

차영상 정보를 이용한 효율적인 3차원 영상 변이 추정에 관한 연구

A Study on the Stereoscopic Image Disparity Estimation using Difference Image Information

박상현, 이상호, 김미현, 손광훈
연세대학교 전자공학과

Sang-Hyun Park, Sang-Ho Lee, Mi-Hyun Kim, Kwang-Hoon Sohn
Dept. of Radio Communication Engineering, Yonsei University
e-mail : shpark@ipeg.yonsei.ac.kr

요약

본 논문에서는 좌·우영상의 차영상 정보를 이용하여 3차원 입체영상의 변이(disparity)를 추정함에 있어서 계산량을 줄이는 변이 추정 방법을 제안하였다. 3차원 입체 영상의 변이를 블록 기반으로 추정하는 방법으로는 전체 탐색(Full search)알고리즘이 있으나 탐색범위 안에 존재하는 모든 위치에 대하여 추정 오차를 계산하기 때문에 많은 계산량을 요구하게 된다. 따라서 현재까지 이러한 많은 계산량을 줄이기 위한 변이 추정 기술이 많이 연구되고 있다. 그러나 일반적으로 전체 탐색 알고리즘 보다 많은 화질열화를 초래한다.

본 논문에서 제안한 방법은 좌·우영상의 차영상을 이용하여 차영상의 블록 특성에 따라 추정하고자하는 블록들을 분류하여 각각 그 특성에 맞는 적합한 탐색범위를 가지고 변이 추정방식 과정을 수행한다. 본 논문에서 제안한 변이 추정하는 기술은 기존의 변이 추정 기법들에 비하여 화질의 열화가 적으면서 계산량을 줄이는 결과를 보여준다.

I. 서론

3차원 텔레비전은 멀티미디어 관련 기술에 대변혁을 일으킬 수 있는 차세대 매체로서 부각이 되고 있다. 이로 인해 3차원 영상 통신 및 방송기술은 여러 기술의 발전을 요구하게 된다. 특별히 3차원 영상의 전송에 필요한 많은 데이터를 전송 가능한 량으로 압축시키는 데이터 압축 기술이 필요하게 된다. 3차원 입체영상은 좌·우 영상사이의 공간적 중복성을 가지고 있기 때문에 정확한 변이를 추정한다면 전송 효율을 높일 수 있다[1].

이러한 변이 추정방법에는 크게 MSE(mean squared error), MAE(mean absolute error)를 기준으로 하는 블록기반(block-based) 정합 방법과 MAP(maximum a-posterior probability)를 기준으로 하는 모델기반(model-based)[2]추정방법이 있다. 모델기반 추정방법은 구조가 복잡하고 계산량이 많아 실제 구현이 어려워서 블록기반 추정방법이 많이 연구되고 있다. 기존의 블록기반 추정 기법들은 전체 탐색(full search) 알고리즘 보다 계산량을 줄이기 위해 HBMA(Hierarchical Block Matching Algorithm)[3], VBSMA(Variable Block Size Matching Algorithm)[4] 등의 기법들이 제안되고 있으나 전체 탐색기법 보다는 화질의 열화를 가져올 뿐만 아니라, 부호화에 영향을 미치는 변이벡터들의 분포가 불규칙적으로 나타나는 문제점이 있으므로 압축 효율을 저해하는 요소가 된다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 극복할 수 있는 방식으로 좌·우영상의 차영상을 이용하여 블록의 지역 특성정보를 구하여 평활블럭, 텍스처블럭, 경계블럭으로 나눈 후 각각의 경우에 적합한 변이추정방법 및 탐색 영역을 설정하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 차영상에서 추정할 블록의 특성 정보를 추출하는 방법에 대하여 설명하고, 제 3 장에서는 이에 따른 블록의 특성에 따라 다른 변이 추정 방법에 대하여 설명하며, 제 4 장에서는 이러한 알고리즘으로 수행되어진 모의 실험 및 결과를 나타내고, 마지막으로 제 5 장에서는 결론을 맺는다.

II. 블록의 분류

본 논문에서는 그림 1처럼 좌·우 카메라가 수평으로 나란히 위치한다고 가정한다. 이러한 경우 수

의 변이 차이는 거의 나타나지 않고 수평 변이가 크게 나타나므로 수평 변이 벡터만 추정함으로써 추정 효율을 높일 수 있다. 그림 1은 동일 개체를 포함하는 좌·우 영상 사이의 변이 벡터를 보여준다.

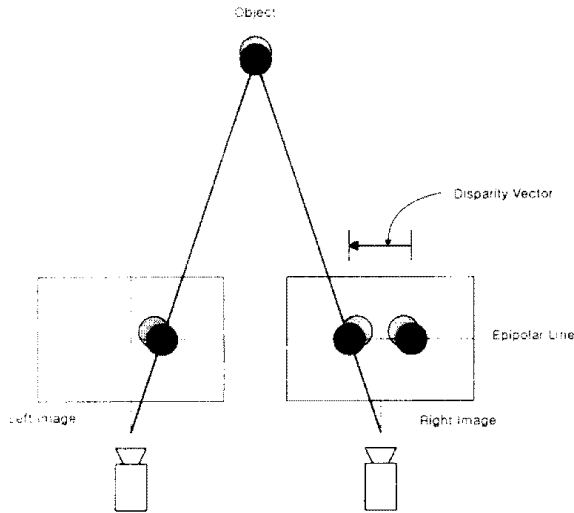


그림 1. 변이 벡터

좌·우 영상의 차영상은 식 (1)과 같이 구한다.

$$I_D(x, y) = I_L(x, y) - I_R(x, y) \quad (1)$$

여기서 $I_L(\cdot)$ 는 좌영상 $I_R(\cdot)$ 는 우영상의 화소값이다. 그림 2는 'piano' 좌·우 영상에 대한 차영상을 구한 예를 보여주고 있다.



그림 2. 차영상

차영상은 좌·우 영상과 비교해서 서로 다른 부분에는 값을 가지는 특성을 가지고 있다. 즉, 차이값들의 분포가 작으면 그만큼 그 블록의 변이는 작고 반대로 차이값들의 분포가 크게 되면 그 블록의 변이는 큰 변이를 가지게 된다. 이러한 특성을 이용하여 차영상을 블록 단위로 나눈 다음 각 블록마다 표준 편차(σ_{block})를 구해서 식(2)와 같이 실험적으로 얻은

임계값(σ_{th})이상이면 텍스처 블록, 그리고 임계값이 하이면 평활 블록으로 나누게 된 후 좌우 이웃 블록과 비교하여 블록이 서로 다른 특징을 가지는 블록을 경계 블록으로 판단하게 된다.

$$Block_{info} = \begin{cases} Textured Block & \text{for } \sigma_{block} \geq \sigma_{th} \\ Constant Block & \text{for } \sigma_{block} < \sigma_{th} \end{cases} \quad (2)$$

이와 같이 나눈 블록들의 분포는 그림 3(a)처럼 나타나게 된다. 그러나 텍스처 블록영역에 있는 튀는 평활 블록으로 판단되는 블록들이 존재하게 된다. 이는 물체의 경계가 아님에도 불구하고 경계 블록으로 인식하게 되어 정확한 추정을 하지 못하게 된다. 따라서 이진 형태론적(Binary Morphology) 연산자 중의 하나인 opening을 사용하여 그림 3(b)에서 보이는 것처럼 잘못 판단된 블록이 제거되어서 블록특성에 맞는 탐색범위를 통해 정확한 변이 벡터를 추정을 할 수 있게 된다.



(a) 편차에 의한 분류 (b) 형태학적 opening

그림 3. 차영상을 통한 블록의 분류

III. 변이 추정

차영상 정보를 통하여 평활 블록, 텍스처 블록 그리고 경계 블록으로 나눈 정보를 가지고 각각의 경우에 대해 다른 탐색범위를 가지고 다음과 같이 변이를 추정하게 된다.

① 평활 블록

평활 블록은 좌·우 영상 모두 동일 배경 또는 동일한 객체 영역임을 타나나게 된다. 이러한 경우 탐색범위(sr_{sm})를 줄여서 변이 벡터를 구한다. 이때 변이 벡터가 0에 가까운 값을 가지게 하기 위해 식 (3)처럼 탐색 범위 안에 존재하는 모든 위치의 MAE 값에 대하여 식(4)처럼 가중치를 두어서 변이 벡터

를 결정한다.

$$\text{Disparity Vector} = \min_k \{w_k \cdot \text{MAE}_k\} \quad (3)$$

$$w_k = \left(1 + \left(\frac{k}{\hat{p}}\right)^2\right) \quad sr_{start} \leq k \leq sr_{end} \quad (4)$$

$$\text{where, } \hat{p} = \begin{cases} sr_{end} & \text{for } sr_{end} \geq -sr_{start} \\ sr_{start} & \text{for } -sr_{start} \geq sr_{end} \end{cases}$$

sr_{start} 는 탐색 시작 위치를 sr_{end} 는 탐색 마지막 위치를 나타낸다. 그리고 분산이 아주 작은 블록인 경우에는 좌·우 영상 변이가 없다고 가정하여 변이 벡터의 크기를 0으로 한다.

② 텍스처 블록

텍스처 블록이란 좌·우 영상에서 동일 객체가 반복되는 특성을 가지는 블록을 의미한다. 이로 인해 인접 블록과의 유사성이 존재한다. 그러므로 탐색 범위(sr_{tx})를 한정시켜서 MAE를 이용하여 변이 벡터를 구한다. 따라서, 변이 추정 계산량을 감소시키게 된다.

③ 경계 블록

경계 블록이란 추정하고자 하는 블록과 그 주위의 블록이 서로 다른 성질을 가지고 있는 블록을 의미한다. 이런 경계 블록들이 차영상의 정보를 통해 얻은 물체의 경계부분에 해당하는 영역이다. 이러한 경계 영역에서는 그림 4에서 처럼 그 블록의 탐색 범위가 특징이 다른 이웃 블록으로 넘어갈 경우 계산량을 줄이기 위해서 탐색범위를 특징이 다른 블록의 방향으로 한정(sr_{edge})시켜서 변이를 추정하게 된다.

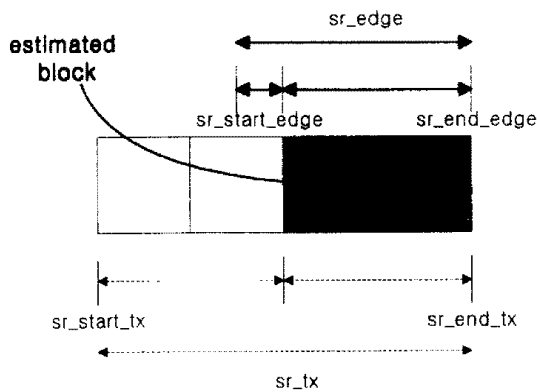
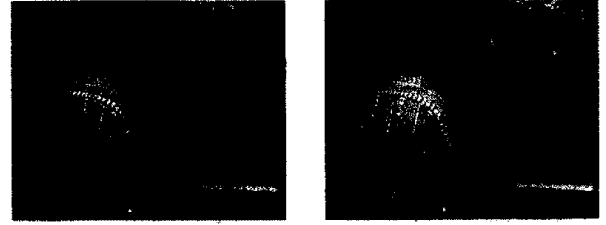


그림 4. 경계 블록에서 탐색범위

IV. 모의 실험 및 결과

모의 실험에 사용한 3차원 입체 영상은 그림 5와 같은 720×576 크기의 “piano”영상이다. 블록의 크기는 8×8 을 사용하였다.



(a) 좌 영상 (b) 우 영상

그림 5. piano 입체영상 (720×576)

본 논문에서는 블록 정합 기준을 식(5)와 같이 정의된 MAE를 사용하여 추정 오차를 계산한 후에, 오차가 가장 적은 위치의 블록을 변이 벡터로 선택한다.

$$\text{MAE}(i, j) = \sum_{m=1}^R \sum_{n=1}^R |I_L(m, n) - I_R(m, n)| \quad (5)$$

블록 특성을 나누는 편차 임계값은 실험적으로 $\sigma_{th} = 11$ 로 하였고, 해당 블록마다 탐색 범위는 다음과 같다.

$$sr_{tx} = \pm 16, sr_{th} = \pm 8, sr_{edge} = \pm 4$$

본 논문에서 제안한 알고리즘의 객관적인 성능을 평가하기 위하여 여러 기존의 방식들과 식 (6)과 같이 정의되는 PSNR을 비교하여 표1에 나타내었다.

$$\text{PSNR} = 20 \log \frac{255}{\text{RMSE}} \quad (6)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=0}^N \sum_{i=0}^M [I_R(i, j) - \hat{I}_R(i, j)]^2} \quad (6-1)$$

여기서 $\hat{I}_R(i, j)$ 는 변이 추정에 의해 예측된 우영상의 화소값이다.

표 1 PSNR 비교

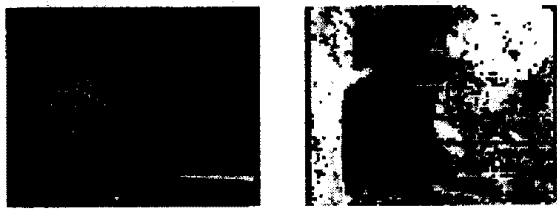
	전체 탐색 (± 64)	전체 탐색 (± 16)	HBMA (± 16)	제안 방식
PSNR [dB]	28.30	28.10	24.30	27.78

표 2는 전체 탐색과 기존 방식과 전체 탐색(± 64)을 1로 하였을 때를 계산량과, 변이 벡터들의 entropy를 계산하여 비교하였다.

표 2 계산량의 비교

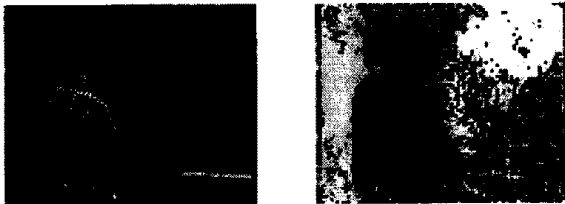
	전체탐색 (±64)	전체탐색 (±16)	HBMA	제안 방식
계산량	1	0.26	0.18	0.19
Entropy [bits/vec]	6.58	5.40	4.10	3.96

다음 그림 6~9는 여러 방식을 적용했을 때 예측된 영상과 이때 추정된 변이 벡터를 그레이 레벨로 표시한 그림이다.



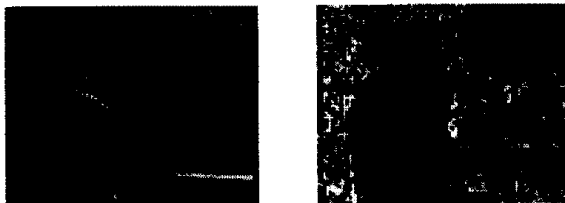
(a) 복원 영상 (b) 변이 벡터

그림 6. 전체 탐색 (±64)



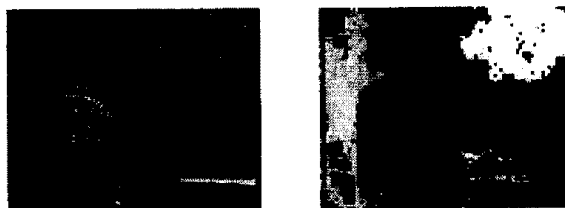
(a) 복원 영상 (b) 변이 벡터

그림 7. 전체 탐색 (±16)



(a) 복원 영상 (b) 변이 벡터

그림 8. HBMA



(a) 복원 영상 (b) 변이 벡터

그림 9. 제안 알고리즘

모의 실험 결과 표 1에서 볼 수 있듯이 탐색 범위가 크면 클수록 화질의 열화가 적어진다는 것을 PSNR 측면에서 알 수 있었다. 그러나 탐색범위가 넓어지면 그 만큼 변이 추정에 있어서 표 2에서 보듯이 계산량이 늘어나게 된다. 하지만 제안 알고리즘은 전체 탐색(±64)의 방법보다 80%정도, 전체 탐색(±16)과 비교했을 때 25%의 계산량이 감소됨에도 불구하고 비교적 화질열화가 적어지게 되는 효과를 얻을 수 있다. 그리고 변이 벡터들의 entropy를 계산한 결과 제안된 방법을 통해서 나온 변이 벡터들을 부호화 할 때 가장 효율적으로 전송할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 좌·우 영상의 차영상을 이용하여 각 블록을 특성에 맞게 분류를 하고 그에 맞는 탐색 영역 설정 및 변이 추정 방법을 제안하였다. 이는 전체 탐색과 기존의 계산량을 줄이는 기법 보다 계산량, 화질열화, 변이 벡터들의 entropy 측면에서 우수한 성능을 보였다.

앞으로 화질열화가 없이 계산량을 줄이는 입체영상의 변이 추정 방법과 추정된 변이 벡터와 예측된 영상을 효율적으로 전송하는 부호화 기술을 연구해야 할 것이다.

VI. 참고 문헌

- [1] Micheal G. Perkins, "Data Compression of Stereopairs", IEEE Trans. on Communications, vol. no. 4, pp.684-696, 1992.
- [2] W. Woo and A. Ortega, "Stereo image compression with disparity compensation using the MRE model," in Proc. Visual Communications and Image Processing Conf. (VCIP), pp.28-41, Mar. 1996.
- [3] M. Bierling, "Displacement Estimation by Hierarchical Blockmatching," SPIE, vol. 1001, pp.942-951, VCIP, 1988.
- [4] S. Sethurama, "Stereoscopic image sequence compression using multiresolution and quadtree decomposition based disparity- and motion-adaptive segmentation" Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh PA, 1996.