

인접 블록 상관도를 이용한 적응형 4분할 블록기반 고속 시차예측 기법

송혁*, 배진우**, 최병호*, 유지상**
*전자부품연구원, **광운대학교 전자공학과

Adaptive Quad Block-based Disparity Estimation Algorithm Using Adjacent Predictors

Hyok Song, Jin-Woo Bae, Byung-Ho Choi, Ji-Sang Yoo
• Korea Electronics Technoloty Institute, •Dept. of electronics, Kwangwoon University

요약

최근 3차원 영상의 압축 방법에 대한 연구가 여러 분야에서 활발히 이루어지고 있으며, 특히 MPEG에서는 이와 관련하여 Exploration Experiment를 통하여 효율적인 기법을 연구하고 있다. 본 논문에서는 EE3를 위하여 스테레오 비디오 압축을 위한 효율적인 블록기반 시차예측 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 스테레오 영상의 특성 중 주변 블록의 시차 벡터가 유사하다는 점을 이용하여 주변의 시차벡터를 예측 파라미터로 사용함으로써 계산량을 감소시킬 수 있었다. 또한, 예측 오차가 큰 객체의 경계면에서 블록의 크기를 4분할로 분할하여 시차 벡터를 재검색하는 기법으로 경계 블록에 대한 예측 오차를 감소시킬 수 있었다. 모의 실험 결과 기존의 블록 정합기법(BMA)에 비해 최대 75%의 계산량이 감소하였으며, PSNR 측면에서도 0.3dB 이상 개선되었다.

1. 서론

3D TV에 관한 연구는 오래 전에 시작되었으며 이제 2D TV와 견주어 화질면에서, 그리고 사용자에게 실감을 주는 면에서 현실화에 한 걸음 다가서는 시점이 되었다. 또한, 3D TV 기술은 기준의 표준에 적용 가능한 알고리즘이 개발되는 등 2D TV 기술에서 자연스러운 시스템의 변화가 이루어지고 있다. 이와 같은 흐름에 MPEG에서는 여러 기법들을 실험해 봄으로서 새로이 적용 가능한 기술 개발에 힘쓰고 있다. MPEG에서는 MPEG-4 Multiple Auxiliary Component(MAC)를 이용하여 스테레오 영상을 압축하는 Exploration Experiment 3(EE3)에 관한 연구를 진행중이며, 이 연구는 스테레오 3D 영상을 2D TV 시스템에 효율적이고, 시스템의 큰 변화없이 적용 가능한 방법이다. EE3는 다채널로 들어오는 영상을 위해 멀티플렉싱이나 두 영상간의 동기화 작업으로 인하여 시스템이 변경되거나 새로운 하드웨어가 필요 없을 뿐 아니라 현재 시스템에서 직접 적용 가능한, 하나의 스트림으로 전송이 가능하다는 장점이 있다 [1].

즉, EE1, EE2, 혹은 EE4와 달리 매우 간단하고 기존 표준을 따르는 구조를 가지고 있어 많은 연구가 이루어지고 있고 응용에 따라서 codec의 구조가 가변적이다. 스테레오 영상을 이용한 압축 방법에 있어서 중요한 분야 중 하나는 좌영상과 우영상간에 공간적 종복성을 줄여주기 위한 시차예측 기법이라 할 수 있다. 특히, EE3에서는 시차벡터와 residual texture를 이용하여 대응되는 프레임을 복원하기 때문에 효율적인 시차예측기의 구현은 필연적이다. 시차 예측기의 성능 향상을 위해서는 스테레오 영상의 특성을 이용하여 복잡도를 줄일 수 있는 고속 시차예측 기법 및 객체와 배경사이의 occlusion 영역과 각 좌우 영상에서 보이지 않는 reversal position에 의해 발생하는 예측오차를 감소시키는 기법이 필요하다. 본 논문에서는 스테레오 영상의 특성 중 주변 블록의 시차 벡터가 유사하다는 점을 이용하여 주변의 시차벡터를 예측 파라미터로 사용함으로써 계산량을 감소시킬 수 있었다. 또한, 예측오차를 감소시키기 위하여 객체의 경계면에서 블록의 크기를 4분할로 분할하여 시차 벡터를 재검색 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 EE3에서 연구 중인 스테레오 영상 압축 기법에 대하여 기술하고, 3장에서는 제안된 기법에 대하여 설명한다. 그리고 4장에서는 제안한 기법을 이용한 모의 실험 및 결과에 대하여 기술하고, 5장의 결론에서는 적용 가능한 시스템 및 향후 연구 목표를 제시하였다.

2. 스테레오 동영상 압축을 위한 EE3

일반적으로 입체영상 부호화기는 좌우 영상을 부호화하는 방법에 따라 3 가지로 나눌 수 있다. 좌우 영상을 독립적으로 부호화하는 simulcast 부호화 방법과 좌우 영상 중 한 쪽 영상을 먼저 부호화하고 다른 쪽 영상은 먼저 부호화한 영상을 이용하여 부호화하는 compatible 부호화 방법, 그리고 좌우 영상을 동시에 부호화하는 joint 부호화 방법 등이다[2]. 입체영상 서비스의 관심이 높아지면서, 이런 부호화 방법을 기초로 MPEG2/4도 스테레오 영상이나 multi-view 비디오 등의 입체영상 데이터를 처리할 수 있는 요소들을 포함하고 있고 또 현재 포함하기 위한 작업이 진행 중에 있다.

이와 관련하여, EE3에서는 시공간적 중복성을 제거하기 위하여 MPEG-4의 MAC을 이용하여 부화화하는 연구를 진행 중이다. MPEG-4에서는 깊이 정보나 시차 정보에 대한 부호화를 위하여 visual version 2에서 MAC을 확장 추가하였다. MAC은 비디오 객체의 투명도에 대한 정보를 포함할 뿐 아니라, 스테레오 영상과 관련하여 깊이정보, 시차정보, 그리고 residual texture와 같은 부가 정보를 포함할 수 있다.

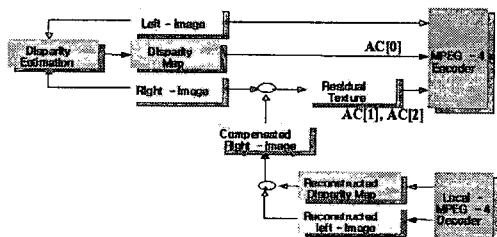


그림 1. EE3 부호화기의 구조

그림 1은 EE3에서 MAC을 이용한 스테레오 동영상 부호화기의 구조를 나타낸다. EE3는 좌우 영상의 공간적 중복성을 제거하기 위한 시차를 예측한다. 예측 오차를 보정하기 위하여 시차벡터를 이용하여 재구성된 영상과 원 영상의 차 성분인 residual texture 정보를 이용한다. EE3에서는 시차벡터 및 residual

texture 정보를 전송하기 위하여 MAC을 이용한다. 따라서, EE3 부호화기의 구현에서는 효율적인 시차예측 기법이 매우 중요하다. 기존에 제안된 고속 시차예측 기법으로 BRMA(block recursive matching algorithm)와 ADLS(adaptive directional limited search)이 있다. 이들 기법은 전역 탐색의 경우보다 계산량은 감소시켰지만 탐색점이 감소하여 화질이 열화되는 단점이 있다. AFDS(adaptive field dependent search)는 스테레오 영상의 특성을 이용하여 화질 및 속도면에서 개선되었다. 본 논문에서는 기존의 기법과 비교하여 더욱 효율적인 기법을 제안한다.

3. EE3에 적합한 효율적인 시차 예측 기법

움직임벡터는 시간적으로 연속되는 영상 프레임간의 상관도를 나타내며 모든 각도의 방향으로 변화할 수 있고, 시차벡터의 경우 스테레오 영상간의 공간 상관도를 나타내며 각 객체별로 제한적이고 유사한 방향성을 가지는 차이점이 있다. 스테레오 영상의 경우 카메라 조정이 되었을 경우 수평시차가 크고 수직시차는 매우 작아지게 된다[3]. 이러한 스테레오 영상의 특성을 이용하여, PDVFAST 기법과 Symmetric QBDE 기법을 제안한다.

3.1 PDVFAST

PDVFAST(predictive disparity vector field adaptive search technique)기법은 주위 블록의 시차벡터를 예측치(predictor)로 정의하고 그들을 이용하여 생성한 중간값 벡터에 가장 높은 가중치를 두고 시차벡터를 찾는 방법이다.

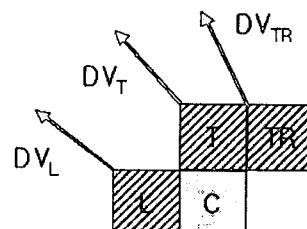


그림 2. 인접한 블록과 예측치 벡터

예측치 벡터는 그림 2에서 보는 바와 같이 인접한 세 개 블록 L, T, 그리고 TR의 시차벡터 DV_L , DV_T , 그리고 DV_{TR} 이다. 중간값 벡터는 그림 2에서 정의한 세 개의 예측치 벡터를 이용하여 식 1과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} MedianDV(x, y) = \\ (Median(x_L, x_T, x_{TR}), Median(y_L, y_T, y_{TR})) \end{aligned} \quad (1)$$

즉, 4개의 예측치 벡터를 사용하게 되는데, 그 중 중간값 벡터에 높은 가중치를 두는 이유는 스테레오 영상에서 각각의 객체 내에 있는 시차벡터들은 유사도가 매우 크기 때문이다[4]. PDVFAST 알고리즘의 pseudo code는 표 1과 같다. 중간값 벡터를 이용한 SAD 값이 충분히 작을 경우 T1보다 작을 경우 중간값 벡터를 시차벡터로 사용하였다. SAD 값이 충분히 작기 때문에 실제 full search를 하여도 같은 시차벡터 값을 가질 확률이 매우 높다. 조건 1이 아닐 경우, 모든 예측치 벡터들이 동일하고, 이 벡터들을 이용한 SAD 값이 T2보다 작을 경우 이 벡터를 현재 블록의 시차벡터로 사용한다. 조건 1과 2가 아닐 경우, 예측치 벡터들을 이용한 SAD 값 중에서 최소값이, 주위 세 개 블록 시차벡터의 SAD 값 중에서 최소값과 비교하여 작을 경우 현재 블록의 시차벡터로 한다. 표 1의 pseudo code에서 A는 주위 세 개 블록 시차벡터들의 SAD 값 중 최소값이며, T3은 인접한 세 벡터의 시차벡터를 이용한 SAD 값 중 최소값이다.

조건 3까지의 과정에서는 탐색범위 내에서 탐색하는 과정이 없으며, 단순히 예측치 벡터들을 이용한 SAD만을 구하게 된다. 따라서 이 과정에서 계산량을 현저하게 줄일 수 있다.

```

IF( SAD = (MedianDV)<T1)           //조건 1.
{
    DV=MedianDV;
    Terminate;
}
ELSE IF( (DV1==DV2==DV3 && SAD(MedianDV) < T2) ) //조건 2.
{
    DV=MedianDV;
    Terminate;
}
ELSE IF( A<T3 )                     //조건 3.
{
    DV=min(DV1(SAD), DV2(SAD), DV3(SAD));
    Terminate;
}
ELSE                                     //조건 4.
{
    Symmetric QBDE();
}

```

표 1. PDVFAST 기법의 Pseudo code

위의 모든 경우가 아닐 경우 조건 4에 해당하며 이에 해당하는 블록은 symmetric QBDE를 한다.

3.2 Symmetric QBDE

Symmetric QBDE(quad-block disparity estimation) 기법은 영상의 경계부분에 대하여 대칭형으로 검색하

며, 예측오차가 증가하는 객체의 경계와 같은 영역에서 세밀한 블록단위로 시차를 예측하는 기법이다.

일반적인 영상의 경계영역은 대부분 배경 영역이며 영역은 상호 상관도가 높으므로 영상의 경계영역을 symmetric하게 연속 확장하여 시차벡터를 찾으면 화질개선에 효과가 있다. 조건 4에 해당하는 블록은 대부분 객체의 경계영역에서 나타난다.

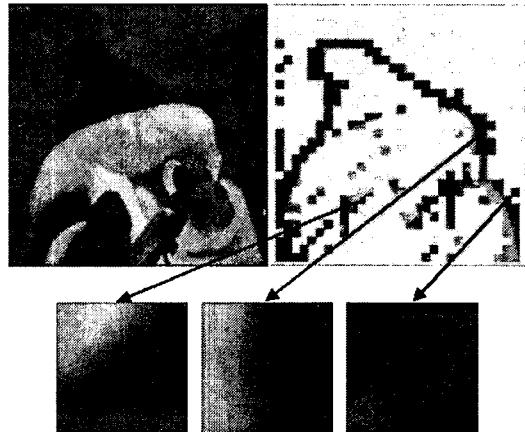


그림 3. Santa 영상과 4분할 재 검색 후보 블록

그림 3은 Santa 영상과 조건 4에 해당하는 블록들만 나타낸 것이다. 그림 2의 하단에 보인바와 같이 조건 4에 해당하는 블록이 경계일 경우, 블록은 두 개 이상의 객체를 포함한다. 스테레오 영상에서 예측 오차는 대부분 경계영역에서 발생하며, 이는 전체 영상 화질을 열화시키는 원인이 된다. 본 논문에서는 화질 개선을 위하여 조건 4에 해당하는 블록을 4분할하여 세밀한 블록단위로 시차를 예측한다. 각각의 4분할 블록의 SAD값이 임계값 T4보다 작을 경우 4분할 블록의 시차벡터는 원 블록의 시차벡터를 취하게 된다. 반대로, 임계값보다 클 경우에는 4분할 블록의 시차벡터를 재 검색하여 예측오차를 최소화 한다. 본 논문에서 T4는 원 블록의 SAD값에 따라 가변적으로 설정된다.



그림 4. 임계값 T4에 따른 재검색 4분할 블록

그림 4는 실험에 의해 설정된 임계값 T4를 이용하여 재 검색된 블록들을 나타내고 있다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 인접블록 상관도를 이용한 적응형 4분할 블록기반 고속 시차예측 기법을 평가하기 위하여 기존의 시차예측 기법과 연산량 및 화질면에서 비교하였다. 그림 5는 기존의 BMA를 향상시킨 AFDS[3] 알고리즘과 제안된 알고리즘의 결과영상을 나타내었다. 그림 5의 (a), (c) 및 (e)는 AFDS기법의 결과이고 (b), (d) 및 (f)는 제안된 기법의 결과영상이다. 표 2는 각 기법의 화질과 연산량을 비교한 결과이다. 객관적인 화질 평가를 위하여 PSNR을 이용하였고, 연산량은 블록의 SAD 연산 횟수로 비교하였다.

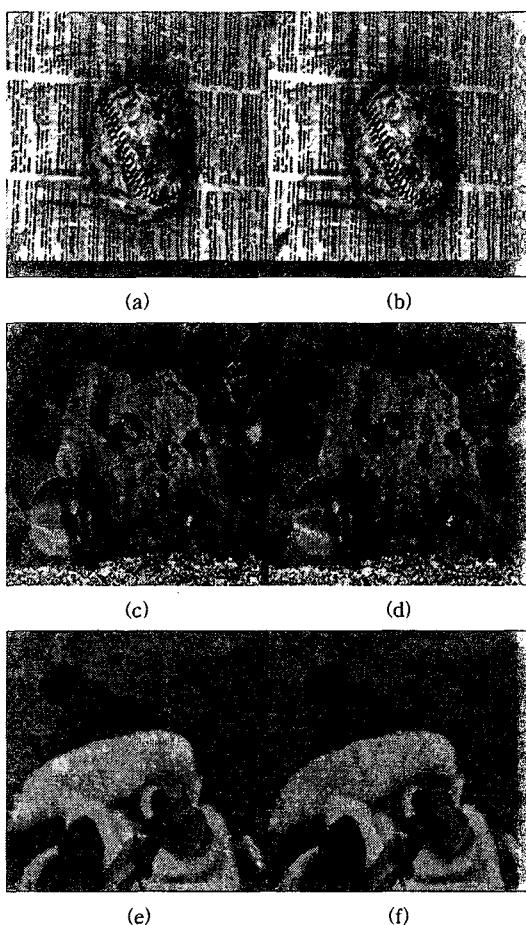


그림 5. 결과영상

제안된 기법은 표 2와 같이 BMA와 비교하여 화질 및 연산량 모두에서 우수한 성능을 보였으며, AFDS

와 비교하여 화질면에서 개선되었음을 볼 수 있다. 시차가 큰 Santa 영상의 경우 수평방향 검색범위를 32로 설정하여 실험하였다.

		BMA	AFDS	Proposed
Baseball	PSNR(dB)	19.98	19.43	20.89
	연산량	100%	35.4%	36%
Aqua	PSNR(dB)	24.97	25.57	26.22
	연산량	100%	28%	24.9%
Santa	PSNR(dB)	33.21	32.64	33.53
	연산량	100%	7.4%	7.5%

SR: Search Range

표 2. 각 기법의 PSNR과 연산량

본 논문에서 실질적인 PSNR의 향상은 symmetric QBDE 기법에 의해 이루어진다. 이 기법에서는 재검색된 4분할 블록의 위치 정보 및 시차벡터를 부가적으로 전송해 주어야 한다. MPEG4의 MAC을 통해 이 같은 부가 데이터를 효율적으로 전송할 수 있다.

5. 결론 및 향후 목표

본 알고리즘은 하드웨어나 시스템의 변화가 전혀 없이 MPEG4 시스템에 직접 사용이 가능하며 부가 데이터는 MAC 정보에 전송할 수 있다. 본 알고리즘은 고속 압축이 가능할 뿐 아니라 화질면에서도 기존의 알고리즈다 보다 월등히 우수하다.

스테레오 영상의 특성에 맞도록 가려진 영역과 숨겨진 영역의 처리에 대한 기법이 좀 더 심도깊게 연구되어야 한다.

[참고문헌]

- [1] A. Smolic, H. Kamata, Report on Status of 3DAV Exploratioin. ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Document N5558, Pattaya, Thailand, March 2003
- [2] ISO/IEC 13818-2, AMD3, MPEG2 multiview profile, ISO/IEC JTC/SC29/WG11, Document N1366, Sept 1996
- [3] J. W. Bae, H. J. Park, E. S. Kim, J. S. Yoo, "An Efficient disparity estimation algorithm based on spatial correlation," *The journal of SPIE - Opt.Eng.*, Vol.42, No.1, pp.176-181, Jan, 2003
- [4] A. M. Tourapis, O. C. Au, and M. L. Liou, "Predictive motion vector field adaptive search technique(PMVFAST)-Enhancing block based motion estimation," *Proc. SPIE Visual Commun. Image Process.*, San Jose, CA, Jan. 2001