

# Bidirectional disparity map을 이용한 view interpolation

김대현, 김정훈, 김상훈, 서민정, 홍현기, 최종수  
중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과  
전화 : 02-820-5295 / 핸드폰 : 011-899-8562

## View interpolation using Bidirectional Disparity Map

Dae-Hyun Kim, Jeong-Hun Kim, Sang-Hoon Kim, Min-Joung Seo, Jong-Soo Choi  
Dept. of Image Eng., Graduate School of AIM, Chung-Ang Univ.  
E-mail : vante77@imagelab.cau.ac.kr

### Abstract

In this paper, we propose a method to interpolate two images obtained from two parallel cameras. The proposed method uses BDM(Bidirectional Disparity Map) to prevent hole generation due to occlusion. Furthermore, we use the block-based DM(Disparity Map) to decrease the amount of computation, and also use the adaptive block size to minimize the error of the block-based DM.

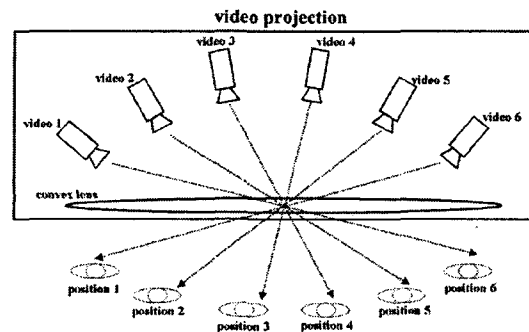


그림 1. 3차원 스테레오 TV의 개념도

### I. 서론

3차원 영상 재생기술의 발달과 함께 기존의 평면 영상이 아닌 3차원의 공간적인 느낌을 줄 수 있는 영상 콘텐츠의 개발이 중요하다. 이는 기존의 1시점의 스테레오 영상으로는 사용자에게 만족을 줄 수 없지만, 최근 개발된 다시점 표현 장비를 이용하면 제한된 시점이 아닌 변화된 위치에서도 3차원적인 공간감을 느낄 수 있다. 그림 1은 3차원 스테레오 TV의 개념으로, 6개 시점 영상(video 1~6)을 화면을 통해 방송하면 사용자는 5개 시점(position 1~6)에서 3차원 영상을 접할 수 있다.

기존의 중간 영상 보간법은 주어진 2차원 영상을 3차원 모델로 재구성한 뒤, 각각의 3차원 좌표를 다시 2차원 영상 평면으로 재투영시켜 새로운 시점 영상을 생성했다. 그러나 이 방법은 3차원 모델링을 하기 위한 제약 조건이 많았으며, 또한 재구성된 많은 데이터를 저장하고 처리하는데 필요한 별도의 하드웨어가 요구되었다.

이러한 단점을 극복하기 위한 방법이 2차원에서 2차원으로 직접 변환시키면서 3차원적인 효과를 주기 위한 영상 보간 기법이 도입되었다. 그러나 이 경우에도 영상의 가려짐으로 인해 서로 다른 화소가 한 위치에 겹쳐지거나 hole이 발생한다. 화소의 겹쳐짐은 z-buffering 알고리즘을 이용하여 쉽게 해결할 수 있다. 그러나 hole제거는 기존의 방법에서는 단순히 이웃한 화소를 가지고 보간하기 때문에 영상간의 시차가 큰 경우 단순히 이웃 화소로 보간하는 것에는 한계가 있다.

본 논문은 기존의 연구에서 나타난 가려짐으로 인한 hole을 효율적으로 제거하면서 보다 빠르게 중간 영상을 재구성하는 방법을 설명한다. 우선 신뢰도가 높은 disparity를 얻기 위해 적응적 블록 정합을 이용하여, 가려짐이 발생하는 영역을 찾는다. 가려짐이 발생한 영역을 제외한 나머지 영역에 대해서 각각 좌우 영상에서 얻어진 두 개의 DM(Disaprity Map)을 이용하여 두 영상을 중간 영상으로 각각 보간한다. 이렇게 보간된 영상에

서 발생한 hole은 서로의 대상 영상(즉, 좌측 영상은 우측 영상에서, 우측 영상은 좌측 영상에서)에서 hole을 채워준다. 이렇게 hole을 제거한 두 장의 중간 영상은 서로 디졸브(dissolve)시킴으로써 중간 시점 영상을 재구성한다.

## II. 적응적 블록 기반 BDM

### 2.1 카메라 기하 모델

Seitz, Chen, 그리고 Huang 등은 스테레오 영상을 기본 모델로 하여, 3단계의 처리과정을 거쳐 중간 시점 영상을 보간하였다. 이 경우, 우선 두 영상에서의 epipolar line이 서로 평행하도록 두 영상을 prewarping 시켜야 한다. prewarping된 영상은 선형 보간법에 의해 중간 영상으로 보간된 뒤, 다시 postwarping을 거쳐서 원하는 시점 영상으로 재구성한다. 이러한 방법은 우선 두 영상을 prewarping을 위해 fundamental matrix를 계산하기 때문에 계산량이 많아지는 단점이 있다. 그림 2는 기존의 중간 영상 보간 과정을 설명하고 있다.  $I_0, I_1$ 은 원래의 영상이고,  $\hat{I}_0, \hat{I}_1$ 은 prewarping된 영상이다.  $\hat{I}_s$ 는 prewarping 영상에 대한 선형 보간 영상이고, 이것을 postwarping 시킨 결과가  $I_s$ 이다.

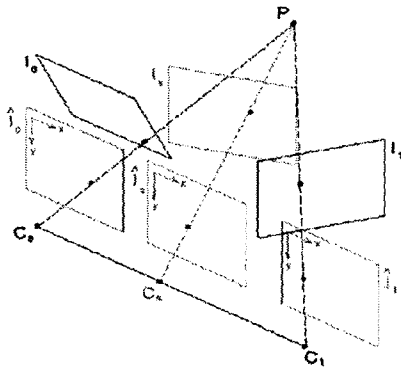


그림 2. 일반적인 3단계 영상 보간 방법

본 논문에서는 그림 3과 같이 카메라가 수평으로 놓인 기하 모델을 이용한다. 이 모델을 이용하면, 우선 두 영상의 disparity는 서로 수평 성분만이 존재하기 때문에 DM의 계산이 용이해지고, prewarping의 필요성이 제거되기 때문에 계산량을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 우리가 사용하는 그림 3의 모델은 6대의 카메라로부터 입력된 영상으로부터 5개의 중간 영상을 보간함으로써 총 11개 시점 영상을 획득할 수 있기 때문에, 그림

1의 모델에 비해서 보다 자연스러운 시점 변화를 줄 수 있다.

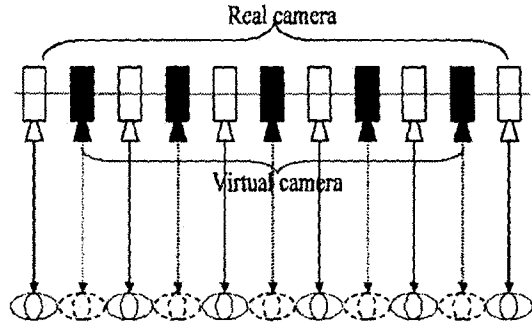


그림 3. 논문에서 사용된 수평적 카메라 기하 모델

### 2.2 적응적 블록 기반 BDM(Bidirectional Disparity Map)

두 영상의 중간 시점 좌표를 계산하기 위해서는 대응 화소간의 disparity를 계산해야 한다. 그러나 모든 화소에 대한 disparity를 계산하려면 많은 시간과 계산량이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 블록 기반의 DM을 계산함으로써 계산량을 개선시킬 수 있다. 그러나 영상은 그림 4에서 보여주듯이 여러 개의 계층으로 이루어져 있으며, 서로 다른 계층은 다른 disparity를 갖게 된다. 따라서 본 논문에서는 정합의 신뢰도에 따라 블록의 크기를 변화시켜서 보다 정밀한 DM을 얻도록 하였다.



그림 4. 계층 분리된 영상의 예

본 논문에서는  $8 \times 8$  블록과  $4 \times 4$  블록을 이용하여 DM을 계산하였다. 우선 주어진 영상은  $8 \times 8$ 블록으로 나누고, 식(1)을 이용하여 각 블록의 정합 오차를 계산한다. 정합 오차가 90% 이상의 신뢰도를 나타내면 다음 블록으로 진행하고, 그 이하의 경우는 해당 블록을 다시 4개의  $4 \times 4$ 블록으로 분할한 후, 각 블록에 대해서 정합 오차를 계산한다. 분할된 블록의 정합 오차가 90% 미만인 경우, 이 블록을 가려진 영역으로 간주한다.

$$E(d_x, d_y) = \sum_{(x,y) \in B} |s(x, y, k) - s(x + d_x, y + d_y, k + 1)| \quad (1)$$

## Bidirectional disparity map을 이용한 view interpolation

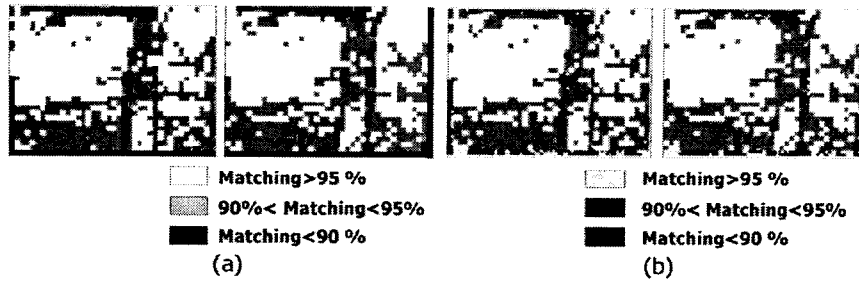


그림 5. 적응적 블록 정합의 결과

그림 5는 적응적 블록 정합을 적용한 결과를 보여준다. 그림에서 (a)는 고정된  $8 \times 8$  블록에 대한 DM으로 파란색으로 나타낸 부분은 90%미만의 정합 결과를 나타낸다. (b)는 (a)의 파란색 부분에 대해서 다시  $4 \times 4$ 블록을 가지고 DM을 수행한 결과로, 빨간색 부분은 90% 미만의 정합 블록으로 가려짐이 있는 영역이다. 결과적으로 적응적 정합에 의해서 보다 정확한 DM을 얻을 수 있고, 또한 가려짐이 발생한 영역을 찾을 수 있다.

그 반대이다.

$$d_{L \rightarrow R} = d_0 + s \cdot d_{L \rightarrow R} \quad (3)$$

$$d_{R \rightarrow L} = d_1 + (1 - s) \cdot d_{R \rightarrow L} \quad (4)$$

최종적인 결과 영상은 식(5)와 같이 두 영상을 디졸브시켜 생성한다.

$$d_s = s \cdot d_{L \rightarrow R} + (1 - s) \cdot d_{R \rightarrow L} \quad (5)$$

### III. 선형 보간을 이용한 영상 합성

2장에서 두 영상에 대한 각각의 DM이 얻어지면 새로운 영상 좌표를 계산할 수 있고, 결과적으로 새로운 시점 영상을 생성할 수 있다. 그림 6은 두 영상에서 대응점이 각각  $p_0$ ,  $p_1$ 일 때, 중간 시점의 영상 좌표를 계산하는 방법을 설명하고 있고, 식(2)는 수학적인 정의를 표현한다.

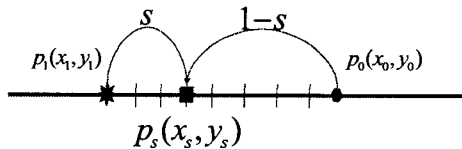


그림 6. 새로운 영상 좌표 보간

$$p_s = (1 - s) \cdot p_0 + s \cdot p_1 = p_0 + s \cdot (p_1 - p_0) = p_0 + s \cdot d \quad (2)$$

우리는 좌우 두 영상에 대한 각각의 DM을 계산하고, 그 결과를 가지고 각각의 보간 영상을 생성 후, 두 영상을 하나의 영상으로 디졸브 시킨다. 따라서 식(2)는 식(3), (4)와 같이 두 개의 식으로 분리될 수 있다. 식(3)은 왼쪽 영상에 대한 중간 시점 영상 보간식이고, 식(4)는 오른쪽 영상에 대한 중간 시점 영상 보간식이다.  $d_{L \rightarrow R}$ 는 왼쪽 영상에 대한 오른쪽 영상의 DM이고,  $d_{R \rightarrow L}$ 는

### IV. 실험결과

본 논문에서 제안된 방법은 그림 7에서 보여주는  $320 \times 240$ 의 3가지 영상에 대해서 Pentium-III 750MHz에서 모의 실험하였다. 사용된 블록의 크기는  $8 \times 8$ 과  $4 \times 4$ 이고, 대응점 검출을 위한 검색 영역은 각각  $32 \times 8$ ,  $32 \times 4$ 이다.

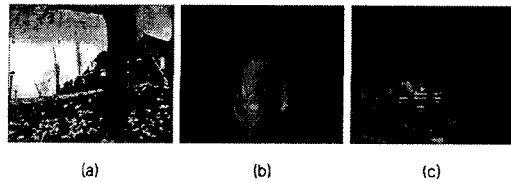


그림 7. 실험 영상

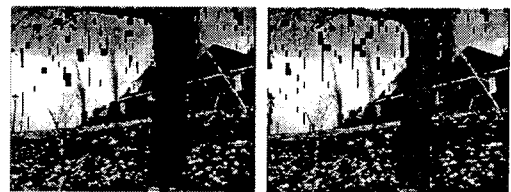


그림 8. 가려짐으로 인한 hole 발생( $s=0.5$ )

제안된 방법은 실험에 사용된 영상에 대해서 모든 화

소의 DM을 계산하는 것에 비해 계산량을 1/64로 줄일 수 있기 때문에 처리속도를 크기 향상할 수 있었고, 그 결과 중간 영상을 생성하기 위해서는 1초 미만의 처리 시간이 걸린다. 그림 8은 그림 7(a)의 영상을 보간한 영상으로 많은 홀이 존재한다.

영상에서의 hole은 크게 두 가지 이유로 발생한다. 첫 번째는 중간 좌표 계산시 발생하는 부동 소수점의 정수화이고, 또 하나는 원 영상에서 가려졌던 부분이 보간 영상에서는 보여지기 때문에 나타나는 결과이다. 첫 번째 원인은 단순히 이웃 화소로 보간하여 해결할 수 있지만, 두 번째는 그러한 방법에 한계가 있다. 따라서 이러한 hole을 제거하기 위해서 본 논문은 BDM을 이용하여 원 영상에서 가려진 부분을 또 다른 원 영상에서 찾아서 채워주도록 하였다. 그림 9는 그 결과를 보여주고 있다.



그림 9. hole의 제거 및 합성(s=0.5)

그림 10은 주어진 영상에 대한 결과를 보여주고 있고, 결과들은 시각적으로도 만족할 만 하다.

## V. 결론

본 논문은 BDM(Bidirectional Disparity Map)을 이용하여 중간 시점 보간 영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 prewarping으로 인한 초기 계산량을 줄이기 위하여 수평적 카메라 기하모델을 선택하였고, 보다 빠르고 정확한 DM을 얻기 위하여 8×8블록과 4

×4블록의 두 블록을 이용한 적응적 정합 방법을 이용하였다. 그 결과 기존 방법보다 빠르게 중간 시점 영상을 생성할 수 있었으며, 결과 영상 역시 시각적으로도 만족스럽다. 그러나 실제 적용을 위해서는 실시간 처리가 요구되기 때문에 계산량을 줄이기 위한 최적화 과정이 필요하고, 보다 정확하게 가려짐 검출하여 통한 hole의 제거할 수 있는 알고리즘의 추가가 필요하다.

## Acknowledgement

본 연구는 교육부의 두뇌한국21 사업(BK21) 및 과기부의 국가지정 연구실(NRL)의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] S. M. Seitz, C. R. Dyer, "Physically-Valid View Synthesis by Image Interpolation," In Proc of IEEE Workshop on Representation of Visual Scenes, pp.18-25, 1995.
- [2] S. E. Chen, L. Williams, Apple Computer Inc., "View Interpolation for Image Synthesis," COMPUTER GRAPHICS Proceedings, Annual Conference Series, 1993.
- [3] M. A. Akhlofi, V. Polotski, P. Cohen, "Virtual View Synthesis from Uncalibrated Stereo Cameras," In Proc. of IEEE Multimedia Systems, pp.672-677, 1999.
- [4] M. Lhuillier, L. Quan, "Image Interpolation by Joint View Triangulation," Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition, 1995.
- [5] 정제창, 후지와라 히로시, "그림으로 보는 최신 MPEG," 교보문고, 1995. 12.

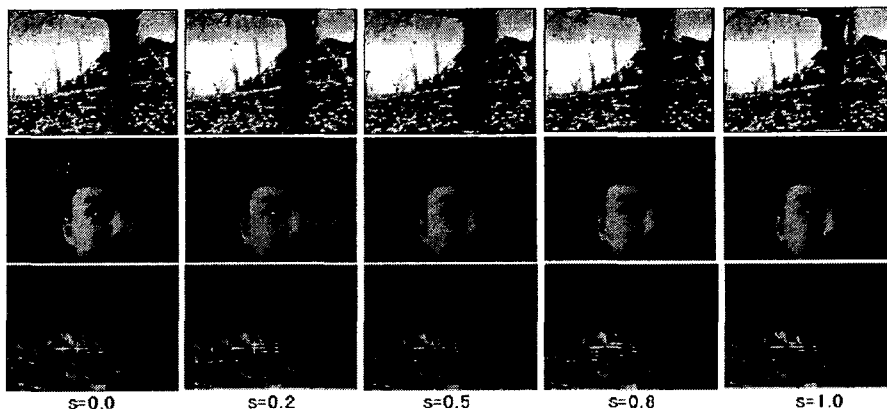


그림 10. 중간 시점 보간 결과 영상