

경계 기반 평활화를 이용한 3D 영상의 변이 추정과 IVR

Disparity estimation using edge-based regularization and intermediate view reconstruction for 3D images

김미현, 박상현, 이상호, 김성식, 손광훈
연세대학교 전파공학과

Mi-Hyun Kim, Sang-Hyun Park, Sang-Ho Lee, Sung-Sik Kim, Kwang-Hoon, Sohn
Dept. of Radio Communication Engineering, Yonsei University
e-mail : algusess@netian.com

요약

본 논문에서는 입체 영상 시스템 중 전송단에서의 영상의 입체감 분석을 위한 변이추정 과정과 수신단에서의 중간시점영상 재구성 방식에 대해 중점적으로 연구하였다.

변이추정은 기본적으로 MAE(mean absolute error)를 최소가 되도록 하는 동시에 변이를 각 방향에서의 경계값의 크기에 반비례한 정도로 평활화하는 반복적 블록 매칭 방식을 적용하였다. 수신단에서는 복원된 영상과 변이 정보를 이용하여 IVR(Intermediate View Reconstruction)을 수행하였으며, 보간법(interpolation)을 사용하는 동시에 occlusion 영역에서는 좌우 영상 중 한 영상에서 외삽법(extrapolation)을 택하였다.

이 알고리즘으로 영상의 smooth 영역에서 일정하게 평활화된 변이를 추정하였고, 경계부분에서는 평활화 방식에서 흔히 발생하는 oversmoothing 문제를 해결하였다. 또한 IVR에서는 다른 알고리즘에 비해 영상의 경계 부분을 살리며, occlusion 영역을 잘 보존하는 특성을 보였다.

I. 서론

인간의 시각이 양안으로 물체를 인식함으로써 물체의 깊이를 느끼는 점을 이용한 양안영상을 이용한 3차원 입체영상 처리 방식은 차세대 영상처리 분야의 주요 관심사가 되고 있다. 그러나, 현재 이용되는 영상의 대부분이 칼라 및 동영상이라는 점과 통신 network의 전송률과 처리 속도를 감안하면, 입체감을 얻기 위한 정보량의 증가가 매우 문제시 된다.^[1] 따라서, 입체 영상의 화질을 유지하는 동시에 보다 쉽고 효율적으로 압축하는 방식에 대한 연구가 시급하다. 이를 위해 일반적으로 좌우 영상간의 변이를 추정하고 좌영상과 변이벡터만 전송하여 수신단에서 이를 좌우영상으로 보상, 복원하는 방식이 주로 연구되고

있다. 변이 추정방식으로는 블록 정합방식과 화소단위의 추정방식이 있다. 기존에 제안된 방식으로 블록간 혹은 화소간의 변이를 평활화하여 변이벡터의 정보량을 줄이거나^[2], 다해상도 분할로 변이추정의 안정성을 높이고 해상도별 변이 추정범위를 한정하여 계산량을 감소시키는 방식^[3]이 있고, 배경보다 물체에 비중을 두는 대상함수를 제안하기도 했다^[2].

본 논문에서는 계산량과 안정적 변이 추정을 위해 블록 정합방식을 기본적으로 이한다. 우선 영상의 경계값을 계산하고, 경계가 뚜렷한 영역은 대부분 깊이차를 갖는 물체들 사이에서 발생하므로 경계 양쪽의 변이는 서로 다른 값을 가질 가능성이 크며, 반대로 경계값이 작은 영역에서는 이웃 블록간에 유사한 변이를 가질 가능성이 크다는 점을 이용하여, 경계값에 반비례하는 변이 평활화 방식을 제안한다.

또한 한정된 시점의 영상으로 다시점 영상을 재구성하기 위한 IVR이 정보량 감소에 효율적으로 이용된다. 기존에 제안된 화소값 위치변형 방식^[2]은 간단하나 정확성이 떨어지고 smoothing현상 발생의 우려가 있으며, 좌우 상호간의 변이를 추정하여 그 오차값으로 occlusion 영역을 판단한 후 보간/외삽하는 방식^{[4][5]}은 정확하나 계산량이 많은 단점이 있다.

본 논문에서는 두 시점에서의 영상 사이의 변이 정보와 좌영상, 복원된 우영상 사이의 관계를 이용하여 상세한 변이 정보를 찾아 occlusion 영역과 변이가 중복되는 영역을 판단하고, 보간 혹은 외삽법을 통한 IVR 방식을 제안한다.

II. 변이 추정 방식

우선 원영상을 I 라 했을 때, Sobel 경계검출기를 이용하여 경계영상 I_E 를 구성한다.

변이 추정 과정은 식(1)에서처럼 cost function이 최소가 되는 값을 찾는 과정이므로 본 논문에서는 cost

function을 식(2)~(4)와 같이 제안한다. 식(2)의 f_1 은 좌우영상(L, R)간의 각 블록 MAE를, 식(3)의 f_2 는 좌우 경계영상(L_E, R_E)간의 MAE를, 그리고 식(4)는 평활화를 위한 함수로 이웃 블록과의 변이 차를 나타낸다. 기존 방식에서는 f_2 에 해당하는 cost function 혹은, f_2 와 유사하나 경계정보를 고려하지 않은 등방향성 평활화 함수를 f_1 과 함께 사용한다^[2]. 첫 번째 기존 방식은 단순히 오차가 작은 영역만을 판단하므로 밝기가 비슷한 영역에서 잘못된 변이를 추정할 가능성이 크며, 두 번째 기존 방식은 경계영역에서 oversmoothing되어 물체와 배경의 변이를 유사한 값으로 판단하는 오류가 발생하므로 이를 개선하여 cost function을 만든다.

$$f = \min_{d_k} (f_1 + f_2 + f_3) \quad (1)$$

$$f_1 = \sum_{m,n} |R(m, n) - L(m + d_k, n)| \quad (2)$$

$$f_2 = w_e \sum_{m,n} |R_E(m, n) - L_E(m + d_k, n)| / (N * N) \quad (3)$$

$$f_3 = w_r (N * N * |d(T) - d_k| / (N * N * m_t + m_e + 1) + N * N * |d(B) - d_k| / (N * N * m_b + m_e + 1) + N * N * |d(L) - d_k| / (N * N * m_l + m_e + 1) + N * N * |d(R) - d_k| / (N * N * m_r + m_e + 1)) \quad (4)$$

그림 1에서 변이를 찾고자 하는 블록을 C 라고 하면, 탐색 범위를 $-R \sim R$ 이라 했을 때, d_k 는 $-R \sim R$ 에 해당하는 값을 갖게 되며 실제 변이 $d(C)$ 는 반복 형태를 취하여 수렴하는 값으로 결정한다.

$m, n (= 0, 1, \dots, N-1)$ 은 우영상(R)의 중심 블록 C 내에서 화소 위치를 나타내며, 그림 1에서처럼 블록 C 의 변이를 $d(C)$, 상, 하, 좌, 우 블록의 변이를 각각 $d(T), d(B), d(L), d(R)$ 이라 한다. m_e 는 C 블록내의 경계영상의 평균이며, m_t, m_b, m_l, m_r 은 C 블록의 각 방향(좌, 우, 상, 하)에 대한 부분에서 경계영상의 평균을 의미하고, w_e 는 경계성분을 고려하는 가중치를 나타내며, w_r 은 평활화 정도를 나타내는 가중치를 의미한다.

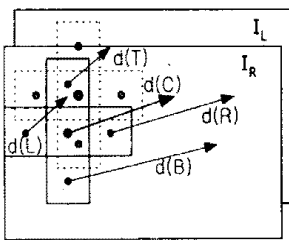


그림 1 우영상의 블록 변이 추정

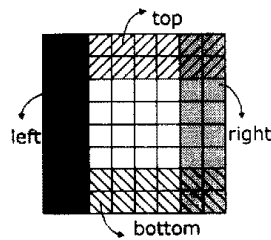


그림 2. 블록의 경계영역 정의

경계값이 임계값보다 작은 smooth 영역에 제안한 경계 기반의 평활화 방식을 적용하면 주위 블록과 매우 유사한 변이를 갖게 되므로, 이웃 블록중 smooth 영역에 해당하는 블록의 변이 평균을 취하여 이 블록의 변이를 예측한 후, 정합 오차가 작으면 적절한 변이로 판단하여 계산량을 줄인다.

반복 과정을 거친 변이벡터 중에는 블록 사이에서 변이의 큰 변화에 의해 예기치 않은 오차가 발생한다. 이러한 블록은 물체의 오른쪽 경계 부분과 경계가 존재하지 않는 배경 블록이 접한 곳에서 변이가 배경을 위주로 smoothing되어 왼쪽 물체의 변이가 있어야 할 블록에 배경의 변이가 할당되어 발생하는 occlusion 영역이다. 이를 보완하기 위해 그림 1에서 현재 블록과 좌우 블록의 변이 $d(C), d(L), d(R)$ 와 이 값의 ± 1 , 상하 블록의 변이 $d(B), d(T)$, 그리고 $d(L), d(C)$ 의 평균, $d(C), d(R)$ 의 평균, 이렇게 최대 13개로 구성된 예상 벡터를 대상으로 오차(f_1)가 가장 작은 블록을 선택한다.

III. 중간시점영상 재구성 (IVR)

블록 단위의 변이추정 과정 후 변이 정보와 오차값과 함께 전송된 좌안영상은 수신단에서 이들을 보상하여 손실없는 혹은 다소 손실된 양안영상으로 복원된다.

IVR에서 정상적으로 정합되는 화소는 좌우 영상의 거리에 비례하는 가중평균으로 식(5)와 같이 화소값을 결정하는 보간법을 적용한다.

$$P(x + (1 - a) * d(x, y), y, a) = (1 - a) * I_L(x + d(x, y), y) + a * I_R(x, y) \quad (5)$$

양안 영상과 변이 정보를 이용하여 중간시점영상을 재구성하는데 있어서 occlusion 영역을 판단하는 과정이 선행되어야 하는데, 본 논문에서는 IVR에서 occlusion 영역을 그림 3과 같이 상세히 구분한다.

A 영역은 처음부터 발생했던 occlusion 영역으로 깊이가 작은 물체에 의해 깊이가 큰 물체가 가려져 있어 우영상에만 존재하는 경우이므로 IVR시에 A영역의 양 끝의 변이 중에 더 작은 변이를 택하여 식(6)과 같이 우영상에서 외삽한다.

$$P(x, y, a) = I_R(x - (1 - a) * d, y) \quad (6)$$

B1과 B2 영역은 단순한 배경으로 B1의 경우 좌영상

에서 찾지 못한 영역이지만 좌영상에서 이를 외삽하는데 변이는 식(7)에서처럼 B1영역의 양끝 변이 중 역시 더 작은 변이를 택한다.

$$P(x, y, a) = I_L(x + a*d, y) \quad (7)$$

B2는 다중 변이를 갖는 영역으로 점선으로 표시된 변이는 좌영상에 대응되는 영역이 없으므로 근접한 배경에서 그 변이를 찾게 되어 생긴 영역이다. 이 경우에는 식(8)에서처럼 우영상에서 이를 외삽하며 양끝 변이 중 더 큰 변이를 선택한다.

$$P(x, y, a) = (1-a)*I_L(x + a*d, y) + a*I_R(x - (1-a)*d, y) \quad (8)$$

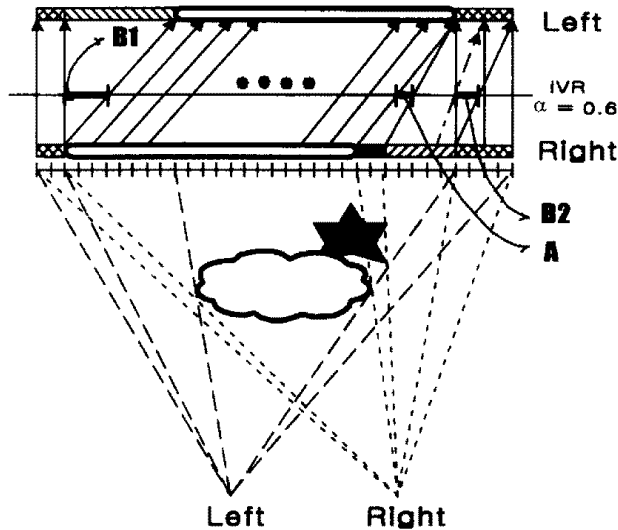


그림 3. IVR의 Occlusion 영역

실제로 이 occlusion 영역을 찾기 위해, 수진단에서 다음의 후처리 과정을 거친다. 한 블록의 평균 오차가 임계값보다 클 경우, occlusion 영역일 가능성이 있는 것으로 판단하여 상하좌우로 분할하여 정합 변이를 찾아 평균 오차를 계산한 후 임계값과 비교한다. 이를 블록 크기가 2×2가 될 때까지 반복한다. 마지막 단계에서 평균 예측 오차와 화소의 오차가 모두 임계값 이상이면 A영역에 속하는 화소라고 판단한다. 그리고, 화소가 떨어져 분포하는 곳은 occlusion 영역이라고 판단하기 어려우므로 이를 제거하기 위해 median 필터링을 수행한다.

이 과정에서 occlusion 블록을 찾을 때와 같은 방식으로 예상 변이벡터를 결정하여 이들 중에서 한 값을 갖도록 하여 계산량을 줄인다.

IV. 실험결과 및 고찰

모의 실험은 그림 3의 크기가 248×176인 256level의 'clown' 영상을 사용하고 블록 크기는 8×8로(N=8), 최대 탐색범위는 -16~16으로(R=16) 선택하였다. 사용한 가중치는 $w_e = 0.2$, $w_r = 10$ 이며, MAE가 10이상이고 화소값의 차가 30이상 화소는 occlusion 영역으로, 경계영상의 블록 평균이 20이하인 블록은 smooth 블록으로 판단한다.



(a) 좌영상 (b) 우영상
그림 3. 모의 실험 영상 (clown)

그림 4는 본 논문에서 제안한 방식으로 변이정보를 추정한 결과이다. (a)는 우선 영역을 구분하기 위해 Sobel 경계 검출기를 우영상에 적용한 영상이며, (b)는 블록 별 변이 정보를 -16~16을 0~255 화소값으로 변환하여 보인 영상이고, (c)는 이렇게 예측한 우영상이다.



(a) 우영상의 경계정보 (b) 블록단위 변이정보



(c) 예측 우영상

그림 4. 제안 방식 결과 영상

제안 방식으로 예측한 우영상의 PSNR은 21.28이며 기존 방식1의 MAE만을 고려한 변이추정 방식(PSNR = 21.15)^[2]이나 기존 방식2의 MAE와 등방향성 변이

평활화 블록정합 방식(PSNR = 21.13)^[2]에 비해 객관적으로 좋은 결과를 얻었다.

기존 방식으로 실험한 결과 변이 정보 영상은 그림 5와 같으며, 제안 방식의 변이정보는 (a)의 기존방식1과 비교하였을 때, 더 고른 변이분포를 가지며 광대의 우측 배경에서 완전 평활화된 분포를 보여 압축율을 높이는 효과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 기존 방식2의 변이정보는 광대열의 우측 경계에서 oversmoothing된 것을 볼 수 있다.

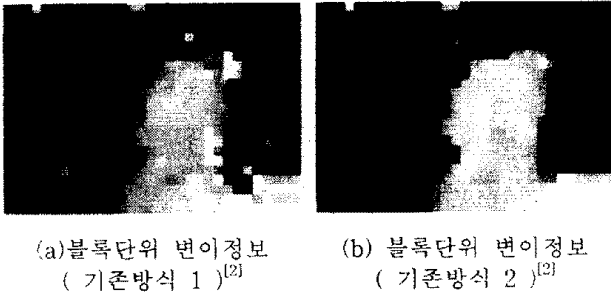


그림 5. 기존 방식 결과 변이정보 영상

다음으로 IVR을 수행한 결과영상은 그림 6과 같다. 우선 오차가 큰 블록을 2x2까지 블록 크기를 줄여 변이를 추정하고 occlusion 영역을 판단한 결과가 그림 6(a),(b)에 나타나 있으며, 좌영상과 우영상의 위치를 $\alpha=0, \alpha=1$ 로 했을 때 $\alpha=0.5$ 에 해당하는 IVR 영상이 그림 6(c)이다. 그림 6(d)는 보간법만을 사용하여 화소의 위치를 변형시키는 방식^[2]으로 IVR한 결과이다. 제안방식은 기존방식과 비교했을 때, 경계 부분에서의 격입현상이 없는 것을 확인하였다.

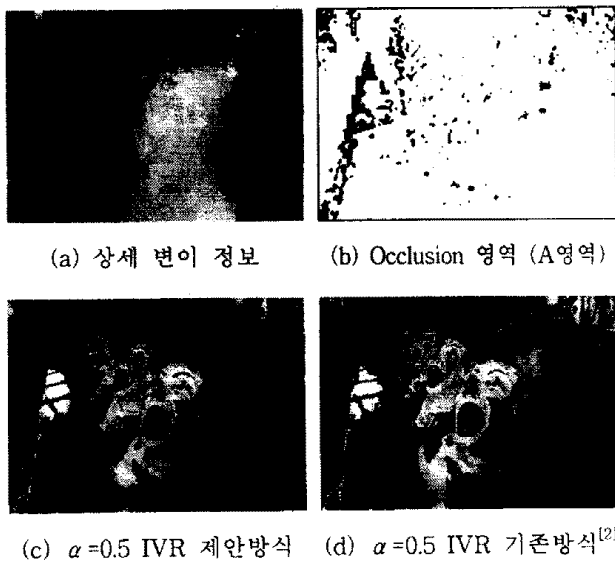


그림 6. IVR 제안 방식 결과

V. 결론

본 논문에서 제안한 3차원 양인 영상의 경계값에 반례하는 평활화 변이 추정 방식은 일정한 변이를 갖는 smooth 영역에서는 평활화된 변이 정보를 얻어 정보량을 줄이며 변이 평활화 방식의 문제점인 경계 부분에서 oversmoothing을 해결하였을 뿐 아니라, 영상의 복잡도에 비해 큰 블록을 사용하여 실험한 결과 MAE를 이용한 블록정합보다 높은 PSNR을 얻을 수 있었다.

또한 IVR에서는 occlusion 영역을 체계적으로 구분하여 보간법과 외삽법을 적절히 적용하므로써 계산량의 증가 없이 기존 방식에서 흔히 발생하는 경계부분의 격입현상이 없고 화소 위치도 변형되지 않은 정확한 중간시점영상을 생성하였다.

참고문헌

- [1] Michael G. Perkins, "Data Compression of Stereopairs", IEEE Trans. on Communications vol. 40, no.4, April 1992
- [2] Anthony Mancini, "Disparity Estimation and Intermediate View Reconstruction for Novel Applications in Stereoscopic Video", McGill University, February 1998
- [3] M. Bierling, "Displacement Estimation by Hierarchical Blockmatching," SPIE, vol. 1001, VCIP, 1988
- [4] M. Ebroul Izquierdo, "Stereo image analysis for multi-viewpoint telepresence applications", Signal Processing : Image comm. vol. 11, pp. 231-254, 1998
- [5] Jeffrey S. McVeigh, M.W.Siegel, A.G. Jordan, "Intermediate view synthesis considering occluded and ambiguously referenced image regions," Signal Processing: Image Comm. vol. 9, pp. 21-28, 1996