

변이-움직임 동시 추정을 이용한 스테레오 동영상 부호화 기법

유 정 열*, 임 정 은, 손 광 훈*
연세대학교 전기·전자 공학부

An efficient joint disparity and motion estimation for stereoscopic video coding

Jung Ryul Ryou, Jung Eun Lim, Kwang Hoon Sohn
Dept. of Electrical & Electronics Eng, Yonsei University
E-mail : khsohn@yonsei.ac.kr, nayana@diml.yonsei.ac.kr

요 약

본 논문에서는 변이-움직임 벡터의 상관관계를 통한 동시 추정(joint disparity and motion estimation)을 이용하여 방대한 계산량과 데이터량을 요구하는 스테레오 영상 데이터의 효율적인 부호화를 위한 알고리즘을 제안한다. 스테레오 시퀀스에 대해서 두 변이 벡터(disparity vector)와 하나의 움직임 벡터(motion vector)의 상관관계를 이용하면 나머지 움직임 벡터는 직접적인 추정 과정 없이 얻을 수 있다. 하지만, 이렇게 얻어진 움직임 벡터는 직접 추정에 비해 정확도가 현저히 떨어져 이 벡터를 그대로 사용하여 영상을 복원하게 될 경우 심각한 오차의 누적이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 동시 추정을 위해 추정단에서 벡터 평활화(vector regularization)과정을 수행하고 불확실 벡터 영역 추출을 통한 선택적인 보정 과정을 수행한다. 또한, 불확실 벡터 영역의 벡터만을 가변장 부호화(variable length coding)한다. 실험결과, 직접 추정 과정을 거치지 않고도 만족할 만한 화질의 영상을 얻을 수 있었으며, 부호화량도 상당히 감소시킬 수 있었다.

I. 서 론

인간이 현실에서 느끼는 것과 같은 현실성 및 자연성을 제공하는 영상통신 시스템의 구현을 위해서는 공간을 그대로 재현할 수 있는 3차원 영상 통신 기술의 개발이 필요하다. 그러나, 현재 이용되는 영상의 대부분

이 칼라 및 동영상이라는 점과 통신 전송 선로 상의 전송률과 시스템의 처리속도를 감안하면, 입체 영상의 큰 정보량이 매우 문제시된다[1].

MPEG-2 시스템에서는 MPEG -2 MultiView Profile (MVP)[2]이라는 입체 영상의 효율적인 부호화를 위한 확장규약을 포함한다. 그러나 MPEG-2 MVP에서도 부호화기 구조의 복잡성과 연산량이 단일 시퀀스 부호화기의 2배 이상이므로 부호화기를 구현하기 위해서는 구조를 간단히 하고 연산량을 줄이는 것이 매우 중요하다. 따라서, 이러한 스테레오 부호화기의 연산량을 줄이기 위해 입체 영상의 변이와 움직임 정보를 이용하여 추정 과정을 줄여보려는 연구(동시 추정)가 진행되고 있다. 그러나, 기존 방법들을 통하여 별도의 추정 없이 변이-움직임 벡터 사이의 관계를 이용하여 얻어진 벡터는 그 신뢰성이 떨어져 심한 화질 열화를 초래하게 된다. 따라서 이런 벡터들은 추정 단계에서 초기 벡터 값으로 사용되거나 추정 과정을 통해 얻어진 벡터들의 신뢰도 검증을 위해 주로 사용되었다[3].

본 논문에서는 이러한 문제점 해결을 위해, 보다 효율적으로 변이-움직임 벡터의 상관 관계를 이용하여 동시추정을 수행함으로써 적정 화질을 유지하면서 연산량 및 부호화량을 줄이기 위한 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 MPEG-2 MVP에 대해 소개하고, III장에서는 변이-움직임 벡터 사이의 관계 및 제안 알고리즘을 소개한다. 그리고, IV장에서는 제안방식의 실험결과를 비교 평가한 후, V장에서 결론을 맺고 향후 연구과제에 대해 언급한다.

II. MPEG-2 MultiView Profile

MPEG-2 MultiView Profile은 스테레오 동영상 및 다시점 입체 동영상의 부호화를 위한 표준이다[2]. MPEG-2에서 지원하는 확장성 중에서 시간 확장성(temporal scalability)은 두 개의 영상을 사용하여 고해상도의 영상을 만들어낼 수 있으며, 특별히 스테레오 영상을 사용하는 MVP에 응용이 가능하다. MPEG-2 MVP응용의 한 예로 움직임 및 변이를 고려한 예측 부호화 방법이 있으며, 그 기본 구조는 그림 1과 같다. 그림 1에서 좌측 시퀀스의 부호화는 확장성이 적용되지 않은 MPEG-2 부호화기를 통해서 부호화하며, 우측 시퀀스는 시간 확장성을 이용하는 보조 비트열 부호화기에 의해 변이 및 움직임 정보를 이용하여 부호화된다.

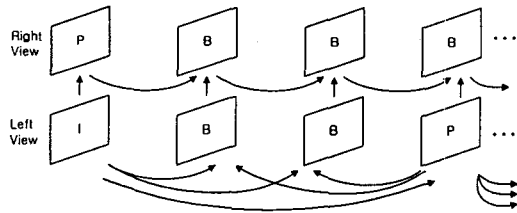


그림 1. 움직임 및 변이를 고려한 예측 부호화

III. 불확실 영역보상기반 동시추정 기법

이 장에서는 스테레오 동영상 및 다시점 동영상의 효율적인 부호화를 위한 동시추정 기법을 제안한다. 그림 2는 제안방식의 흐름도를 나타낸다. 제안 방식에서는 우선 스테레오 동영상의 연속하는 두 쌍의 프레임에서 움직임 및 변이 벡터($m_r(z, t)$, $d_l(z, t+1)$, $d_l(z, t)$)를 구한다. 구해진 벡터들은 경계성분을 고려한 평활화 과정을 거치게 되고, 움직임 벡터와 변이 벡터의 상관관계를 적용하여 $m_l(z, t)$ 벡터를 동시 추정으로 구하게 된다. 또한, 동시 추정 과정에서는 불확실 벡터 영역을 추출하여 영상의 보정단계에 사용한다. 동시 추정 과정에서 블록단위의 벡터값들로 $m_l(z, t)$ 를 구하는데 생기는 문제점을 처리하기 위해 메디안 필터를 적용하고, 앞서 구한 불확실 벡터 영역을 블록화하여 이 영역에 대해서만 추정 과정을 수행하여 영상을 보정한다. 그리고, 불확실 벡터 영역의 벡터만을 가변장 부호화하여 속도 향상 및 부호화 효율의 향상 효과를 얻을 수 있다.

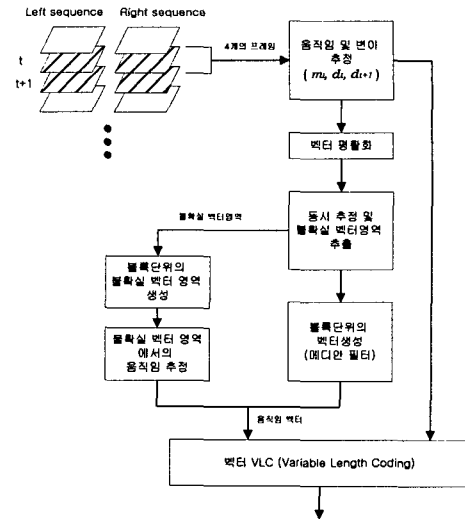


그림 2. 제안방식의 흐름도

A. 변이 움직임 벡터의 상관관계

스테레오 동영상의 경우 움직임 벡터와 변이 벡터 사이에 중복성이 존재하게 된다[3]. 스테레오 동영상의 연속하는 두 쌍의 프레임에서 움직임 벡터와 변이 벡터 사이의 상관관계는 식 (1)과 같다.

$$m_l(z + d_r(z, t + 1), t) = m_r(z, t) + d_r(z + m_r(z, t), t) - d_r(z, t + 1) \quad (1)$$

여기서, $d_l(z, t)$, $d_l(z, t + 1)$ 는 각각 시간 t 와 $t + 1$ 에서의 변이 벡터를 나타내고, $m_r(z, t)$ 과 $m_l(z, t)$ 는 각각 우측 및 좌측 시퀀스의 움직임 벡터를 나타낸다. 이를 이용하여 좌측 시퀀스의 움직임 벡터를 나머지 벡터들을 구할 수 있다.

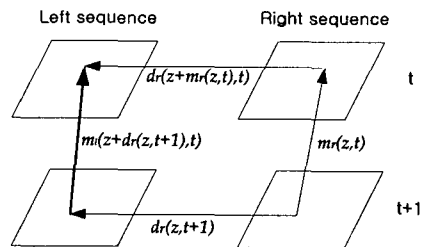


그림 3. 변이-움직임 벡터의 상관관계

B. 벡터 평활화 (Vector Regularization)

변이-움직임 벡터의 상관관계는 변이 및 움직임 추정이 정확하다는 가정하에서 성립하는 것이다. 그러므로, 동시 추정을 효율적으로 수행하기 위해서는 보다 신뢰성 있는 벡터들이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 신뢰성 있는 벡터들을 구하기 위해 경계성분을 고려한 평활화 과정[4]을 수행한다.

C. 불확실 벡터 영역 추출

앞 절에서 설명한 벡터의 평활화 과정을 거친다 하여도 신뢰도 높은 벡터를 얻는데는 한계가 있고, 가려진 영역에 대해서는 처리가 불가능하므로 동시추정을 통해 얻어진 벡터에는 오차가 여전히 존재한다. 이러한 오차는 주로 가려진 영역과 벡터를 정확하게 구할 수 없는 평활영역에서 발생하게 되는데, 이러한 벡터들의 처리를 위해 본 논문에서는 불확실 벡터 영역을 추출하여 이 부분에 대해서 벡터의 보정과정을 수행하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서는 변이-움직임 벡터의 상관관계를 이용하여 하나의 움직임 벡터를 구해내는 과정에서 그림 4와 같이 벡터의 빈 영역 (V_{NONE})과 벡터들이 서로 겹치는 영역 ($V_{OVERLAP}$)이 발생하는 점을 이용하여 불확실 벡터영역을 결정한다.

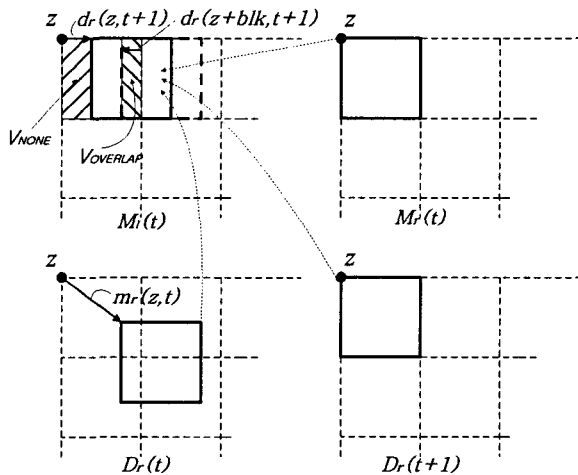


그림 4. 블록 단위의 동시 추정 과정

그림 4에서 z 는 추정하고자 하는 블록의 위치벡터를 나타내고, $M_i(t)$, $M'_i(t)$, $D_r(t)$, $D_r(t+1)$ 는 각각 좌/우측의 움직임 벡터와 변이 벡터 맵을 나타낸다. 따라서 동시추정을 통해 얻어진 움직임 벡터중에서 V_{NONE} 과 $V_{OVERLAP}$ 에 속하는 벡터들을 불확실 벡터 영역이라 분류하여 이 영역에 대해서 보정과정을 수행한다.

이러한 불확실 벡터 영역은 복호화기에서도 추출이 가능하므로 이를 이용하여 V_{NONE} 과 $V_{OVERLAP}$ 영역의 벡터들만 가변장 부호화를 통하여 전송하게 되면 아주 적은 비트량으로 영상을 보정할 수 있게 된다.

D. 블록 단위의 벡터 생성

제안된 동시추정 기법을 통해 좌측 움직임 벡터 $m_i(z, t)$ 를 구할 때, $d_r(z, t)$, $d_r(z, t+1)$, $m_r(z, t)$ 값들은 블록 단위로 존재하기 때문에 $m_i(z, t)$ 벡터 맵의 한 블록에는 그림 4와 같이 여러 블록들의 벡터값들이 공존하게 된다. $m_i(z, t)$ 의 한 블록 내에는 불확실 벡터라고 판별된 영역 이외에 $d_r(z, t)$, $d_r(z, t+1)$, $m_r(z, t)$ 를 구하는 과정에서 생긴 오류 및 벡터들의 상관관계가 성립하지 않는 영역임에도 불구하고 불확실 벡터 영역으로 추출되지 않은 영역이 존재하게 되므로 벡터의 블록화 과정에서 블록 내 벡터들의 평균값을 취하게 된다면 이러한 오류 벡터들의 영향이 전파되어 잘못된 블록단위의 벡터가 구해지게 되어 상당한 화질 열화가 초래된다. 따라서, 벡터 블록화 과정에서 오류 벡터의 영향을 최소화하기 위해서 본 논문에서는 블록화 과정에서 메디안 필터를 적용하였다.

IV. 실험 결과

제안방식의 성능 평가를 위해 352×224 크기의 "Flower and Garden" 스테레오 동영상과 360×288 크기의 "Train and Tunnel" 스테레오 동영상을 사용하였다.

그림 5는 제안 방식을 통해 좌측 시퀀스의 움직임 벡터를 구하여 그 벡터로 복원한 영상을 보여준다. 결과 영상에서 볼 수 있듯이 주관적으로 만족할 만한 결과 영상을 얻을 수 있었다.

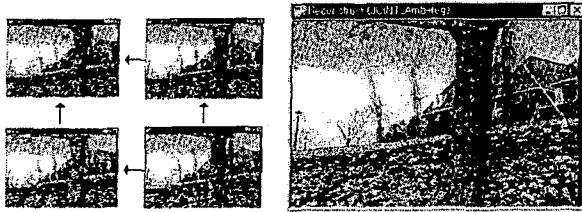
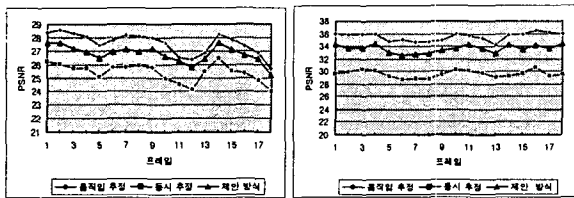


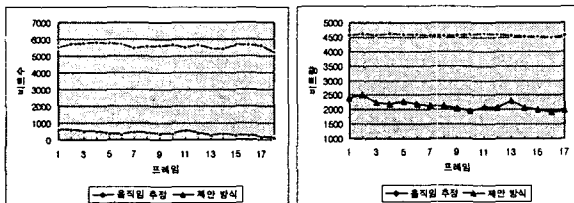
그림 5. "Flower and Garden"의 제안방식의 결과 영상

직접 움직임 벡터를 추정하여 복원한 영상과 벡터 상관관계를 이용하여 얻어진 움직임 벡터로 복원된 영상, 그리고 벡터 상관관계를 통하여 얻어진 벡터에 불확실 영역에 대한 보정 과정을 수행(제안방식)하여 얻어진 벡터로 복원된 영상을 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 비트량의 관점에서 비교한 결과는 그림 6, 그림 7과 같다.



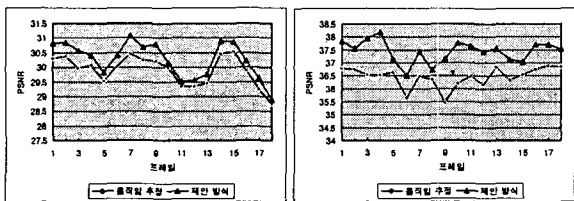
(a) "Flower and Garden" (b) "Train and Tunnel"

그림 6. PSNR 비교결과



(a) "Flower and Garden" (b) "Train and Tunnel"

그림 7. 비트량 비교결과



(a) "Flower and Garden" (b) "Train and Tunnel"

그림 8. 고정 비트율에서의 PSNR 비교결과

그림 6, 7과 같이 제안기법은 PSNR측면에서는 다소 직접추정에 비해 떨어지는 경향이 있었으나, 많은 비트량의 이득을 얻을 수 있었다. 직접 추정기법과 제안 기법을 같은 비트량을 기준으로 PSNR의 관점에서 비교한 결과는 그림 8과 같다.

V. 결론

본 논문에서는 변이-움직임 벡터간의 상관관계를 이용하여 스테레오 동영상에 대해 한 개의 움직임 벡터와 두 개의 변이 벡터를 이용하여 나머지 하나의 움직임 벡터를 별도의 추정과정 없이 효율적으로 구하는 동시 추정 기법을 제안하였다. 이러한 동시추정 기법은 스테레오 동영상 부호화 시 4개의 프레임에 대해서 하나의 추정과정을 줄일 수 있으므로 계산량에서도 직접추정 과정에 비해 많은 이득을 얻을 수 있었다. 결과적으로 제안방식을 통하여 아주 적은 비트량과 계산량으로 만족할 만한 결과영상을 얻을 수 있었다.

향후 본 논문에서 제안한 동시 추정 알고리즘을 스테레오 동영상 부호화에 비해 더욱 많은 계산량과 데이터량을 요구하는 다시점 동영상 부호화에 효과적으로 적용하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] M. G. Perkins, "Data compression of stereopairs", *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 40, no. 4, pp. 584-696, Apr. 1992.
- [2] A. Puri and B. G. Haskell, "MultiView Profile Proposal for Discussion in MPEG-2 Multiview Ad Hoc", *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG95/254*, July 1995.
- [3] Ebroul Izquierdo M., "Stereo matching for Enhanced Telepresence in three dimensional videocommunications", *IEEE Trans. on Circuit and Systems*, vol. 7, no. 4, Aug. 1997.
- [4] M. Kim and K. Sohn, "Edge-preserving directional regularization technique for disparity estimation of stereoscopic images", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 804-811, Aug. 1999.