

# 확장-보간/2D-DCT 기법을 이용한 영역 적응적인 이동보상 오차의 부호화

正會員 趙 順 濟\*, 金 聖 大\*

## Region Adaptive Motion Compensated Error Coding Using Extension-Interpolation/2D-DCT

Soon-Jae Cho\*, Seong-Dae Kim\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 영역 기반 영상 부호화 시스템(region based image coding system)에 적합한 이동 보상 오차에 대한 부호화 기법을 제안한다. 영역 기반 부호화는 같은 움직임을 갖는 영역 별로 2차원 (또는 3차원) 병진, 회전, 확대의 움직임을 보상함으로써 재생 영상의 주관적 화질을 향상시키는 기법이다. 영역 기반 부호화 기법이 이러한 장점을 가지고 있음에도 불구하고 영역 기반 부호화기에 적합한 이동 보상 오차의 부호화에 대한 연구는 미진한 상태이다. 일반적으로 영역 기반 부호화기에서도 이동 보상 오차의 부호화를 위하여 기존의 블록 기반 부호화기에서 사용하던 블록 DCT를 이용하여 부호화하기 때문에 영역 기반 부호화기의 장점을 반감시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서, 영역 기반 부호화기에 적합한 이동 보상 오차의 부호화 알고리즘을 제안하여 영역 경계 부분에 주관적 및 객관적 화질의 향상을 도모하였다.

제안된 방법은 영역의 윤곽선 정보(contour information)와 영역 간 밝기 값의 차이(contrast)를 이용하여 오차가 많이 분포할 것으로 예상되는 부분을 추정한다. 이렇게 오차가 많을 것으로 추정된 영역은 최근에 MPEG-4 표준 안 활동 등에서 많은 연구가 진행된 임의의 모양을 갖는 영역의 밝기 값 부호화 기법(arbitrarily shaped image segment coding)을 이용하여 부호화하였다. 여기서 부호화된 부분의 영역 표시 정보는 수신단에서도 추정이 가능한 영역이므로 별도정보의 전송없이도 복구가 가능하다. 제안된 기법을 기존의 블록 DCT를 이용한 기법과 비교한 결과 약 0.5dB의 성능향상 효과를 보임을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

This paper presents a new motion compensated error coding method suitable for region based image coding sys-

tem. Compared with block based coding, the region based coding improves subjective quality as it estimates and compensates 2D (or 3D) translational, rotational, and scaling motion for each regions. Although the region based coding has this advantage, its merit is reduced as block-DCT (2D-DCT) is used to encode motion-compensated error. To overcome this problem, a new region adaptive motion compensated error coding technique which improves subjective and objective quality in the region boundary is proposed in this paper.

In the proposed method, regions with large error are estimated using contour of the regions and contrast between the regions. The regions estimated as those with large error are coded by arbitrarily shaped image segment coding method. The mask information of the coded region is not transmitted because it is estimated as the same algorithm in the encoder and the decoder. The proposed region adaptive motion compensated error coding method improves about 0.5dB when it is compared with conventional block based method.

## I. 연구 배경

저전송률 영상 데이터 감축 알고리즘 중에서 영역 기반 부호화(region based coding), 물체 기반 부호화(object based coding) 등과 같이 정해진 척도(밝기값의 유사성, 움직임의 유사성 등)를 만족하는 영역별로 영상을 부호화하는 알고리즘에 대한 연구가 최근에 활발히 진행되어 왔다. 이러한 부호화 시스템에서 연구되어 지는 분야는, 영역 분할(segmentation), 윤곽선 부호화(contour coding), 이동보상 오차의 부호화(motion compensated error coding), 그리고 움직임 계수 부호화(motion parameter coding) 등이 있다. 영역 분할 및 윤곽선 부호화 기법은 많은 연구가 진행되었지만, 영역 기반 부호화기에 적합한 이동보상 오차의 부호화에 대한 연구는 미진한 상태이다.

우리는 [1, 2, 3]에서 이동보상 오차의 부호화를 비롯한 여러가지 응용분야에서, 부호화할 영역이 임의의 윤곽선을 가질 때 그러한 영역을 효율적으로 부호화하는 알고리즘에 대한 연구를 수행하여 확장-보간에 이은 2D-DCT 기법(EI/2D-DCT)을 제안하였다. 본 논문에서는 EI/2D-DCT 기법을 비롯한 임의의 모양을 갖는 영역의 밝기 값 부호화 기법을 이용하여 영역 기반 부호화기에 적합한 이동보상 오차 부호화 방법에 대한 연구를 수행하였다.

영역 기반 부호화에서 발생하는 이동보상 오차를 부호화할 때, 가장 쉽게 접근할 수 있는 방법은 기존의 H.261X 등과 같은 표준안에서 사용되는 2D-DCT를 사용하는 것이다. 그러나 2D-DCT를 사용하는 방법이 영역 경계에서 블록화 현상(blocking effect) 등과 같은 많은 문제점을 내포하고 있다는 사실은 잘

알려져 있다. 2D-DCT를 이용하여 영역 기반 부호화에서 발생하는 이동 보상 오차를 부호화할 때 파생되는 문제점을 정리하면 다음과 같다.

- 영역 경계에서 주관적 및 객관적 화질의 저하를 초래한다.
- 영역 기반 부호화기에서는 윤곽선 정보가 수신단에 전송되기 때문에 영역 경계 정보를 알 수 있는 데도 불구하고 이를 이용하지 못한다.
- 영역 기반 부호화기에서 발생하는 오차 분포는 블록 기반 부호화에서 발생하는 오차 분포와 다른데, 이를 충분히 이용하지 못한다.

본 논문에서는 2D-DCT를 사용하여 영역기반 부호화에서 발생하는 이동보상 오차를 부호화할 때 발생하는 여러가지 문제점을 해결하기 위하여 영역에 적응적인 부호화 기법을 제안한다. 본 논문에서는 먼저, 영역 기반 부호화에서 발생하는 이동보상 오차의 특성을 실험적으로 분석하고, 이를 바탕으로 본 논문에서 제안한 영역에 적응적인 이동보상 오차의 부호화 기법을 설명한다. 그리고 모의 실험을 통하여 제안한 기법의 우수성을 검증한다.

## II. 영역에 적응적인 이동보상 오차의 부호화

### 2.1 영역 기반 부호화기에서 발생하는 오차의 실험적 해석

영역 기반 부호화기에서 발생하는 이동보상 오차는 블록 기반 부호화기에서 발생하는 오차와는 달리 그림 1(c)와 같은 특성을 지니고 있다. 그림 1(b)는 [5]

에서 제안된 영역 분할 기법을 이용하여 영상을 영역 별로 분할한 결과이다. 그리고 그림 1(c)는 각 영역별로 추정된 움직임 계수를 이용하여 이동보상을 한 후에 원래 영상과 비교해서 오차가 큰 영역을 표시한 것이다. 그림 1과 같은 실험 결과를 토대로 영역 기반 부호화기에서 발생하는 오차의 특성을 정리하면 다음과 같다.

- 영역 경계 부분에서 영역 경계를 따라 가면서 큰 오차 값을 가진다.
- 인접한 영역 간 밝기 값의 차(contrast)가 큰 영역 경계에서 큰 오차 값을 가진다.
- 영역 내부에서는 눈, 코, 입 등과 같이 하나의 영역으로는 분할되지 않지만 이러한 작은 영역을 포함하는 영역에서 큰 오차 값을 가진다.

일반적으로 블록 기반 부호화 방식에서는 고주파 성분이 많이 존재하는 영역 경계 부근에서 움직임 추정이 정확하지 못하므로 큰 이동보상 오차 값이 발생한다. 이러한 부분을 추정하기 위한 방법으로 많은 연구가 진행되었지만 효과적인 알고리즘은 존재하지 않는 실정이다. 따라서 이러한 부분의 오차 값에 많은 비트를 할당해야 한다. 그러나, 영역 기반 부호화 기법에서는 영역의 경계 정보가 수신단에 전송되므로 이를 이용하면 고주파 성분이 많이 발생하는 부분을 추정할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 영역 경계 정보를 이용하여 고주파 성분이 많이 발생하는 부분을 효과적으로 추정하고, 이를 바탕으로 그러한 부분을 부호화할 수 있는 기법을 제안한다.

이동보상 오차가 큰 값을 가지는 부분이 예측되었을 때, 이러한 영역을 기존의 2차원 DCT를 이용하여 부호화하기 위해서는 많은 어려움이 존재한다. 우선 2차원 DCT를 이용하여 부호화하기 위해서는 8×8 블록안의 오차 값을 변환해야 하는데, 블록 안에는 오차 값이 큰 값을 가지는 화소와 적은 값을 가지는 화소가 있다. 따라서 이러한 오차 값의 심각한 변화는 많은 고주파 성분을 야기시킨다. 만약 오차 값이 큰 부분만 예측할 수 있다면 이러한 화소만 부호화함으로써 상대적으로 고주파 성분을 줄여 부호화 효율을 극대화할 수 있다. 이러한 기법은 wavelet 부호화에서 고주파 대역에 대해서는 오차 값이 큰 화소의

위치를 부호화하고 그 값을 부호화하는 데 이용되고 있다. 따라서 오차 값의 부호화를 위해서 오차의 값이 큰 화소의 위치를 효과적으로 예측하고 이 화소의 값을 부호화하는 기법은 의미있는 연구이다.

본 논문에서는 수신단에 전송될 영역 경계 정보를 이용하여 8×8 블록 안에서 오차 값이 크게 발생할 부분을 예측하여 오차 값이 큰 화소만 임의의 모양을 갖는 영역의 부호화 기법(arbitrarily-shaped image segment coding)을 사용하여 부호화한다. 이렇게 되면 8×8 블록 안에서 오차 값이 적은 부분은 부호화하지 않고 큰 부분만 부호화하여 부호화 효율을 극대화시킬 수 있다.

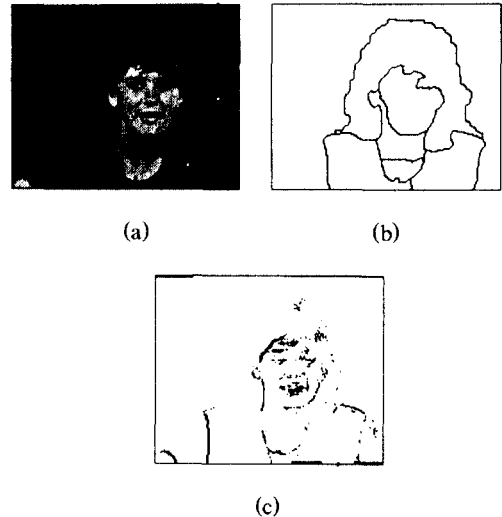


그림 1. 영역 기반 부호화기에서 발생하는 오차 분포. (a) "Miss America" 원래 영상, (b) 영역 분할된 결과, (c) 움직임 보상 후의 오차를 thresholding 한 결과.  
 Fig. 1 Error distribution in the region based coding system. (a) "Miss America" original image, (b) segmentation result, (c) thresholding of the error after motion compensation.

## 2.2 부호화 알고리즘

그림 2는 3개의 영역으로 분할된 예를 보여주고 있다. 위에서 설명한 영역 경계 부근에 많은 오차가 발생한다는 사실을 바탕으로 본 절에서는 영역 경계 부근에 대한 효율적인 부호화 알고리즘을 제안한다. 그

림 2(c)는 전체의 영상을 부호화하기 위해서 8×8 블록 단위로 나눈 것이다. 여기서 영역 내부 블록은 기존의 2D-DCT를 사용하여 부호화한다. 그리고 경계 블록은 윤곽선 부근에 많은 오차가 분포한다는 사실을 근거로 임의의 모양을 갖는 영역의 밝기 정보 부호화 알고리즘의 일종인 EI/2D-DCT를 이용하여 부호화한다. 그림 2(c)의 색칠된 부분은 오차가 많을 것으로 판정된 부분이다. 그런데, 이러한 영역의 mask 정보를 전송한다면 임의의 모양을 갖는 영역의 밝기 정보 부호화 알고리즘을 사용한다 할지라도 부호화 효율을 향상시킬 수 없다. 그래서 본 논문에서는 경계 영역의 mask를 결정하는 알고리즘을 제안하고, mask 정보의 전송없이도 경계 영역을 효율적으로 부호화할 수 있는 기법을 제안한다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 개념은 오차가 많이 발생할 것으로 판정된 경계 영역은 그 부분만 부호화하여 부호화 효율을 극대화하는 것이다. 만약 이러한 영역을 기존의 2D-DCT를 사용하여 부호화하면 경계 부분의 고주파 성분이 많이 손상되어 주관적 및 객관적 화질의 저하를 초래한다. 그래서 본 논문에서는 경계 블록에 대해서는 그림 2(c)와 같이 오차가 많이 발생할 것으로 예상되는 색칠된 부분만 EI/2D-DCT

기법을 사용하여 부호화하고, 경계 블록에서 색칠된 부분을 제외한 나머지 영역은 부호화하지 않는다.

영역 경계 부분을 효과적으로 부호화하기 위해서 경계 영역을 생성해야 하는데, 경계 영역을 생성하기 이전에 경계 영역의 넓이를 결정해야 한다. 부호화하게 될 경계 영역의 넓이를 결정하기 이전에 다음과 같은 몇 가지 가정을 한다.

- 영역 간의 경계에서 에지(edge)는 갑작스럽게 변하는 에지(abrupt edge)가 아니고 선형으로 변하는 에지(rising edge or falling edge)이다.
- 두 영역간 밝기 값의 차이(contrast)에 의해 발생하는 에지의 기울기는 항상 일정하다.
- 밝기 값이 일정한 영역 내부는 움직임 보상에 의해 오차가 발생하지 않고 영역 경계의 에지 부근에 많은 움직임 보상 오차가 발생한다.

첫 번째 및 두 번째 가정은 일반적으로 에지를 가정한 때 많이 사용되는 것이고, 세 번째 가정은 영역 기반 부호화에서 영역 내부는 하나의 움직임으로 잘 표현되지만 영역 경계 부근은 움직임의 표현이 힘들다는 사실에 기인한 것이다. 위에서 제시한 가정을 기반으로 경계 넓이는 두 영역 간 밝기 값의 차이에 의해 결정된다. 따라서 두 영역 간 에지의 기울기는 다음과 같이 표현된다.

$$k = \frac{|c_2 - c_1|}{W} \tag{1}$$

위에서  $k$ 는 에지의 기울기이고,  $c_1$ 과  $c_2$ 는 이동 보상을 수행한 이후에 계산된  $R_1$ ,  $R_2$  영역의 밝기 값의 평균이다. 그리고  $W$ 는 오차가 많이 발생할 것으로 예상되는 경계 영역의 넓이다. 위에서 에지의 기울기가 항상 일정하다고 가정을 했기 때문에, 다음과 같이 두 영역 경계에서 경계 넓이를 쉽게 계산할 수 있다.

$$W = \frac{|c_2 - c_1|}{k} \tag{2}$$

그림 2(a)는 두 영역 간 밝기 값의 차이에 의해 결정된 경계 영역의 넓이를 도시한 것이다. 여기서 경계 영역은 이동 보상을 수행한 이후에 계산된 각 영역 간 밝기 값의 차이에 의해 결정되므로 송신단 뿐

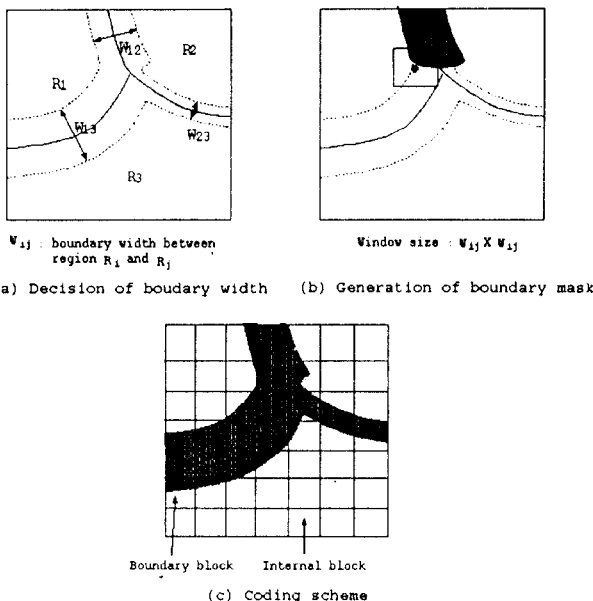


그림 2 영역에 적응적인 이동보상 오차의 부호화.  
Fig. 2 Region adaptive motion compensated error coding.

만아니라 수신단에서도 계산이 가능하다. 그래서 경계 영역의 넓이에 대한 정보는 수신단에 전송할 필요가 없다.

### 2.3 경계 mask 생성

위에서 계산된 경계 영역의 넓이를 이용하여 그림 2(c)와 같은 경계 영역의 mask를 생성하기 위해서 우선 생각할 수 있는 방법은 윤곽선 꺾질을  $W$  만큼 반복적으로 따라가면서 mask를 생성하는 것이다. 그러나 이 방법은 구현 시 많은 계산량과 시간을 필요로 하기 때문에 어려운 방법이다. 그래서 본 논문에서는 그림 2(b)와 같이  $W \times W$ 의 크기를 갖는 window를 이용하여 경계 영역의 mask를 생성하였다. 현재 화소를 window의 중앙에 놓고 그 window 안의 화소 중에서 현재 화소가 포함된 영역이 아닌 다른 영역의 화소를 포함하면 현재 화소를 경계 영역이라 생각하여 mask를 생성하였다.

이 알고리즘의 장점은 영상을 raster scanning으로 한 번만 알고리즘을 적용하면 경계 영역의 mask를 모두 생성할 수 있어서 구현시 매우 간단하다는 것이다.

## III. 모의실험 결과 및 고찰

### 3.1 실험 환경

본 논문에서는 참고문헌 [5]에서 제안한 시공간 영역 분할 기법을 이용하여 먼저 영역을 분할하였다. 그리고 윤곽선 부호화 기법은 [6]에서 제안한 벡터 양자화를 이용한 기법을 사용하였고, 움직임 정보 부호화는 [7]에서 제안한 계수 변환에 이은 벡터 양자화를 이용한 기법을 사용하였다. 영상 분할 과정이 수행되어진 후에 각 영역 별로 움직임을 보상하고, 움직임 보상된 영상과 윤곽선 정보로부터 그림 2(c)와 같은 경계 영역을 예측한다. 그림 2(c)와 같이 예측된 부분은 참고문헌 [1]에서 제안한 임의의 모양을 갖는 영역의 밝기 값의 부호화 기법을 이용하여 부호화하였다. 그리고 나머지 내부 블록은 기존의 2차원 DCT를 이용하여 부호화하였다.

실험에 사용된 영상은 QCIF 형태의 "Miss America"이다. 그리고 프레임율 (frame rate)는 10 Hz이고 비트율(bit rate)는 20kbps이다.

### 3.2 실험 결과

본 실험에서는 제안된 방식의 성능을 평가하기 위해서 아래의 세가지 방법에 대해서 실험을 수행하였다.

- 기존의 블록에 근거한 이동보상 오차의 부호화 (block-wise MC error coding(BWEC))
- 제안된 영역에 적응적인 이동보상 오차의 부호화(region adaptive MC error coding(RAEC)) + 경계 블록 부호화를 위해 EI/2D-DCT 기법을 사용한 경우
- 제안된 영역에 적응적인 이동보상 오차의 부호화(region adaptive MC error coding(RAEC)) + 경계 블록 부호화를 위해 SA-DCT(shape adaptive DCT) 기법을 사용한 경우 [4]

그림 3은 위의 세가지 방법에 대한 실험결과를 보여주고 있다. 실험결과, 제안된 영역에 적응적인 이동보상 오차의 부호화 알고리즘이 기존의 블록에 근거한 기법에 비해서 성능이 월등히 우수함을 알 수 있다. 본 실험에서 사용한 영역 기반 부호화기는 그림 3(b)와 같이 버퍼제어가 완벽한 상황이 아니므로 본 논문에서는 그림 4와 같은 rate-distortion 곡선을 이용하여 성능비교를 수행하고자 한다. 이 곡선은 양자화 값을 변환시켜 가면서 얻은 것이다. 그림 4의 축 중에서,  $BIT_{ec}$ 는 오차를 부호화할 때 소요되는 비트이고,  $PSNR_{ec}$ 는 오차 부호화에 의해 향상된 PSNR(peak signal-to-noise ratio) 이득이다. 즉  $PSNR_{ec}$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$PSNR_{ec} = PSNR_{tot} - PSNR_{mc} \quad (3)$$

여기서  $PSNR_{tot}$ 는 원래 영상과 복원된 영상과의 PSNR이고,  $PSNR_{mc}$ 는 이동보상 후의 영상과 원래 영상과의 PSNR이다.

그림 4를 보면 제안된 오차 부호화 방법이 기존 방법보다 PSNR 면에서 0.3~0.5dB 정도 성능이 우수함을 알 수 있다. 그리고 참고문헌 [1]에서 경계 블록의 부호화를 위해 제안된 EI/2D-DCT 기법이 SA-DCT 기법보다 성능이 좋음을 알 수 있다.

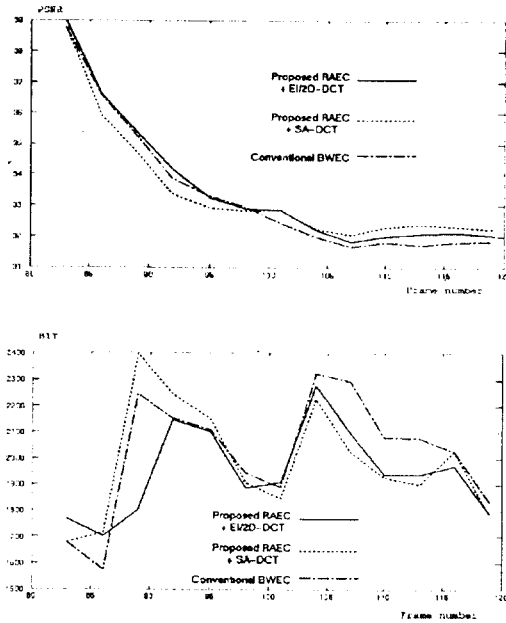


그림 3. 제안된 방식과 기존 방식과 비교 (PSNR 및 발생한 비트량).

Fig. 3 Comparison of the proposed method and the conventional methods (PSNR and bits).

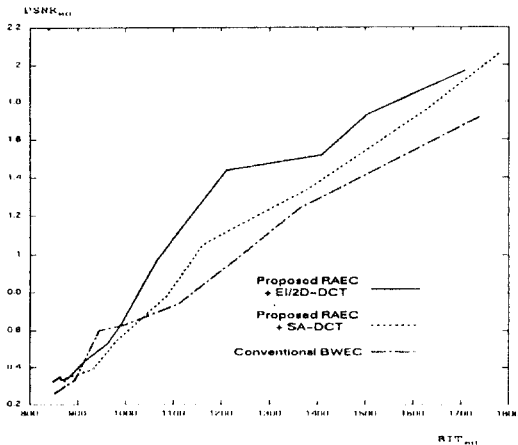


그림 4. 제안된 방식과 기존의 방식에 대한 rate-distortion 곡선.

Fig. 4 Rate-distortion curve of the proposed method and the conventional methods

#### IV. 결 론

본 논문에서는 영역 기반 부호화기에 적합한 이동 보상 오차의 부호화 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 이동 보상 오차가 많을 것으로 추정되는 영역을 송신단과 수신단에서 동일하게 계산함으로써 부가적인 정보의 전송없이 영역 경계 부분을 효율적으로 부호화하는 알고리즘이다. 뿐만 아니라, 제안된 기법은 영역 경계 부분에 임의의 모양을 갖는 영역의 밝기 값 부호화 알고리즘을 사용하여 영역 경계에서 주관적 화질 및 객관적 화질의 향상을 보였다.

본 논문에서 제안된 이동 보상 오차의 부호화 알고리즘은 유평선 정보가 전송되는 영역 기반 부호화에 적합한 알고리즘이지만, H.261X 등과 같은 블록 기반 부호화기에도 제안된 알고리즘을 수정하여 적용할 것이다. 그리고 영역 내부에서는 기존의 2D-DCT를 사용하여 부호화했는데 좀 더 효율적인 알고리즘에 대한 연구를 계속할 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. S. J. Cho and S. D. Kim, "Texture Coding Using 2D-DCT Based on Extension/Interpolation(EI)," *IEICE Trans. on Fundamentals*, Vol. E80-A, No. 4, April 1997.
2. 조 순재, 최 재각, 이 시웅, 김 이한, 김 성대, "확장-내삽을 이용한 임의의 유평선을 갖는 물체의 부호화," 제 7회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 205-210, 1995.
3. 조 순재, 이 시웅, 최 재각, 김 성대, "확장-보간을 이용한 임의 영역의 밝기정보 부호화," *한국통신학회지 '95-9*, Vol. 20, No. 9, pp. 2453-2463.
4. Sikora, T. and Makai, B., "Shape-Adaptive DCT for Generic Coding of Video," *IEEE Transaction On Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 5, pp. 59-62, 1995.
5. J. K. Choi, S. W. Lee, and S. D. Kim, "Spatio-Temporal Video Segmentation Using a Joint Similarity Measure," Accepted for *IEEE Circuit and System for Video Technology*.
6. B. J. Yun, S. D. Kim, "A Now Contour Coding

Algorithm Based on Vector Quantization," transmitted for *IEEE Circuit and System for Video Technology*.

7. Y. H. Ko, S. J. Cho, J. G. Choi, S. D. Kim, "A New Affine Motion Parameter Coding Algorithm Based on Parameter Conversation," transmitted for *IEEE trans. on Image Processing*.



趙 順 濟(Soon-Jae Cho) 정희원

1971년 2월 28일생.

1988년 3월~1992년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사).

1992년 3월~1994년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학

석사).

1994년 3월~현재: 한국과학기술원 재학중.

※주관심분야: 영상처리, 영상통신, VLSI 구현 등.



金 聖 大(Seong-Dae Kim) 정희원

1953년 12월 26일생.

1977년: 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사).

1979년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사).

1983년: 프랑스 INPT ENSEEIHT

졸업(공학박사).

1984년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수.

※주관심분야: 영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전, VLSI 구현 등.