

## 2D/3D 입체 변환 기술

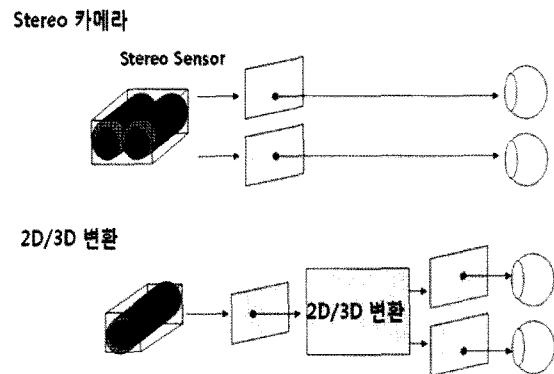
김만배  
강원대학교

### 요약

본고에서는 현재 입체영상분야에서 많은 관심이 있는 2D/3D 입체변환 기술에 대해 설명한다. 2D/3D 입체변환 기술은 지난 20년간 꾸준히 연구와 개발이 진행되어온 분야로 상업적 가치가 매우 높은 기술이다. 본고에서는 입체변환의 기본 개념, 입체영상의 원리, 및 기존의 변환기법들을 소개하고, 현재까지의 기술적 방향과 해결해야 할 문제점을 소개한다.

### 1. 서론

스테레오 영상 처리는 크게 두 분야로 분류된다. 일반적으로 스테레오 영상 기술은 2대의 카메라로 구성된 스테레오 카메라로 촬영한 스테레오 영상의 획득, 압축, 저장, 및 디스플레이이다. 이에 반해 (그림 1)에서 2D/3D 입체변환 기술은 1 대의 카메라로 촬영한 정지영상 또는 동영상을 스테레오 영상의 생성 및 디스플레이하는 기술이다 [1-10]. 물론 입체변환은 실시간 처리가 가능해야 하는 조건은 있다. 2D/3D 입체변환 기술은 스테레오 영상의 획득 과정을 거치지 않고, 기존의 정지 영상, TV, DVD 등의 실시간 전송 및 저장되어 있는 2차원 동영상을 3차원으로 변환하는 기술이다. 상대적으로, 고도의 영상 처리 및 해석 기술을 필요로 한다. 본고에서는 2D/3D 변환 과정에서 필요한 영상처리 기술에 대해 소개하고자 한다.



(그림 1) 2D/3D 입체변환의 원리

2D/3D 입체변환은 지난 90년 초부터 관심을 가져왔던 기술로써, 영상처리 및 컴퓨터비전 기술의 발달로 점진적으로 발전되어온 분야이다. 그러나, 타 기술처럼 시장에서 상업용 응용 제품을 보기 힘든 것은 소비자의 요구를 만족할 수 있는 기술 개발을 위해서 극복해야 할 기술적 문제와 하드웨어로 구현했을 때의 복잡도 때문이다. 또한 완벽한 3D 입체감의 전달이 가능한 스테레오 영상 또는 컴퓨터 그래픽스와 달리 소비자가 만족할 수 있는 수준의 입체감을 전달하는 것이 어려운 점이다.

그러나, 입체변환 기술은 디지털 TV, DVD, 디지털 카메라, 케이블 TV, 노트북, IPTV, 휴대폰, PC 등의 다양한 멀티미디어 기기에 적용할 수 있기 때문에, 상업적 가치가 매우 높은 기술이다.

## II. 2D/3D 입체 변환 기법

본장에서는 2차원 영상이 3차원 스테레오 영상으로의 변환을 가능하게 하는 원리 및 필요 기술에 대해 서술한다. 서론에서 언급했듯이 2 대의 카메라로 구성된 스테레오 카메라를 이용하여 얻어진 스테레오 영상을 직접 디스플레이 기기에 보내주는 스테레오 영상 처리와는 달리, 2차원 영상으로부터 좌영상과 우영상으로 구성되어 있는 스테레오 영상을 생성하는 것이 2D/3D 입체 변환의 기본 개념이다. 입체 변환은 다양한 영상물 때문에, 상대적으로 복잡한 영상처리 기술을 필요로 한다.

### 가. 입체영상의 원리

입체 변환으로부터 얻어진 입체영상은 3D 디스플레이를 통해 시청자에게 전달되기 때문에 입체영상 원리의 이해가 필요하다.

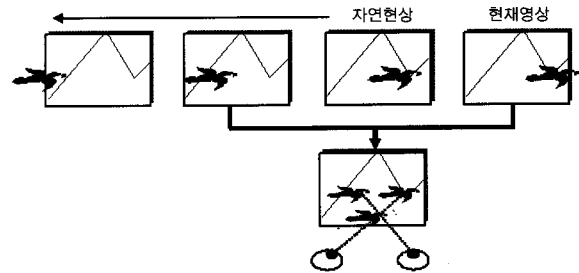
입체영상은 양시차, 음시차, 영시차 등 크게 세 가지 종류의 양안시차를 제공함으로써 시청자에게 영상 내에서 깊이감을 느낄 수 있게 한다. 이것은 시청자가 스크린을 통해 입체영상을 보았을 때 수렴점이 어느 위치에 생기느냐에 따라서 좌우된다. 먼저 좌안에 의해 보는 좌영상의 위치를 LP라고 하고 우안에 의해 보는 우영상의 동일한 위치를 RP라고 하자. 이 때 LP가 RP보다 좌측에 있게 되면 수렴점은 스크린 내부에 생기게 되어 해당 위치는 스크린보다 상대적으로 들어가 있는 느낌을 받게 되며 이때의 시차를 양시차라고 한다. 영시차는 LP와 RP가 동일한 위치에 있을 때 생기며 이때는 수렴점이 스크린 상에 위치하게 되므로 결국 2차원 영상을 보는 것과 동일하다. 마지막으로 음시차에서는 LP가 RP보다 우측에 위치하게 되며, 수렴점은 스크린 외부에 생김으로서 해당 위치는 스크린보다 전면에 보이게 된다.

입체영상에서 양시차와 음시차는 모두 수평 시차로서 시차의 크기는 깊이감을 결정하는 중요한 요소가 된다. 그러나 수평 시차의 크기가 너무 크게 되면 수렴점을 만들지 못하게 되어 입체감을 느낄 수 없게 된다. 또한 수직 시차가 일정 크기 이상으로 발생하게 되면 역시 수렴점을 만들지 못하게 된다. 이 이론은 입체영상을 생성할 때에 중요한 고려 사항이 된다.

### 나. 영상 운동 기반 방법

(그림 2)는 영상 운동을 이용하는 입체영상 생성 방법을 보여준다. 동영상에서 객체는 우측 방향으로 운동하고 있고 배경에는 변화가 없다. 이때 현재영상과 지연영상을 각각 좌영상과 우영상으로 결정하여 입체영상을 생성하게 되면 객체와 배경은 음시차와 영시차를 갖게 되어 깊이상으로 배경은 스크린 상에 보이는 반면 객체는 스크린 전면에 보이므로써 객체와 배경간의 상대적인 깊이감을 느낄 수 있게 된다.

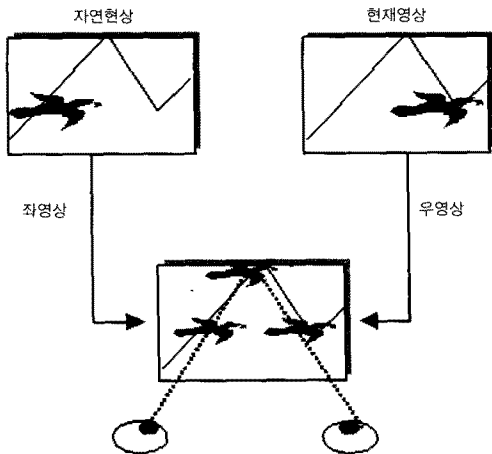
구현 방법은 크게 세 가지로 분류된다. 첫째, 현재 영상 좌, 우영상 중 하나가 되면, 다른 하나는 지연 영상들 중에서 1개를 선택한다. 둘째, 현재 영상은 좌, 우영상 중에 하나가 되고, 다른 영상은 합성영상으로 구현한다. 셋째, 좌영상과 우영상을 모두 합성영상으로 구현한다. 스테레오 영상은 양안으로 장면을 볼 때 두 눈에 투시되는 영상이 미묘한 차이가 있듯이, 동일점이 좌영상과 우영상에 투시될 때 두 투시점 간의 거리인 시차는 깊이감을 결정하는 중요한 요소이다.



(그림 2) 운동정보를 이용한 입체영상 생성

여기서 중요한 것은 현재영상과 지연영상을 적절하게 좌영상과 우영상으로 선택하는 방법이다. 즉 좌영상과 우영상이 잘못 선택되면 왜곡된 시차를 얻게 된다. (그림 3)은 좌영상과 우영상이 잘못 선택된 예를 보여준다. 배경은 정지해 있고 물체가 우측으로 이동하는 동영상에서 현재영상과 지연영상을 이용하여 입체영상을 생성한 경우이다. 이때 지연영상은 좌영상으로 선택되었고 현재영상은 우영상으로 선택되었다. 이렇게 되면 객체는 양의 시차를 얻게 되어 배경보다 들어가 보이게 된다. 이것은 결국 객체와 배경간에 왜

곡된 입체감을 느끼게 한다. 좌우영상을 선택하는 방법은 카메라와 객체의 운동유형에 따라 좌우된다. <표 1>은 카메라와 객체의 운동유형에 따른 좌우영상 선택 방법을 보여준다. 각 운동유형을 결정하는 기법이 필요하다.



(그림 3) 좌우영상을 잘못 선택한 경우에 발생하는 깊이의 불일치 현상

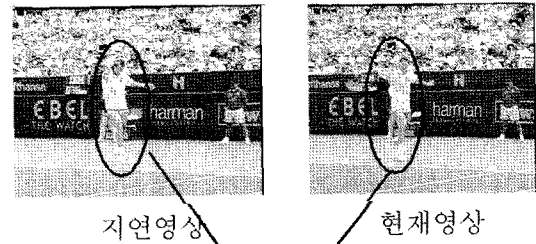
<표 1> 카메라와 객체의 운동유형에 따른 좌우영상 선택 방법

운동 종류	카메라 운동	객체 운동	좌영상	우영상
①	우측	없음	지연영상	현재영상
②	좌측	없음	현재영상	지연영상
③	없음	우측	현재영상	지연영상
④	없음	좌측	지연영상	현재영상
⑤	우측	우측	현재영상	지연영상
⑥	우측	좌측	지연영상	현재영상
⑦	좌측	좌측	지연영상	현재영상
⑧	좌측	우측	현재영상	지연영상

또한 (그림 4)에서 보여지듯이, 두 영상간에 수직시차가 존재하면 사용이 어려운 단점이 있다.

**다. 컴퓨터 비전 기반 기법**

운동기반 기법과 달리 컴퓨터 비전 기법은 기본적으로 영상 해석을 통해 깊이맵을 구하는 것이다. 따라서 이 기법은 영상의 깊이맵을 얻기 위해 다양한 방법을 이용하고 있다. 깊이 예측 방법은 영상처리 및 영상이해 분야에서 많이 연구되어 왔다. 영상 운동이 존재하면 운동 정보를 이용하는

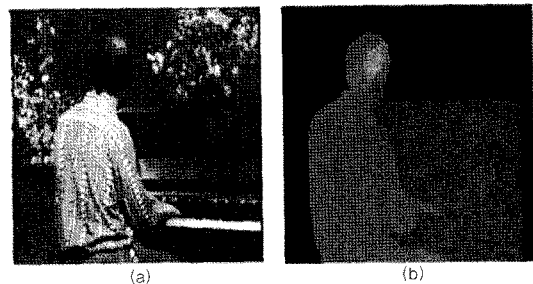


지연영상 현재영상

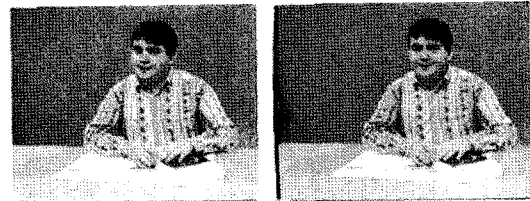
수직시차 발생  
(그림 4) 수직시차의 발생

depth from motion, 색이나 기타 정보를 활용하는 depth from shading 등의 다양한 분야가 존재한다. 그러나 이 기법의 문제점은 1 편의 영화에서 존재하는 다양한 영상의 깊이를 정확히 추출하는 것이 매우 어렵다는 것이다.

입체변환에서 고려할 사항은 전경객체가 존재할 때에, 사람은 배경보다 전경객체의 입체감에 보다 몰입한다는 것이다. 따라서 객체 분할 연구는 꾸준히 진행되어 왔고 입체변환에 활용할 수 있다. 물론 이 방법은 처리시간 및 객체분할 알고리즘의 복잡도 때문에 실시간 처리보다는 오프라인 처리에 국한되어 있다. 그러나, 입체변환의 성능 개선에 큰 효과가 기대되므로 실시간 객체 추출 알고리즘의 연구가 필요하다. (그림 5)는 영상에서 전경객체를 추출한 후의 깊이맵



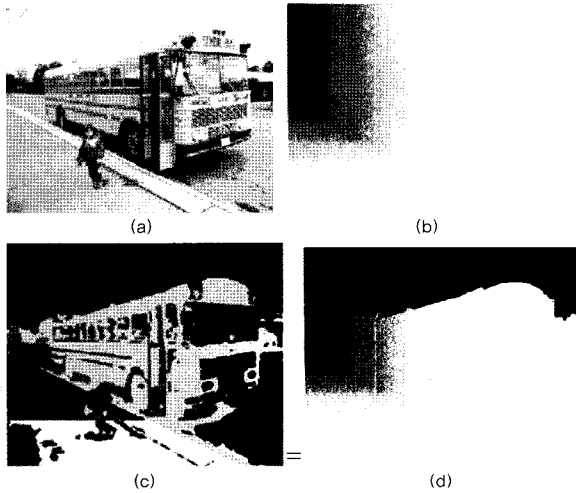
(a) (b)



(c)

(a) 원영상, (b) 깊이맵, 및 (c) 생성된 좌우 영상의 예  
(그림 5) 객체기반 입체변환

과 생성된 좌우 입체영상을 보여준다. 다른 예로 (그림 6)은 원영상에서 기하적인 방법으로 배경의 깊이맵 및 전경객체의 깊이맵으로 얻어진 입체영상을 보여준다. 영상에 존재하는 직선의 구도를 이용하여 깊이맵을 만들 수 있다. 객체 분할 기반 방식은 추출된 객체 영역의 정확도가 중요하다.

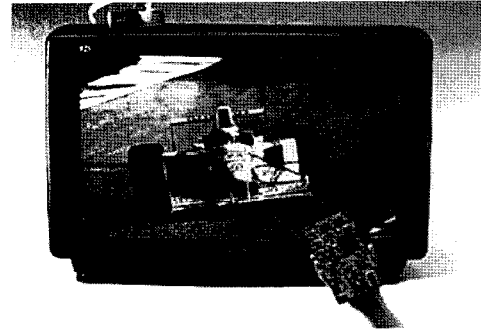


(a) 원영상, (b) 배경 깊이맵, (c) 객체 분할, 및 (d) 전체 깊이맵  
(그림 6) 깊이맵 생성

객체분할 방식은 실제 입체변환에 적용하기에는 단점이 존재한다. 자연 영상에서 객체의 추출은 어려운 문제이기 때문에, 실제 상용화까지는 기술의 발전이 필요하다. 또한, 객체추출 과정의 복잡도 및 실시간 처리의 어려움이 예상되기 때문에, 주로 수동 또는 반자동 입체변환에 사용되기도 한다. 최근의 입체변환은 다양한 기술의 접목으로 입체영상을 만들고 있는데, 활용하는 기술 분야는 매우 넓다고 할 수 있다.

### 라. 응용 기술

상업용 제품을 위해 그동안 국내외의 많은 회사에서 입체 변환 소프트웨어 및 하드웨어를 개발하였다. 이중 산요전기의 2D-to-3D conversion TV는 오래 전이지만 세계 최초의 상업용 제품이어서 소개한다. 다음으로는 변환기술의 여러 독자기술을 개발해온 DDD사의 기술을 소개하고, 입체변환 기술을 공급하려는 HDlogix사의 기술 소개 및 SK 텔레콤의 입체변환 하드웨어에 대해 간략히 설명한다.



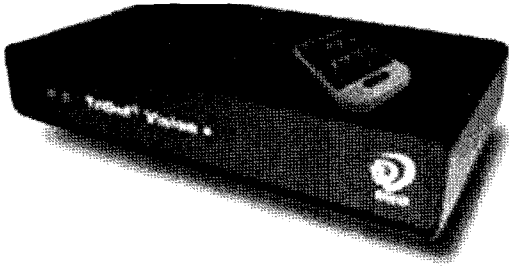
(그림 7) SANYO 2D-3D Conversion TV

스테레오 변환 제품으로는 1993년 일본 산요전기에서 2D-3D Conversion TV를 상업용 목적으로 개발한 이후로, 다양한 기술 및 제품이 등장하고 있다. 산요전기는 세계 최초로 MTD(Modified Time Difference) 방법을 이용하여 상업용 2D/3D 동영상 변환 TV를 개발하였다 (그림 7). 2D-3D conversion TV는 low-cost LSI ASIC으로 스테레오 성능은 우수하지 않았지만, 최초로 상업용 TV에 접목된 것으로 평가 받고 있다. MTD 방식은 현재 영상 프레임과 카메라 및 물체 운동이 존재할 때에 시간적으로 지연된 영상 프레임을 각각 다른 좌,우 눈에 보여 3D 스테레오 효과를 만드는 것이다.

그 후, 변환 성능을 개선하여 새 제품을 출시되었지만, 당시 입체영상에 대한 소비자의 무관심으로 기대했던 성공은 얻지 못했다 그러나, 이 기술은 입체변환 기술의 발전에 큰 동기가 되었다. 지연영상의 사용은 상당히 잘 알려진 기술 로써 많은 스테레오 변환 기술에서는 빈번히 사용되는 기법이다.

DDD사는 DVD 플레이어에 입체변환 셋탑박스를 장착하여 입체영상을 보여주는 시제품을 제작하였다 (그림 8). 색 및 운동 정보를 이용하여, 다양한 변환기술을 접목하였다 [11]. DDD사는 입체변환 분야에서 많은 기술을 소유하고 있는데, 타 변환기술도 이 기술의 일부를 활용하는 것으로 알려져 있다. 기본 기술은 색정보와 운동정보를 이용하고, 또한 영상 구도를 예측하여, 구도에 맞는 적절한 깊이맵을 만들어서 입체영상을 제작한다.

따라서 예측된 구도정보의 오류가 발생하면, 입체영상의 부적절하게 발생하는 단점이 있다. 특히 정지영상인 경우는 이 단점이 많이 발생한다.



(그림 8) DDD 사의 입체변환 DVD 플레이어 set top box

HDlogix사는 실시간으로 2D 동영상을 입체영상으로 변환하는 ImageIQ 3D를 개발하였다 [12].



(그림 9) ImageIQ 3D에서 얻은 깊이맵

기본적으로 광유(optical flow)정보를 계산하여, 움직임을 있는 물체를 분석하고 깊이맵을 만든다. (그림 9) 운동정보로부터 객체 및 배경의 분리, 화소간의 상대적 거리 등을 추출한다. 또한, 직선 검색 알고리즘을 적용하여 영상 구도를 예측하기도 한다.

최근에 SK 텔레콤은 어떤 영상이라도 3차원 입체영상으로 변환 및 재생해주는 실시간 3D 입체화 기술을 벤처기업들과 공동 개발하였다. 향후 국내의 입체변환 상용화 제품의 발전에 많은 영향을 줄 것으로 기대된다.

### III. 결 론

입체변환은 2D 영상으로부터 입체영상을 새로이 생성하기 때문에, 영상내에 존재하는 색 정보, 운동정보, 객체정보 및 영상구도 등으로부터 깊이맵의 추출이 필요하다. 입체영상은 정확한 3D 깊이를 전달하지 못하면 시청자에게 시각

적 피로를 전달할 수 있다. 따라서, 정확한 영상내용의 분석이 필요하고 객체의 정확한 추출이 필요한 분야이다. 지금까지의 연구개발된 입체변환의 문제점은 어느 알고리즘도 다양한 영상에 적용이 어렵다는 것이다. 실제 영화 1편에 존재하는 빠른 운동, 어두운 조명, 플래시, 다수의 객체, 디졸빙 등의 다양한 환경에서의 입체변환은 향후 연구 과제이기도 하다. 상업적 효과가 큰 분야이기도 하지만, 시청자가 만족할 수 있는 기술의 개발이 요구된다.

### 참 고 문 헌

- [1] B. J. Garcia, "Approaches to stereoscopic video based on spatio-temporal interpolation," SPIE Photonic West, vol. 2635, pp. 85-95, San Jose, 1990.
- [2] T. Okino, M. Murata, K. Taima, T. Inimura and K. Oketani, "New television with 2D/3D image conversion technologies," SPIE Photonic West, vol. 2653, pp. 96-103, 1995.
- [3] M. B. Kim, M. S. Song, D. K. Kim and K. C. Choi, "Stereo conversion of monoscopic video by the transformation of vertical-to-horizontal disparity," SPIE Photonic West, vol. 3295, pp. 65-74, Jan, 1998.
- [4] 이관옥, 김재동, 김만배, "영상 운동 분류와 키 운동 검출에 기반한 2차원 동영상의 입체 변환," 한국통신학회 논문지, 34권 10호, 2009년 10월.
- [5] Y. Matsumoto, H. Terasaki, K. Sugimoto and T. Arakawa, "Conversion system of monocular image sequence to stereo using motion parallax," SPIE Photonic West, vol. 3012, pp. 108-115, 1997.
- [6] D. F. McAllister (editor), Stereo computer graphics and other true 3D technologies, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1993.
- [7] M. B. Kim, J. Y. Park and H. S. Lee, "On the implementation of Ross phenomenon for stereoscopic conversion of 2-D video," Proc. 11th Workshop on Image Processing and Image Understanding, pp. 187-

192, Feb. 1999.

- [8] M. B. Kim and S. H. Lee, "A new method for the conversion of MPEG encoded data into stereoscopic video," J. of the Society for 3D Broadcasting and Imaging, No. 1, Vol. 1, pp. 48-59, June 2000.
- [9] C. Weerasinghe, et. al., "2D-to-pseudo 3D conversion of head-and-shoulder images using feature-based parametric disparity maps," IEEE 2001.
- [10] P. Harmon, "Home-based 3D Entertainment: an overview," ICIP, 2000.
- [11] <http://www.ddd.com/>
- [12] <http://www.hdlogix.com>

약 력



김만배

1983년 한양대학교 공학사  
1987년 University of Washington, Seattle 공학석사  
1992년 University of Washington, Seattle 공학박사  
1992년 ~ 현재 강원대학교 교수  
관심분야: 입체영상처리, 다시점영상처리, 증강현실

