

고압축 JPEG 영상을 위한 블록킹 현상 제거

준회원 진순종*, 정회원 김원기*, 정제창*

Removing the Blocking Artifacts for Highly Compressed JPEG Images

Soonjong Jin* *Associate Member*, Wonki Kim*, Jechang Jeong* *Regular Members*

요약

현재 정지 영상 압축에 가장 많이 쓰이고 있는 JPEG 부호기는 블록 단위의 이산 여현 변환과 양자화 과정을 이용한다. 이러한 JPEG 부호화 방식은 다른 정지 영상 부호화 방식에 비해서 상당히 우수한 압축 효율을 나타내지만 저 비트율에서 정지 영상을 부호화 할 경우 거친 양자화 과정으로 인해 블록내의 고주파 성분 계수들을 잃기 때문에 복호했을 때 블록 단위로 블록킹 현상이 발생한다. 본 논문에서는 높은 압축율로 정지 영상을 JPEG 부호화 하였을 때 발생하는 블록킹 현상을 간단하게 제거하는 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 블록의 경계에서 나타나는 블록킹 현상을 4×4 블록 단위의 DCT 도메인에서 효율적으로 제거하는 방법으로 먼저 블록 경계에서 나타나는 블록킹 현상의 특징을 DCT 도메인에서 관찰하고, 그 후에 4×4 블록 단위의 효과적인 필터링 방법을 이용하여 블록킹 현상을 제거한다. 실험 결과에서는 다른 알고리즘에 비해서 제안하는 알고리즘의 객관적이고 주관적인 화질의 우수함을 보인다.

key Words : Artifacts, JPEG, De-blocking, Image, Image Enhancement.

ABSTRACT

Nowadays JPEG encoder uses block based DCT and quantization to compress the size of still image. JPEG encoding method performs better compression efficiency than the other still image encoding method. However, when encoding a still image at low bit-rate, high frequency coefficients could be lost because of the coarse quantization so the blocking artifacts occur. In this paper, we propose the method of eliminating the blocking artifacts which occur when the still image is encoded by JPEG at a high compression rate. The principle of proposed algorithm is that the eliminating the blocking artifacts, which occur in the boundary of blocks, in DCT domain with 4×4 block-based method. First of all, observe the blocking artifacts with 4×4 block in DCT domain. Then eliminate the blocking effects using effective filtering method that is 4×4 block-based. Experimental results have clearly shown that our algorithm presents substantially higher quality in subjective and objective point of view than the other algorithms.

I. 서론

영상 부호화 관련 표준으로는 먼저 영상 회의 및 영상 전화용의 H.261 표준 개발을 시작으로 정지

영상 부호화를 위한 표준 방식인 JPEG(joint photographic coding experts group)과 통신 방송용으로 이용될 수 있는 동영상 압축 방식인 MPEG (Moving Picture Experts Group) 등이 완성되었다.

※ 본 논문은 정보통신부의 출연금으로 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 수행결과입니다.

* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신및신호처리연구실 (Soonjong.Jin@gmail.com)

논문번호 : KICS2006-05-237, 접수일자 : 2006년 5월 27일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 18일

[1] 이러한 정지 영상이나 동영상을 위한 압축 표준들은 모두 영상 데이터의 공간적 상관성을 제거하기 위한 방식으로 이산 여현 변환(Discrete Cosine Transform; DCT)을 사용하고 있다. MSE (Mean Square Error)의 관점에서 최적화된 압축 기법으로 알려진 변환은 Karhunen-Loeve 변환 기법이지만 DCT는 에너지 집중 특성이나 상관 관계를 최소화하는 특성이 최적의 Karhunen-Loeve 변환 기법에 가장 근접하다고 알려져 있어서 압축 효율이 뛰어난 것 뿐만 아니라 고속 알고리즘이 존재하기 때문에 처리 시간의 단축이 가능하다.

그러나 DCT와 양자화 기술을 이용하여 영상 데이터를 압축할 경우 압축률이 낮은 경우에는 복원된 영상의 화질 열화가 거의 눈에 띄지 않지만 압축률이 높은 경우에는 블록 경계에서 불연속성이 마치 타일을 깔 것처럼 규칙적으로 나타나는 화질 열화 즉 블록킹 현상이 발생한다.[2] 그림 1은 원본 영상을, 그림 2는 원본 영상을 높은 압축률로 압축한 경우를 각각 나타낸다.



그림 1. 원본 영상(113250 바이트, 24bpp, 1:1 압축)

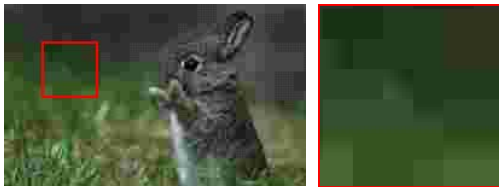


그림 2. 높은 압축률로 압축한 경우(1940 바이트, 0.41bpp, 1:58.4 압축)

동일 위치의 블록을 확대한 오른쪽 그림의 경우에 있어서 그림 1의 원본 영상에 비해 그림 2의 높은 압축률로 압축된 경우에 규칙적으로 나타나는 화질 열화인 블록킹 현상(Blocking Artifacts)을 쉽게 확인할 수 있다. 이러한 블록킹 현상은 특히 영상의 복잡한 영역 보다는 평탄한 영역에서 쉽게 감지되며 이 역시 그림 2에서 확인할 수 있다.

II. 제안하는 알고리즘

먼저 블록킹 현상의 특징을 4×4 블록 단위의 DCT 도메인에서 관찰하고 블록킹 현상을 판단하는 기준을 마련한다. 그런 다음 제안 하는 알고리즘에서 블록킹 현상이 생긴 블록의 DCT 계수들에 대해서 최적의 DCT 계수를 예측한다. 이러한 방법을 통해서 4×4 블록 단위로 블록킹 현상을 제거한다. 제안하는 알고리즘은 수직 방향과 수평 방향에 각각 적용하여 디블록킹 알고리즘을 수행한다.

2.1 블록킹 현상의 특징

그림 3의 왼쪽에 있는 굵은 선으로 나타낸 A 블록과 B 블록은 각각 8×8 블록을 나타내며 평탄한 영역인 A 블록과 B 블록 사이에서 블록킹 현상이 나타났다고 가정한다. 이 경우 오른쪽 그림처럼 8×8 단위의 A 블록에 해당하는 4×4단위의 a 블록과 8×8 단위의 B 블록에 해당하는 4×4단위의 b 블록과 그 경계에 있는 4×4단위의 c 블록으로 나타낼 수 있다. 여기서 a 블록의 전체 픽셀은 a값을 가지며 b 블록의 전체 픽셀 b값을 가진다고 가정한다.

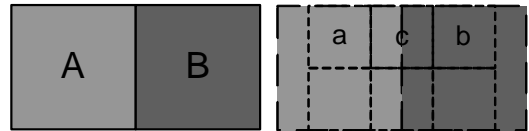


그림 3. 블록킹 현상에 대한 모델링

블록 a와 b는 DCT 도메인에서 DC 계수(각각 4a, 4b)만을 제외하고 나머지 15개의 AC 계수들은 모두 0이 된다. 그러나 c블록은 블록 a나 b와는 다른데 c블록을 DCT 도메인으로 옮겨보면 다음과 같다.(N=4)

$$F_c(u, v) = C_u C_v \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 f(k, l) \cos \frac{(2k+1)u\pi}{8} \cos \frac{(2l+1)v\pi}{8} \quad (1)$$

또한 식 (1)은 DCT의 분리 특성(Separability)으로 인해 식 (2)처럼 표현될 수 있다.

$$F_c(u, v) = C_u C_v \sum_{l=0}^3 f(k, l) \cos \frac{(2l+1)v\pi}{8} \sum_{k=0}^3 \cos \frac{(2k+1)u\pi}{8} \quad (2)$$

식 (2)에서 만약 $u \neq 0$ 이면 식 (1)의 뒷부분에 있는 $\sum_{k=0}^{N-1} \cos \frac{(2k+1)u\pi}{2N}$ 는 0이 된다. 즉 DCT 도메인에

서의 계수 $F_c(u, v)$ 는 0이 된다. 만약 $u=0$ 이면 $\sum_{k=0}^{N-1} \cos \frac{(2k+1)u\pi}{2N}$ 는 4가 되고 C_u 는 1/2이 되어 식 (2)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$F_c(0, v) = 2C_v \sum_{l=0}^3 f(k, l) \cos \frac{(2l+1)v\pi}{8} \quad (3)$$

여기서 c 블록은 l 이 0, 1일 때는 a값을, l 이 2, 3 일 때는 b값을 갖는다. 따라서 식 (3)은 풀어 쓰면 식 (4)처럼 쓸 수 있으며 식 (4)에서 v 는 DCT 도메인에서 공간 좌표를 의미한다.

$$F_c(u, v) = 2C_v \left(a \cos \frac{v\pi}{8} + a \cos \frac{3v\pi}{8} + b \cos \frac{5v\pi}{8} + b \cos \frac{7v\pi}{8} \right) \quad (4)$$

식 (4)에서 v 가 0~3까지 변화 할 때 $F_c(u, v)$ 는 각각, $2(a+b)$, $2\cos \frac{\pi}{8}(a-b)$, 0 , $-2\cos \frac{3\pi}{8}(a-b)$ 의 값을 가진다.

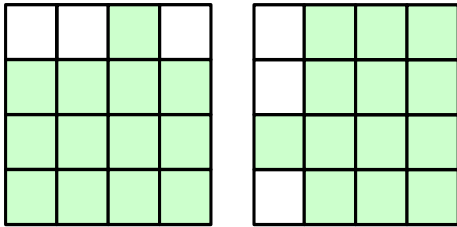


그림 4. DCT 도메인에서 0의 위치

그림 4의 왼쪽 4×4블록에서 표시된 부분은 그림 3처럼 블록 c 가 가로 방향으로 블록킹 현상이 생겼을 때 DCT 도메인에서 4×4개의 계수에서 0의 위치를 나타내며 오른쪽 4×4 블록에서 표시된 부분은 블록 c 에 세로 방향으로 블록킹 현상이 생겼을 때 DCT 도메인에서 4×4 개의 계수에서 0의 위치를 나타낸다.

2.2 제안하는 알고리즘

2.2.1 정의

각각의 4×4 블록 a , b , c 에 해당하는 DCT 변환 계수들을 각각 $F_a(u, v)$, $F_b(u, v)$, 그리고 $F_c(u, v)$ 라고 정의한다. 여기서 u , v 는 DCT 도메인에서의 공간 좌표를 의미하며 특히 $u=0$, $v=0$

일때 DC 계수를 의미한다. 또한 α 라는 상수를 정의하는데 여기서 $\alpha = \left(\frac{F_a(0,0) - F_b(0,0)}{4} \right)$ 로 나타낸다. 또한 $SumA$ 와 $SumB$ 를 정의하는데 이 각각은 그림 5에 표시된 계수들의 절대합을 나타낸다. 이러한 상수 $SumA$ 와 $SumB$ 는 해당 블록의 변화가 어느 정도 있는지를 나타내며 $SumA$ 와 $SumB$ 가 0에 가까울수록 블록의 경계에 블록킹 현상이 크다는 것을 의미한다.

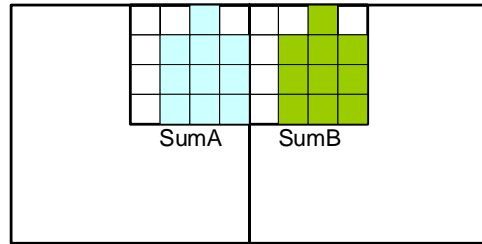


그림 5. SumA와 SumB의 정의

수평 블록간 디블록킹 현상에 있어서, 블록 a 와 b 가 평탄한 영역일 경우에 DCT 도메인에서 $F_a(0,0) = 4a$, $F_b(0,0) = 4b$ 를 가지며 나머지 u , v 에 대해서는 거의 0의 값을 갖는다. 즉 $\sum_{u=1}^{N-1} \sum_{v=1}^{N-1} |F_{a \text{ or } b}(u, v)|$ 의 값은 0이거나 0에 아주 가까운 값이 된다. 또한 c 블록의 경우에도 v 가 0~3까지 변화할 때 $F_c(u, v)$ 는 각각 $2(a+b)$, $2\cos \frac{\pi}{8}(a-b)$, 0 , $-2\cos \frac{3\pi}{8}(a-b)$ 의 값을 가지며 나머지 주파수 성분은 0이 된다.

2.2.2 블록킹 현상의 제거

블록킹 현상인지 아닌지를 판단하기 위해서 식 (5)의 조건을 확인한다.

$$\begin{aligned} & \text{a. } |F_a(0,0) - F_b(0,0)| < TH_DC \\ & \text{b. } SumA < TH_AC \\ & \text{c. } SumB < TH_AC \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)의 a 조건식을 만족할 때 평탄한 영역에서 블록킹 현상이 심하기 때문에 블록킹 현상으로 판단한다. 또한 식 (5)의 b와 c를 만족해야만 블록의 경계가 평탄하다고 판단할 수 있다. 따라서 식 (5)를 만족할 경우에는 블록킹 현상이라고 판단하고

다음과 같이 처리한다.

$$\begin{aligned}
 F_c(0,0) &= D_0F_c(0,0)+D_1(F_a(0,0)+F_b(0,0)) \\
 F_c(0,1) &= A_1F_c(0,1) \\
 F_c(0,2) &= 0 \\
 F_c(0,3) &= A_3F_c(0,3) \\
 F_a(0,0) &= F_a(0,0)-C_0\alpha \\
 F_a(0,1) &= F_a(0,1)+C_1\alpha \\
 F_a(0,2) &= F_a(0,2)-C_2\alpha \\
 F_a(0,3) &= F_a(0,3)+C_3\alpha \\
 F_b(0,0) &= F_b(0,0)+C_0\alpha \\
 F_b(0,1) &= F_b(0,1)+C_1\alpha \\
 F_b(0,2) &= F_b(0,2)+C_2\alpha \\
 F_b(0,3) &= F_b(0,3)+C_3\alpha
 \end{aligned} \tag{6}$$

식 (6)에 각각의 DCT 계수들을 앞에서 정의한 $F_a(0,0)$, $F_b(0,0)$, $F_c(0,0)$, 그리고 α 의 식으로 정리했다. A_1 , A_3 , C_0 , C_1 , C_2 , C_3 , D_0 , D_1 는 블록 c 가 계단 함수(Step Function)에서 1차 함수(1st order function)로 바뀌는 계수들이며 상수이다. 실험에 사용한 각각의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 0.3448, A_3 = -0.0588, C_0 = 1, C_1 = 0.18667, \\
 C_2 &= 0.14285, C_3 = 0.07731, D_0 = 0.6, D_1 = 0.2
 \end{aligned}$$

2.3 조건식의 경계값 결정

식 (5)에 쓰인 TH_DC 와 TH_AC 는 블록킹 현상의 유무를 판단하기 위해 아주 중요한 경계값이 된다. 이 값들은 영상에 의존적이며 따라서 그러한 변화에 맞게 경계값을 수정해야 한다. 식 (7)은 처음 영상의 특성을 알도록 TH_DC 와 TH_AC 를 고쳐나가는 과정을 설명한다.

$$\begin{aligned}
 TH_AC &= TH_AC_1st \\
 \text{if}(|F_a(0,0)-F_b(0,0)| > TH_00) \\
 TH_DC &= \frac{TH_DC+|F_a(0,0)-F_b(0,0)|}{2} \\
 TH_AC &= TH_AC_2nd
 \end{aligned} \tag{7}$$

처음 TH_DC 값은 TH_00 으로 정해진 상수값이다. 블록 경계를 기점으로 좌우의 블록의 DC 계수의 값들의 차이가 크다면 TH_DC 값을 점진적으로 키워줘야 할 것이며 TH_AC 의 값보다는 TH_DC 값이 더 블록킹 현상을 판단하는데 중요

해진다. 따라서 블록의 DC 계수의 값들의 차이인 $|F_a(0,0)-F_b(0,0)|$ 의 값에 따라서 TH_DC 와 TH_AC 를 선택하게 하므로 고정적인 상수 값을 이용하는 것보다 더 블록킹 현상의 제거에 있어서 유연하게 된다. 제안된 실험에서는 처음 기준인 TH_00 값은 87.5를 이용했고 TH_AC_1st 는 0.5를 TH_AC_2nd 는 1.0으로 사용했다.

III. 실험 결과

높은 비트율로 압축된 JPEG 영상의 블록킹 현상을 제거하기 위해 제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 사용된 영상은 다음과 같다.



그림 6. 평가에 사용된 원본 영상(Lena)

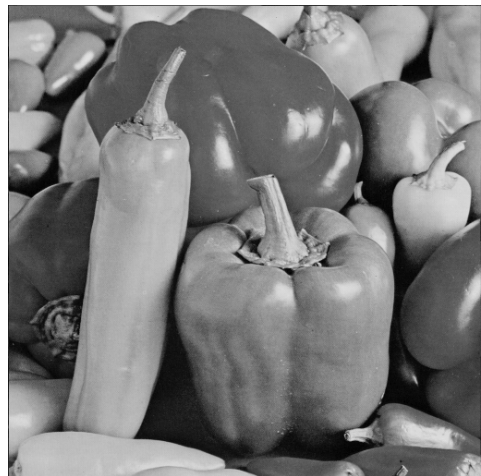


그림 7. 평가에 사용된 원본 영상(Pepper)

평가에 사용된 원본 영상은 그림 6과 그림 7에 보이는, 테스트 영상으로 잘 알려진 Lena와 Pepper 영상을 이용하였으며 둘 다 512×512 사이즈의 Gray 영상이다. (262144 bytes)

실험을 위해 그림 6과 그림 7에 보이는 원본 영상을 JPEG 으로 압축하였으며 그림 8과 그림 9에 보여주고 있다. Lena 영상은 7095 bytes, Pepper 영상은 7162 bytes로 각각 압축 하였으며 압축률은 각각 1:36.95 (0.217 bpp)와 1:36.60 (0.219 bpp)이다



그림 8. 평가에 사용된 JPEG으로 압축된 영상(Lena)

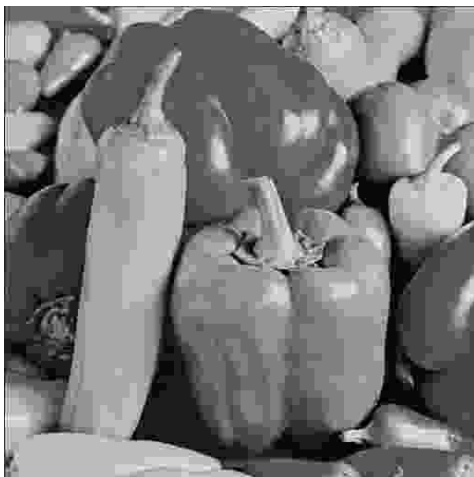


그림 9. 평가에 사용된 JPEG으로 압축된 영상(Pepper)

Lena 영상의 경우 그림 10과 그림 11을 비교해 보면 최근에 제안된 Luo의 방법[3]보다 주관적인 화질이 뛰어난 것을 알 수 있다. 특히 평탄한 영역에 있어서 상당히 알고리즘이 우수함을 쉽게 확인할

수 있다. 비교를 쉽게 하기 위해서 그림 12를 보면 a와 d는 JPEG으로 압축된 영상으로 쉽게 블록킹 현상을 확인할 수 있다. b와 e는 제안된 알고리즘의 결과이며 c와 f는 Luo의 결과 영상이다.



그림 10. 제안된 알고리즘의 결과(Lena)



그림 11. Luo의 알고리즘의 결과(Lena)

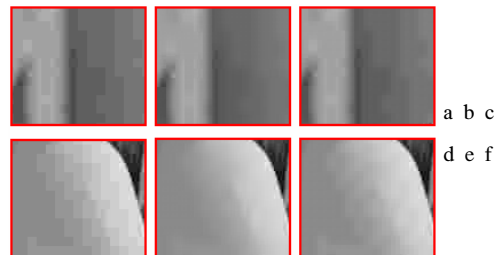


그림 12. Lena 영상의 특정 부분 화질 비교

Pepper 영상의 경우 제안된 알고리즘의 우수함이 두드러지게 나타난다. 특히 문턱값을 고정된 상수로 하지 않고 필요에 따라 업데이트를 시키므로 블록킹 현상의 차이가 큰 블록 간에도 잘 적용되는 것을 확인할 수 있다. Pepper 영상 역시 비교를 쉽게 하기 위해서 그림 15에 JPEG으로 압축된 영상과 제안된 알고리즘의 결과 영상, 그리고 Luo의 알고리즘 결과의 영상을 특정 부분 비교해 놓았다.



그림 13. 제안된 알고리즘의 결과(Pepper)



그림 14. Luo의 알고리즘의 결과(Pepper)

그림 15을 살펴보면 JPEG으로 압축된 영상인 a와 d의 부분 영상이 비해 Luo의 알고리즘인 c와 f의 영상이 주관적으로 화질이 향상된 것을 볼 수 있지만 Luo의 알고리즘보다 제안된 알고리즘의 결과인 b와 e의 부분 영상에서 더욱더 두드러진 화질 향상을 볼 수 있다. 이러한 주관적 화질 측면에서의

두드러진 향상에 더불어 객관적인 화질의 향상도 표 1에서 볼 수 있다. 각각의 PSNR은 그림 8과 그림 9에 있는 실험에 사용된 원본 영상과 각각의 알고리즘을 적용한 후의 결과 영상을 비교한 값이며 [dB] 단위로 나타낸다.

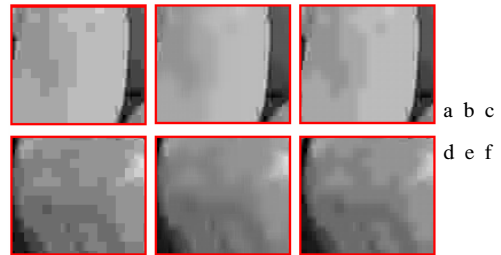


그림 15. Pepper 영상의 특정 부분 화질 비교

표 1. 실험 영상에 대한 객관적 화질 비교(PSNR [dB])

분류	JPEG 영상	제안된 알고리즘	Luo의 알고리즘
Lena	29.9396	30.1424	30.0380
Pepper	27.1775	27.7450	27.6715

IV. 결론

본 논문에서는 블록의 경계에서 나타나는 블록킹 현상의 특성을 DCT 도메인에서 효율적으로 제거하는 방법을 제안하였다. 먼저 블록 경계에서 나타나는 블록킹 현상을 4×4 블록 단위의 DCT 도메인에서 관찰하고, 그 후에 4×4 블록 단위의 효과적인 필터링 방법을 이용하여 블록킹 현상을 제거한다. 제안된 알고리즘은 주관적인 화질과 객관적인 화질 측면에 있어서 상당히 우수함을 알 수 있으며 특히 평탄한 영역에서 큰 화질 향상을 가져온다. 따라서 저비트율에서 압축된 JPEG 영상에 대한 화질 향상에 상당 부분 기여할 수 있을 것이다.

참고 문헌

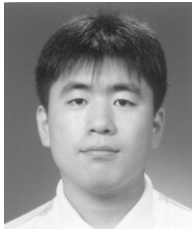
- [1] 정제창, 그림으로 보는 최신 MPEG, 교보문고, 1995.
- [2] A. Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking artifacts in transform image coding," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 2, no.

1, pp. 91-95, Mar. 1992.

[3] Y. Luo, and R. K. Ward, "Removing the Blocking Artifacts of Block-Based DCT Compressed Images," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 12, No. 7, July. 2003.

진 순 종 (Soonjong Jin)

준회원



질 개선

2004년 2월 : 한양대학교 전자 컴퓨터공학부 졸업
2006년 3월 : 한양대학교 전자 통신컴퓨터공학과 석사
2006년 3월~현재 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> 영상압축, H.264, 화

김 원 기 (Wonki Kim)

정회원



2000년 8월 : 한양대학교 전기 전자컴퓨터공학부 졸업
2003년 2월 : 한양대학교 전자 통신전파공학과 석사
2003년 3월~현재 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
<관심분야> 영상통신, 영상처리, 디지털 방송

정 제 창 (Jechang Jeong)

정회원



1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
1982년 2월 : KAIST 전기전자공학과 석사
1990년 : 미국 미시간대학 전기공학과 공학박사
1980~1986 : KBS 기술연구소 연구원 (디지털 TV 및 뉴미디어 연구)
1990~1991 : 미국 미시간대학 전기공학과 연구교수 (영상 및 신호처리 연구)
1991~1995 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)
1995~현재 : 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수 (영상통신 및 신호처리 연구실)
1998년 11월 27일 : 과학기술자상 수상
1998년 12월 31일 : 정보통신부장관상 표창
<관심분야> 영상처리 및 영상압축