

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.2.17>

IIBC 2014-2-3

영상의 양자화 계수를 이용한 DCT 기반 워터마킹 기법

Improvement of DCT-based Watermarking Scheme using Quantized Coefficients of Image

임용순*, 강은영**, 박재표***

Yong-Soon Im*, Eun-Young Kang**, Jae-Pyo Park***

요약 모바일 정지영상·동영상 등의 정보에 디지털 신호를 삽입하여 저작권을 주장하는 방안으로 워터마킹 알고리즘을 들 수 있다. 본 논문에서는 영상의 양자화 계수를 이용한 이산 코사인 변환(DCT)을 기반으로 하는 워터마킹 알고리즘 방법을 제안하였다. 워터마크 삽입 기법은 디지털 원영상의 DCT와 양자화를 통하여 계수들(Quantized Coefficient)을 얻게 되었고, 양자화 계수들은 원하는 위치(Key)에 따라 DCT를 기반으로 한 워터마크(DCT-based watermark)를 삽입하게 되었다. 워터마크가 삽입된 부호화 정보는 역 양자화와 역 DCT를 통하여 워터마크 된 영상을 얻게 된다. 워터마크 추출 기법은 워터마크된 영상과 위치(Key)만을 사용하며, 워터마크 된 영상을 DCT와 양자화를 통하여 원하는 위치(Key)에서 계수를 분리하여 역 DCT하여 원 워터마크를 얻을 수 있었다. 모의실험 결과, 워터마크 된 영상과 추출된 워터마크에서 영상의 화질(PSNR)과 워터마크의 정규화 상관도 (NC) 에서 만족할 만한 결과를 확인하였다.

Abstract Watermarking is one of the methods that insist on a copyright as it append digital signals in digital informations like still mobile image, video, other informations. This paper proposed an improved DCT-based watermarking scheme using quantized coefficients of image. This process makes quantized coefficients through a Discrete Cosine Transform and Quantization. The watermark is embedded into the quantization coefficients in accordance with location(key). The quantized watermarked coefficients are converted to watermarked image through the inverse quantization and inverse DCT. Watermark extract process only use watermarked image and location(key). In watermark extract process, quantized coefficients is obtained from watermarked image through a DCT and quantization process. The quantized coefficients select coefficients using location(key). We perform it using inverse DCT and get the watermark'. Simulation results are satisfied with high quality of image (PSNR) and Normalized Correlation(NC) from the watermarked image and the extracted watermark.

Key Words : Digital Image, DCT-based watermark, Quantized coefficient, Copyright, Information security

I. 서론

디지털영상 기술은 아날로그 신호에서 디지털 신호로

변화하고 있으며, 영상은 디지털 영상 기술과 통신 기술이 융합되어지고 있다. 디지털 영상(digital image)은 넓게 사진, 영상, 동영상, 모바일 영상, 3D입체 영상 등의 기

*종신회원, 국제대학교 IT계열

**정회원, 동양미래대학교 정보통신과(교신저자)

***정회원, 숭실대학교 정보과학대학원

접수일자 2013년 12월 28일, 수정완료 2014년 2월 20일

게재확정일자 2014년 4월 11일

Received: 28 December, 2013 / Revised: 20 February, 2014

Accepted: 11 April, 2014

**Corresponding Author: eykang@dongyang.ac.kr

Dept. of Information and Communication,

Dongyang Mirae University, Korea

술이 발달하게 되어 밀접한 정보들이 디지털화 되고 있다. 디지털 영상에 따른 정보량의 증가, 정보의 구분이 불분명해질 수 있다는 점, 정보의 저작권 침해 및 불법 복제라는 문제점이 발생되었다.

디지털 영상 정보의 보안을 위해 암호화 방법, 방화벽을 구축하는 방법과 디지털 영상 정보의 소유권을 보호하기 위한 디지털 워터마크(digital watermark) 방법들을 들 수 있다. 그중 디지털 워터마크 기법 분야에서 많은 연구가 필요하게 되었다. 인간의 시각시스템(HVS, Human Visual System)에서 인식할 수 없는 정보를 삽입하게 되는데 이것을 워터마크라고 하며, 잡음과 같은 신호를 발생하거나 이진수 영상 등을 사용하고 있다.

디지털 워터마킹은 공간영역 (spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입한다. 공간영역에서의 워터마킹보다 주파수영역에서의 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 주파수영역에서의 연구는 FFT(Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 들 수 있다. Koch는 영상 분할과 DCT한 후 저주파 성분에 삽입한 방법을 제시하였다. Swanson은 Legge와 Foleg의 콘트라스트 마스크 모델을 이용하여 DCT값을 구한 후 워터마킹하는 방법을 제시하였다. Kundur, Xia와 Hus등은 DCT 대신 Multiresolution을 이용한 DWT로 워터마킹하는 방법을 제시하였다. 그리고 Cox와 Barni 등은 주파수 영역에서 오디오, 비디오와 멀티미디어 등의 데이터에 중요한 계수를 추출해 워터마크를 삽입하는 방법을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 워터마킹 기법, III장에서는 제안된 DCT 기반 워터마크와 양자화 계수를 이용한 디지털 영상 부호화에 대하여 설명한다. IV장에서는 시뮬레이션 및 결과의 특성을 보여준다. 끝으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 워터마킹 기법

1. 영상에서 본 워터마킹

워터마크 기법은 콘텐츠(사진, 영상, 동영상 등)에 사용자의 ID (identification)나 자신만의 정보를 넣음으로써 불법적인 복제를 막고 데이터 소유자의 저작권과 소유권을 효율적으로 보호하기 위한 방법이다.^{[1][2][3][4]}

워터마크가 가져야 할 특성은 콘텐츠에 삽입한 워터마크가 보이지 않아야 하고, 일반적인 콘텐츠 변형으로써 압축, 지역통과필터, 확대, 축소, 회전등을 가해도 워터마크의 특징은 살아있어야 한다. 저작권 보호에 워터마크가 효율적으로 이용되기 위해서는 비가시성 (invisibility), 강인성(robustness), 명확성(unambiguity) 등의 특성을 갖추어야 한다. 비가시성이란 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없어, 워터마크의 삽입여부를 감지하지 못하는 것을 말한다. 강인성은 워터마크를 신호의 중요한 부분에 삽입하여 여러 가지 형태의 변형이나 공격에도 추출이 가능한 것을 말하며, 명확성은 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있도록 정확성을 유지하는 것이다.

디지털 영상의 워터마킹은 크게 두 가지인 공간영역 (spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입한다. 공간영역에서의 워터마킹은 간단한 알고리즘으로 인하여 빠른 수행 시간을 갖는 장점이 있지만, 일반적으로 주파수영역에서의 워터마킹에 비하여 잡음 및 필터링이나 손실 부호화 등에 약하다는 단점이 있다.

공간영역의 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. 그중 Kutter는 특정 위치의 화소 정보를 변화시켜 인접 화소와의 비교로 신호를 검출해 내는 방법 등을 제시하였다. 그러나 이런 공간영역의 방법은 영상의 변형이나 잡음 등의 공격에 약하다는 단점이 있다. 따라서 현재는 공간영역에서의 워터마킹보다 주파수영역에서의 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

주파수영역에서는 공간영역의 취약점을 보완하기 위해 제안되며 FFT(Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 들 수 있다. 영상의 변환을 통하여 중간 대역의 주파수 성분 값에 워터마크를 삽입하는 방법이다. Koch는 영상 분할과 DCT한 후 저주파 성분에 삽입한 방법을 제시하였다. Swanson은 Legge와 Foleg의 콘트라스트 마스크 모델을 이용하여 DCT값을 구한 후 워터마킹하는 방법을 제시하였다. Kundur, Xia와 Hus등은 DCT대신 Multiresolution을 이용한 DWT로 워터마킹하는 방법을 제시하였다. 그리고 Cox와 Barni 등은 주파수 영역에서 오디오, 비디오와 멀티미디어 등의 데이터에 중요한 계수를 추출해 워터마크를 삽입하는 방법을 제시

하였다. Ruanaidh등은 DFT (Discrete Fourier Transform)를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였다.^{[5][6][7][8]}

주파수영역에서의 워터마킹은 FFT, DCT, DWT등으로 변환을 한 다음 주파수 영역의 계수에 워터마크를 삽입하는 과정과 역 변환을 하게 되어 워터마크를 추출하는 과정을 의미한다. 주파수 영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강하다는 특징을 가지고 있다. 또한 주파수영역의 저주파 영역에서는 계수의 변화에 민감한 영향을 받으며 고주파 영역에서는 계수의 변화에 둔감한 영향을 받는 의미를 가지므로 일반적으로 저주파 영역에 워터마크를 삽입을 하는 방법을 많이 사용한다.

워터마크의 삽입을 위해 DCT를 수행하여 원 영상과 워터마크를 주파수영역으로 변환하였으며, DCT는 식(1)과 같이 표현된다. 또한 IDCT 수행으로 주파수 대역별 워터마킹 영상을 얻게 되고 관계식은 다음 식(2)와 같이 표현된다.

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

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

III. 제안한 DCT 기반 워터마크와 양자화 계수를 이용한 디지털 영상 부호화

본 논문에서는 원영상(Original image)의 주파수영역에서 사용하는 변환방법으로 DCT 및 양자화 과정을 진행하였으며, 변환 후에 워터마크의 삽입을 위해 변환 영역을 DC(Direct Current)와 AC(Alternating Current)로 분리하였다. 그리고 워터마크의 삽입 및 추출방법은 널리 알려진 Cox[1]의 방법을 확장하여 각각의 대역에 적용하였다. 워터마크를 부호화하고, 변환된 워터마크(Watermark)에 DCT를 적용하여 얻은 부호화된 워터마크(DCT-based Watermark)를 사용하는 과정을 제안하게 되었다.

1. 워터마크 삽입

사용된 gray-level의 원영상 X 는 $N_1 \times N_2$ 크기로서 다음 식과 같이 표현한다.

$$X = \{ x(i, j), 0 \leq i < N_1, 0 \leq j < N_2 \} \quad (3)$$

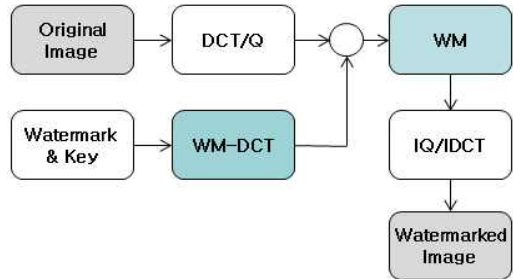
여기서, $x(i, j) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 은 픽셀($x(i, j)$)의 크기이며, L 은 각 픽셀의 비트 수이다. 그리고 X 는 $\delta \times \delta$ 크기의 $(N_1/8) \times (N_2/8)$ 개의 서브영역으로 나누어진다.

얻은 $M_1 \times M_2$ 크기의 gray-level의 워터마크 영상 W 는 다음 식과 같이 표현한다.

$$W = w(i, j), 0 \leq i < M_1, 0 \leq j < M_2 \quad (4)$$

여기서, $w(i, j) \in \{0, 1\}$ 이고, $M_1 = N_1/m$ 이고, $M_2 = N_2/m$ 의 크기로 구성하고, m 은 정수이다.

그림1은 제안한 워터마크의 삽입과정 알고리즘의 기본 구성도이다.



1. 워터마크 삽입과정

Fig. 1. Watermark insert process

워터마크 삽입과정은 다음과 같다.

1. 원영상을 $\delta \times \delta$ 의 블록으로 분리한다.
2. DCT/Q (양자화)를 통하여 부호화 한다.
3. Gray-level 영상의 워터마크 WM & Key 값 결정한다.
4. DCT 기반 워터마크(DCT-based watermark) 추출한다.
5. 부호화된 블록의 양자화 계수(AC)에 Key 값 계산 후 워터마크를 삽입한다.
6. 역 양자화 및 역 DCT 과정을 통하여 워터마킹된 영상(Watermarked Image)을 추출한다.

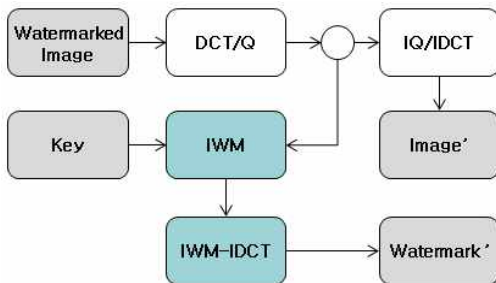
2. 워터마크 추출

워터마크의 역 과정은 그림2와 같다. 압축된 영상을 8×8 의 블록으로 분리하여 DCT와 양자화 계산하고 Key 를 가지고 역으로 계산하여 워터마크 값과 워터마크 결과영상을 추출(Watermark')한다.

워터마크의 추출을 위해서는 원영상과 워터마크가 필요하지 않으며, Key값만 있으면 된다. DC 계수는 일반 다른 계수와는 크기가 다르고 중요하다. AC 계수의 값에 따라 위치 Key값을 가지고 추출한다. AC 계수의 지그재그 스캔 값을 일차원적으로 보면 이웃하는 계수 값들의 차의 크기가 작으므로 부호화시에 데이터 압축 효율을 높일 수 있다. 복호기에서 역 DCT하여 원 영상을 복원할 수 있다. 그림2는 워터마킹된 영상에서 워터마크를 추출하는 역 과정이다.

워터마크 추출 과정은 다음과 같다.

1. 워터마킹된 영상(Watermarked Image)을 8×8 의 블록으로 분리한다.
2. DCT/Q(양자화)를 통하여 계수 값을 얻는다.
3. Key값을 결정한다.
4. Key값을 참고로 역 DCT기반 워터마크(IDCT-based watermark)를 통하여 워터마크(Watermark')를 추출 한다.



2. 워터마크 추출과정
Fig. 2. Watermark extract process

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 실험은 Core i5 3.4GHz, RAM 4.00GB의 Window 7에서 Visual C++를 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 작성하였다. 그리고 $N \times N(256 \times 256)$ 그레이 레벨의 정지 영상과 $n \times n(32 \times 32)$

그레이 레벨의 영상인 워터마크를 사용하여 실험하였다.

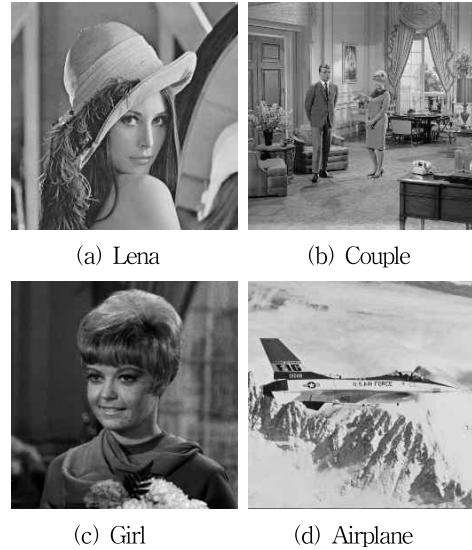


그림 3. 원 영상
Fig. 3. Original image

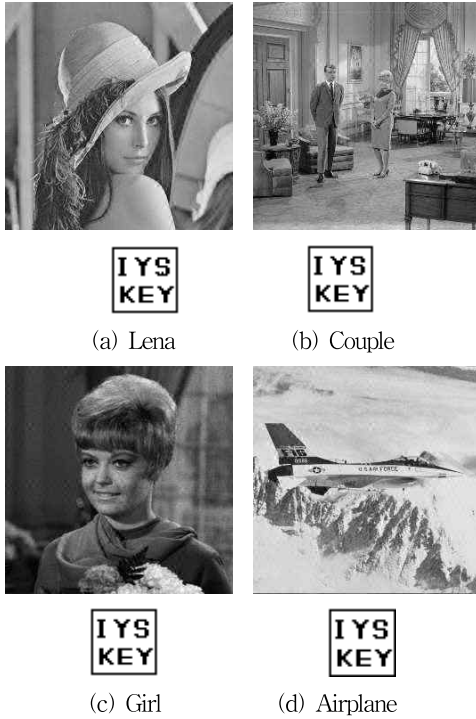
그림 3에서는 모의실험에 사용하게 되는 Lena, Couple, Girl, Airplane 등 4개의 정지 영상을 보여주었다. 워터마킹에서 사용하는 워터마크의 정보는 다음 그림 4와 같이 워터마크 영상 정보를 사용하였다.



그림 4. 워터마크
Fig. 4. Watermark

원 영상에서 DCT와 양자화 계수를 계산하여 얻은 계수와 워터마크 영상의 DCT 통하여 얻은 계수를 얻고, 각 영상의 양자화 계수 부분에 워터마크를 삽입하였다. 부호화 계수의 AC 성분을 이용하여 인간시각으로 지각할 수 없는 위치에 워터마크를 삽입하였다.

그림 5는 원 워터마크와 워터마크가 삽입되어 역과정인 IQ와 IDCT를 통해 얻은 결과이다. 얻은 워터마킹된 영상 Lena, Couple, Girl, Airplane 등 4개의 정지 영상에서 추출하여 얻은 워터마크 결과이다. 또한 추출하여 얻은 워터마크 정보를 얻은 결과이다.



5. 추출된 영상과 워터마크
 Fig. 5. Extracted image and watermark

원영상의 평균 PSNR은 29.88dB이고, 워터마크된 영상의 평균 PSNR은 28.89B, 원 워터마크와 추출된 워터마크의 평균 NC값은 99.98을 얻게 되었다.

표 1. 이미지의 품질(PSNR) 비교
 Table 1. Comparison of image quality (PSNR)

	원영상 PSNR	워터마크된 영상PSNR	NC
Lena	29.9040	28.7107	99.90
Couple	28.7078	28.0713	100.00
Girl	31.4289	30.5986	100.00
Airplane	29.4909	28.1812	100.00

표 1에서는 Lena, Couple, Girl, Airplane 등 4개의 영상 압축 시 얻은 PSNR과 워터마크된 영상의 PSNR을 알려주었다. 그리고 각 양상의 높은 NC를 보여주었다. NC는 원본에 삽입된 워터마크와 추출된 워터마크의 값을 비교하여 얻을 수 있다. 워터마크를 삽입한 영상에서 추출한 워터마크가 원래의 워터마크 데이터와 동일 할 경우에는 정규화 된 유사도는100%가 된다. Lena는 99.9%, Couple, Girl, Airplane은 각각 100%의 NC값을 얻을 수

있었다.

식 (5)는 원 영상의 워터마크와 정규화 상관도 NC (Normalized Correlation)를 계산하였다.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{m \times n} w_i \cdot w_i^{ex}}{\sum_{i=1}^{m \times n} w_i^2} \quad (5)$$

여기서 W_i 는 원 워터마크, W_i^{ex} 는 추출된 후 복호화한 워터마크를 각각 나타내며, $m \times n$ 은 워터마크의 크기를 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 디지털 영상과 DCT 기반으로 워터마크 영상을 부호화하였으며, 일반 워터마크 된 영상보다 화질을 향상시키며 워터마킹 알고리즘의 좋은 결과를 얻을 수 있게 되었다. 이 방법은 영상에 삽입된 영상에 악성코드로 변경되어도 사전에 정보를 구분하여 얻을 수 있다는 장점을 얻게 되었다. 디지털 영상의 저주파 영역에서 DCT 계수를 계산하여 계수의 마지막 영역에 워터마크를 삽입을 통하여 워터마크의 삽입과 추출에 높은 효과를 가질 수 있었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 모든 면에서 향상된 결과를 보여 주었으며, 향후 여러 분야에 적용 가능하다고 판단된다.

References

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia, IEEE Trans. on Image Processing," vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [2] X. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 1, pp. 548-551, 1997.
- [3] I. Cox, M. Miller, and J. Bloom. Digital Watermarking. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2002.
- [4] D. Zheng, Y. Liu, J. Zhao, and A. E. Saddik, "A survey of RST invariant image watermarking

- algorithms,” ACM Computing Surveys, vol. 39, issue 2, no. 5, 2007.
- [5] M. Yesilyurt, Y. Yalman, A. T. Ozcerit, “A New DCT Based Watermarking Method Using Luminance Component,” Elektronika Ir Elektrotechnika, Vol. 19, No. 4, pp. 47-52, 2013.
- [6] Y. S. Im, E. Y. Kang, “MPEG-2 Video Watermarking in Quantized DCT Domain,” The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 11, No. 1, pp.81-86, 2011.
- [7] Ji-in Kim, Jeong-Sig Kim, and Goo-Rak Kwon, “A Robust Watermarking using Quantized AC Coefficients,” Journal of KIIT. Vol. 11, No. 6, pp. 85-90 June 30, 2013.
- [8] Jung, Chan-Suk, Shin, Yong-Tae, “A Study on Verification of Security Threat and Method of Response for Multimedia Broadcasting and Communication Convergence Services,” Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 14, Issue 6, pp. 3032-3042, 2013.

강 은 영(정회원)



커버리, 영상 워터마킹 & QR code 등
 • Email : eykang@dongyang.ac.kr

- 1988년 : 숙명여자대학교 공학사
- 1999년 : 숙명여자대학교 공학석사
- 2008년 : 성균관대학교 공학박사
- 2009년~현재 : 동양미래대학교 전산정보학부 교수
- 주관심분야 : 모바일애드-혹 네트워크, 임베디드소프트웨어, 서비스디스

박 재 표(정회원)



정보미디어기술연구소 전임연구원
 • 2010년 3월~현재 숭실대학교 정보과학대학원 교수
 • 주관심분야 : 컴퓨터통신, 보안 등
 • Email : pjerry@ssu.ac.kr

- 1996년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학부 공학사
- 1998년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 공학석사
- 2004년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 공학박사
- 2008년 9월~2009년 8월 숭실대학교

소개

용 순(중신회원)



• 1988년 : 성균관대학교 공학사
 • 1993년 : 성균관대학교 공학석사
 • 1999년 : 성균관대학교 전자공학과 공학박사
 • 2014년 : 숭실대학교 정보과학대학원 정보보안학과
 • 2000년~현재 : 한국인터넷방송통신학회 부회장
 • 1998년~현재 국제대학교 IT계열 부교수
 • 주관심분야 : 영상압축부호화, 영상워터마킹 & QR code, 정보보안, 모바일앱&보안 등
 • Email : ysim@kookje.ac.kr

- 1988년 : 성균관대학교 공학사
- 1993년 : 성균관대학교 공학석사
- 1999년 : 성균관대학교 전자공학과 공학박사
- 2014년 : 숭실대학교 정보과학대학원 정보보안학과
- 2000년~현재 : 한국인터넷방송통신학회 부회장