

## Random Walks 알고리즘 기반 외삽 시점에 대한 홀 채움 기법

\*이규철 \*유지상

광운대학교

\*gyucheol0116@gmail.com

## Hole Filling Method for Extrapolated View based on Random Walks Algorithm

\*Lee, Gyu-Cheol \*Yoo, Jisang

\*Kwangwoon University

## 요약

본 논문에서는 스테레오 영상을 이용하여 외삽 시점 영상 생성 시 발생하는 홀을 채우는 방법을 제안한다. 스테레오 영상에 3D 워핑을 이용하여 다수의 시점을 생성할 수 있다. 하지만 이 방법은 보이지 않는 시점에서의 영역을 완벽히 복원할 수 없기 때문에 필연적으로 홀이 발생한다. 홀을 채우기 위해 먼저 홀 영역의 경계를 Random Walks 알고리즘을 이용하여 전경과 배경으로 구분한다. 그리고 홀을 배경 성분에 해당하는 영역만을 이용하여 채우게 된다. 홀 채움 과정에서는 패치 내의 홀의 비율과 컬러와 깊이 영상의 텍스처에 대한 복잡도를 정의하고 패치 별로 우선순위를 계산하여 높은 순위의 패치로 홀을 채우게 된다. 실험 결과 제안하는 기법이 홀을 효과적으로 채우는 것을 확인하였다.

## 1. 서론

다시점 3차원 기술은 시청자의 위치가 변하더라도 입체감을 느낄 수 있는 기술로서 차세대 3차원 디스플레이 기술로 활발히 연구 개발되고 있는 분야이다[1].

다시점 영상을 만들기 위해서는 먼저 스테레오 매칭 기법을 통하여 시차(disparity) 영상을 생성한다. 시차 영상과 스테레오 영상에 가상 시점 영상 합성 기술을 적용하여 가상 시점 영상을 생성할 수 있다. 가상 시점 영상합성 기술은 크게 시차 정보를 이용하는 양방향 선형보간법(bidirectional linear interpolation)과 깊이 정보를 이용하는 3D 워핑(3D warping) 기법[2] 등이 있다. 해당 기법들을 이용해 가상 시점 영상을 생성하면 실수 연산이나 가려짐 영역(occlusion region)에 의하여 가상 시점 영상에 홀이 발생한다[3]. 이러한 홀들을 정교하고 효과적으로 채우는 것이 최종적으로 생성된 3D 콘텐츠의 품질을 좌우한다.

다시점 영상을 생성할 때, 다시점 영상의 장점인 운동 시차를 제공하기 위해서는 스테레오 영상 간의 내삽 시점 영상뿐만 아니라 외삽 시점의 영상이 필요하다[4]. 따라서 본 논문에서는 외삽 시점 영상 생성 시 발생하는 홀을 채우는 기법을 제안한다.

제안하는 기법에서는 Random Walks 알고리즘[5]을 이용하여 홀을 채운다. 먼저 라플라시안 필터를 이용하여 홀의 경계를 전경과 배경으로 구분한다[4]. 전경과 배경으로 구분된 경계를 Random Walks 알고리즘에 입력으로 넣어줌으로써 전경 영역과 배경 영역을 얻을 수 있다. 홀을 채울 때 배경 영역만을 이용하여 채우며 홀의 비율과 컬러와 깊이 영상에 대한 텍스처에 대한 복잡도를 정의하여 홀이 적고 컬러와 깊이 영상의 텍스처가 복잡한 패치를 우선적으로 채움으로써 홀 채움의 성능을 향상시킨다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안하는 기법에 대해

소개하고, 3장에서는 실험을 통해 성능을 평가한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 제안하는 기법

먼저 홀의 경계를 전경과 배경으로 분리한다. 홀의 경계에 있는 화소의 워핑 되기 전의 위치는 전경과 배경의 경계에 속해 있다. 이 위치에 라플라시안 필터를 적용하였을 때 값이 0보다 작으면 전경으로 판단하고 0보다 크면 배경으로 판단할 수 있다. 식 1은 위의 과정을 수식으로 표현하였다[4].

$$F(p) = \begin{cases} 0, & \text{if } (\Delta D)_w(p) < 0 \\ 1, & \text{if } (\Delta D)_w(p) > 0 \end{cases} \quad p \in \Omega$$

여기서  $F$ 는 전경 혹은 배경으로 구분하는 파라미터이며  $D$ 는 깊이 영상,  $\Delta$ 는 라플라시안 필터,  $W$ 는 워핑을 의미하며  $p$ 는 현재 화소,  $\Omega$ 는 홀 경계를 나타낸다.

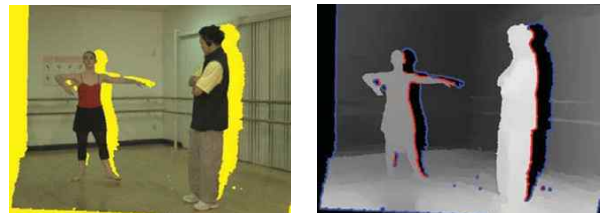


그림 1. 라플라시안 필터를 이용한 홀 경계의 구분  
(a) 홀 영역 (b) 구분된 경계

그림 1은 홀의 경계를 분리한 결과 영상이다. 그림 1(a)의 노란색은 홀을 나타내며 그림 1(b)의 빨간색과 파란색은 각각 전경과 배경으로 구분된 경계를 나타낸다.

구분된 경계를 기반으로 전경 영역과 배경 영역을 추정하기 위해 Random Walks 알고리즘[5]을 이용한다. Random Walks 알고리즘은 클래스 별로 주어진 seed를 이용하여 영상을 segmentation하는 기법이다. 본 논문에서는 seed로 전경과 배경으로 분류된 경계를 입력하여 그림 2와 같이 전경과 배경 영역으로 구분한다.

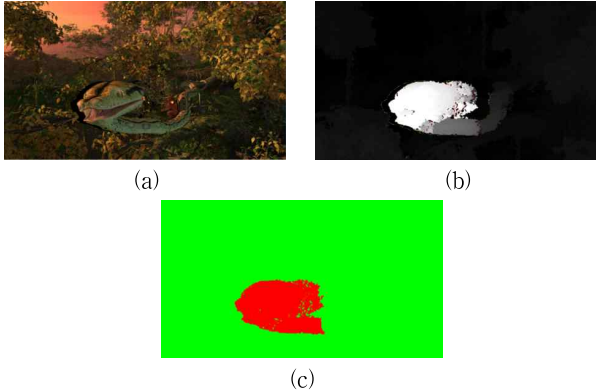


그림 2. Random Walks 알고리즘을 이용한 전경 배경 구분 (a) 워핑된 컬러 영상 (b) 워핑된 깊이 영상 (c) 구분된 전경(빨강)과 배경(녹색)

다음으로 패치 단위의 홀 채움을 진행한다. 홀 채움의 첫 번째 단계는 먼저 채울 패치를 계산하는 것이다. 패치에서 홀의 비율과 컬러, 깊이 영상의 텍스처 복잡도를 이용하여 우선순위를 계산한다. 홀의 비율은 패치 내의 홀의 비율을 의미하며 홀이 적을수록 높은 가중치를 가진다. 컬러와 깊이 영상의 텍스처 복잡도는 패치 내의 평균값을 각 화소에서 빼준 값의 합으로 표현되며 이 값이 클수록 높은 복잡도를 가지게 된다. 복잡도가 높을수록 높은 가중치를 가진다. 앞의 3개의 파라미터를 곱하여 가장 높은 값을 가지는 패치를 먼저 채운다.

먼저 채울 패치가 정해졌다면 배경에 있는 패치들 중에서 적합한 패치로 채우기 위한 과정을 수행한다. 현재 프레임과 이전 프레임 그리고 이후 프레임에 대하여 수행하며 SSD(Sum of Squared Difference) 값을 이용하여 최소의 값을 가지는 패치로 채우게 된다[4]. 하나의 패치를 채웠다면 처음부터 다시 가중치를 계산하여 위와 같은 과정을 반복한다.

### 3. 실험 결과

제안하는 기법을 ‘Gyebaek1’ 실험 영상에 적용하였다. 실험 영상의 크기는 FHD(1920x1080) 크기이며 시차 영상은 SGM(Semi-Global Matching)[7]을 이용하여 추출하였다.

그림 3은 Inpainting[6]과 제안하는 기법의 홀 채움 결과를 보여준다. Inpainting[6]은 전경과 배경을 구분하지 않기 때문에 홀을 채울 때 전경에 해당하는 부분이 포함된 것을 확인할 수 있다. 반면에 제안하는 기법은 전경과 배경을 구분하여 채우기 때문에 홀이 채워진 영역에 잡음이 없는 것을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. 홀 채움 결과 (a) Inpainting (b) 제안하는 기법

표 1은 정량적 평가를 위해 PSNR을 비교한 것을 보여준다. 제안하는 기법이 Inpainting[6]에 비해 높은 수치를 보여준다.

표1. PSNR 비교 결과

Methods	Inpainting[6]	Proposed method
PSNR	31.55	34.02

### 4. 결론

본 논문에서는 Random Walks 알고리즘을 이용한 외삽 시점 영상의 홀 채움 기법을 제안하였다. 먼저 홀을 채울 때 배경 영역만을 참조하기 위해 Random Walks 알고리즘을 이용하여 전경과 배경을 구분하였다. 또한 홀 채움 과정에서는 패치 내의 홀의 비율과 컬러와 깊이 영상의 텍스처에 대한 복잡도를 정의하고 패치 별로 우선순위를 계산하여 높은 순위의 패치부터 홀을 채우도록 설계하였다. 실험 결과 제안하는 기법의 성능이 기존 기법에 비해 좋은 성능을 보여주는 것을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학 ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2017-2016-0-00288)

### 참고 문헌

[1] Matusik, Wojciech, and Hanspeter Pfister. "3D TV: a scalable system for real-time acquisition, transmission, and autostereoscopic display of dynamic scenes." ACM Transactions on Graphics (TOG) 23.3 (2004): 814-824.  
 [2] Mark, William R., Leonard McMillan, and Gary Bishop.

- "Post-rendering 3D warping." Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics. ACM, 1997.
- [3] Chang, Chienchung, Shankar Chatterjee, and Paul R. Kube. "On an analysis of static occlusion in stereo vision." Computer Vision and Pattern Recognition, 1991. Proceedings CVPR'91., IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 1991.
- [4] Choi, Sunghwan, Bumsub Ham, and Kwanghoon Sohn. "Space-time hole filling with random walks in view extrapolation for 3D video." IEEE Transactions on Image Processing 22.6 (2013): 2429-2441.
- [5] Grady, Leo. "Random walks for image segmentation." IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 28.11 (2006): 1768-1783.
- [6] Criminisi, Antonio, Patrick Pérez, and Kentaro Toyama. "Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting." IEEE Transactions on image processing 13.9 (2004): 1200-1212.
- [7] Hirschmuller, Heiko. "Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information." Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on. Vol. 2. IEEE, 2005.