
H.264 인트라 프레임에서 방해함수를 이용한 적응적 보간

Adaptive Interpolation for Intra Frames in H.264 Using Interference Function

박미선, 유재명, Nguyen Dinh Toan, 김지수, 손화정, 이귀상
전남대학교 전산학과

Mi-Seon Park(sunnydix@hanmail.net), Jae-Myeong Yoo(jmyoo@oracle.chonnam.ac.kr),
Nguyen Dinh Toan(toanhoian@gmail.com), Ji-Soo Kim(kimjisoo@iip.chonnam.ac.kr),
Hwa-Jeong Son(songhj@iip.chonnam.ac.kr), Guee-Sang Lee(gslee@chonnam.ac.kr)

요약

H.264의 인트라 프레임 에러복원기법은 상하좌우 인접한 블록의 픽셀을 사용하여 거리의 가중치 평균 값으로 손실된 블록을 복원한다. H.264의 인트라 프레임 에러복원기법은 주변블록 픽셀의 간단한 평균값을 이용하여 복원하므로 심각한 블러링 현상이 발생하고 화질 저하의 문제를 야기한다. 이를 개선하기 위하여 본 논문에서는 주변블록의 픽셀 정보를 이용하여 손실된 블록의 주된 에지 방향을 추정하고, 통계값을 이용한 방해함수의 결과 값으로 에지방향 기반의 보간법과 가중치 평균 보간법을 적응적으로 선택하여 복원하는 방법을 제안한다. 에지방향 기반의 보간법에서는 선택된 주된 에지방향과 상하좌우 각각의 주변블록의 에지방향들 간의 상호관계를 고려함으로써 최종적으로 최적 에지방향을 선택하여 성능을 향상시킨다. 제안된 방법은 영상에 따라 H.264 에러복원기법보다 객관적인 화질이 0.5~2.0dB 정도의 PSNR 향상을 보였다.

■ 중심어 : | 인트라 프레임 에러복원 | H.264 | 적응적 보간 |

Abstract

Error Concealment method for Intra frames in H.264 reconstructs the lost block by computing weighted average value of the boundary pixels of the neighboring blocks: up, bottom, left and right blocks. However a simple average of pixel values of the neighboring blocks for Intra frames in H.264 leads to excessive blurring and degrades the picture quality severely. To solve this problem, in this paper we estimate the dominant edge of lost block using the pixel values of the neighboring blocks and reconstruct the pixel values by choosing adaptive interpolation between directional interpolation and weighted average interpolation considering the result value of the interference function based on statistics. Finally directional interpolation method improves by determining the dominant edge direction considering the relation of the dominant edge and the edges of neighboring blocks. Experiments show improvement of picture quality of about 0.5 ~ 2.0 dB compared with the method of H.264.

■ keyword : | Intra Frames Error Concealment | H.264 | Adaptive Interpolation |

* 본 연구는 FTTH기반 개인인터넷 방송 기술 및 e-Learning 시스템 개발 연구과제(한국전자통신연구원)로 수행되었습니다.

접수번호 : #060922-002

심사완료일 : 2006년 10월 12일

접수일자 : 2006년 09월 22일

교신저자 : 박미선, e-mail : sunnydix@hanmail.net

I. 서론

최근 정보통신기술과 컴퓨터 기술의 발전으로 정지 영상이나 동영상 같은 멀티미디어 데이터가 기하급수적으로 증가하고 있다. 그로 인해 멀티미디어 데이터의 높은 품질, 높은 신뢰성이 요구되고 디지털 TV뿐만 아니라 인터넷이나 휴대폰 등에서도 그 중요성이 점차 늘어나고 있다. 가장 새로운 동영상 표준인 H.264는 가장 유력한 비디오 영상 압축 표준으로 자리를 잡아가고 있으며[7], 기존의 동영상 표준보다 높은 압축효율을 제공하고 있다.

H.264 비디오 압축방법[1][3][6][8]은 주로 블록단위의 움직임 보상을 이용하여 시간적인 중복을 제거하는 방법을 사용하고 있으며, 공간적인 중복을 줄이기 위한 방법으로는 정수 DCT변환을 활용한다. 그러나 우수한 성능을 제공하기 위해 다양한 기법을 사용함으로써 인하여 더욱더 채널 에러[4]에 민감한 단점이 있으며, 이에 대처하기 위하여 다양한 에러 은닉기법들이 제시되었다[2][5][9][10]. 일반적인 에러 은닉방법에는 인트라 프레임에서의 공간적 에러은닉과 인터프레임에서의 시간적인 에러은닉 방법을 들 수 있다. 공간적인 에러은닉을 위해서는 블록의 경계 픽셀의 값을 이용하여 손실된 블록 내부의 값을 복원하는 방법이 주로 사용되며, 가중치를 사용한 선형보간법이 가장 자주 사용되었다. 그러나 이는 영상의 흐려짐을 가져오게 되며, 따라서 영상은 심각하게 왜곡될 수밖에 없는 단점을 가지고 있다. 시간적인 에러은닉으로는 BMA (Boundary Matching Algorithm) 기법을 사용한 움직임 벡터 복원 방법이 가장 많이 사용된다.

본 논문에서는 영상에서의 에지 성분을 고려하여 방향성을 추출하며 이를 공간적인 에러은닉에 적용하는 적응적인 방법을 제시한다. 단순한 가중치를 적용한 선형보간법을 사용하는 대신 방향적인 보간[9][10]을 사용하며 이는 손실블록의 주변 블록에서의 방향성을 고려하여 적응적으로 선택되어 은닉을 수행한다.

II장에서는 H.264의 기존 에러은닉기법에 대해 기술하고 III장은 제안한 에러은닉기법을 설명한다. IV장에서는 실험결과를 통하여 기존의 은닉기법과 제안한 방

법을 비교하고 V장에서는 결론을 내린다.

II. H.264에서의 공간적인 에러은닉 방법

1. 가중치 평균 픽셀 보간법

H.264는 인트라 프레임의 손실된 16x16 매크로블록(MB : macro-block)을 가중치 평균 픽셀 보간법에 의해 복원한다. 각각의 손실된 MB에 대하여 상하좌우 MB가 디코딩되었는지를 체크하고, 식 (1)과 같이 해당 픽셀을 복원한다.

$$\bar{Y}(x, y) = \frac{\sum_{n=1}^4 Y^n \times [15 - d_n]}{\sum_{n=1}^4 d_n} \quad (1)$$

여기서 \bar{Y} 는 복원된 픽셀 값, Y^1, Y^2, Y^3, Y^4 은 상하좌우 주변 블록의 경계에 있는 픽셀 값, d_1, d_2, d_3, d_4 는 복원 픽셀 \bar{Y} 와 주변블록의 픽셀 Y^1, Y^2, Y^3, Y^4 까지 이르는 거리 값을 의미한다. [그림 1]에 공간적인 상관성을 나타내었다.

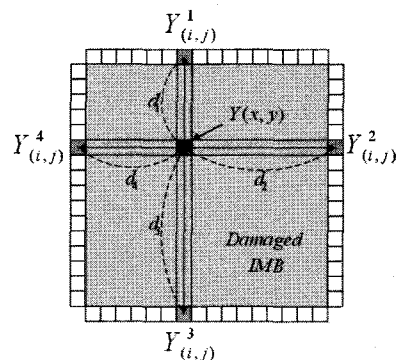


그림 1. H.264의 가중치 평균 픽셀 보간법

가중치 평균 픽셀 보간법은 주변블록이 최소 2개 이상 디코딩 되었을 때 수행하며, 2개 미만일 경우에는 에러를 복원하지 않는다.

2. 에지방향 픽셀 보간법

[9][10]에서는 단순한 선형 보간법에 의한 픽셀 복원의 단점을 방지하기 위한 방법으로 에지방향을 기반으로 한 보간법을 제시하였다. 픽셀복원은 식 (2)에 의해 에지방향에 따라 이루어지며, \tilde{Y} 는 복원할 픽셀, $Y_{(i,j)}^{D_1}$ 와 $Y_{(i,j)}^{D_2}$ 는 에지방향에 따라 선택되는 주변블록의 픽셀, D_1 과 D_2 는 각각의 거리를 나타낸다.

$$\tilde{Y}(x, y) = \left(\frac{D_2}{D_1+D_2}\right) \times Y_{(i,j)}^{D_1} + \left(\frac{D_1}{D_1+D_2}\right) \times Y_{(i,j)}^{D_2} \quad (2)$$

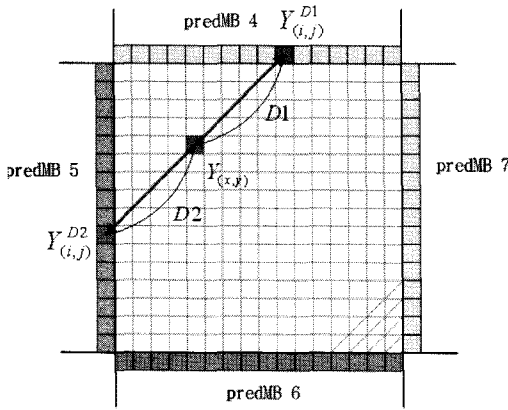


그림 2. 에지 방향 보간

그러나 이 방법은 주변 블록의 방향성을 정확히 산정해야 하는 어려움이 있으며, 만일 정확한 에지 검출이 어렵거나 잘못된 에지 방향이 설정된 경우에는 오히려 좌우 방향의 단순한 선형보간 보다도 더 성능이 저하되는 단점을 갖게 된다. 따라서 주변블록의 상황을 고려하지 않고 확률적으로 방향적인 보간법을 적용하는 것은 화질저하의 결과를 가져올 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 주변블록의 방향성에 대한 신뢰도를 측정하여 이에 따라 적응적으로 보간법을 선택하는 적응적인 보간법을 제시한다.

III. 제안 알고리즘

1. 손실 MB의 방향성 추정

손실 MB의 방향성을 추정하기 위해 먼저 [그림 3]과 같이 상하좌우 주변MB의 서브블록을 설정한다. 주변 MB가 정상적인 디코딩의 결과로 존재하는 경우에 대하여 Up MB와 Down MB는 손실 MB와 인접한 16x8 크기의 블록을 선택하고, Left MB와 Right MB는 8x16 크기의 블록을 선택한다.

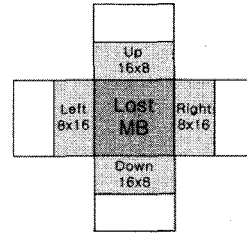


그림 3. 손실 MB의 에지 추정을 위한 주변 MB 선택

주변 MB의 16x8, 8x16 블록의 에지 성분을 이용하여 손실 MB의 에지를 추정하는데, 에지를 검출하는 방법으로 Gradient Filter를 사용한다. 주변 MB 블록에 식 (3)의 Prewitt 마스크 G_x , G_y 을 씌운다[1].

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, G_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

마스크를 씌운 결과 값 R_x , R_y 으로 식 (4) 과 식 (5) 에 의해 에지의 크기와 방향을 구한다.

$$\text{에지 크기}(M) = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (4)$$

$$\text{에지 방향}(D) = \arctan\left(\frac{R_y}{R_x}\right) \quad (5)$$

Up MB 16x8, Left MB 8x16, Down MB 16x8, Right MB 8x16 서브 블록에 대해 얻어진 에지 방향(D)를 [그림 4]와 같이 8가지 방향으로 구간화하고 8가지 방향에 대해 빈도수와 각각의 에지 크기(M)를 카운트한다.

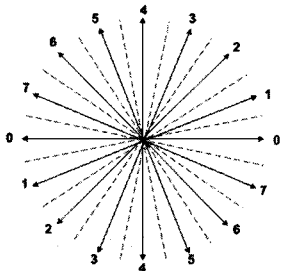


그림 4. 에지 분류를 위한 8가지 방향

0번 방향부터 7번 방향까지 에지를 카운트한 결과 값 중에서 빈도수와 크기가 큰 에지를 가장 영향력이 큰 에지로 간주하고 이를 최적에지(BestDir)로 선택한다.

2. 방해함수

BestDir은 가장 빈도수가 높은 주된 에지 방향이지만, BestDir이 다른 에지 방향의 빈도수보다 강하지 않은 경우 즉, 8 가지 에지 방향이 비슷하게 존재할 때에는 에지방향에 따른 보간법으로 복원하면 화질 저하의 결과를 가져온다. 이를 개선하기 위해 8가지 에지 방향의 카운트를 한 통계치 기반의 방해함수를 통해 BestDir의 신뢰도를 측정하여 적응적으로 보간법을 선택하여 복원하도록 한다. 이 때, 방해함수 $F(d=BestDir)$ 는 식 (6) 과 같이 구하며 여기에 이용하 는 여러 가지 방향성에 대한 가중치는 [그림 5]에 나타 나 있다. 식 (6)에서 f_i 는 에지 0번 방향부터 7번 방향 의 빈도수×크기 값을 각각 카운트한 결과 값을 나타내 며, w_i 는 [그림 5]와 같이 { 0.75, 0.5, 0.25, 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1} 의 가중치 집합의 i 번째 원소이다. 여기서 w_i 는 0부터 1까지 선형적으로 구간을 동일하게 나누어 결 정 된다. 방해함수 $F(d=BestDir)$ 의 BestDir은 [그림 4]의 에지 분류 방향에 따라 결정된 최적에지이다. 먼저 빈도수가 가장 많은 경우를 [그림 4]의 3번 방향이라 가 정하면 7번 방향은 정확히 직각을 이루기 때문에 BestDir에 대해 가장 방해요소가 강하다고 말할 수 있 다. 따라서 현재 BestDir인 3번 방향에서의 방해함수 상수를 0로 하고 직각을 이루는 7번 방향의 경우의 방 해함수 가중치를 1로 두어 그 사이의 방향에 대해서는

균일 분포에 따라 설정된 가중치가 적용된다. 따라서 BestDir 3번 방향에 인접한 2번과 4번 방향의 방해함수 가중치는 0.25, 1번과 5번은 0.5, 그리고 0번 방향과 6번 방향은 0.75로 설정한다.

$$F(d=BestDir) = \frac{\sum_{i=0}^7 f_i \times w_i}{\sum_{i=0}^7 f_i} \quad (6)$$

$d \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

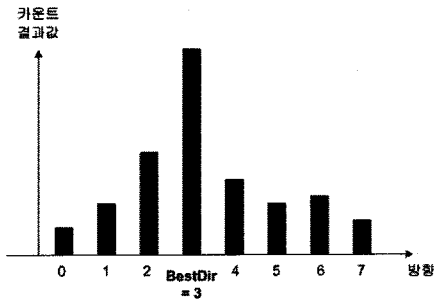


그림 5. BestDir=3의 방해함수를 위한 그래프의 예

3. 적응적인 보간 적용 방법

$F(d=BestDir)$ 과 임계값(T)을 비교하여 에지방향 보간법과 기존 H264 방법인 가중치 평균 보간법 중 에서 선택하여 손실 MB를 복원한다. [그림 6(a)]의 경 우에는 BestDir의 성분이 다른 방향의 에지보다 카운트 값이 뚜렷하게 크게 나타나기 때문에 에지방향을 고려 한 에지방향 보간법을 적용하고 [그림 6(b)]과 같은 경 우에는 주된 에지성분이 뚜렷하지 않으므로 가중치 평 균을 이용한 보간법을 적용하는 것이 훨씬 효율적이다.

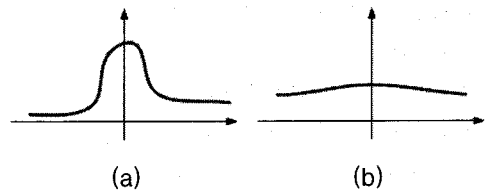


그림 6. 방해함수 구하기 위한 그래프 모형의 예

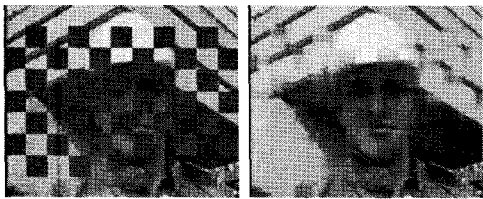
$F(d=BestDir) < T$ 는 방해함수의 분모에 해당하는 전체 카운트 값과 분자에 해당하는 가중치 적용한 카운트 합이 임계값(T)보다 작은 경우는 방해 요소가 되는 에지의 분포가 약함을 뜻하므로 [그림 6(a)]에 해당한다. 이 경우에는 선택된 BestDir 방향으로 보간법을 수행한다. 예를 들어 $F(d=2) < T$ 일 때, BestDir=2 이므로 [그림 2]와 같이 에지 방향 보간법을 적용한다. [그림 6(b)]의 경우는 $F(d=BestDir) > T$ 일 때이며, 이러한 경우는 방해요소가 많음을 의미하므로 [그림 1]과 같이 가중치 평균을 이용하여 복원한다.



(a) 예러 영상 (b) H.264 복원
(c) Xu 방법[1] (d) 적응적 복원
그림 8. claire 영상의 테스트 결과 화면

IV. 실험 결과

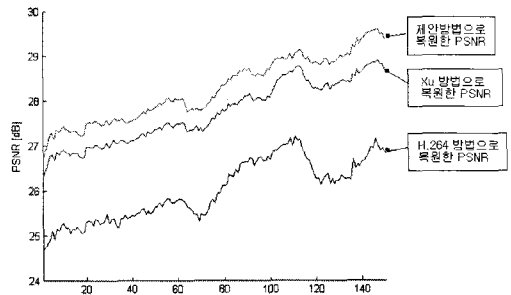
제안한 알고리즘은 JM8.6[3]에서 구현하여 실험하였다. 실험에서 사용한 슬라이스모드는 1번이며, 인트라 프레임에 4번부터 11번 패킷loss 에러를 주었다. [그림 7]은 Forman.qcif 영상의 실험결과이고 [그림 8]은 Claire.qcif 영상의 결과로써 (a)은 에러영상이고 (b)는 H.264의 인트라 에러복원기법으로 복원한 영상이다. (c)는 Xu[1]가 제안한 에지방향 보간법으로 복원한 영상이며, (d)는 본 논문에서 제안한 방법으로 에러를 복원한 영상이다. [그림 9]에서는 forman영상과 claire영상에 대해 150 프레임의 PSNR을 그래프로 나타내었다.



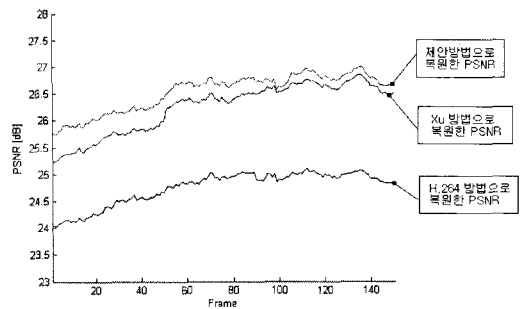
(a) 에러 영상 (b) H.264 복원



(c) Xu 방법[1] (d) 적응적 복원
그림 7. foreman 영상의 테스트 결과 화면



(a) Foreman.qcif 영상의 PSNR 그래프



(b) Claire.qcif 영상의 PSNR 그래프

그림 9. 각 영상에 따른 PSNR 그래프

[표 1]은 각각 10개의 영상에 대해서 4~11번 패킷에러를 주고, 총 150프레임을 테스트하여 구한 평균 PSNR 값을 나타내고 있다. 이 실험결과에 의하면 기존 H.264의 가중치 평균 방법과 Xu[1]의 제안한 방법보다

본 논문에서 제안한 방법이 평균 PSNR 0.5~2.0 dB의 화질 개선을 보였으며, 최고 2.26 dB까지 높은 객관적 화질 개선을 보였다. 또한 영상을 비교해보았을 때 주관적으로도 화질이 개선되었음을 알 수 있다.

표 1. 각 영상에 따른 PSNR 비교

| 영상 | H.264 (A) | Xu PSNR (B) | Proposed PSNR (C) | B-A | C-A | C-B |
|-----------|-----------|-------------|-------------------|-------|------|------|
| akiyo | 27.29 | 27.63 | 27.84 | 0.34 | 0.65 | 0.21 |
| carphone | 26.67 | 27.23 | 27.37 | 0.67 | 0.70 | 0.13 |
| claire | 24.75 | 26.25 | 26.53 | 1.50 | 1.78 | 0.29 |
| container | 25.90 | 25.21 | 25.92 | -0.69 | 0.02 | 0.71 |
| foreman | 25.99 | 27.73 | 28.25 | 1.73 | 2.26 | 0.53 |
| mother | 28.08 | 28.63 | 28.80 | 0.55 | 0.72 | 0.17 |
| news | 27.34 | 26.71 | 27.50 | -0.63 | 0.16 | 0.79 |
| salesman | 28.25 | 27.15 | 28.17 | -1.00 | 0.02 | 1.02 |
| silent | 28.25 | 27.75 | 28.53 | -0.50 | 0.28 | 0.78 |
| suzie | 31.07 | 30.62 | 31.45 | -0.45 | 0.19 | 0.65 |

V. 결론 및 향후 연구 방향

인트라 프레임은 인터 프레임에 비해 많은 정보를 가지고 있으므로 손실되었을 경우 상당한 화질저하의 결과를 가져온다. 인트라 프레임의 에러를 복원하기 위해 본 논문에서 제안된 방법은 주된 에지를 검출하여 적극적으로 보간법을 선택하여 복원한다. 이 방법은 기존 H.264의 가중치 평균 방법과 Xu[1]가 제안한 방법보다 평균PSNR 0.5~2.0 dB의 화질 개선을 보이며 2.26 dB까지 높은 객관적 화질 개선을 보였다. 또한 영상을 비교해보았을 때 주관적으로도 화질이 개선되었음을 볼 수 있다.

앞으로 8x8의 서브블록 단위로 좀 더 원 영상에 가깝도록 인트라 프레임을 복원하는 부분과 1차식에 의해 선형적 에지방향 보간법으로 복원하는 것이 아닌 2차, 3차 에지방향 보간 기법을 연구할 예정이다.

참고 문헌

[1] T. Wiegand, G. Sullivan, and A. Luthra, *Draft ITU-T recommendation and final draft international standard of joint video*

specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC), Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVT G050r1, Geneva, Switzerland, May 2003.

[2] Y. Xu and Y. Zhou, "H.264 Video Communication Based Refined Error Concealment Schemes," *Consumer Electronics, IEEE Transactions*, Vol.50, No.4, pp.1135-1141, Nov. 2004.

[3] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>

[4] Y. Ch. Lee, Y. Altunbasak, and R. M. Mersereau, "Multiframe error concealment for MPEG-coded video delivery over error-prone networks," *Image Processing, IEEE Transactions*, Vol.11, No.11, pp.1314-1331, Nov. 2002.

[5] Y. H. Jung, Y. G. Kim, and Y. S. Choe, "Robust error concealment algorithm using iterative weighted boundary matching criterion," *Image Processing, 2000 Proceedings 2000 International Conference*, Vol.3, pp.384-387, Sep. 2000.

[6] Y. Wang and S. Yu, "Joint source-channel decoding for H.264 coded video stream," *Consumer Electronics, IEEE Transactions*, Vol.51, No.4, pp.1273-1276, Nov. 2005.

[7] S. Wenger, "H.264/AVC over IP," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions*, Vol.13, No.7, pp.645-656, Jul. 2003.

[8] M. Horowitz, A. Joch, F. Kossentini, and A. Hallapuro, "H.264/AVC baseline profile decoder complexity analysis," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions*, Vol.13, No.7, pp.704-716, Jul. 2003.

[9] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment based on directional interpolation," *Consumer Electronics, IEEE Transactions*, Vol.43, No.3, pp.295-302, Aug. 1997.

[10] O. Nemethova, A. A. Moghrabi, and M. Rupp,

"Flexible Error Concealment for H.264 Based on Directional Interpolation," Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005 International Conference, Vol.2, pp.1255-1260, Jun. 2005.

• Currently pursuing M.S. degree in Computer Science at Chonnam National University in Korea

<관심분야> : Video coding, ubiquitous computing

저자 소개

박 미 선(Mi-Seon Park)

준회원

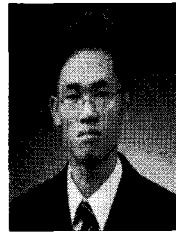


- 2005년 2월 : 전남대학교 정보통신공학부 컴퓨터공학전공(공학사)
- 2005년 3월~현재 : 전남대학교 전산학과(공학석사)

<관심분야> : H.264 에러복원, 멀티미디어 통신, 영상처리

김 지 수(Ji-Soo Kim)

정회원



- 1996년 2월 : 광주대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2003년 2월 : 전남대학교 전산학과(이학석사)
- 2003년 3월~현재 : 전남대학교 전산학과 박사과정 재학 중

<관심분야> : 인공지능, 패턴인식, 문자인식

유 재 명(Jae-Myung Yoo)

정회원



- 1992년 : 전남대학교 응용화학공학부 학사
- 2003년 : 전남대학교 전산학과 석사
- 2006년~현재 : 전남대학교 전산학과 박사 재학중

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 영상처리 및 복원

손 화 정 (Hwa-Jeong Son)

정회원

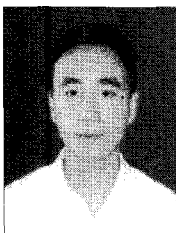


- 2001년 8월 : 전남대학교 통계학과(이학사)
- 2004년 2월 : 전남대학교 전산학과(이학석사)
- 2004년 3월~현재 : 전남대학교 전산학과 박사과정

<관심분야> : 패턴인식, 문서영상 정보검색

Nguyen Dinh Toan

준회원



- September, 2005 : Received the B.S. degree in Information Technology from Vietnam National University Ho Chi Minh City, University of Natural Sciences

이 귀 상(Guee-Sang Lee)

정회원



- 1980년 : 서울대학교 전기공학과 학사
- 1982년 : 서울대학교 전기계산기공학과 석사
- 1991년 : Pennsylvania 주립대학 전산학 박사

• 1984년~현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
<관심분야> : 멀티미디어 통신, 영상처리 및 컴퓨터비전, 임베디드 시스템