

## 두 시점 깊이 맵을 이용한 중간 시점 생성 방법

\*이재원    \*\*최현준    \*\*\*서영호    \*\*\*\*유지상    \*김동욱  
\*광운대학교 전자재료공학과    \*\*안양대학교 정보통신공학과  
\*\*\*광운대학교 교양학부    \*\*\*\*광운대학교 전자공학과  
[\\*bbxx84@kw.ac.kr](mailto:bbxx84@kw.ac.kr)

## Generating an Intermediate Depth Map Using Two Point Views

\*Jaewon Lee    \*\*Hyun-Jun Choi    \*\*\*Young-Ho Seo    \*\*\*\*Ji-Sang Yoo    \*Dong-Wook Kim  
\*Dept. of Materials Eng., Kwangwoon University  
\*\*Dept. of Information Communication Eng., Anyang University  
\*\*\*School of Liberal Arts, Kwangwoon University  
\*\*\*\*Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon University

### 요약

이 논문에서 제안한 방법은 간단하게 중간 시점 깊이 영상을 생성하는 방법이다. 왼쪽 시점과 오른쪽 시점 두 가지 깊이 영상을 가지고 깊이값을 계산 한 후 깊이값과 시점의 이동에 따라 물체의 위치가 변화하는 상관관계를 간단한 식으로 계산해 중간 시점을 만든다. 중간 시점을 생성 한 후, occlusion영역을 채우는 방법과 픽셀 이동에 따른 노이즈 감소 방법을 사용한다. 우리가 생성한 중간 시점의 PSNR은 32.255dB이며,  $1,920 \times 1,080$  영상 기준 한 장당 약 0.406s의 생성 속도를 갖는다.

### 1. 서론

최근 영상 매체에 대한 대중의 관심은 HD(High Definition)을 넘어 UHD(Ultra-High Definition) 그리고, 3D에 쏠리고 있다. 특히, 3D를 통해 입체감을 느끼고 실제 사물이 앞에 있는 듯 착각에 들며 좀 더 현실감 있는 영상을 볼 수 있는 것에 매력을 느끼고 있다. 하지만, 현재의 3D 영상에서는 입체감을 느낄 수 있지만 이는 어디까지나 정면에서 바라보는 입체감만 존재 할 뿐이다. 그에 따라 3D를 보는데 있어서 사용자가 느끼는 불편함과 제대로 된 깊이감을 못 느끼는 것과 같은 문제점이 발생하게 되는 것이다. 또한, 시청자가 위치를 이동하는 경우 이동한 위치에 따른 올바른 화면을 볼 수 없는 문제점이 있다.

3D에서 다시점 영상이 필요하지만 현재의 HD 해상도에서 다양한 시점의 화면을 전송할 경우 현재보다 몇 배 이상 많은 데이터를 보내야 하는 점에서 실현에 어려움이 있다. 그래서 사용자에게 데이터를 보낸 후 사용자의 단말에서 다시점을 생성하는 방법을 사용해야 한다.

지금까지 IVR과 같은 중간 시점 생성 방법에 관한 연구가 많이 진행 되었다[1][2]. 또한, 깊이 정보를 이용한 중간 시점 생성도 다양한 환경과 목적에 의해 제안되었다[3][4][5][6].

이 논문에서는 깊이맵을 이용한 중간시점 생성에 대하여 기술하고 있다. 이미 주어진 왼쪽 깊이 영상과 오른쪽 깊이 영상을 기반으로 물체의 위치를 계산하고 거리를 계산해 중간시점 깊이 정보를 생성하는 방법이다.

### 2. 깊이정보

깊이 정보를 얻는데는 두 가지 방법이 있는데 하나는 Stereo Matching 기법이고, 다른 하나는 Depth Camera를 이용해 깊이를 측정하는 방법이다. 이번 세션에서는 깊이 정보에 대해 설명하도록 하겠다.

#### 가. Stereo Matching

Stereo Matching은 깊이정보를 얻는 방법 중 가장 많이 알려지고 오랫동안 연구되어 왔던 방법이다. 왼쪽과 오른쪽 영상을 이용하여 가장 상관도가 높은 두 점을 찾는 방법인데, 왼쪽 영상의 한 점에서 오른쪽 영상에서 가장 상관도가 높은 점을 찾으면서 그 두 점사이의 거리를 8bit 값으로 나타낸 것이 바로 시차 정보가 되는 것이다. 그림 1에서 보여주는 것은 Middlebury에서 제공하는 시차 영상이다. 이 영상에는 사람이 더 잘 볼 수 있도록 scaling factor(s=4)가 곱해져 있다.

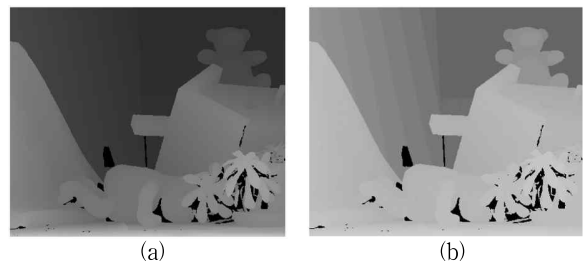


그림 1. 시차 영상의 예시 (a) 시차영상, (b)깊이정보

이렇게 시차 값을 구하게 되면 깊이 정보로 변환을 할 수 있는데 식 1.에서 나타내고 있다.

$$z = \frac{Bfs}{d'} \quad (1)$$

$z$ 는 깊이 값이며,  $d'$ 은 scaling 된 시차 값이다( $d'=sd$ ).  $s$ 는 scaling factor 값이며,  $B$ 는 카메라 간의 간격이다. 마지막으로  $f$ 는 focal length 즉, 카메라 렌즈에서 CCD까지의 거리를 나타낸다.

## 나. Depth Camera

최근 출시된 다양한 depth camera는 대부분 TOF(time-of-flight) 방식을 사용하고 있다. 이 방법은 카메라 적외선 수신부 주변에 있는 적외선 발생기를 물체에 조사해 물체에 반사 되어 돌아오는 시간을 계산해 물체의 깊이를 측정하는 방식이다. 대표적인 depth camera로는 SwissRanger SR4000이 있다. 일반적인 시간차 측정 방식은 phase difference를 이용한 방식인데, 식 2.에 나타내고 있다.

$$z = \frac{1}{2} \cdot \frac{c\Delta\phi}{\omega} \quad (2)$$

$c$ 는 빛의 속도,  $\Delta\phi$ 는 phase difference,  $\omega$ 는 파장의 각속도 이다. 자세한 내용은 [8][9]를 참조한다.

Stereo Matching과 같은 이유로 depth camera로부터 얻은 정보도 변환을 해줘야하는데 첫 번째로 digital bit로 변환을 한다. 식 3.을 보도록 하자.

$$z_D = \left[ \frac{z}{z_{max}}(2^n - 1) + 0.5 \right] \quad (3)$$

$z_{max}$ 는 depth camera에서 얻은 최대값으로  $\omega$ 에 의해 결정되어지며  $[x]$ 는 최대 상수 이며  $x$ 보다 크다. 식 3. 으로 얻은 결과는 가까운 물체의 픽셀 값이 어둡고 멀리있는 물체의 픽셀 값은 밝기 때문에 다시 변환을 수행해야 한다. 식 4.를 보자.

$$z_T = (2^n - 1) - z_D \quad (4)$$

그림 1 시차정보 (a)를 변환한 결과 깊이정보 (b)는  $z_{max}$ 를  $m$ 로 두고 계산한 결과 이며 해상도는  $176 \times 144$ 이다.

## 2. 중간시점 Depth Map 생성

이번 장에서는 우리가 제안하는 중간 시점 생성 방법에서 기술한다. 이 방법에서 우리는 두 시점 깊이 정보가 주어진다고 가정한다. 또한 식 4.을 이용한 깊이 정보를 사용한다.

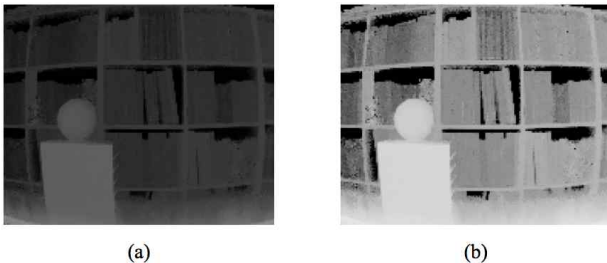


그림 2. (a) Depth camera로부터 얻은 깊이 이미지 (b) 변환된 시차영상.

그림 3.에서 제안된 알고리즘에 대해 설명하고 있다. 해당 알고리즘의 명칭은 중간 시점 깊이 맵 (IVPD)라 한다. 우리의 알고리즘은 세

가지의 큰 틀을 가지고 있는데 첫째로 전처리과정, 중간시점 계산, 후처리 과정이다. 해당 세 가지 과정을 설명하도록 하겠다.

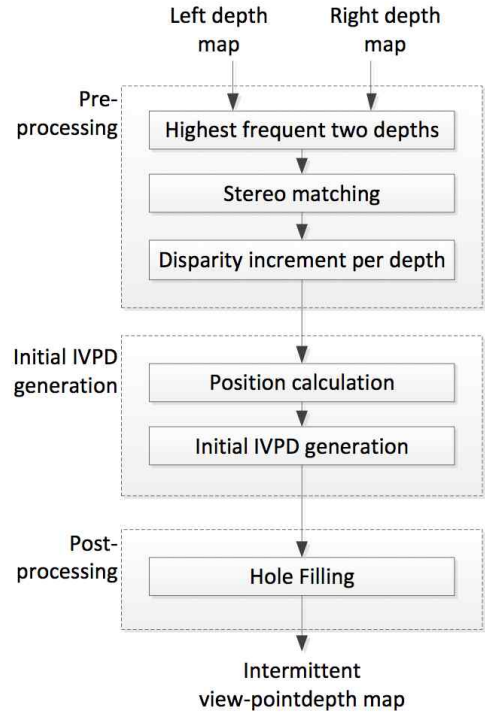


그림 3. IVPD 전체 알고리즘.

### 가. 전처리과정

첫 번째 과정은 깊이 값 1당 변화하는 시차값을 계산하는 것이다. 시차값을 계산하기 앞서 먼저 깊이 맵에서 빈도수가 높은 두 값을 찾아내는 것이다. 미리 정의 된 일정 값에 따라 두 깊이 값  $z_{T, near}$ 와  $z_{T, far}$ 를 결정한다.

그 후, stereo matching을 수행하여 왼쪽 영상에서의 한 점과 오른쪽 영상에서의 한 점의 거리를 계산하게 된다. 그렇게 얻은 값을  $d_{near}$ ,  $d_{far}$ 라 한다. 이렇게 계산하여 깊이 값 1당 변화하는 시차값을 계산하게 되는데 그 식은 식 5.에 서술하였다.

$$d_{incr} = \frac{d_{far} - d_{near}}{z_{T, far} - z_{T, near}} \quad (5)$$

### 나. 초기 IVPD 생성

이전 과정에서 계산한 깊이값에 따른 시차정보는 모든 픽셀에 해당되는 방법이 아니다. 이번 세션에서 모든 픽셀에 대한 IVPD를 수행한다. 그림 4.에서 보여주는 그림은 왼쪽 깊이 영상과 오른쪽 깊이 영상을 얻는 카메라 시스템과 동시에 우리가 원하는 중간 시점의 위치를 가상 카메라로 나타냈다. 식 (6)(7)과 식 (8)(9)은 각각 왼쪽영상과 오른쪽 영상에서의 IVPD를 수행하는 식이다.

$$d_{i, left} = d_{near, L} + (z_{T, left} - z_{T, near}) \times d_{incr} \frac{h_{left}}{h} \quad (6)$$

$$x_{i, IVPD} = x_{i, left} - d_{i, left} \quad (7)$$

$$d_{i,right} = d_{near,R} + (z_{T,right} - z_{T,near}) \times d_{incr} \frac{h_{right}}{h} \quad (8)$$

$$x_{i,IVPD} = x_{i,right} + d_{i,right} \quad (9)$$

여기서  $d_{near,L}$ 과  $d_{near,R}$ 은 각각 왼쪽과 오른쪽 깊이 영상에서의  $z_{T,near}$ 의 픽셀의 y축 좌표이다.

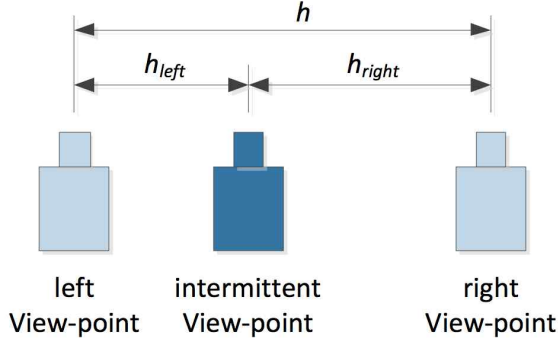


그림 4. 카메라 시스템과 가상 시점도

다음 과정은 위의 과정을 수행하여 얻은 왼쪽 깊이 영상 기준으로 생성된 중간시점 깊이영상과 오른쪽 영상을 기준으로 생성된 중간시점 깊이 영상을 합치는 과정이다.

```

for all i {
  if  $x_{i,IVPD,left} = x_{i,IVPD,right}$ , then
     $x_{i,IVPD} = x_{i,IVPD,left} = x_{i,IVPD,right}$ ;
  else
     $x_{i,IVPD} = \frac{1}{2}(x_{i,IVPD,left} + x_{i,IVPD,right})$ ;
     $z_{Ti,IVPD} = \frac{1}{2}(z_{Ti,left} + z_{Ti,right})$ ;
}

```

그림 5. 초기 IVPD 생성 후 합성

만약 왼쪽 영상을 기준으로 생성된 중간시점 영상과 오른쪽 영상 기준으로 생성된 중간시점 영상의 값이 같다면 결과 영상은 해당 값을 기록하게 되고 만약 서로 값이 다르다면, 두 값의 평균값을 기록하여 두 시점차에서 오는 깊이 값의 차이의 오차를 줄일 수 있다.

#### 다. 후처리 과정

영상을 합치고 난 후 한쪽 영상에서 픽셀 값이 0이지만 다른 픽셀 값이 0이 아닐 경우에는 0이 아닌 픽셀 값을 채워 줌으로 서로 다른 시차에서 오는 occlusion 영역을 채울 수 있다. 또한 픽셀 이동에서 오는 노이즈 들이 발생하게 된다. 이 노이즈들은 paper & salt 노이즈같이 보이기도 하는데 이러한 노이즈를 감소하기 위해  $3 \times 3$  마스크를 사용하여 주변 픽셀 값이 0인 값들이 70% 이상 차지하게 되면 0으로 그 밖의 다른 값들로 채워져 있는 경우에는 0이 아닌 값들의 평균값을 기록하게 된다. 그림 6에는 결과 영상이다.

그림 6.을 보게 되면 우리가 사용한 왼쪽 깊이 영상(a), 오른쪽 깊이 영상 (b)를 이용해 (d)를 생성하였다. 하지만 그림에서 보듯이 (d)는 occlusion 영역도 발생하였고 픽셀 값 이동에서 오는 노이즈들이 있기

때문에 후처리를 한 영상 (e)를 최종 결과로 보아야 할 것이다.

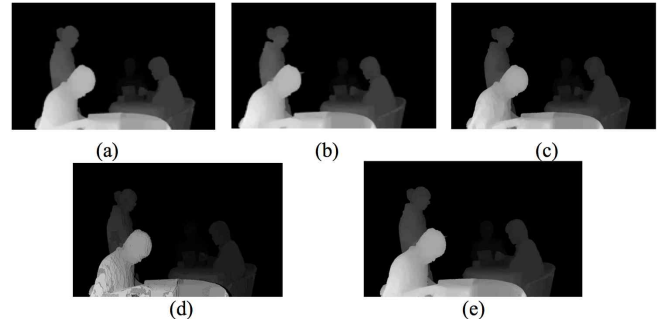


그림 6. 생성된 중간 시점 영상:(a)왼쪽 원본 영상, (b) 오른쪽 원본 영상, (c) 중간시점 원본 영상, (d)후처리 과정 전 생성된 영상, (e) 후처리 과정이 수행된 최종 원본 영상

## 4. 실험 및 결과

우리가 제안한 방법을 적용한 컴퓨터 시스템은 Apple의 MacBook Pro 2007 Mid를 사용하였고 프로세서는 Intel Core 2 Duo 2.26GHz이며 OS는 Mac OS X 10.6, 사용한 프로그램은 Xcode V3.2.6이다. 표 1에 우리가 사용한 테스트 영상들의 정보를 나타냈다.

표1. Test Sequences

Name	Resolution	Sequence length
Café	1,920×1,080	200 frames
Lovebird	1,024×768	300 frames
Poznan Street	1,920×1,088	600 frames

그림 7에 생성된 중간 시점과 왼쪽과 오른쪽의 원본 깊이 영상을 나타내었고, 그림8은 중간 시점이 외에 왼쪽과 오른쪽 영상의 사이의 세 시점을 만든 결과 영상을 나타냈다. 생성된 결과 영상의 PSNR은 주어진 원본 중간 시점 영상과 비교하여 측정하였으며 32.55dB의 결과를 얻을 수 있었다. 평균적인 생성 속도는 Full HD 영상 1,920×1,080 기준으로 IVPD 한 장 생성 시 0.406s가 걸렸으며 이는 약 2.5fps를 말한다.

## 5. 결론

이 논문에서, 우리는 간단하게 중간 시점 깊이 영상을 왼쪽과 오른쪽 깊이 영상으로 생성하는 방법을 제안하였다. 깊이값과 시점의 변화에 따른 상관관계를 유추하여 간단한 식을 만들어 중간 시점을 생성방법 IVPD와 결과영상들로 홉필링 방법, 마지막으로 픽셀 이동에 따른 노이즈 생성을 없이기 위한 노이즈 제거 방법까지 기술하였다.

우리의 IVPD의 실험 결과는 높은 PSNR, 32.55dB를 가지며 Full HD 영상 기준 0.406초당 하나의 영상을 얻을 수 있었다. 이전 IVR을 이용한 방법에 비해 충분히 빠른 속도를 가지고 있다는 점과 높은 PSNR이 가장 큰 장점이라 판단한다.

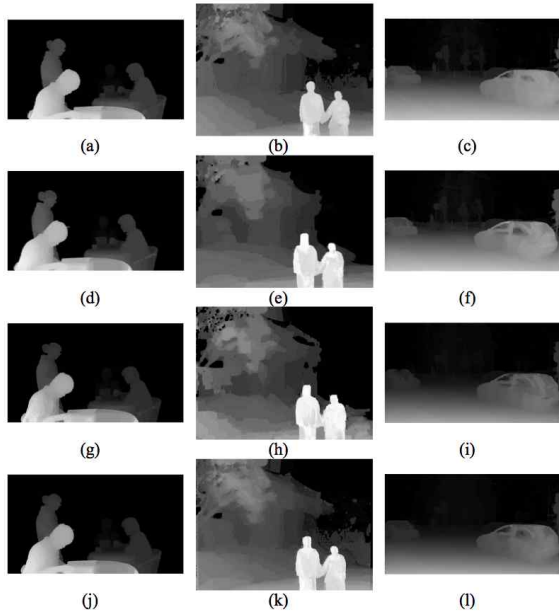


그림 7. 결과 영상 : (a)(b)(c) 왼쪽 깊이 영상, (d)(e)(f) 오른쪽 영상, (g)(h)(i) 원본 중간시점 영상, (j)(k)(l) 생성된 중간시점 영상:(a)(d)(g)(j) cafe, (b)(e)(h)(k) lovebird, (c)(f)(i)(l) Poznan Street.

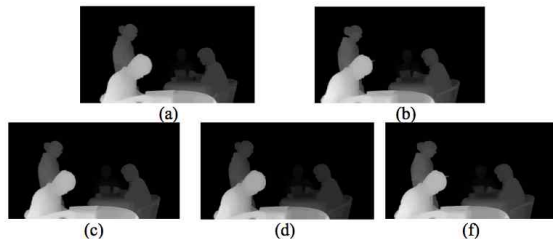


그림 8. 세 시점 IVPD; (a) 왼쪽 깊이 영상, (b) 오른쪽 깊이 영상, (c) 생성된 1/4 시점 IVPD, (d) 생성된 1/2 IVPD, (e) 생성된 3/4 시점 IVPD.

## 감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0026245).

## 참고문헌

- [1] A. Smolic, et al., "Intermediate View Interpolation based on Multiview Video plus Depth for Advanced 3D Video Systems," IEEE ICIP, pp.2448-2451, 2008.
- [2] Y. Mori, et al., "View Generation with 3D Warping using Depth Information for FTV," Elsevier J.of Image Communications, Vol. 24, pp. 65-72, Oct. 2008
- [3]. M. Zararim, et al., "A Joint Multiview plus Depth image Coding Scheme Based on 3D Warping," ACM Conf. on 3DVP, 2010.
- [4] E. K. Lee, et al., "High-Resolution Depth Map Generation by Applying Stereo Matching based on Initial Depth Information," IEEE 3DTV-CON, pp. 201-204, 2008
- [5] S.Y. Kim, et al., "Generation of ROI Enhanced Depth Maps using Stereoscopic Cameras and a Depth Camera," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 54, No. 4, pp. 732-739, Dec. 2008.
- [6] X.Huang, et al., "A Depth Extraction Method based on Motion and Geometry for 2D to 3D Conversion," IEEE Intl. Symp. on IITA, pp. 294-298, 2009
- [7] <http://vision.middlebury.edu/stereo/Sheet>.
- [8] SR4000 Data Sheet, <http://www.mesa-imaging.ch/prodview4k.php>, MESA Imaging, Oct. 2010.