정지영상 전송 서비스에서는 로고 이미지를 사용한 워터마크 보다 오디오 신호를 이용한 방법이 약 2[dB] 가량의 수신이득을 얻을 수 있다.

표 2. 워터마크 추출  
 Table 2. Extracted watermarks.

SNR[dB]	Audio		Image	
	Signal	Corr. (%)	Image	Corr. (%)
9		95		89
7		94		87
5		87		79
3		61		60
1		30		36

### V. 결 론

본 논문에서는 원 영상에 삽입되는 워터마크 데이터로서 오디오 신호와 이미지를 삽입하는 경우의 워터마킹 성능을 분석하였다. 음성정보는 영상 이미지에 비하여 가지고 있는 주파수 대역이 낮기 때문에 로고 이미지와 같은 영상을 워터마크 데이터로 삽입했을 때 보다 원 영상에 미치는 영향이 매우 작다. 무선 전송 잡음 채널 환경에서 워터마크 정보를 추출하여 복원 하였을 때, 이미지를 이용한 워터마킹 방법보다 오디오를 이용한 워터마크 삽입 방법이 SNR=3[dB]까지 오디오 신호의 복원이 가능하였다. 향후 워터마킹 기술에서의 trade-off 관계에 있는 비가시성과 강인성을 모두 개선시킬 수 있는 지속적인 연구가 필요하다.

### 감사의 글

본 연구는 2005년도 산업자원부의 지역혁신 인력

양성 사업의 연구결과로 수행되었음.

### 참 고 문 헌

- [1] K. Tanaka, Y. Nakamura, and K. Matsui, "Embedding Secret Information into a Dithered Multi-level Image," *Proceedings of the 1990 IEEE Military Communications Conference*, pp. 216-220, 1990.
- [2] G. Caronni, "Ermitteln unauthorisierter Verteiler von maschinenlesbaren Daten," *Technical report*, ETH Zurich, 1993.
- [3] A. Tirkel, et al., "Electronic Water Mark," *Proceedings DICTA*, pp.666-672, 1993.
- [4] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35(3/4), pp. 313-336, 1996.
- [5] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," *Proc. of IEEE ICIP'96*, vol. 3, pp. 215-218, 1996.
- [6] 박기홍, 신희중, 김윤호, "다해상도 특성을 이용한 적응적 디지털 워터마킹," *한국정보기술학회*, 제3권 3호, 2005.
- [7] King N. Ngan, Chi W. Yap, and Keng T. Tan, "Video Coding for Wireless Communication Systems," *Marcel Dekker*, 2001.
- [8] 박기홍, 윤병민, 김윤호, "영상특성의 적응을 위한 시각파라미터 분석," *Proc. of the 4rd KIIT Summer conference*, 2005.
- [9] I. J. Cox, L. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure, Robust Watermarking for Multimedia," *Workshop on Information Hiding*, Newton Institute, Univ. of Cambridge, 1996.
- [10] R. Prasad, *Universal Wireless Personal Communications*, Artech House Publishers, 1998.

## 김 윤 호 (金允鎬)



2005년 ~ 2006년 : Univ. of Auckland, NZ. Dept. of Computer Science, CITR Lab. Research Fellow.

1992년 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터 공학부 교수, 멀티미디어기술사.

1992년 : 청주대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1986년 : 경희대학교 대학원 전자공학과(공학석사), IEEE, 대한전자공학회, 한국통신학회 정회원, 해양정보통신학회, 한국디지털컨텐츠학회, 한국향행학회 한국정보기술학회 종신회원, 이사

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지응용, 정보통신정책 등

## 박 기 홍 (朴起弘)



2004년 2월 : 목원대학교 컴퓨터공학과(공학사)

2006년 3월 : 목원대학교 일반대학원(공학석사)

2006년 8월 ~ 현재 : 목원대학교 일반대학원 IT 공학부 박사과정

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전