

논문-04-09-1-06

## 중첩 블록 기반 움직임 추정에 의한 중간 영상 합성 기법

하태현\*\*\*, 이성주\*\*, 김성식\*\*, 성준호\*\*\*, 김재석\*

### New Efficient Motion Compensated Frame Interpolation Method by Overlapped Block Motion Estimation

Tae-Hyeun Ha\*\*\*, Seong-Joo Lee\*\*, Sung-Sik Kim\*\*, Jun-Ho Sung\*\*\* and Jae-Seok Kim\*

#### 요 약

서로 다른 프레임 율을 가진 영상매체 사이의 프레임 호환을 위해, 움직임 추정 (motion estimation, ME)과 움직임 보상을 이용한 중간 영상 삽입 (합성) 기법 (motion compensated interpolation, MCI)이 활용되는데, 본 논문에서는 MCI에 적합한 움직임 추정 기법을 제안하고, 제안한 움직임 추정 기법을 종래의 MCI에 적용한다. 종래의 방법에선 움직임 추정 블록과 MCI 블록의 크기가 동일하나, 본 논문에서 사용된 움직임 추정 블록은 MCI 블록과 같은 중심축을 가지고, MCI 블록보다 더 크기 때문에 인접 블록과 중첩된 특성을 가진다. 제안한 움직임 추정 블록에 의한 계산량 증가를 줄이기 위해, 제안한 움직임 추정 블록내의 화소를 샘플링하여 움직임 추정을 실행하였다. 제안한 방식을 검증하기 위해, 움직임 추정 블록을 다양한 샘플 계수로 샘플링한 후 움직임 추정을 실행하였다. 제안한 방식으로 추정된 움직임 벡터 (motion vector, MV)를 활용하여 MCI를 수행하였으며, 수행된 결과를 종래의 방식에 의한 결과와 비교하였다.

#### Abstract

A new motion compensated frame interpolation (MCI) algorithm by block based motion estimation (BME) is proposed. The block for the BME is composed of a large overlapped block for practical object motion estimation (ME) and a small block (which has a coinciding center with the ME-block) for the more precise motion compensated image description. Pixels in the block for the ME are sub-sampled to reduce computational complexity. The proposed method is executed with the various ME-blocks which have different size and sub-sampling ratio, and compared to the conventional method.

Keywords : Frame rate conversion, motion estimation, motion compensation, pixel decimation, motion compensated interpolation

#### I. 서 론

전자, 통신, 그리고 디스플레이 산업의 급속한 발전과 함

께, 다양한 종류의 영상 디스플레이 매체들이 출현하고 있으며, 기존에 사용되던 장비들의 기능 및 용도에도 많은 변화가 있었다. 이런 변화들 중에서, 디스플레이 장치의 변화에서 특히 주목할 만한 사실은, 종래엔 서로 다른 용도로 사용되었던, TV와 컴퓨터용 모니터 사이의 경계가 점점 좁아져 이들 각각이 TV기능과 모니터 기능을 다 포함하는 추세이며, 휴대용 단말기를 통한 영화나, TV수신이 가능한 시대가 왔다. 뿐만 아니라 서로 다른 영상매체

\* 연세대학교 전자공학과 정보통신용 SOC설계 연구실  
Communication SOC Design Lab., Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University)Chonnam National Univ.

\*\* 삼성전자 주식회사 영상디스플레이 사업부 개발팀  
Visual Display Division, Samsung Electronics Co., Ltd

를 연결하여 사용하는 경우도 점점 일반화 되고 있으며, 이에 따라 이들 영상매체간 호환성의 중요성도 점점 커져가고 있다. 영상 매체간의 호환성 중에서 프레임 률 변환(Frame Rate up-Conversion, FRC)이 중요한 문제로 부각되고 있는데, FRC는 서로 다른 프레임 률을 가진 영상매체간의 호환을 위해 낮은 프레임 률을 가진 영상 매체를 높은 프레임 률을 가진 영상매체에 적용할 수 있도록 프레임 률을 증가시키는 용도로 주로 사용된다<sup>[1~5]</sup>. 영상매체들의 프레임 률의 예를 들어보면, 영화 필름은 초당 24 프레임으로 구성되어 있으며, TV는 한국과 미주지역의 경우 초당 30 프레임으로, 구주지역의 경우 초당 25 프레임으로 구성되어있다. 이에 반해 컴퓨터용 모니터는 지역에 관계없이 50~100 프레임 사이의 다양한 프레임을 사용하고 있다.

현재까지 FRC를 위해 프레임의 단순 반복이나, 서로 인접한 두 프레임의 선형적인 평균값을 두 프레임 사이에 삽입하는 방법을 사용하였는데, 이러한 방법들은 영상의 끊어짐 현상이나 회미해짐 현상을 초래하여 화질을 열화시키는 단점을 지니고 있다. 이러한 단점을 극복하고 영상의 화질을 개선하기 위해, 최근 들어 움직임 합성을 통한 프레임 률 증가 (motion compensated-FRC, MC-FRC) 방식이 많이 개발되고 있다<sup>[1~5]</sup>.

MC-FRC는 두 가지의 주요한 기능으로 구성되는데, 각각 움직임 추정 기능과 MCI 기능이다. 움직임 추정을 통하여 인접한 두 프레임 간의 MV(motion vector)를 구해내고, 그 벡터들을 활용하여 두 프레임 사이에 새로운 프레임을 합성하는데, 이를 보통 MCI(motion compensated interpolation)라고 부른다<sup>[1~5]</sup>. 이때 움직임 추정 방식으로는 블록기반 움직임 추정 (block-based motion estimation, BME)방식이 주로 사용되는데, 이는 움직임 추정 방식으로 블록기반 움직임 추정 방식이 보편화 되어있으며, 또한 구현이 용이하며, 계산량이 상대적으로 적기 때문이다<sup>[3][4][13]</sup>. BME는 MPEG1/2, H.261, 그리고 H.263 등과 같은 영상압축 표준으로 많이 활용되어 왔다. 현재 대부분의 MC-FRC에서도 기존의 BME를 많이 활용하고 있으나, 영상 압축과 MCI의 상이한 특성 때문에 기존의 BME를 MCI에 그대로 적용하였을 때, 움직임 추정 오류에 의한 화질 저하의 요인이 되어왔다. 이를 극복하기 위해 많은 FRC에 관한 논문에서 많은 방법을 제안해 왔으나, 대부분의 논문이 종래의 BME를 적용한 후 추정된 MV에 추가적인 방법을 사용하여 MV가 실제적인 움직임을 나타내도록 교정하는 작업을 수행하였

다<sup>[3~5]</sup>. 지금 까지 MV교정 방법으로 주로 활용된 방법이, MV 미디언(median) 필터가 있으며<sup>[3][4]</sup>, 추정된 MV가 지시하는 지점에서 또 다시 좀더 정밀한 BME를 사용하여 움직임 추정 정확도를 높이는 방법을 수행하는 경우가 있다<sup>[5]</sup>.

본 논문에서는 영상 프레임내의 물체의 실제적인 움직임 추정 효율을 높이기 위해, 표준 BME를 수정한 새로운 형태의 BME방법을 제안한다. 아래 II장에서는 종래의 BME가 가지는 특성 및 종래의 BME를 MCI에 적용하였을 때 발생하는 문제점에 대해 설명하였다. III장에서는 본 논문에서 제안하는 BME방식에 대해 설명하였으며, IV장에서는 종래의 방식과 제안한 방식의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 비교하였다. 마지막으로 V장에서 제안된 방법에 대한 결론을 내린다.

## II. 종래의 BME를 적용한 MCI의 문제점

BME는 영상압축 표준으로 많이 활용되어 왔는데, 이 방식에 대해 간단히 설명하자면, 연속적으로 입력되는 영상이 있을 때 우선 입력되는 한 영상 프레임을 균일한 크기의 화소 블록으로 분할하고, 분할된 각각의 블록에 대해, 이전 혹은 이후 프레임에서 가장 유사한 블록을 찾게 되는데, 이때의 유사 블록 추정 과정을 단위 블록에 대한 움직임 추정 과정이라고 하며, 이때 입력 프레임 내의 블록과 기준 프레임 내의 가장 유사한 것으로 추정된 블록 사이의 상대적인 거리를 MV라고 한다<sup>[6~10]</sup>. BME에서 인접한 프레임 내 블록간의 유사성을 판단하기 위한 방법으로, MAD(mean absolute difference)나 MSE(mean square error)등이 사용되는데, 두 가지 방식의 결과가 거의 유사하며, MAD의 경우 곱셈 연산을 필요로 하지 않아 연산량이 적으며, 하드웨어 구현이 간편하기 때문에 실제 응용에서는 MAD가 많이 사용된다. 결국 MAD를 이용한 BME에서는 기준 프레임 내의 블록에 대해, 인접한 프레임 내의 블록들 중에서 최소의 MAD값을 가지는 블록을 추정하여 그 때 두 블록 사이의 MV를 구하는 작업을 수행하게 된다<sup>[6~12]</sup>.

일반적으로 최소의 MAD값을 제공하는 MV가 두 프레임 사이의 물체에 대한 실제적으로 움직인 거리를 나타내지만, 복잡한 이미지나, 주기적인 형태로 구성된 이미지 프레임에서는 최소의 MAD값을 가지는 이미지와

실제 이미지의 움직임과는 상이한 경우를 흔히 발견할 수 있다. 움직임 추정을 통해 추정된 MV와 실제 물체의 움직임을 나타내는 MV가 상이한 경우, 압축표준에서는 그 MV를 적용하는데 별 지장이 없으나, MCI와 같은 응용에서는 실제 물체의 움직임을 잘못 추정하였을 경우 삽입된 영상에서 합성 오류에 의한 이미지 손상의 결과를 가져오게 된다. 그림 1에서는 영상 압축을 위한 움직임 합성의 경우와, MCI를 위한 움직임 합성의 경우에 있어, 움직임 추정 오류가 화질에 가져오는 영향에 대해 설명하고 있다.

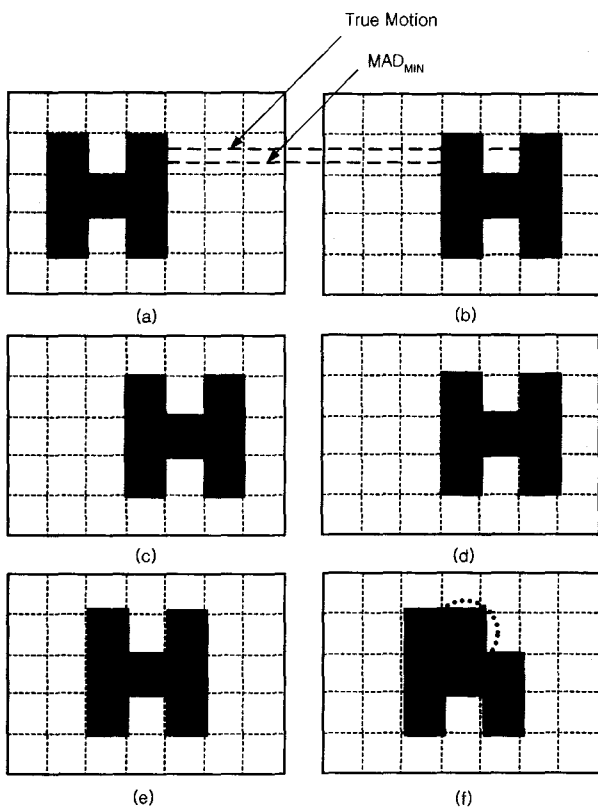


그림 1. 움직임 추정 오차에 의해 MCI 프레임 내에서 블록 아티팩트가 발생하는 원인에 대한 설명 (a) 이전 프레임, (b) 현재 프레임, (c) 'True Motion'을 이용하여 합성된 현재 프레임, (d) 'MAD<sub>MIN</sub>'을 이용하여 합성된 현재 프레임, (e) 'True Motion'을 이용한 MCI 프레임, (f) 'MAD<sub>MIN</sub>'을 이용한 MCI 프레임

Fig. 1. Description for the MCI by BME and blocking artifact by wrong estimation (a) previous frame, (b) current frame, (c) motion compensated current frame by 'True Motion,' (d) motion compensated current frame by 'MAD<sub>MIN</sub>,' (e) MCI frame by 'True Motion,' (f) MCI frame by 'MAD<sub>MIN</sub>.'

그림 1(a)와 (b)는 인접한 영상 시퀀스 (sequence) 중 각각 이전 프레임과 현재 프레임을 보여준다. 그림 1(a)와 (b)는 'H' 형태의 이미지가 왼쪽에서 오른쪽으로 수평 이동한 경우를 보여주는 그림인데, 그림 1(b) 프레임을 기준으로 하고, 그림 1(a) 프레임을 참조하여 BME를 실행하였을 때, 'H' 형태의 이미지 중 대부분의 블록에서는 MAD 연산에 의해 추정된 MV와 실제 물체의 움직임을 나타내는 MV가 서로 일치하지만, 그림 1(a)의 우측 상단의 블록에서 움직임 추정 오류가 발생하였다고 가정하고 있다. 이때 그림 1(c)와 (d)는 각각 'True motion' 과 'MAD<sub>MIN</sub>'을 사용하여 그림 1(a)를 이용하여 그림 1(b)를 압축하기 위해 합성된 프레임을 나타내며, 이때 그림 1(c)와 (d)에서는 두 프레임이 거의 유사하며, 블록 아티팩트가 발생하지 않았다. 그림 1(e)와 (f)는 각각 'True motion' 과 'MAD<sub>MIN</sub>'을 사용하여 그림 1(a)와 (b)의 중간 영상을 합성한 프레임을 나타낸다. 그림 1(e)와 같이 실제 물체의 움직임을 나타내는 MV를 활용하여 MCI를 하였을 때는 블록 아티팩트가 발생하지 않지만, 그림 1(f)에서와 같이, 최소의 MAD값을 나타내는 MV를 활용하여 MCI를 하였을 때 블록 아티팩트가 발생함을 알 수 있다. 그림 1(f)에서 블록 아티팩트가 발생한 부분을 점선의 원으로 표시했다. 그러므로, 거의 대부분의 MCI 기법들에선 두 프레임 사이의 실제적인 움직임을 추정하는 것이 필요하며, 종래의 방법들은 표준화된 BME를 이용해 프레임간의 MV를 추정한 후, 추가적인 방법을 사용하여 MV를 교정하는 작업을 수행하였다. 지금까지 MV교정 방법으로 주로 활용된 방법이, MV 미디언(median) 필터가 있으며<sup>[3][4]</sup>, BME를 통해 추정된 MV가 지시하는 지점에서 또 다시 좀더 정밀한 BME를 사용하여 움직임 추정 정확도를 높이는 방법을 수행하는 경우가 있다<sup>[5]</sup>. 참고로, 실제 영상 시퀀스에 대한 MCI를 수행함에 있어서, 위에서 언급한 두 가지 방법을 사용한다 하더라도, 완전한 합성은 불가능한 것으로 생각되고 있는데, 그 이유는 두 영상 프레임 사이에서 물체의 회전이나 크기 증가 혹은 감소, 그 이외에 물체의 형태에 큰 변화가 발생하였을 때에는, 움직임 추정이 불가능한 경우가 많기 때문이다. 비록 완전한 MCI는 불가능하지만, BME를 통한 MCI의 경우 영상의 왜곡을 최소화하고, 관찰자로 하여금 합성에 의해 발생하는 왜곡을 감지하지 못하게 하는 것을 목표로 하고 있다.

본 논문에서는 종래의 방법에서 발생하는 실제적인 움직임에 대한 MV의 오류를 최소화하는 방법으로, 표준 BME에 의해 결정된 MV에 부가적인 기능을 사용하는 대신, 표

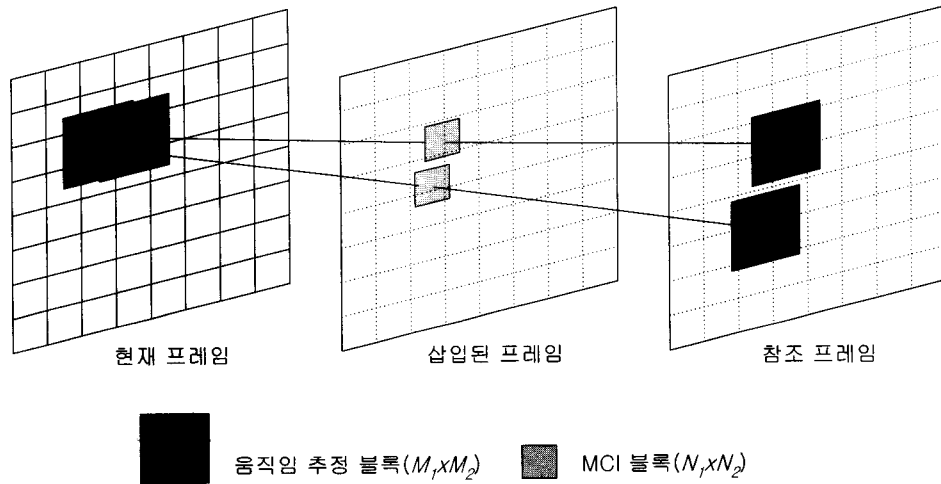


그림 2. 제안한 움직임 추정 블록과 MCI 블록을 이용한 MCI  
 Fig. 2. MCI using a large overlapped ME block and a small MCI block

준 BME를 수정한 새로운 형태의 BME방법을 제안한다.  
 자세한 내용은 아래 장에서 설명한다.

### III. 제안한 BME를 적용한 MCI

제안한 BME에서는 움직임 추정 블록과 움직임 합성 블록을 서로 다른 크기의 블록을 사용하여 구현하였다. BME에서 움직임 추정 블록의 크기에 따라 움직임 추정 및 합성에 있어서 다른 특성을 보이는데, 흔히 추정 블록의 크기가 클수록 움직임 추정 정확도는 높아지나, 단위 합성 블록이 큰 만큼 합성된 이미지의 세밀한 표현이 힘들어진다. 반면, 블록의 크기가 작을수록 이미지의 세밀한 표현은 가능하나, 추정 정확도는 떨어지게 된다<sup>[7]</sup>. 제안된 BME에서는 이 두 가지 특성의 장점만을 살려, 그림 2와 같이, MV의 정확도를 높이기 위해 MCI 블록과 같은 중심축을 가지며 MCI 블록보다 큰 서로 중첩되는 블록을 사용하여 움직임 추정을 실행한다. 이렇게 하여 추정된 MV와 균일하게 분할된 MCI 블록을 이용하여 MCI를 실행한다.

그림 2에서의와 같이, 중첩된 움직임 추정 블록을 사용함으로써 움직임 추정 시 발생하는 계산량의 증가를 줄이기 위해, 실제 적용 시에는 샘플링된 화소값들로 구성된 움직임 추정 블록을 사용하여 움직임 추정을 실행한다. 그림 3에서는 샘플링 계수가 2인 움직임 추정 블록과, MCI를 위해 사용되는 블록을 나타내고 있다.

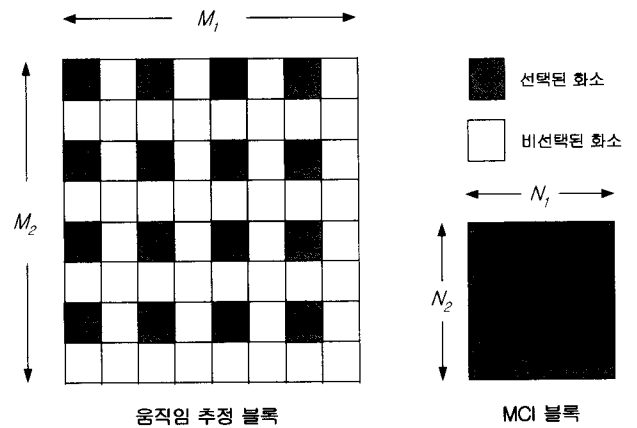


그림 3. 제안한 움직임 추정 블록 (a=2) 과 MCI 블록  
 Fig. 3. sub-sampled ME-block (a=2) and MCI-block

MCI를 위한 종래의 블록 기반 움직임 추정 기법에서는, 기준 프레임과 참조 프레임이 주어졌을 때, 기준 프레임 내부의 각각의 블록에 대한 MV는 주로 MAD방식을 이용하여 계산된다. MAD방식을 이용한 움직임 추정 방법은 아래 수식 1과 2에서처럼 기준 블록과 탐색 영역 내부의 모든 참조 블록들 간의 MAD값을 계산한 후, 최소의 MAD값을 가지는 블록에 대한 공간적인 거리를 MV로 결정한다<sup>[3][4][6]</sup>

$$MAD_{(k,l)}(x,y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N_2} \frac{f_{n-1}(k+i,x,l+j+y) - f_n(k+i,l+j)}{N \times N_2} \quad (1)$$

$$(x_m, y_m)_{(k,l)} = \underset{(x,y) \in S}{\operatorname{argmin}} \{MAD_{(k,l)}(x,y)\} \quad (2)$$

위 수식 1에서  $f_{n-1}$ 과  $f_n$ 은 각각 참조 프레임(이전 프레임)과 기준 프레임(현재 프레임) 내부의 이미지 화소값을 나타내며,  $n$ 은 시간영역에서의 입력 프레임의 순서를 나타내는 변수이다.  $(i, j)$ 는 화소들의 공간좌표를 나타내는 변수이며,  $(x, y)$ 는 정합이 이뤄지는 두 블록 사이의 공간적인 거리 차이를 나타내는 변수이다.  $(k, 1)$ 은  $N_1 \times N_2$  개의 화소로 이뤄진 두 블록의 공간좌표를 나타내는 변수이며, 여기서  $N_1$ 과  $N_2$ 는 각각 두 정합 블록의 수평과 수직 크기를 나타낸다. 수식 2는 추정 영역 이내에서 최소의 MAD 값을 가지는 블록에 대한 MV를 구하는 과정을 수식으로 표현하고 있는데, 여기서  $S$ 는 움직임 추정을 위한 탐색 범위를 나타내며,  $(x_m, y_m)$ 는 최소의 MAD 값을 가지는 블록에 대한 MV를 나타낸다.

본 논문에서 제안한 블록기반 움직임 추정방식은 아래 수식 3과 같이 표현된다.

위 수식에서  $\alpha$ 는 추정블록 내부 화소에 대한 샘플링 계수를 나타내며,  $[M/\alpha]$ 는  $M/\alpha$ 보다 크지 않은 최대의 정수값을 나타낸다. 수식 3에서  $M_1 \times M_2$ 는 제안한 방식을 위한 블록의 크기를 나타내며, 제안한 방식에서는  $M_1 \times M_2$  크기의 블록을 샘플링 계수  $\alpha$ 의 크기만큼 수평과 수직방향으로 균일하게 샘플링된 화소로 구성된 블록으로 움직임 추정을 실행함으로써 움직임 추정에 대한 계산량을 감소시킨다. 수식 3에서  $M_1$ 과  $M_2$ 는 각각 수식 1에서의  $N_1$ 과  $N_2$ 보다 큰 값으로 설정되며,  $M_1 \times M_2$ 으로 이뤄진 임의의 블록은 좌우 상하의 인접 블록에 대해 수평과 수직 방향으로 각각  $N_1$ 과  $N_2$ 만큼 떨어져 있기 때문에, 제안한 방식에서 사용되는 움직임 추정 블록은 인접 블록들과 중첩하는 특성을 지니며, 합성 블록의 크기가 종래의 방식과 같다고 가정한다면,

$$MAD_{(k,l)}(x,y) = \sum_{i=1}^{[M_1/\alpha]} \sum_{j=1}^{[M_2/\alpha]} \frac{\alpha^2 f_{n-1}(k + \alpha i + x, l + \alpha j + y) - f_n(k + \alpha i, l + \alpha j)}{2} \quad (3)$$

$$f_i(k + i, l + j) = \frac{f_{n-1}(k + i - \frac{x_m}{2}, l + j - \frac{y_m}{2}) + f_n(k + i + \frac{x_m}{2}, l + j + \frac{y_m}{2})}{2} \quad (5)$$

같은 프레임에 대해 분할된 움직임 추정 블록의 개수도 종래의 방식에서 사용되는 움직임 추정블록의 개수와 동일하다. 즉, 수식 2와 수식 3에서  $k$ 와  $l$ 은 동일하게  $N_1$ 과  $N_2$ 만큼 증가하면서 다음 블록에 대한 움직임 추정을 실행한다.

동일한 영상프레임에 대해 움직임 추정을 실행하고 MCI 블록의 크기가 같으며, 움직임 추정 범위가 같다는 가정하에 제안한 방식과 종래의 방식에 대한 움직임 추정 계산량을 비교하면 다음과 같다. 먼저 움직임 추정영역을  $S$ 라고 하고, MAD방법을 수행하기 위한 각각의 화소에 대한 단위 계산량을  $K$ 라고 할 때 종래의 방법을 사용하였을 때, 임의의 한 움직임 추정 블록에 대해 MV를 구하기 위한 총계산량은  $SKN_1N_2$ 이며, 제안한 방법에 대한 계산량은  $SK(M_1M_2/a^2)$ 로 나타낼 수 있다. 이때 종래의 방법에 대한 제안한 방법의 계산량의 비를  $CR$ 이라고 한다면, 아래의 수식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$CR = \frac{M_1M_2}{\alpha^2 N_1N_2} \quad (4)$$

본 논문에서 종래의 방법과 제안한 방법에 의한 MCI 성능을 비교하는데 있어서, 제안한 블록기반 움직임 추정 방법이 MCI 성능에 미치는 영향을 공정하게 평가하기 위해 종래의 방법과 제안한 방법에 대해 같은 MCI 수식을 적용하였으며, 적용한 수식은 참조논문 [2]에서 응용된 것이며 아래 수식 5와 같이 간단히 표현될 수 있다.

위 수식에서  $f_i$ 는 MCI을 위한 삼입 이미지의 화소값을 나타낸다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 다양한 크기와 샘플링 계수를 가진 움직임 추정 블록들을 이용하여 움직임 추정을 하였으며, 추정된 MV를 MCI에 적용하여 보았으며, 이를 종래의 방법에 의한 결과와 비교하였다.

### IV. 실험 결과

제안한 방식의 성능을 검증하기 위해 'Bus,' 'Football,' 'Tennis,' 그리고 'Susie'와 같은 영상시퀀스를 이용하여 MCI를 실행하였다. 두 인접한 영상 프레임들 사이에서 전역 탐색 블록 움직임 추정 (full search BME) 기법을 적용하여 움직임 추정을 하였으며, 이때 탐색 영역은 수평과 수직방향으로 각각  $\pm 16$  화소 거리만큼 탐색하였다. 움직임 추정과 MCI를 위해 사용된 블록의 크기는 아래 표 1에 나타내었다.

종래의 방법에서는, 주로 16x16 화소로 이뤄진 움직임 추정 블록과 MCI 블록을 이용하여 MCI를 실행하였다. 반면, '제안한 방법1'과 '제안한 방법2'에서는 각각 32x32 화소

표 1. 실험에 사용될 움직임 추정 및 MCI 블록의 크기  
Table 1 Block sizes for each simulation

	움직임 추정 블록 (단위: 화소)	MCI 블록 (단위: 화소)
종래의 방법	16×16	16×16
제안한 방법1	32×32	16×16
제안한 방법2	48×48	16×16

로 구성된 움직임 추정블록과 48x48 화소로 구성된 움직임 추정 블록을 사용하여 움직임 추정을 실행한 후, 그때 구해진 MV를, 움직임 추정 블록과 같은 중심점을 가지는, 16x16 화소로 구성된 MCI 블록에 대응시켜 MCI를 실행하였다. 움직임 추정 블록 내부의 화소들에 대해 샘플링 계수,  $\alpha$

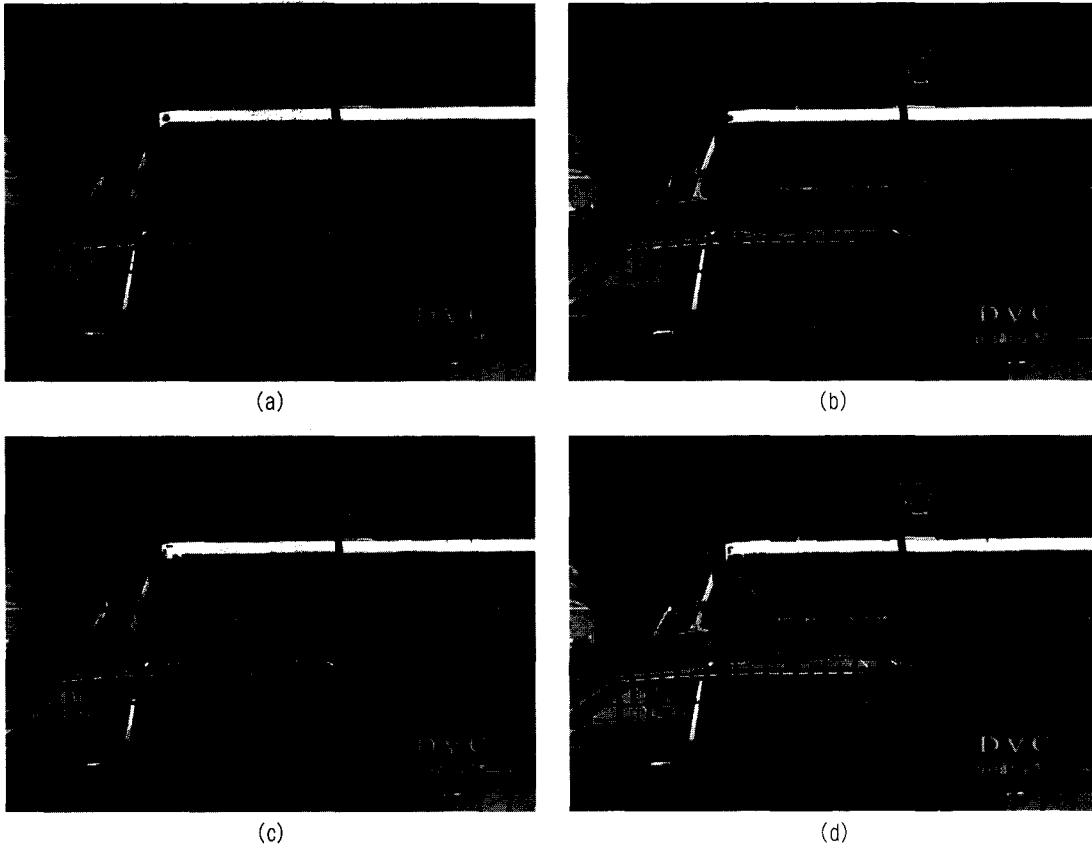


그림 4. 제안한 방법과 종래의 방법의 성능 비교 ('Bus' 시퀀스) (a) 이전 프레임, (b) 현재 프레임, (c) 종래의 방법에 의한 MCI 프레임, (d) 제안한 방법에 의한 MCI 프레임 ( $\alpha=2$ ).

Fig. 4 performance comparison in terms of blocking artifacts ('Bus' sequences) (a) previous frame, (b) current frame, (c) by MCI using the 'Conventional 1,' (d) by MCI using the 'Proposed 1' ( $\alpha=2$ ).

를 2에서 9까지 변화시켜가면서 움직임 추정을 하였다. 'Bus' 프레임 시퀀스에 대해, 종래의 방법과  $\alpha=2$ 인 제안한 방법1을 사용하여 움직임 추정을 한 후, 각각의 추정을 통해 구해진 MV들을 참고문헌 [2]에서 제안한 동일한 MCI 수식에 적용하여 합성한 결과를 그림 4에 나타내었다.

그림 4에서 (a)와 (b)는 MCI을 하려는 두 프레임 중 각각, 이전 프레임과 현재 프레임을 나타내며, (c)는 종래의 움직임 추정 방법을 이용하여 합성된 중간 영상을 나타내며, (d)는 제안한 방법에 의해 합성된 중간영상을 나타낸다. 그림 4(c)에서 블록 아티팩트가 심한 부분에 대해 흰색 원으로 표시를 하였다. 표시한 부분을 관찰해 보면, 대체적으로 비슷한 모양의 규칙적인 모양의 이미지가 존재하는 부분에서 블록 아티팩트가 많이 발생하였음을 알 수 있다. 반면 제안한 방법을 사용한 결과인 4(d)에서는, 그림 4(c)에서 원으로 표시한 부분에서 발생한 블록 아티팩트가 많은 부분 사라졌음을 알 수 있다. 제안한 방법을 사용하였을 때 블록 아티팩트가 사라진 이유를 정성적으로 살펴보면, 그림 4(a)와 (b)를 이용하여 블록단위 움직임 추정을 할 때,  $16 \times 16$  화소 크기의 블록으로 움직임 추정을 하였을 때는, 탐색 영역 이내에 같은 블록으로 오인될 수 있는 비슷한 모양의 블록이 확률적으로 많이 존재하였으나,  $16 \times 16$ 보다 가로 및 세로로 두 배 더 큰  $32 \times 32$  화소 크기의 블록으로 움직임 추정을 하였을 때는, 종래의 블록 보다는 4배로 넓은 영역에 대해 유사도를 비교하기 때문에, 종래의 방법에 비해 움직임 추정 정확도가 높아져, 합성 시 블록 아티팩트가 적은 것으로 생각할 수 있다. 뿐만 아니라 같은 크기의 합성 블록으로 MCI을 하였기 때문에 이미지를 표현하는 단위 블록에 대한 정밀도에서는 차이가 없다.

제안한 방법의 성능을 양적으로 측정하기 위해, 삽입된 영상프레임에 대한 피크 신호 대 잡음비(peak signal-to-noise ratio, PSNR)을 계산해 보았다. 측정 방법에 대해 좀더 자세히 설명하자면, 원본 프레임 시퀀스에서 짝수번째 프레임을 제거하고 남은 프레임 시퀀스에 대해, 종래의 방법과 제안한 방법을 사용하여 MCI를 실행한 후, 합성된 프레임들과 이전에 제거된 짝수번째 프레임에 대해 아래 수식 (5)에서와 같이 PSNR을 계산하였다.

$$PSNR = \frac{255^2 \times FS}{\sum_u \sum_v |f_n(u, v) - f_i(u, v)|^2} \quad (5)$$

수식 (5)에서  $FS$ 는 한 프레임 내의 총 화소 개수를 의미하며,  $u$ 와  $v$ 는 프레임내의 각각의 화소들에 대한 수평, 수직 방향의 좌표값을 나타낸다. 종래의 방식과 제안한 방식의 성능을 비교하기 위해 'Football,' 'Susie,' 그리고 'Tennis' 시퀀스들을 사용하여, 각각의 프레임들 중 초기 50프레임에 대해 PSNR을 계산하였으며 그 결과를 그림 4와 5에 나타내었다.

그림 5는, 제안한 방법1에 대한 PSNR을 비교한 것인데, 제안한 방법1에  $\alpha=2$ 를 적용한 결과, 실험에 사용한 3가지 시퀀스들에 대해, 종래의 방법에 비해 우수한 성능을 보여 줌을 확인 할 수 있으며,  $\alpha=3$ 인 경우, 제안한 방법이 'Football'과 'Susie' 시퀀스에서 더 나은 결과를 보임을 알 수 있다. 그림 5의 결과를 통해 제안한 방법1을 적용하였을 때, 종래의 방법보다 낮은 계산량으로도 같거나 더 높은 성능을 낼 수 있음을 알 수 있다.

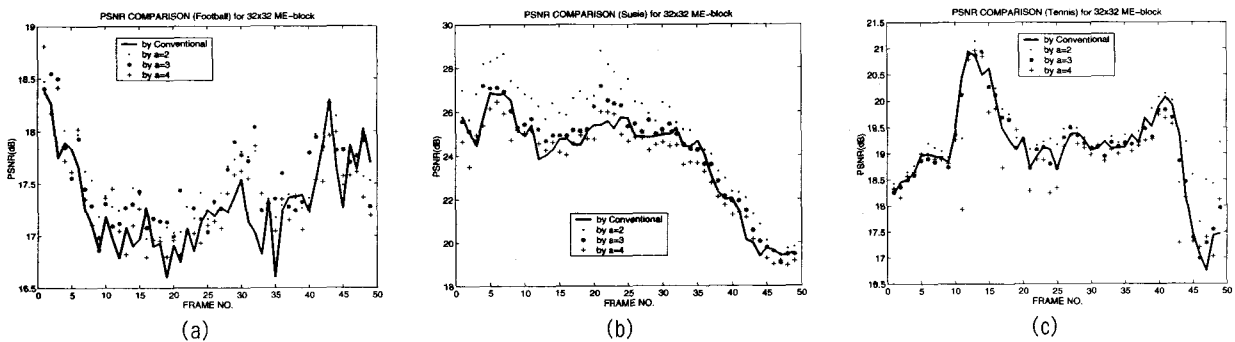


그림 5. 종래의 방법과 제안된 방법1에 의한 MCI 프레임과 원본 영상 사이의 PSNR 특성 (a) 'Football' 시퀀스, (b) 'Susie' 시퀀스, (c) 'Tennis' 시퀀스. Fig. 5 PSNR between the original and the interpolated frames by MCI using the conventional( $16 \times 16$  un-sampled pixel block) and the proposed1 ( $32 \times 32$  ME-Block and  $16 \times 16$  MC-Block) for various sampling numbers (a) for 'Football' sequence, (b) for 'Susie' sequence, (c) for 'Tennis' sequence.

그림 6은 제안한 방법2에 대한 PSNR을 비교한 것인데, 제안한 방법2에서  $\alpha=3$ 을 적용하였을 때, 실험에 사용한 3 가지 시퀀스들에 대해, 종래의 방법에 비해 우수한 성능을 보여주고 있으며,  $\alpha=6$ 인 경우에 대해, 그림 5와 같이, 제안한 방법이 'Football'과 'Susie' 시퀀스에서 더 나은 결과를 보임을 알 수 있다.  $\alpha=9$ 를 적용한 경우, 제안한 방식이 'Football'과 'Tennis' 시퀀스에서 종래의 방법을 적용한 경우에 비해 더 열악한 결과를 보여주지만, 'Susie' 시퀀스에 대해선 더 나은 결과를 보여줌을 알 수 있다. 그림 5와 6의 결과를 통해 제안한 방법1과 2를 적용하였을 때, 종래의 방법보다 낮은 계산량으로도 같거나 더 높은 성능을 낼 수 있음을 확인하였으며, 'Susie' 시퀀스와 같은 낮은 영상 주파수를 가진 이미지에 제안한 방법을 적용하였을 때 더 높은 성능을 보여줌을 확인할 수 있었다.

표 2에서는 위 그림 5와 6에서와 같이 'Football,' 'Susie' 그리고 'Tennis' 시퀀스들에 대한 제안한 방법과 종래의 방법에 의한 PSNR 특성을 정리하였으며, 각각의 방식을 사용하였을 때 필요한 계산량의 비를 비교하였다.

표 2에서 'PSNR'은 각각의 합성 방법에 의해 생성된 초기 50 프레임에 대한 PSNR을 평균한 값을 나타내며, '평균 PSNR'은 좌측의 세가지 'PSNR'을 평균한 것이다. 'CR'는 종래의 방법으로 움직임 추정을 할 때 필요한 계산량에 대한 제안한 방법에 의한 움직임 추정 시의 계산량 비를 나타낸 것인데, 종래의 방법을 100%라 가정하였을 때 상대적인 계산량을 나타낸 것이다. 표 2에서, '평균 PSNR'을 기준으로 비교하였을 때, 제안한 방법 1에  $\alpha=2$ 를 적용하였을 때, 종래의 방법과 같은 계산량을 가지며 종래의 방법에 비해

표 2. 종래의 방법과 제안한 방법 사이의 PSNR특성 및 계산량 비  
Table 2. PSNR and complexity-ratio comparison between the conventional and the proposed methods

		PSNR			평균 PSNR	CR(계산량 비)
		Football	Tennis	Susie		
종래의 방법		54.0	83.0	275.8	137.7(21/4dB)	100%(ref.)
제안한 방법1	$\alpha=2$	56.7	87.0	388.9	177.5(22.5dB)	100%
	$\alpha=3$	55.0	82.7	300.8	146.2(21.6dB)	45%
	$\alpha=4$	54.9	79.4	254.7	129.7(21.1dB)	25%
제안한 방법2	$\alpha=3$	60.3	91.0	578.1	243.2(23.3dB)	100%
	$\alpha=6$	55.2	82.0	372.5	169.9(22.3dB)	25%
	$\alpha=9$	51.8	73.6	288.0	137.8(21.4dB)	11%

대략 1dB의 성능 향상을 보였으며, 제안한 방법 2에  $\alpha=3$ 을 적용하였을 때, 종래의 방법과 같은 계산량을 가지며 종래의 방법에 비해 대략 2dB의 성능 향상을 보인다. 제안한 방법 1에  $\alpha=3$ 을 적용하였을 때, 종래의 방법에 비해 45%의 계산량을 가지며 종래의 방법에 비해 더 나은 성능을 보임을 알 수 있으며 제안한 방법 2에  $\alpha=6$ 을 적용하였을 때, 종래의 방법에 비해 25%의 계산량을 가지면서도 종래의 방법에 비해 더 나은 성능을 보임을 알 수 있다, 뿐만 아니라, 제안한 방법 2에  $\alpha=9$ 를 적용하였을 때, 종래의 방법에 비해 11%의 계산량만으로도 종래의 방법과 비슷한 성능을 보임을 알 수 있다. 위에서 언급했던 실험 결과를 통해, 제안한 블록 기반 움직임 추정 방법을 통해 움직임 추정을 하였을 경우, 종래의 움직임 추정 방법을 적용한 결과에 비해 영상 이미지의 실제 움직임을 추정하는데 탁월한 효과를 보이며, 또한 종래의 방법에서 필

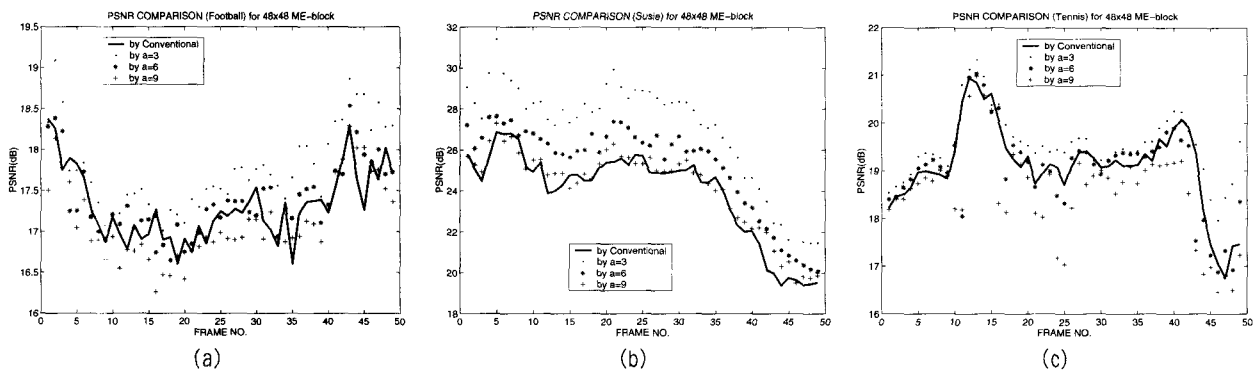


그림 6. 종래의 방법과 제안된 방법2에 의한 MCI 프레임과 원본 영상 사이의 PSNR 특성 (a) 'Football' 시퀀스, (b) 'Susie' 시퀀스, (c) 'Tennis' 시퀀스.  
Fig. 6 PSNR between the original and the interpolated frames by MCI using the conventional $2(16 \times 16$  un-sampled pixel block) and the proposed $2(48 \times 48$  ME-Block and  $16 \times 16$  MC-Block) for various sampling numbers (a) for 'Football' sequence, (b) for 'Susie' sequence, (c) for 'Tennis' sequence.



요한 계산량보다 훨씬 낮은 계산량으로도 더 우수하거나 비슷한 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 또한 제안한 움직임 추정 방법을 MCI에 적용하였을 경우, 종래의 추정 방법에 의해 합성된 영상 프레임 보다 더 높은 PSNR특성을 보임을 확인하였다. 제안한 방법1과 2를 비교하였을 때, MCI에 대한 성능은 움직임 추정 블록의 크기에 비례하며, 두 가지 크기의 움직임 추정 블록을 샘플링하여 사용할 경우, 같은 계산량을 가진다고 가정하였을 때, 더 작은 추정 블록에 낮은 샘플링 계수를 적용하였을 경우보다, 더 큰 추정블록에 대해 높은 샘플링 계수로 샘플링된 추정 블록을 사용하는 경우에 더 우수한 성능을 가짐을 알 수 있었다.

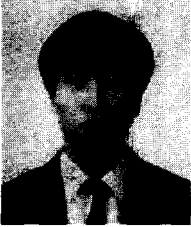
## V. 결 론

본 논문에서는 움직임 합성을 이용한 중간영상합성(MCI)에 적합한 블록 기반 움직임 추정 방법을 제안하였다. 제안한 움직임 추정 방법은 프레임 내의 이미지의 실제적인 움직임 추정 효율을 높이기 위한 방법으로 MCI 블록의 크기보다 더 큰 인접한 블록과 중첩되는 움직임 추정 블록을 사용하여 움직임 추정을 실행하였으며, 종래의 방법보다 더 큰 움직임 추정 블록을 사용함으로써 발생하는 계산량 증가를 줄이기 위해 추정 블록 내의 화소값을 샘플링하여 사용하였다. 실험 결과 제안한 방법을 이용하였을 경우 종래의 방법에 비해, 더 낮은 계산량으로도 더 높은 성능을 보임을 확인하였으며, 제안한 방법에 의해 구해진 MV를 MCI에 적용하였을 경우 종래의 방법에서 발생하던 블록 아티팩트를 줄이는데 상당한 효과가 있으며, 더 높은 PSNR특성을 보임을 확인하였다. 제안한 방법1과 2를 비교하였을 때, MCI에 대한 성능은 움직임추정 블록의 크기에 비례하며, 샘플링 계수에 반비례하지만, 적합한 샘플링 계수로 추정 블록을 샘플링하여 사용할 경우, 종래의 방법보다 더 낮은 계산량으로도 더 높은 MCI 성능을 가짐을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] Ojo, O.A. and de Haan, G.: 'Robust motion-compensated video up-conversion', in IEEE Trans. on Consum. Electron., Nov. 1997, Vol. 43, (4), pp. 1045 -1056
- [2] Pelagotti, A. and de Haan, G.: 'A new algorithm for high quality video format conversion', in Proc. of Image Processing, Oct. 2001, Vol. 2, pp. 375 -378
- [3] Byung-Tae Choi, Sung-Hee Lee and Sung-Jea Ko: 'New frame rate up-conversion using bi-directional motion estimation' in IEEE Transactions on Consum. Electron., Vol. 46, (3) , Aug. 2000, pp. 603 -609
- [4] Sung-Hee Lee, Oh-jae Kwon, Rae-Hong Park: 'Weighted-adaptive motion-compensated frame rate up-conversion' in IEEE Transactions on Consum. Electron., Vol. 49, Aug. 2003, pp. 485-492
- [5] B. W. Jeon, G. I. Lee, S. H. Lee, and R. H. Park: 'Coarse-to-fine frame interpolation for frame rate up-conversion using pyramid structure' in IEEE Transactions on Consum. Electron., Vol. 49, (3), Aug. 2003, pp. 499 - 508
- [6] Ng, A.C.K.; Zeng, B.: 'A new fast motion estimation algorithm based on search window sub-sampling and object boundary pixel block matching' in ICIP 98, Oct. 1998, Vol. 3, pp. 605 -608
- [7] Liu, B.; Zaccarin, A.: 'New fast algorithms for the estimation of block motion vectors' in IEEE Trans. on , Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 3, April 1993, pp. 148 -157
- [8] Sugiyama, K., Nakamura, H.: 'A method of de-interlacing with motion compensated interpolation' in IEEE Trans. on Consumer Elect., Vol. 45, Aug. 1999, pp. 611 -616
- [9] Dufaux, F. and Moscheni, F.: 'Motion estimation techniques for digital TV: a review and a new contribution', in Proc. of the IEEE, June 1995, Vol. 83, pp. 858 -876
- [10] Jong-Nam Kim and Tae-Sun Choi: 'A fast three-step search algorithm with minimum checking points using unimodal error surface assumption' in IEEE Trans. on Consumer Elect., Vol. 44, Aug. 1998, pp. 638 -648
- [11] Chun-Ho Cheung and Lai-Man Po: 'A novel cross-diamond search algorithm for fast block motion estimation' in IEEE Trans. on , Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 12, Dec. 1993, pp. 1168-1177
- [12] Gao, X.Q., Duanmu, C.J. and Zou, C.R.: 'A multilevel successive elimination algorithm for block matching motion estimation' in IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 9, March 2000, pp. 501-504
- [13] G. de Haan, P. Biezen: 'An efficient true-motion estimator using candidate vectors from a parametric motion model' in IEEE Trans. on , Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 8, Feb. 1998, pp. 85 -91

저 자 소 개



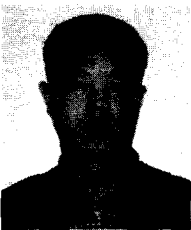
하 태 현

- 1993년 : 부산대학교 전자공학과 학사
- 1995년 : 부산대학교 전자공학과 석사
- 2001년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 1995년 ~ 현재 : 삼성전자(주) VD사업부 책임연구원
- 주관심분야 : 통신 및 비디오 관련 알고리즘 연구 및 H/W 설계



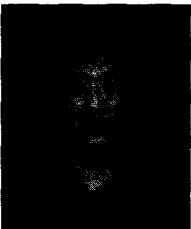
이 성 주

- 1993년 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1998년 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 2002년 : 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
- 2003년 ~ 현재 : 삼성전자(주) VD사업부 책임연구원
- 주관심분야 : 정보통신용 IC, CDMA Modem ASIC, 영상처리 프로세스 IC, PN 코드 동기 알고리즘, 3D 영상 알고리즘 등



김 성 식

- 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
- 삼성전자(주) VD사업부 책임연구원
- 주관심분야 : 3D Display System



성 준 호

- 1988년 : 광운대학교 전자재료공학과 학사
- 1990년 : 광운대학교 전자재료공학과 석사
- 2001년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 1991년 ~ 1996년 : 삼성종합기술원 디스플레이 Lab. 전문연구원
- 1997년 ~ 현재 : 삼성전자(주) VD사업부 책임연구원
- 주관심분야 : 비디오 관련 알고리즘 연구 및 H/W 설계, 3D Video Processing



김 재 석

- 1977년 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1979년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- 1988년 : Rensselaer Polytechnic Institute 공학박사
- 1979년 ~ 1984년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1988년 ~ 1993년 : AT&T Bell Lab, Member of Technical Staff
- 1993년 ~ 1995년 : 한국전자통신연구원 VLSI 연구실장
- 1995년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 교수
- 주관심분야 : 통신 및 비디오 관련 알고리즘 연구 및 H/W 설계