

특집논문-02-07-4-01

## 밝기 변화가 심한 비디오 시퀀스에 대한 효율적인 움직임 보상 알고리즘

김 상 현\*, 박 래 홍\*

### An Efficient Motion Compensation Algorithm for Video Sequences with Brightness Variations

Sang Hyun Kim\* and Rae-Hong Park\*

#### 요 약

본 논문은 밝기 변화가 심한 비디오 시퀀스에 대해 효율적인 움직임 보상 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 화면간의 밝기 변화 변수들을 추정하고 지역적인 움직임을 보상을 수행한다. 밝기 변화가 심한 화면을 검출하기 위해 화면간의 히스토그램의 크로스 엔트로피를 계산하여 밝기 변화가 심한 화면을 그렇지 않은 화면과 나누어 불필요한 계산량을 줄였다. 밝기 변화가 심한 비디오 시퀀스에 대한 실험결과 제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 적은 계산량으로 높은 PSNR (peak signal to noise ratio) 성능을 나타내었다.

#### Abstract

This paper proposes an efficient motion compensation algorithm for video sequences with brightness variations. In the proposed algorithm, the brightness variation parameters are estimated and local motions are compensated. To detect the frame with large brightness variations, we employ the frame classification based on the cross entropy between histograms of two successive frames, which can reduce the computational redundancy. Simulation results show that the proposed method yields a higher peak signal to noise ratio (PSNR) than the conventional methods, with a low computational load, when the video scene contains large brightness changes.

#### I. 서 론

비디오 코딩분야에서 움직임 예측 (motion estimation)과 움직임 보상 (motion compensation)에 관한 많은 연구가 있었고 실제 계산량 감소와 성능 향상에 많은 기여를 하였다. 그러나 대부분의 연구가 일정한 환경이나 조명하에서 얻어진 테스트 시퀀스를 사용하여 성능평가를 하였다. 그러므로 화면간의 밝기 변화가 큰 시퀀스에 대해서는 기대할 만한 움직

임 예측이나 보상 성능을 보이기 어렵다. 일반 사용자나 다양한 환경에서 얻어진 비디오 시퀀스들은 급격한 조명 변화나 카메라 작동등으로 심각한 밝기 변화를 가져올 수 있다.

본 논문에서는 밝기 변화 모델(brightness variation model)에 기반한 효율적인 움직임 예측 및 보상 알고리즘을 제안한다. 연속되는 화면간의 밝기 변화 파라미터를 추정하기 위해 몇가지 알고리즘이 제안되었다<sup>[1]-[3]</sup>. 그러나 대부분의 알고리즘에서 밝기 변화 모델의 적용으로 PSNR 성능은 개선되는 반면에 많은 계산량이 요구된다. 또한 밝기 변화를 고려한 움직임 보상 및 추정이 필요치 않은 비디오 시퀀스에 대해서는 불필요한 계산량을 증가시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 연속되는 화

\* 서강대학교 전자공학과  
Department of Electronic Engineering, Sogang University

※ 본 연구는 서강대학교 산업기술연구소에서 지원되었음.

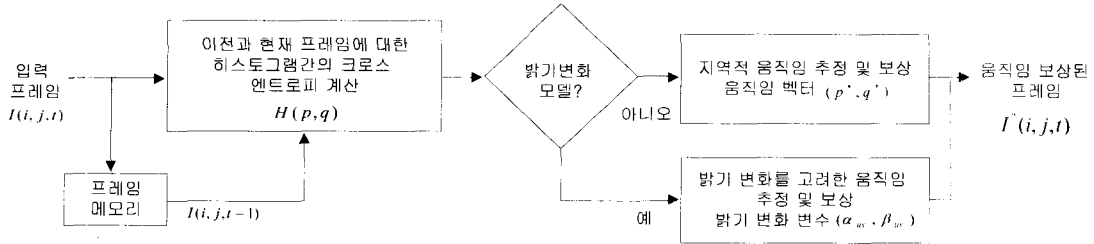


그림 1. 제안한 LBVC 알고리즘의 구성도  
 Fig. 1. Flowchart of the proposed LBVC algorithm

면간의 히스토그램의 크로스 엔트로피 (cross entropy)를 기반으로 밝기 변화가 필요한 모델인지를 결정하는 단계를 두어 불필요한 계산을 줄였다.

움직임 추정 및 보상 방법은 기울기 기반(gradient-based) 방법, 위상 상관기반(phase-correlation-based) 방법, 블록 정합 알고리즘 (BMA, block matching algorithm)의 세가지 그룹으로 크게 나눌 수 있다. 기울기 기반 방법<sup>[3]-[7]</sup>은 연속되는 화면으로부터 추정된 공간적, 시간적 도함수간의 관계를 기반으로 하는 방법이다. 기울기 기반 방법에 밝기 변화 모델을 적용한 움직임 추정 방법이 제안되었으나<sup>[3]</sup> 기본적으로 작은 움직임에 관해 움직임 추정이 가능하고 큰 움직임에 대해서는 계층적인 방법을 적용해야 한다. 블록 정합 알고리즘은 연속되는 화면간의 대응되는 블록에 대해 MSE(mean squared error)나 MAE(mean absolute error)를 최소화하는 블록을 탐색한다<sup>[8]-[14]</sup>. 밝기 변화가 있는 비디오 시퀀스에 대해 전역 탐색(full search)을 사용한 블록 정합 알고리즘이 제안되었으나 많은 계산량이 요구된다<sup>[1]</sup>.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 밝기 변화 모델을 적용한 제안한 알고리즘에 관해 자세히 살펴보고 III장에서는 밝기 변화가 심한 시퀀스에 대해 기존의 방법들과 제안한 방법에 대한 실험 결과를 보이며 IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 밝기 변화 모델을 사용한 효율적인 움직임 보상 알고리즘

제안한 지역적 밝기 변화 보상(LBVC, local brightness variation compensation) 알고리즘은 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫 번째 부분은 입력 화면에 대해 크로스 엔트로피를 사용하여 밝기 변화 모델을 적용할지 안할지 여부를 결정한다. 크로스 엔트로피 값이 크게 나타나는 화면에 대

해서는 두 번째 단에서 밝기 변화 모델을 적용한 알고리즘에 의해 움직임 추정과 보상을 수행하고, 그렇지 않은 화면에 대해서는 밝기 변화 모델을 적용하지 않은 알고리즘이 적용된다. 그림 1에 제안한 LBVC 알고리즘의 전체적인 블록도를 나타내었다. 그림 1에는 밝기 변화 정도에 따라 서로 다른 모델을 적용하는 화면 분류단이 있다.

### 1. 크로스 엔트로피를 사용한 화면 분류

본 논문에서는 밝기 변화 모델 적용에 효율적인 화면 분류를 위하여 화면간의 히스토그램의 크로스 엔트로피를 사용하였다. 일반적으로 히스토그램은 계산량이 적고 밝기 변화에 대한 특성을 나타내는데 효과적이다. 크로스 엔트로피는 기존의 히스토그램 차(histogram difference) 방식 등의 히스토그램을 비교하는 방법들에 비해 향상된 화면 분류 성능을 보인다<sup>[15]</sup>. 크로스 엔트로피는

$$H(p, q) = \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)} dx \quad (1)$$

와 같이 정의되는데 여기서  $p(x)$ 와  $q(x)$ 는 각각 이전 화면과 현재 화면의 히스토그램을 나타낸다. 본 논문에서는

$$F(p, q) = A \int q(x) \log \frac{q(x)}{p(x)} dx + B \int p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)} dx \quad (2)$$

와 같이 크로스 엔트로피를 일반화하여 사용하여 대칭성을 만족시켰다<sup>[16]</sup>. 크로스 엔트로피 방법의 효율성을 알아보기 위해 기존의 보편적으로 사용되는 히스토그램 차 방식과 비교하였다<sup>[17]</sup>. 히스토그램 차 방식은  $\sum_0^{|H_{t+1}(j) - H_t(j)|}$ 와 같이 정의되며  $H_t(j)$ 는  $t$ 번째 화면에서의 히스토그램을 나타낸다. 크로스 엔트로피 방법과 히스토그램 차 방식에 대한

비교실험은 III장의 실험결과와 표 2에서 보였다.

본 논문에서는 연속되는 화면간의 히스토그램의 크로스 엔트로피를 사용하여 그림 1에서와 같이 움직임 추정 및 보상을 위해 밝기 변화를 고려한 모델의 적용이 필요한지 여부를 결정한다.

### 2. 밝기 변화를 고려한 움직임 추정 및 보상 알고리즘

밝기 변화가 심한 화면에 대한 밝기 변화 보상은 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 화면 단위의 전역적인(global) 밝기 보상을 수행하고 두번째 단계에서 블록단위의 지역적인 밝기 보상이 이루어진다. 제안한 알고리즘의 구성도가 그림 2에 나타나 있다.

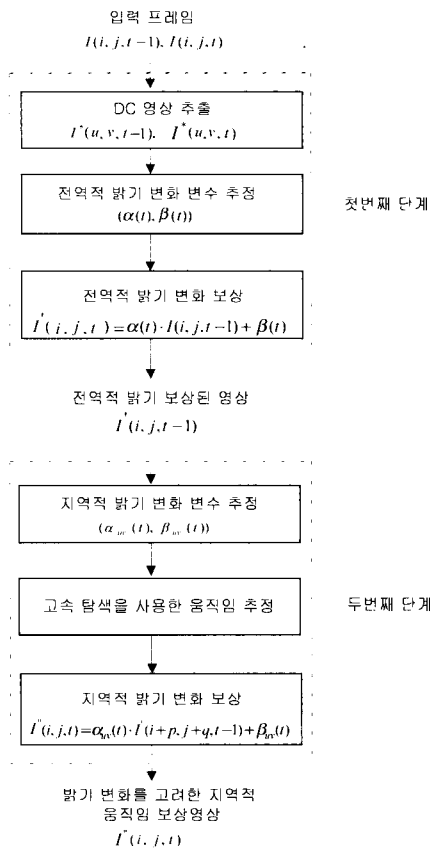


그림 2. 제안한 밝기 변화 모델의 알고리즘 구성  
Fig. 2. Algorithmic procedure of the proposed brightness variation model

#### 2.1 전역적 밝기 변화 보상

전역적 밝기 변화 보상은 DC 영상을 사용하여 수행된다.

원영상의 위치  $(i, j)$ 에서의 밝기 값을  $I(i, j, t)$ 라 하면 DC 영상은

$$I^*(u, v, t) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I((u-1)M+m, (v-1)N+n, t) \quad (3)$$

에 의해 얻을 수 있다<sup>[17]</sup>. 식(3)에서  $m, n$ 은  $M \times N$  서브블록(subblock)의 위치를 나타내며  $u, v$ 는  $U \times V$  DC영상의 위치를 나타낸다. 전역적인 밝기 변화 변수는 DC영상을 사용하여

$$\begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} I^{*2}(u, v, t-1) & \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} I^*(u, v, t-1) \\ \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} I^*(u, v, t-1) & \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha(t) \\ \beta(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} I^*(u, v, t) \cdot I^*(u, v, t-1) \\ \sum_{u=0}^{U-1} \sum_{v=0}^{V-1} I^*(u, v, t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

로 구할 수 있다. 식(4)에서  $\alpha(t), \beta(t)$ 는 전역적인 밝기 변화 변수를 나타내며  $\alpha(t)$ 는 밝기의 대조(contrast) 변화 성분.  $\beta(t)$ 는 명암(brightness offset) 변화 성분을 나타낸다. 식(4)는  $I^*(u, v, t-1)$ 와  $I^*(u, v, t)$ 간의 MSE(mean square error)를 최소화하도록 유도되었다.

밝기 변화가 심한 화면에 대해 전역적 밝기 변화 보상을 수행한 영상  $I'(i, j, t-1)$ 은

$$I'(i, j, t-1) = \alpha(t)I(i, j, t-1) + \beta(t) \quad (5)$$

와 같이 쓸수 있다.

#### 2.1 지역적 움직임 추정 및 보상

지역적 움직임 추정시 SWS(search window subsampling) 방법 [9], [11]과 BPD(boundary pixel decimation) 방법 [11], [12]을 사용하여 계산량을 줄였다. 본 알고리즘에서는 SWS를 사용하여 MAE를 최소화하는 두 후보점을 구하고 이 점들을 중심으로 각각 인접 8개의 블록을 비교하여 이 중 MAE가 가장 최소가 되는 점을 찾아 움직임 추정을 수행한다. 밝기 변화 변수를 고려한 MAE는

$$MAE(p, q, t) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} |I(m, n, t) - \alpha_m(t) \cdot I'(m+p, n+q, t-1) - \beta_m(t)| \quad (6)$$

와 같이 나타낼 수 있으며  $\alpha_{uv}(t)$ 와  $\beta_{uv}(t)$ 는 지역적 밝기 변화 변수를 나타내고  $m, n$ 은  $M \times N$  블록에서의 위치를 나타내며  $p, q$ 는 탐색 영역을 가리킨다. 식(6)에서  $\alpha_{uv}(t)$ 와  $\beta_{uv}(t)$ 는 각 서브블록마다

$$\begin{aligned} & \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I^2(m+p, n+q, t-1) \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m+p, n+q, t-1) \\ & \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m+p, n+q, t-1) \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} 1 \\ \alpha_{uv}(t) &= \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m, n, t) \cdot I(m+p, n+q, t-1) \\ \beta_{uv}(t) &= \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m, n, t) \end{aligned} \quad (7)$$

로부터 구할 수 있다. 식(7)에서 아래첨자  $uv$ 는 서브블록의 인덱스를 나타낸다. 밝기 변화를 고려한 움직임 추정에서 움직임 벡터  $(p^*, q^*)$ 는 탐색 영역내에서 식(6)의 MAE를 최소화하는 값으로 구해진다. 밝기 변화 변수와 추정된 움직임 벡터에 의해 지역적인 밝기 변화 보상이 이루어진 영상은

$$I'(i, j, t-1) = \alpha_{uv}(t) I'(i+p, j+q, t-1) + \beta_{uv}(t) \quad (8)$$

로부터 구할 수 있다.

밝기 변화가 있는 화면에 대한 제안한 움직임 추정 및 보상 알고리즘을 요약하면 첫 번째 단에서 DC영상을 사용하여 전역적인 밝기 보상을 수행하고 이에 대해 두 번째 단에서 고속 움직임 추정(SWS)을 사용하여 밝기 변화를 고려한 움직임 벡터를 추출하고 최종적으로 지역적인 밝기 변화 보상과 움직임 보상이 이루어진다.

움직임 보상에 사용된 밝기 변화 변수들은 각각의 변수를 전송하는데 8비트(bit)가 필요하며 밝기 변화가 존재하는 화면인지 아닌지를 구별하기 위해 1비트가 필요하다. 만약 화면간의 밝기 변화가 작은 경우는 밝기 변화 변수의 전송이 불필요하므로 블록당 1비트의 추가전송 비트만이 필요하다. 반면에 밝기 변화가 심한 화면의 경우는 밝기 변화 변수의 전송으로 블록당 17비트의 추가전송 비트가 필요하다.

### 2.3 밝기 변화에 강건한 움직임 추정

최적의 밝기 파라미터를 추출하기 위해 본 논문에서는 강건한 추정(robust estimation) 방법을 사용하였다<sup>[18][19]</sup>.

밝기 변화 변수를 고려한 강건한 움직임 추정을 위하여

$$\begin{aligned} E(p, q, t) &= \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \\ & \log[1 + (I(m, n, t) - \alpha_{uv}(t) \\ & \cdot I'(m+p, n+q, t-1) - \beta_{uv}(t))^2 / 2] \end{aligned} \quad (9)$$

와 같은  $M$ -추정기(M-estimator)를 사용하였다. 화면간의 밝기 변화가 큰 경우 블록간의 오류성분도 커지게 되는데 식(9)에서 사용한  $M$ -추정기는 밝기 변화를 고려한 움직임 추정에 있어 오류를 줄이고 강건한 변수 추정이 가능하다. 여기서  $\alpha_{uv}(t)$ 와  $\beta_{uv}(t)$ 는 지역적 밝기 변화 변수를 나타내고  $m, n$ 은 블록에서의 위치를  $p, q$ 는 탐색 영역을 가리킨다. 사용된  $M$ -추정기(M-estimator)는 심한 밝기 변화를 가지는 프레임에 대해 향상된 성능을 나타낸다.

## III. 실험결과 및 토의

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 실험영상으로 두 가지 수중 영상(underwater scene)과 밝기 변화가 심한 두 가지 합성 비디오 시퀀스(synthesized video sequence)를 사용하였다. 또한 기존의 방법들과 성능을 비교 분석하고 밝기 변화성분이 변화하는 데 따른 제안한 알고리즘의 성능 변화에 대해 실험하였다.

### 1. 수중 영상에 대한 실험 결과

실험에 사용한 수중영상은 그림 3에 있는 바와 같이 512×512 영상 크기를 가지며 실험 시퀀스 1은 카메라 빛이 아래쪽으로 움직이며 취득된 영상이다. 그림 3(a)와 그림 3(b)는 심해에서 수중로봇이 작업시 일반적으로 얻을 수 있는 영상특성을 가진다<sup>[3]</sup>.

그림 3(c)는 원영상과 LBVC(local brightness variation compensation) 없이 전역탐색 BMA를 사용하여 복원된 영상간의 차영상을 보여주고 있으며 그림에서 검은점이 오류성분을 나타낸다. 그림 3(d)는 원영상과 LBVC를 적용한 전역탐색 BMA를 사용하여 복원된 영상간의 차영상을 보여주고 있다. 실험에서는 16×16 블록 크기에 [-7 7]의 탐색 영역을 사용하였으며 차영상은 화소값을 10배 크게 하여 디스플레이하였다. 그림 3(e) (그림 3(f))는 원영상과LBVC를 적

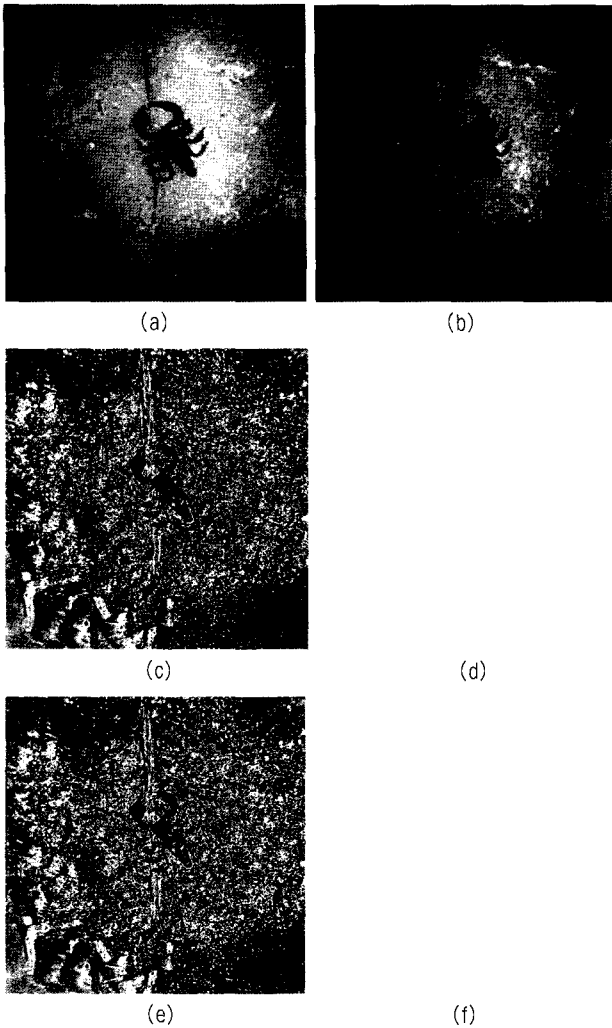


그림 3. 밝기 변화가 심한 실험 영상 1에 대한 움직임 보상 결과 (a)수중 화면 1 (b)수중 화면 2 (c)차영상 (LBVC를 적용하지 않은 전역 탐색) (d)차영상 (LBVC를 적용한 전역탐색) (e)차영상 (LBVC를 적용하지 않은 고속탐색) (f)차영상 (LBVC를 적용한 고속탐색)

Fig. 3. Motion compensation results for the Test Sequence 1 with large brightness variations (a)Underwater frame 1 (b)Underwater frame 2 (c)Difference image (full search, without LBVC) (d)Difference image (full search, with LBVC) (e)Difference image (fast search, without LBVC) (f)Difference image (fast search, with LBVC)

용하지 않은 (적용한) 고속탐색 (SWS) BMA를 사용하여 복원된 영상간의 차영상을 보여주고 있다. LBVC를 적용하지 않은 경우 (그림 3(c), 그림 3(e))에 LBVC를 적용한 경우 (그림 3(d), 그림 3(f))와 비교하여 많은 오류 성분이 나타나고 있다. 또한 LBVC를 적용한 경우인 그림 3(d)와 그림 3(f)간에는 큰 차이가 나타나지 않는다.

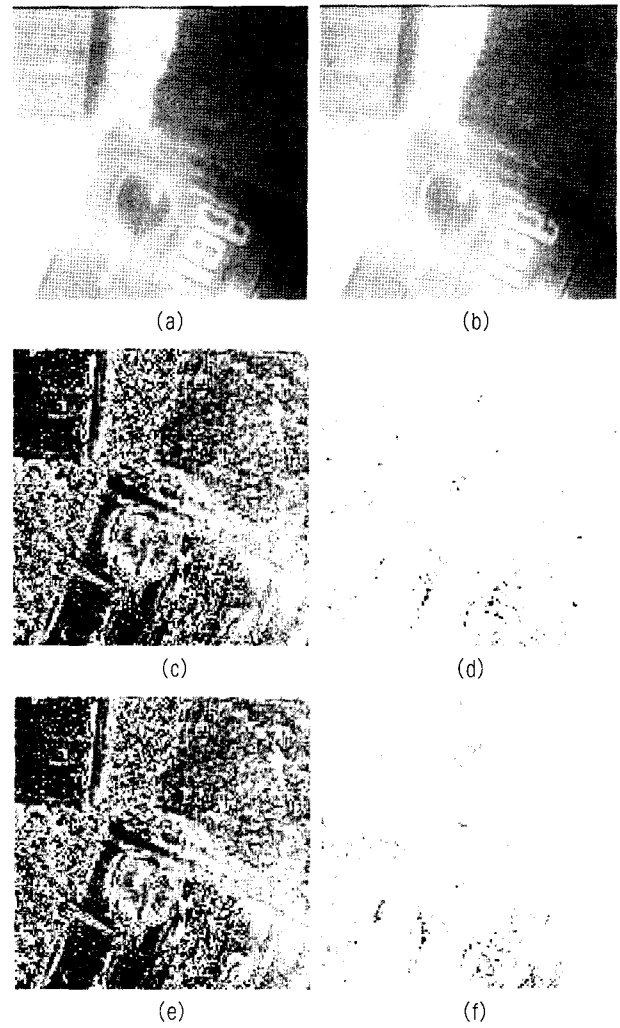


그림 4. 밝기 변화가 심한 실험 영상 2에 대한 움직임 보상 결과 (a)수중 화면 1 (b)수중 화면 2 (c)차영상 (LBVC를 적용하지 않은 전역 탐색), (d)차영상 (LBVC를 적용한 전역탐색) (e)차영상 (LBVC를 적용하지 않은 고속탐색) (f)차영상 (LBVC를 적용한 고속탐색)

Fig. 4. Motion compensation results for the Test Sequence 2 with large brightness variations (a)Underwater frame 1 (b)Underwater frame 2 (c)Difference image (full search, without LBVC) (d)Difference image (full search, with LBVC) (e)Difference image (fast search, without LBVC) (f)Difference image (fast search, with LBVC)

그림 4(a)와 그림 4(b)는 512×512 영상 크기에 밝기 변화가 심한 실험 시퀀스 2를 나타내며 그림 4(c)-그림 4(f)는 20배 곱해진 차영상들을 나타낸다. 실험에 사용한 4가지 방법은 LBVC를 적용하지 않은 전역탐색 BMA(FS), LBVC를 적용한 전역탐색 BMA(FS-LBVC), LBVC를 적용하지 않은 고속탐색 BMA(SWS), LBVC를 적용한 고속탐색 BMA

(Proposed-LBVC)이다. 그림 4의 차영상은 그림 3의 차영상에 비해 영상복원후 비교적 많은 오류 성분이 나타나고 있다.

표 1은 4가지 실험에 사용한 움직임 추정 방법에 대해 PSNR 성능 비교를 보이고 있다. 표 1에서도 LBVC를 적용한 방법이 적용하지 않은 방법에 비해 높은 PSNR 성능을 보였다.

표 1. PSNR에 의한 4가지 움직임 보상 알고리즘의 비교  
Table 1. Performance comparison of four motion compensation algorithms in terms of the PSNR

방 법		PSNR (dB)	
		실험 영상 1	실험 영상2
LBVC 미적용	전역탐색 (그림 3(c) and 4(c)) (FS)	21.59	31.29
	고속탐색 (그림 3(e) and 4(e)) (SWS)	21.52	31.27
LBVC 적용	전역탐색 (그림 3(d) and 4(d)) (FS-LBVC)	50.14	37.56
	고속탐색 (그림 3(f) and 4(f)) (Proposed-LBVC)	49.55	37.33

표 2에서는 밝기 변화가 심한 시퀀스에 대해 크로스 엔트로피(cross entropy)와 히스토그램 차(histogram difference) 방법을 비교하고 있다. 수중 영상과 같은 밝기 변화가 큰 시퀀스에 대해서 크로스 엔트로피는 히스토그램 차 방법에 비해 큰 차이를 나타내 주므로써 밝기 변화 화면을 검출하고 분류하는 데 효과적이다.

표 2. 4가지 실험 시퀀스에 대한 크로스 엔트로피와 히스토그램 차의 비교  
Table 2. Comparison of cross entropy and histogram difference for four test sequences

실험 영상		Cross entropy ( $\times 10^{-3}$ )	Histogram difference ( $\times 10^{-3}$ )
밝기 변화가 많은 프레임	실험 영상 1	220.60	170.03
	실험 영상 2	105.71	122.59
밝기 변화가 적은 프레임	Saiesman (30 프레임)	0.89	21.91
	Flower Garden (30 프레임)	1.19	28.08

표 3은 LBVC를 사용하지 않은 움직임 추정과 사용한 움직임 추정 방법들에 대한 계산량 비교가 나타나 있으며 계산 시간은 펜티엄 III(866Mhz) 프로세서에 MS Windows 2000 환경하에서 취득하였다. 표 3에서  $M, N$ 은 블록 크기를  $P, Q$ 는 탐색 영역을 나타낸다. LBVC를 적용한 움직임 추정 알고리즘은 LBVC를 적용하지 않은 방법에 비해 움

직임 추정에 관한 연산(ME) 뿐만 아니라 밝기 변화 추정에 관한 연산(BVE)이 추가적으로 요구된다. 제안한 Proposed-LBVC 알고리즘은 FS-LBVC 알고리즘과 비교하여 유사한 성능을 보이면서 계산시간은 1/5로 감소하는 결과를 보였다.

표 3. 계산량 비교  
Table 3. Comparison of the computational complexity

방 법	연 산 수					계산시간 (sec/frame)	
	+	$\times$	·	>			
LBVC 미적용	전역탐색 (FS)	ME	2PQMN		PQMN	PQ	2.934
	고속탐색 (SWS)	ME	PQMN/4		PQMN/8	PQ/4	0.551
LBVC 적용	전역탐색 (FS-LBVC)	BVE	4PQMN	2PQMN			5.828
		ME	3PQMN	PQMN	PQMN	PQ	
	고속탐색 (Proposed-LBVC)	BVE	PQMN/2	PQMN/4			1.152
		ME	3PQMN/8	PQMN/8	PQMN/8	PQ/4	

2. 밝기 변화가 심한 비디오 시퀀스에 대한 실험 결과

밝기 변화가 심한 시퀀스에 대한 밝기 보상 및 움직임 보상에 관한 실험은 각각 30화면으로 구성된 Salesman (CIF, 352×288)과 Foreman (QCIF, 176×144)스퀀스를 사용하여 화면간에 많은 밝기 변화를 가지도록 합성된 실험 영상을 사용하였다. 합성된 Salesman 영상은 화면간의 대조(contrast) 성분과 명암(brightness offset) 성분이 각각 1.1과 10으로 설정되었으며 합성된 Foreman 영상은 화면간의 대조 성분과 명암 성분이 각각 0.9과 -10으로 설정되었다.

합성 비디오 시퀀스에 대한 움직임 보상 결과를 그림 5에서 보여주고 있다. 그림 5에서 LBVC를 적용하지 않은 전역탐색 BMA (FS)와 TSS(three step search) BMA는 낮은 PSNR 성능을 보인 반면 LBVC를 적용한 전역탐색 BMA (FS-LBVC)와 제안한 Proposed-LBVC는 프레임간의 밝기 변화가 심한 경우에도 높은 PSNR 성능을 나타내었다. 그림 5(a)의 합성 Salesman 시퀀스에 대한 실험에서 FS, FS-LBVC, TSS, Proposed-LBVC 방법들에 대한 PSNR 성능의 평균값은 각각 29.22(dB), 35.95(dB), 29.04(dB), 35.61(dB)였으며 그림 5(b)의 합성 Foreman 시퀀스에 대한 실험에서는 FS, FS-LBVC, TSS, Proposed-LBVC 방법들에 대해서 각각 26.07(dB), 35.33(dB), 25.73(dB), 34.83(dB)의 평균적인 PSNR 성능을 보였다. 두가지 합성 비디오 시퀀스에 대한 실험결과 제안

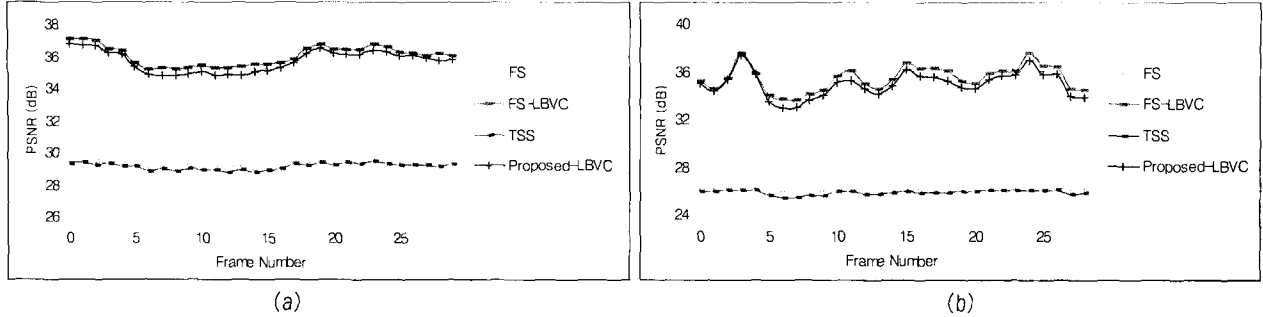


그림 5. 밝기 변화가 심한 합성 시퀀스에 대한 4가지 움직임 보상 방법의 PSNR 성능 비교 (a)합성 Salesman 시퀀스 (b)합성 Foreman 시퀀스  
 Fig. 5. PSNR performance comparison of four motion compensation methods for the synthesized sequences with large brightness variations (a)Synthesized Salesman sequence (b)Synthesized Foreman sequence

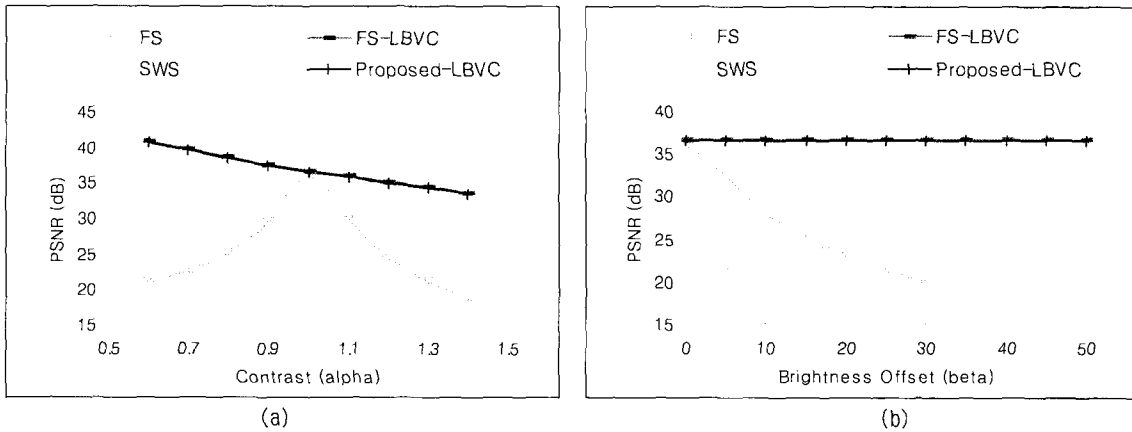


그림 6. 4가지 움직임 보상 방법의 PSNR 성능 비교 (a)명암 성분을 0으로 한 경우 대조 성분의 변화에 따른 성능 (b)밝기 성분을 0으로 한 경우 명암 성분의 변화에 따른 성능  
 Fig. 6. PSNR performance comparison of four motion compensation methods (a)As a function of the contrast with the brightness offset set to 0 (b)As a function of the brightness offset with the contrast set to 1

한 Proposed-LBVC 방법은 적은 계산량으로 전역탐색 BMA와 유사한 성능을 보였다.

### 3. 밝기 변화 성분에 따른 성능비교

밝기 변화 성분에 따른 성능 비교를 위해 합성 실험영상에 대해 밝기 변화 정도가 변화했을 때 PSNR 성능을 구하였다. 그림 6(a)은 합성된 Salesman 시퀀스에 대해 밝기의 명암 성분은 고정시키고 대조 성분을 변화시키면서 PSNR 성능을 구한 그래프를 나타낸다. 반면 6(b)은 밝기의 대조 성분은 고정시키고 명암 성분을 변화시켰을 때의 PSNR 성능을 나타낸다. 그림 6에서 나타나는 바와 같이 LBVC를 적용하지 않은 전역탐색과 고속탐색(SWS)은 밝기의 대조

성분과 명암 성분이 점점 커짐에 따라 PSNR 성능도 더욱 낮아지고 있다. 반면에 LBVC를 적용한 전역탐색과 제안한 Proposed-LBVC 방법은 밝기 성분이 커져도 PSNR 성능 저하가 크게 일어나지 않았다. 대조 성분이 1보다 작을 경우 제안한 방법의 성능이 증가하는 이유는 움직임 추정 및 보상을 수행하는 시퀀스가 대조 성분이 줄어들면서 전체적으로 고른 밝기 성분을 가짐에 따라 밝기 변화를 고려한 알고리즘에서의 PSNR 성능은 증가한다.

그림 7은 제안한 알고리즘의 밝기 변화에 따른 성능 비교를 보이고 있는데 그림 7(a)는 Salesman 실험 영상에 대해 3개의 고정된 명암 성분에 대해 밝기의 대조 성분을 변화 시켜가면서 구한 PSNR 성능을 나타내고 있고 그림 7(b)는 3개의 고정된 대조 성분에 대해 밝기의 명암 성분

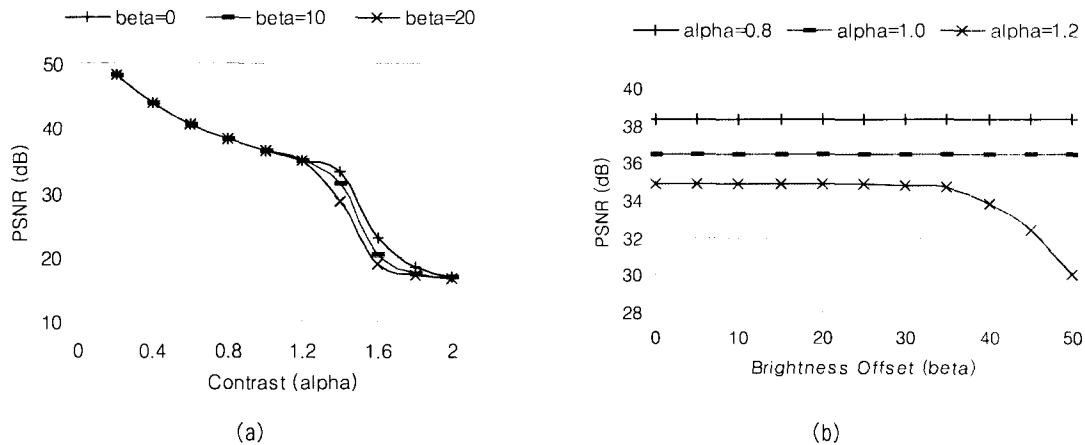


그림 7. 합성된 Salesman 시퀀스에 대한 제안한 알고리즘의 PSNR 성능. (a) 명암 성분을 0, 10, 20으로 한 경우 대조 성분의 변화에 따른 성능. (b) 대조 성분을 0.8, 1, 1.2로 한 경우 명암 성분의 변화에 따른 성능.

Fig. 7. PSNR performance of the proposed algorithm for the synthesized Salesman sequence. (a) As a function of the contrast with the brightness offset set to 0, 10, and 20. (b) As a function of the brightness offset with the contrast set to 0.8, 1, and 1.2.

을 변화 시켜가면서 구한 PSNR 성능을 보이고 있다. 그림 7에서 나타나는 바와 같이 제안한 알고리즘은 밝기의 대조 성분이 매우 커지면 성능 저하가 많은 반면 밝기의 명암 성분의 변화에는 PSNR 성능에 큰 영향을 받지 않았다.

#### IV. 결론

본 논문은 밝기 변화가 심한 비디오 시퀀스에 대해서도 효율적인 움직임 추정 및 보상이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 밝기 변화 성분 추출에 의한 계산량 증가를 줄이기 위해 전역적인 밝기 보상을 수행한 후 고속탐색 (SWS) 알고리즘을 적용하고 이로부터 지역적인 밝기 보상과 움직임 보상을 수행하므로써 계산량을 줄였다. 또한 입력 화면을 분류하여 밝기 변화가 심한 화면에 대해서만 밝기 보상을 수행하므로써 밝기 변화 모델이 필요하지 않은 시퀀스에 대해 불필요한 계산량 증가를 없앴다. 밝기 변화가 심한 비디오 시퀀스에 대한 실험결과 제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘들에 비해 적은 계산량으로 일정한 PSNR 성능을 나타내었다. 향후 플래쉬 라이트 (flashlight)나 스포트라이트 (soplighthouse) 등과 같은 다양한 밝기 변화 성분에 대한 알고리즘 연구와 분석이 수행되어야 하겠다.

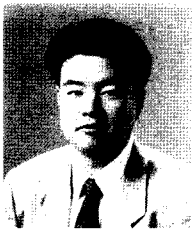
#### 참고 문헌

- [1] K. Kamikura, H. Watanabe, H. Jozawa, H. Kotera, and S. Ichinose, "Global brightness-variation compensation for video coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. CSVT-8, No. 8, pp. 988-1000, Dec. 1998.
- [2] F. J. Hampson and J.-C. Pesquet, "Motion estimation in the presence of illumination variations," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 16, No. 4, pp. 373-381, Nov. 2000.
- [3] S. Negahdaripour, "Revised definition of optical flow: Integration of radiometric and geometric cues for dynamic scene analysis," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-20, No. 9, pp. 961-979, Sep. 1998.
- [4] D.-G. Sim and R.-H. Park, "Robust reweighted MAP motion estimation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-20, No. 4, pp. 353-365, Apr. 1998.
- [5] M. J. Black and A. D. Jepson, "Estimating optical flow in segmented images using variable-order parametric models with local deformations," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-18, No. 10, pp. 972-986, Oct. 1996.
- [6] D. Terzopoulos, "Image analysis using multigrid relaxation methods," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-8, No. 2, pp. 129-139, Mar. 1986.
- [7] H.-H. Nagel and W. Enkelmann, "An investigation of smoothness constraint for the estimation of displacement vector fields from image sequences," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-8, No. 5, pp. 565-593, Sep. 1986.
- [8] M. Z. Coban and R. M. Mersereau, "A fast exhaustive search algorithm for rate-constrained motion estimation," *IEEE Trans.*



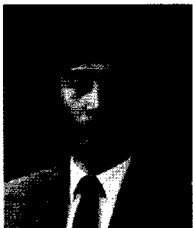
- Image Processing*, Vol. IP-7, No. 5, pp. 769-773, May 1998.
- [9] J. Chalidabhongse and C.-C. J. Kuo, "Fast motion vector estimation using multiresolution-spatio-temporal correlations," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. CSVT-7, No. 3, pp. 477-488, Jun. 1997.
- [10] E. François, J.-F. Vial, and B. Chupeau, "Coding algorithm with region-based motion compensation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. CSVT-7, No. 1, pp. 97-108, Feb. 1997.
- [11] A. C. K. Ng and B. Zeng, "A new fast motion estimation algorithm based on search window sub-sampling and object boundary pixel block matching," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Vol. 3, pp. 605-608, Chicago, IL, USA, Oct. 1998.
- [12] Y.-L. Chan and W.-C. Siu, "New adaptive pixel decimation for block motion vector estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. CSVT-6, No. 1, pp. 113-118, Feb. 1996.
- [13] 정영훈, 김재호, "슬라이스 경쟁 방식을 이용한 고속 블록 정합 알고리즘", *전자공학회논문지*, SP-38권, 6호, pp. 94-104, 2001년 11월.
- [14] 최정현, 박대규, 이경환, 이범기, 김덕규, "움직임 벡터의 통계적 특성을 이용한 고속 움직임 추정", *전자공학회논문지*, SP-37권, 2호, pp. 21-27, 2000년 3월.
- [15] S. H. Kim and R.-H. Park, "An efficient algorithm for video sequence matching using the modified Hausdorff distance and the directed divergence," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. CSVT-12, pp. 592-596, Jul. 2002.
- [16] R. W. Johnson, "Axiomatic characterization of the directed divergences and their linear combinations," *IEEE Trans. Information Theory*, Vol. IT-25, No. 6, pp. 709-716, Nov. 1979.
- [17] B.-L. Yeo and B. Liu, "Rapid scene analysis on compressed video," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. CSVT-5, No. 6, pp. 533-544, Dec. 1995.
- [18] N. Sebe, M. S. Lew, and D. P. Huijsmans, "Toward improved ranking metrics," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-22, No. 10, pp. 1132-1143, Oct. 2000.
- [19] M. J. Black, G. Sapiro, D. H. Marimont, and D. Heeger, "Robust anisotropic diffusion," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. IP-7, No. 3, pp. 421-432, Mar. 1998.

— 저 자 소개 —



**김 상 현**

- 1997년 : 한국외국어대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1999년 : 한국외국어대학교 전자제어공학과 (공학석사)
- 2003년 : 서강대학교 전자공학과 (공학박사)
- 주관심분야 : 비디오 코딩, 비디오 인덱싱 및 컴퓨터 비전



**박 래 홍**

- 1976년 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1979년 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1981년 : Stanford University (Stanford, CA) 전기공학과 (공학석사)
- 1984년 : Stanford University (Stanford, CA) 전기공학과 (공학박사)
- 1984년~현재 : 서강대학교 전자공학과 교수
- 1990년 : University of Maryland (College Park, MD) 방문교수
- 주관심분야 : 영상통신, 컴퓨터 비전 및 패턴인식