

## 스테레오 스코픽에서 밝기 조정 정합 알고리즘

송응열\* · 김영섭†

\*단국대학교 전기 전자공학부

†단국대학교 전자공학과

## The Algorithm of Brightness Control Disparity Matching in Stereoscopic

Eungyeol Song\* and Youngseop Kim†

\*Department of Electronics & Electrical Engineering Dankook University

†Department of Electronics Engineering, Dankook University

### ABSTRACT

This paper presents an efficient disparity matching, using sum of absolute difference (SAD) and dynamic programming (DP) algorithm. This algorithm makes use of one of area-based algorithm which is the absolute sum of the pixel difference corresponding to the window size. We use the information of the right eye brightness (B) and the left eye brightness to get an best matching results and apply the results to the left eye image using the window go by the brightness of the right eye image. This is that we can control the brightness. The major feature of this algorithm called SAD+DP+B is that although Root Mean Square (RMS) performance is slightly less than SAD+DP, due to comparing original image, its visual performance is increased drastically for matching the disparity map on account of its matching compared to SAD+DP. The simulation results demonstrate that the visual performance can be increased and the RMS is competitive with or slightly higher than SAD+DP.

**Key Words** : stereoscopic, depth map, brightness control, SAD

### 1. 서 론

최근 멀티미디어의 질적 향상에 많은 관심이 집중됨에 따라 디스플레이 산업은 2차원에서 3차원 디스플레이로 실감영상기술 연구가 가속화 되고 있다. 실감영상 기술은 현실에서 보고 느끼는 것을 직·간접적으로 표현하기 위한 기술이다. 이 기술은 실감 미디어를 표현하기 위한 단계중의 하나로 stereoscopic 기술을 이용하면 3차원실감 영상을 볼 수 있다. stereoscopic 기술은 3D TV를 비롯한 정보통신, 방송, 영화, 게임, 애니메이션 등 기존의 미디어 산업 부문에 응용되어 질적 양적으로 크게 높아질 것이며 동시에 고 부가가치를 창출할 것으로 예상된다.

인간은 두 눈을 통해 3차원 공간상의 사물을 인지함으로써 입체감을 느낄 수 있는데 왼쪽과 오른쪽에

각각 투영된 초점에 의해 입체감을 느낄 수 있도록 뇌에서 분석과 처리를 해준다[1]. stereoscopic 기술에서 압축 부호화 방식과 깊이 정보가 필요한 이유는 단순하다. 2차원의 데이터가 아닌 3차원의 공간 데이터로 정보량이 2차원에 비해 2배의 데이터가 발생하고 있어 디스플레이 장치의 물리적인 한계로 어려운 점이 발생하고 있으며 정보전송 및 저장공간의 비 효율성으로 이를 해결하기 위하여 필요하다[2].

스테레오 스코픽 시스템의 기본 원리는 시차가 있는 영상을 각각 좌영상과 우영상에 비추어 줌으로써 시각의 차이에 따라 영상의 깊이 감을 느낄 수 있게 하는 것이다. 여기서 좌영상과 우영상의 입력을 받을 수 있는 방법은 크게 평행식, 수렴식, 변형된 평행방식으로 나누어 지는데 평행식은 카메라 축에서 수평적 위치에서 촬영을 말하며, 수렴식 배열은 카메라의 축이 어느 한 점으로 수렴하여 촬영되는 경우를 말한다. 마지막으로 변형 평행방식은 수렴점을 가지고 있으므로 영상

†E-mail : wangcho@dankook.ac.kr

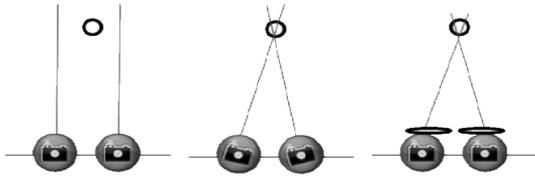


Fig. 1. (a) 평행방식, (b) 수렴, (c) 변형 평행.

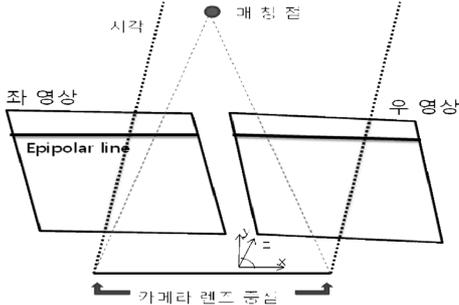


Fig. 2. Parallel Camera Model.

내의 물체들의 위치에 따라 부변이와 정변이를 함께 가지게 된다[3]. 따라서 화면상에 튀어나와 보이는 물체와 들어가 보이는 물체가 공존하게 된다[4].

카메라의 방식에 따라 알고리즘의 차이가 조금씩 존재 하지만 대표적으로 위의 3가지 방식에 의한 정합 방법들이 많이 연구되어 오고 있다. 본 논문에서는 평행식 카메라 정렬 방식을 이용 하였다[5,6].

평행 카메라 모델은 카메라가 평행하게 배치되어 있도록 구성되어 있어서 복잡한 계산과 기하학적 변형을 줄이기 위해 주로 사용되는 카메라 모델이다. 이 모델은 두 카메라의 광축이 서로 평행하기 때문에 서로 일치하는 정보를 얻기 힘들다는 단점이 있지만 카메라의 렌즈 중심에서 Epipolar line을 이용하면 매칭점에 의한 시각 처리로 좌영상과 우영상 각각 Epipolar line이 일치하여 정확도를 높일 수 있다. Epipolar를 이용하면

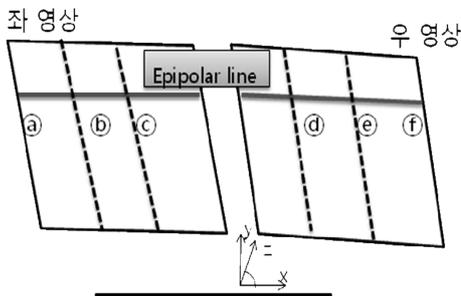


Fig. 3. 에피폴라선의 이해.

$$E_l(x + (-E_r(x, y)), y) = E_r(x, y)$$

Fig. 4. 공통된 수식원리.

좌영상과 우영상이 공통된 원리를 알 수 있다[7,8].

예를 들면 Fig. 3과 같이 (a), (b), (c) 각각 Epipolar line상에 있는 매칭점을 우영상에 매칭 하였을 때 매칭점은 (d), (e), (f) 이므로 (a)와 (d)의 보이지 않는 영역은 가려졌음을 알 수 있다. 이를 식으로 나타내면 아래의 식과 같다.

$E_l$ 과  $E_r$ 은 각각 에피폴라 선의 우영상과 좌영상을 의미하며  $-E_r$  만큼  $E_l$ 로 옮기면 공통된 원리를 적용할 수 있다[9].

스테레오 정합을 위해서 입력 영상에 대해 시차 공간 영상(Disparity Space Image)을 추출해야 한다. 시차 공간 영상이란 좌영상과 우영상의 동일한 Epipolar line 상에서 두영상의 밝기 차이를 저장한 영상이다. 좌표 설정방법은 우영상의 n 번째 라인을 가로와 세로축으로 설정하면 DSI의 좌표가 설정되며, 새롭게 설정된 좌표계에서 각 좌표에 해당하는 가로축, 세로축의 밝기 차를 계산하고, 그 결과를 코스트 행렬을 만든 뒤에, 최적의 변이 경로를 찾아가는 방법 있다[10,11].

본 논문에서는Stereo matching을 위한 방법중의하나 Sum of Absolute Difference(SAD)와 Dynamic Programming(DP)[2] 알고리즘을 이용하여 스테레오 정합을 구현하였으며, 우리는 더 좋은 방법을 적용해 보기 위해 우영상 밝기 정보와 좌영상 밝기 정보를 이용하여 우영상의 밝기 값을 기준으로 윈도우를 이용하여 계산 결과를 좌영상에 적용한다. 이는 밝기 차에 의한 SAD 오차를 줄 일수 있도록 하였다.

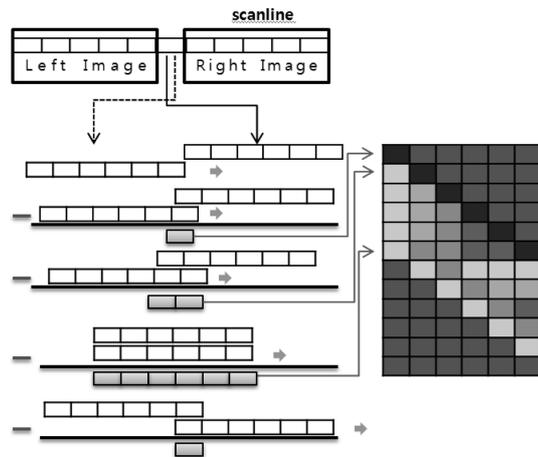


Fig. 5. DSI 동작방법.

지금까지 Stereoscopic의 전반적인 개요를 기술하였고 2장은 Disparity Estimation의 종류를 설명할 것이며, 3장은 기존의 SAD+DP을 이용하여 나온 결과를 보완하기 위해 두영상의 밝기를 조정하기 위한 이론을 설명. 이어서 4장은 3장에서 제안한 결과를 비교 함으로서 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. Disparity Estimation 종류

Stereoscopic의 기술은 정합 방법에 의해 크게 영역 기반(Area-based), 특징기반(Feature-based), 에너지 기반(Energy-based) 정합으로 나누어지며 좋은 결과를 얻기 위해 혼용하여 사용하거나 덧붙여 후처리 과정을 넣는 경우도 있다[5,9,12,13].

### 2.1. 영역기반

영상 전체에서 특징을 포함한 일정 영역을 기반으로 다른 영상과의 상관관계를 이용하여 찾는 방법이다. 두영상의 밝기값이 정합에 사용되므로 화소들의 특징 변화에 아주 민감하다고 할 수 있다. 이는 영상의 계산량이 줄어 시간의 단축을 가져올 수 있지만 왜곡이나 명암, 얼룩, 잡음, 크기변화 및 회전이 존재하는 영상에서 취약한 단점이 있다. 보통 SSD, SAD, MAD, NSSD, NC, NCC, ZNCC 등이 이에 속하며, 블록 단위의 정합 형태를 하고 있어 블록 창 크기는 중요하다고 할 수 있다.

### 2.2. 특징기반

특징기반으로 크게 모서리 기반(Edge-string based), 코너기반(corner based), 질감영역기반 (texture region based) 으로 나누며 공통적인 특징은 영상의 밝기에 대한 특징이나, 명암대비 평균값, 경계선 방향 등에 의해 특징 값을 얻어 내고 얻은 정보에 대해서 교차점, 경계선, 기울기(gradient), 코너(corner) 등의 특징을 분리한 후 정합하는 방식이다. 이는 명암대비에 강인함을 보여 주고 있으며, 경계선들이 연관되어 있으므로 정확한 정합이 가능하다는 장점을 가지고 있으나 알고리즘이 매우 복잡하고 모든 영상에 적용 할 수 있는 정보를 정의하기가 어려운 문제점을 안고 있다. 이에 대한 해결책으로 후처리 과정을 넣어서 보완하는 방법도 있으며 마지막으로 Wavelet transform<sub>[21]</sub>을 이용하여 4개의 주파수 영역(LL, LH, HL, HH)으로 분리한 후 LL성분은 정합을 위해 쓰이고 수평(LH), 수직(HL), 대각선(HH)에 특성을 이용하여 정합하는 경우도 있다[9,10].

### 2.3. 에너지 기반

에너지 기반 방식으로 베이시안 추론(Bayesian reasoning)과 최소화, 정칙화(regularization) 문제를 이용한 반복법 변이를 구하는 방식이 있으며, 전자는 에너지 함수를 이용하는 방법으로 이용되며 후자는 깊이 정보를 구하기 위해 이산신호에 대한 반복법을 이용한 방식이다.

이외에도 여러 가지 정합 방법이 있는데 색 정보를 이용하는 방법, 위상 정보를 이용하는 방법, 계층적인 정합 방법, 신경회로망을 사용하여 정합하는 방법, 학습을 통한 정합 방법, 유전자 풀을 이용한 염색체 교차 방법, 유전자 돌연변이 연산을 이용한 진화연산 방법 등 많은 방안이 연구되고 있다.

이러한 이유로 제안 알고리즘에서는 밝기값에 민감한 영역기반의SAD를 쓰는 대신 매칭하기 전 단계에 Brightness control을 해줌으로써 취약성을 극복하였고 정확한 정합 점을 찾기 위해 특성과 부가 정보를 고려하여 matching이 가능한 dynamic program알고리즘을 사용한다[14,15].

## 3. 제안된 방식의 Brightness Control

영역 기반 알고리즘의 한 종류인 SAD 알고리즘은 윈도우 크기에 대응되는 화소간 차에 절대값의 합을 나타내는데 최소가 되는 화소의 변이값으로 정의할 수 있다[12].

$$SAD = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |f(i,l) - \hat{f}(i,j)|$$

Stereo matching의 경우, 개념적으로 움직임 추정과 비슷하게 물체의 상대적 위치의 차를 측정하게 되는데 3차원 영상에서 disparity map을 얻기 위한 핵심 부분이다. 일반적으로 스테레오 영상은 카메라의 초점거리, 방향성, 위치, 빛의 양 등 미세한 차이로 Stereo matching 할 때 영상간의 밝기차가 존재할 수 있다. 이는 스테레오 영상의 압축에 있어 효율을 감소 시킬 뿐만 아니라, 3차원 영상으로 투영하였을 때 휴먼팩터에 대한 불편함을 느낄 수 있다. 휴먼 팩터에 대해 간략히 설명하자면 사용자의 편의성을 도모하기 위하여 3D시각

$$SAD = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |f(i,j) - \hat{f}(i,j)|$$

Fig. 6. SAD.

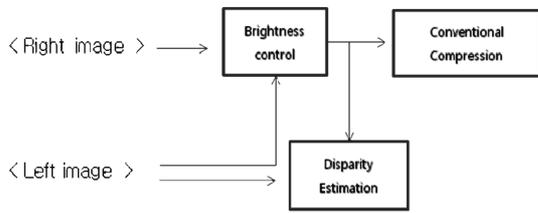


Fig. 7. 스테레오 부분 Framework.

제품을 설계 및 제품화 과정에서 고려되어야 하는 인간의 정보처리 특성을 제품 구현에 응용하는 것을 의미한다. 즉 3차원 디스플레이를 경험하면서 시청후 30분 전후에서 나타나는 시각적 피로도가 이에 해당한다 [15-17].

SAD는 밝기에 민감한 단점이 있어 좌영상과 우영상의 이미지의 밝기가 다를 경우 많은 오차 영역을 줄 수 있는 요인을 제공할 수 있으므로 이를 미연에 방지하기 위해 중간값 밝기를 적용 하였다.

Fig. 5와 같이 좌영상과 우영상이 각각 Input으로 들어오게 되면 우영상을 기준 영상으로 정의하고 좌영상이 밝기차에 대한 보상을 받게 되는데 조금더 자세히 설명하면 밝기 보상에 관한 윈도우 사이즈는 4x4 블록의 중간값을 구하여 좌영상과 우영상을 비교하고 좌영상은 중간값의 정보에 의해 밝기 값을 더하거나 빼는 방법으로 두 이미지의 밝기를 중간화시키는 과정을 의미한다.

#### 4. 결과 및 고찰

우리들의 실험 결과를 얻기 위해서 표준영상인 Tsukuba와 sawtooth 영상을 사용한다. 실험결과 일반적으로 평가 되고 있는 알고리즘과 비교 하여 RMS 평가가 높게 나올 수 밖에 없는 이유는 우영상과 좌영상의 평균 밝기가 서로 미세하지만 다르다는 것을 실험을 통해서 알 수 있었다. 물론 영상 내에 가려진 영역과 미세 하지만 일치 않은 부분이 영상의 밝기에 조금



Fig. 8. True Tsukuba depth Image.



Fig. 9. SAD+DP.

Fig. 10. SAD+DP+B.

Table 1. Tsukuba RMS

	SAD, DP	SAD, DP, B
ALL	2.13	2.43
Non Occl	1.69	2.05
OCCL	9.75	9.89

이나마 영향을 줄 수 있을 것이라 예상 하였지만 최적의 환경에서 촬영한 Tsukuba 영상이 그레이 단계의 밝기 정보 일 때 평균 2~4 정도의 차이가 남을 감한 할 때 스테레오 영상의 밝기 오차는 불가피 하다고 생각한다. 이 오차를 줄이기 위해서 제안한 방식이 필요 하다고 할 수 있겠다.

아래 두 그림 중에 첫 번째 영상은 SAD와 DP을 이용하여 나온 깊이 영상 이며 두 번째 영상은 밝기 조정 알고리즘이 추가되어 나온 결과 영상이다. 후처리 과정을 하지 않은 상태 이며 좌영상보다 우영상이 RMS 수치가 높음을 알 수 있는데 원본과 밝기 값이 달라 이런 결과가 나온 것이다.

Fig. 9와 Fig. 10은 sawtooth영상을 실험한 결과의 영상이고 표 2는 RMS의 결과이다. 위 실험한 결과와 같이 밝기 정보를 조절 하였을 때와 하지 않았을 때 비교를 나타내며, 수치 상으로 보는 바와 같이 큰 성능상의 차이나 획기적인 정합을 나타나지 않고 미비한 수치상의 결과를 보여 주고 있으며, 최적의 스테레오 영상도 밝기 값의 차가 존재하여 이를 보정한 결과 Depth map의 결과에 영향을 미친다는 결과를 얻어 내



Fig. 11. True Tsukuba depth Image.

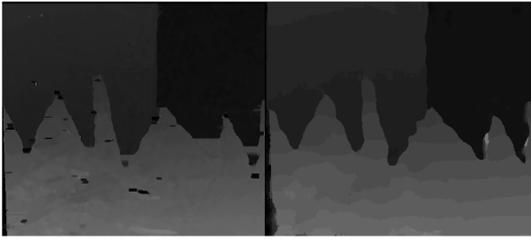


Fig. 12. SAD+DP.

Fig. 13. SAD+DP+B.

Table 2. Sawtooth RMS

	SAD, DP	SAD, DP, B
ALL	1.38	1.65
Non Occl	1.23	1.43
OCCL	4.03	5.32

었다.

#### 4. 결 론

본 논문은 스테레오 매칭 전처리 단계로 양안 영상에 대한 밝기 조정을 제안하였다. 현재 스테레오 스코픽 기술은 영상 정합의 정밀도와 폐색 영역의 추출에 많은 연구가 이루어 졌다. 하지만 스테레오 영상의 특성으로 두 영상간의 밝기에 의한 연구가 부족한 실정이다. 앞으로 Stereoscopic 기술이 연구용이 아닌 산업에 적용되기 위해서는 두 영상의 밝기가 동일한 영상을 실시간으로 받아 들여야 하는데 현실적으로 카메라의 특성, 설치된 환경, 렌즈 특성, 광학량 등 변수 요인이 많은 것인데 반해 스테레오 내부 알고리즘을 살펴보면 이를 보정하기 위한 기술이 들어 있지 않은 상태에서 기술들이 이루어 지고 평가되고 있다. 본 스테레오 구조는 밝기 조정 알고리즘을 내포하고 있으며 윈도우 크기를 설정할 수 있게 하여 최선의 윈도우 사이즈인 4x4 블록으로 영상의 밝기를 보정할 수 있도록 하였다. 이는 각각 단점과 장점을 동시에 가지고 있지만 스테레오 영상을 전처리 없이 SAD를 이용한 벡터를 정합할 경우 예기치 못한 블록을 찾아 내는 경우가 발생할 수 있다. 이렇게 얻어진 정보는 Depth map의 정보 변화를 줄 수 있기 때문에 제안하는 밝기 조정방법을 통해 수정해 줌으로써 시각적으로 많은 차이를 느끼지 못하지만 스테레오 정합 측면에서는 정확도 향상을 가져온다. 하지만 윈도우의 크기에 따라 밝기 오차의 정밀도를 높이거나 줄일 수 있으나 성능 향상에는 걸림돌이 될 수 있으며, 좌영상과 우영상의 밝기가

많은 차이가 있을 경우 블록화 현상과 중간 값을 계산하기 위한 연산 량은 불가피 할 수밖에 없다.

#### 감사의 글

본 연구는 2009지식경제부 표준기술력 향상사업(B0011464)에 의해서 지원 되었습니다.

#### 참고문헌

1. L. McMillan and G. Bishop, "Head-Trackted stereoscopic display using image warping", SPIE Proc. 2409, pp. 21-30, Feb. 1995.
2. R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple view Geometry in computer vision", Cambridge Univ. Press, 2000.
3. 사태환, "Stereo 기법을 이용한 동영상에서의 움직임 물체 추출", 한국외국어대학교 석사 학위 논문, 2007.
4. 이재호, 김창익, "깊이맵의 전처리와 깊이 정보의 기하학적 분석을 통한 최적의 스테레오스코픽 영상 자동 생성 기법", 한국방송공학회 제14권 pp. 164-177.
5. 이종민, 김대현, 최중수, "시차 공간 영상을 이용한 스테레오 영상 정합에 관한 연구", 전자공학회 논문지, Vol. 41, SP 제6호 2004.
6. Richard Szeliski, "A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms", Microsoft Research Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms, MS.Research.
7. Ping An, Zhaoyang Zhang, and Li Shi, "Theory and Experiment Analysis of Disparity for Stereoscopic image", Proc. of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, pp. 68-71, May 2001.
8. 박상백, "동적계획법을 적용한 효과적인 폐색영역 제거를 위한 고속 스테레오 정합법", 고려대학교 전자정보공학과 대학원 석사 학위 논문, 2005.
9. 서용덕, 이현정, "Disparity map을 이용한 다양한 가상 이미지 합성", 서강대학교 영상대학원 미디어공학과 석사 논문.
10. Jens-Rainer Ohm, "Stereo/Multiview Video Encoding Using the MPEG Family of Standards", Invited Paper, Electronic Imaging '99, San Diego, Jan. 1999.
11. 전영탁, 전병우, "효율적인 스테레오 영상 압축을 위한 밝기 차 보정", 전자공학회 2005. 42권 2호, pp. 101-112.
12. ISO/IEC JTC1/SC29WG11, "Proposed Draft Amendment No. 3 to 13818-2(Multi-view Profile)", Doc.

- N1088, Nov. 1995.
13. Won-Ho Kim, Jae-Young Ahn, Sung-Woong Ra, "An Efficient Disparity Estimation Algorithm for Stereoscopic Image compression", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 43, pp. 165-172, May 1997.
  14. 문창기, 예철수, "스테레오 정합 특징 요소 선택을 위한 잡음 감소 필터링과 엣지 검출 필터링의 성능 평가와 결합", *극동대학교 컴퓨터 정보표준학부 Korean journal of Remote sensing*, Vol. 23, No. 4 2007, pp. 273-285.
  15. Eric Chan, Sethuraman Panchanathan, "Review of Block Matching Based Motion Estimation Algorithms for Video Compression", *IEEE*.
  16. 이형철, "3D 휴먼팩터 연구 법론", *인포메이션 디스플레이*, vol. 10, No. 3, pp. 24-30.
  17. 김은수역, "3차원 영상의 기초", 방송기술연구소 NHK 저 1998.3.
- 
- 접수일: 2009년 11월 26일, 심사일: 2009년 12월 10일  
게재확정일: 2009년 12월 15일