

# 깊이도를 고려한 인페인팅기반 홀필링 기법

\*최장원 \*최윤식 \*\*김용구

\*연세대학교, \*\*한독미디어대학원대학교

\*\*ygtkim@kgit.ac.kr

## Hole-Filling Method based on Depth-Incorporated Image Inpainting

\*Choi, Jangwon \*Choe, Yoonsik \*\*\*Kim, Yong-Goo

\* Yonsei Univ., \*\*Korean German Institute of Technology (KGIT)

### 요약

본 논문에서는 DIBR(Depth image-based rendering)을 통해 생성되는 3D 영상의 홀을 고품질로 채우는 방법을 제안한다. 이를 위해, 생성된 영상의 깊이도를 고려한 희소성(Sparsity) 기반의 인페인팅 알고리즘을 홀 채우기에 적용하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 홀 주변의 전경 텍스처를 제외한 배경 텍스처 정보만을 이용하기 때문에, 홀 채우기 시 전경 텍스처와 배경 텍스처가 혼합되는 문제점이 발생하지 않는다. 또한 희소성 기반의 인페인팅을 이용하기 때문에 에지 정보를 활용한 고품질의 홀 채우기가 가능하다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 기존의 홀 채우기 알고리즘과의 주관적 화질 비교 결과, 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 우수성을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

최근의 극장가에서 상영되고 있는 영화들 중에서, 3D 영화의 비율은 점점 증가하고 있다. 이와 같이 소비자들은 3D 콘텐츠를 손쉽게 접할 수 있게 되었으며, 이에 3D 영상에 대한 관심도는 나날이 높아지고 있다. 하지만 현재의 스테레오스코픽 3D 영상은 좌 영상과 우 영상이 일정한 양안시차를 가지고 있다고 가정하고 생성되기 때문에, 시청자 개인의 다양한 양안시차 및 눈의 민감도를 맞출 수 없는 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점은 3D 콘텐츠 감상 시, 두통 및 어지러움을 발생시키는 주요 원인이 된다. 또한 콘텐츠 생성 시 좌·우 영상간의 밝기 및 명암 차이, 그리고 수직 시차가 발생할 수 있는 문제점도 존재한다. [1] 따라서 최근에는 하나의 컬러 영상과 그에 따른 깊이맵(depth map)을 이용하여 DIBR(Depth image-based rendering)을 통해 좌·우 영상을 생성하는 방법이 활발히 연구되고 있다. 이러한 깊이맵 기반의 3D 영상 생성 방법은 개인의 양안시차 및 눈의 민감도에 맞게 3D 영상을 조절할 수 있는 장점을 갖는다. 또한 좌·우 영상간의 밝기 및 명암차이, 수직 시차 또한 발생하지 않는다. [2] 이러한 장점으로 인해, 깊이맵 기반의 3D 영상 생성 방법은 차세대 3D 기술로 각광받고 있으며, 현재 표준화 진행중에 있다. [3] 이와 같이, 깊이맵 기반의 DIBR을 통해 3D 영상을 생성할 경우 개인의 시차에 맞추어 적응적으로 양안 영상을 생성할 수 있으며, 보다 정확하고 높은 화질의 3D 영상을 얻을 수 있지만 생성된 영상의 일부분에 시차에 따른 화소 정보가 비어있는 문제가 발생한다. 이와 같이 비어있는 부분을 홀(hole)이라 하며, DIBR 기법을 통해 생성된 3D 영상의 화질 저하에 주요 원인이 된다. [2] 따라서 깊이맵을 이용하여 고품질의 3D 영상을 생성하기 위해서는 생성된 홀을 효과적으로 채우는 기술이 요구된다.

DIBR시 생성되는 홀을 채우기 위해 깊이맵의 평활화(smoothing) 전처리를 통해 홀을 채우는 연구가 최근까지 진행되고 있는데, [4-5] 이러한 기법들은 전처리를 통해 깊이맵의 불연속성(discontinuity)을

완화하여 생성된 영상의 홀 영역을 축소시킨다. 하지만 깊이맵의 평활화로 인해 생성된 영상에 기하학적 왜곡 현상이 발생할 수 있다. 깊이맵을 수정하지 않고 DIBR시 발생하는 홀을 채우는 방식으로 홀 주변 화소를 이용한 동일 화소 채우기 방법(constant color filling)이나 다양한 수평 보간법(horizontal interpolation) 같은 기법들이 제안되었는데, 깊이 정보를 이용한 수평 외삽법(horizontal extrapolation), 홀 주변의 화소 값의 평활화를 통한 라플라시안 채우기(laplacian filling)가 있다. [6-7] 하지만 이러한 홀 채우기 기법은 홀 주변 및 화면 내 화소 정보 활용의 한계 때문에 발생하는 홀 영역의 텍스처 왜곡으로 인해 고품질의 홀 채우기 결과를 기대하기 어렵다.

이에 본 논문에서는 고품질의 홀 채우기를 위해, 깊이도를 고려한 희소성 인페인팅 기반 홀 채우기 알고리즘을 제안한다. 희소성 기반의 영상 인페인팅은 영상 내 물체의 윤곽선이나 그 구조를 고려하는 고품질의 인페인팅 방법이다. [8] 본 논문에서는 이러한 희소성 기반의 인페인팅을 DIBR시 생성되는 홀 영역에 적용하였다. 또한 홀 영역에는 전경(foreground) 텍스처와 배경(background) 텍스처가 동시에 존재하기 때문에, 홀 주변의 깊이도를 고려하여, 배경 영역을 뜻하는 낮은 깊이도 영역의 텍스처만을 이용하여 인페인팅을 적용하였다. 우리는 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 기존의 홀 채우기 알고리즘과의 주관적 화질 비교를 통해, 제안하는 알고리즘의 우수성을 확인하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 제안하는 알고리즘인 깊이도를 고려한 희소성 인페인팅 기반 홀 채우기 알고리즘을 소개하며, 3장에서는 실험 결과를 통해 제안하는 알고리즘의 주관적 성능 결과를 보여주며, 4장에서 결론을 맺는다.

### 2. 제안하는 알고리즘

#### 가. 희소성 기반의 영상 인페인팅

영상 인페인팅 기술은 최근 영상 신호 처리 분야에서 주목 받고

있는 분야로써, 다양한 방법들이 제안되고 있다. 본 논문에서는 홀 채우기를 위해 Zongben 등이 제안한 희소성 기반의 인페인팅 기법을 적용하였다 [8]. Zongben 등의 알고리즘은 홀 영역에서의 희소성을 계산하여 인페인팅이 적용될 홀 영역 패치의 우선순위를 결정한 후, 후보 패치들의 합성을 통해 영상을 복원하게 된다. 이 알고리즘은 홀 영역의 희소성이 높은 영역, 다시 말해 배경 텍스처에 에지(edge)가 존재하는 영역을 우선순위로 인페인팅 알고리즘을 적용하기 때문에, 복원된 영상에 텍스처 에지가 시각적으로 자연스러운 고품질의 영상 인페인팅이 가능하다. 또한 홀 주변과 유사한 텍스처를 화면 내에서 찾아 합성하여 홀을 채우기 때문에 고품질의 배경 텍스처 복원 결과를 얻을 수 있다. 우리는 DIBR 시 생기는 홀은 대부분 배경 텍스처 영역인 점에 착안하여, Zongben 등의 인페인팅 알고리즘을 DIBR 홀 채우기에 적용하였다.

희소성 기반의 인페인팅 알고리즘은 그림 1과 같이 홀 가장자리의 각 패치 단위로 주변 패치와의 유사성을 비교한 후, 희소성을 계산하여 홀 영역의 인페인팅 우선순위를 결정하는 패치 선택 단계와, 선택된 영역을 패치 후보들의 선형 조합을 통해 인페인팅하는 패치 인페인팅 단계로 구성되며, 이러한 두 단계를 홀이 모두 채워질 때까지 반복한다.

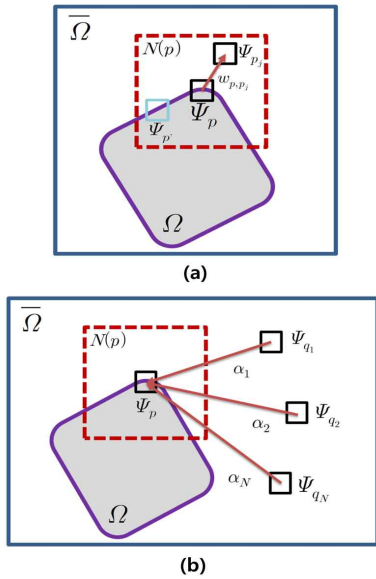


그림 1 희소성 기반의 인페인팅 알고리즘  
(a) 패치 선택 방법 (b) 패치 인페인팅 방법

#### 나. 깊이도를 고려한 희소성 인페인팅 기반 홀 채우기

앞서 소개한 희소성 기반의 인페인팅을 DIBR의 홀 채우기에 그대로 적용할 경우 전경의 물체와 배경의 텍스처가 혼합되어 인페인팅이 적용되는 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 희소성 기반의 인페인팅을 DIBR의 홀 채우기에 적용하기 위해서, 희소성을 통한 패치 우선도 선정 시 낮은 깊이도를 갖는 홀 영역의 패치에 우선권을 주는 방법과, 선택된 홀 영역의 패치를 배경 텍스처만을 고려하여 인페인팅하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 전체 흐름은 그림 2에 나타나 바와 같이 세 단계로 나눌 수 있다. 우선, 3D 영상 와평으로 생성된 영상에서 배경 텍스처만을 고려하여 홀을 채우기 위해서는 생성된 영상의 깊이맵이 필요하기 때문에, 첫 단계에는 생성된 영상의 깊이맵을 예측하여 생성한다. 이는 3D 영상 와평 단계에서 원본 컬러 화소의 수평 이동 맵핑과 더불어 원본 깊이맵 정보도 같이 수평 이동 맵핑을 적용

하게 되면 생성된 영상의 깊이맵을 구할 수 있다. 하지만 이와 같은 과정을 통해 얻은 깊이맵은 생성된 컬러 영상과 마찬가지로 홀 영역이 생기게 된다. 본 논문에서는 홀 영역의 깊이도를 주변의 낮은 깊이도로 채우는 방법을 사용하였다. 두번째로, 낮은 깊이도( $x_{hole\_depth}$ , 초기값 0)를 갖는 disocclusion 영역의 패치만을 고려하여 희소성 계산을 통한 우선 패치를 결정한 후, 깊이도가  $x_{hole\_depth}$  이하인 배경 텍스처만을 고려하여 인페인팅을 적용하여 홀 채우기를 실시한다. 같은 깊이도의 홀이 모두 채워지면,  $x_{hole\_depth}$  를 증가시켜  $x_{hole\_depth}$  에 맞는 깊이도의 홀 영역을 희소성 기반 인페인팅을 통해 채우게 된다. 마지막으로, resampling 영역은 홀 채우기 시 깊이도를 고려할 필요가 없기 때문에, disocclusion 영역의 홀이 모두 채워진 후에는 희소성 기반의 인페인팅 기법을 resampling 영역에 그대로 적용하여 홀을 채우게 된다.

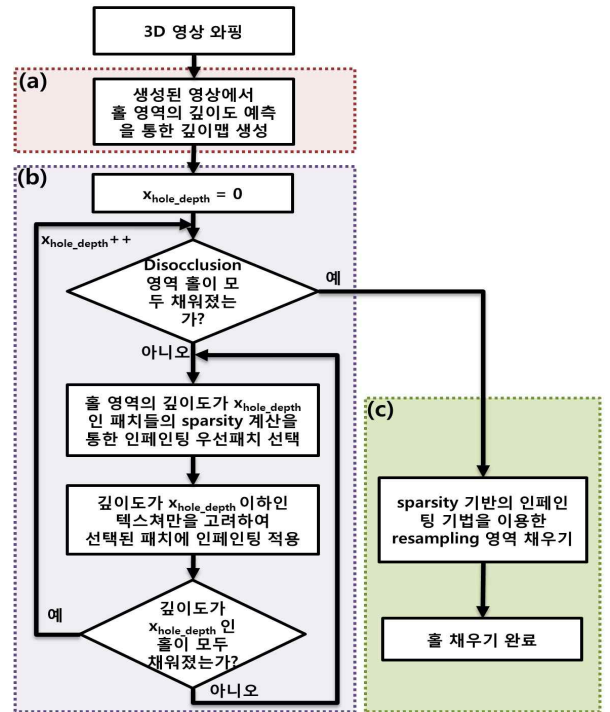


그림 2 희소성 기반의 인페인팅을 이용한 홀 채우기 기법  
(a) 생성된 영상의 깊이맵 생성 (b) disocclusion 영역의 홀 채우기 방법  
(c) resampling 영역의 홀 채우기 방법

### 3. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능 확인을 위해, middlebury 의 Bowling1 영상을 실험영상으로 이용하였다. [9] 제안하는 알고리즘의 성능 확인을 위해, Vazquez 등이 실시한 홀 채우기 알고리즘의 주관적 성능비교평가에서 가장 우수한 결과를 보여준, 깊이 정보를 이용한 수평 외삽법(horizontal extrapolation) 결과와의 주관적 화질 평가 비교를 수행하였다. [6] 실험 영상의 스펙 및 제안하는 알고리즘의 변수 설정을 표 1에 정리하였다.

표 1 실험 영상 및 제안하는 알고리즘의 변수 설정

실험 영상	영상 사이즈	원컬러영상	원깊이맵	생성시점
Bowling1	1252 x 1110	view1	displ	view2
패치 크기	13 x 13	$\sigma$		5
패치 후보 개수 $N$	25	$\beta$		0.5
$N_p$ 크기	71 x 71	$\epsilon$		25 x 패치의 화소수

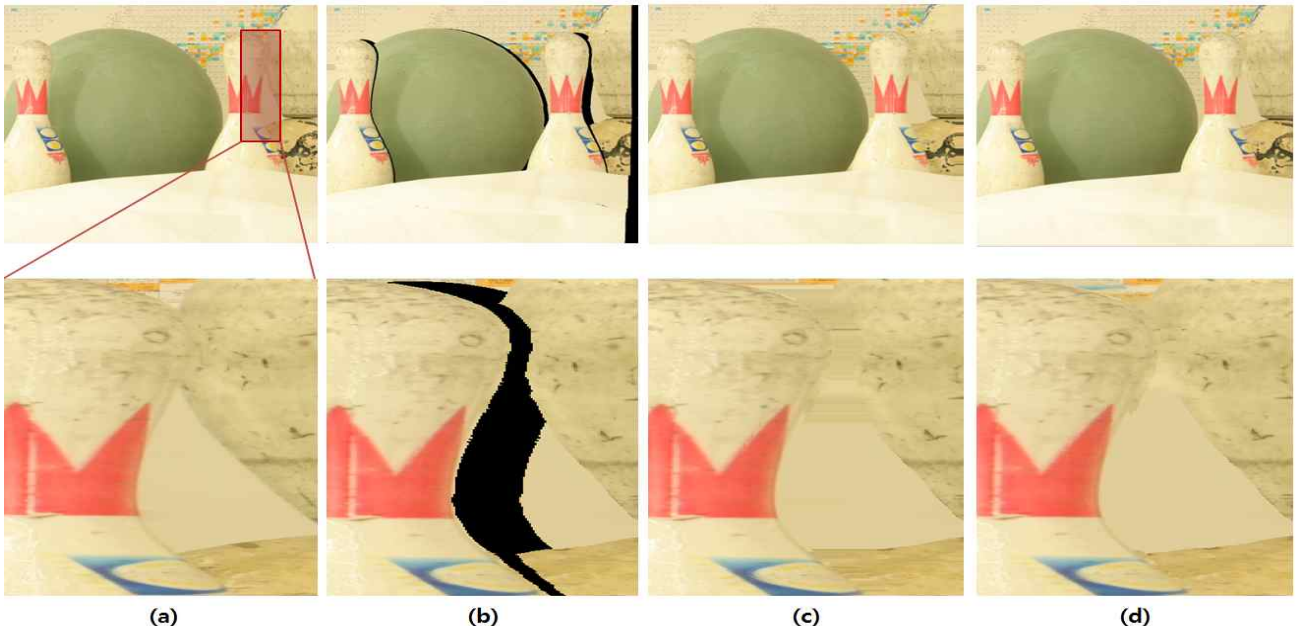


그림 3 Bowling1 영상을 이용한 실험 결과 영상  
 (a) 원 영상 (b) 홀 채우기 전의 생성된 영상 (c) 깊이 정보를 이용한 수평 외삽법 [6] (d) 제안하는 알고리즘

그림 3은 Bowling1 영상을 이용하여 얻은 실험 결과를 보여준다. 그림 3의 (c)는 깊이 정보 기반의 수평 외삽법을 이용하여 홀을 채운 결과를 보여주며, (d)는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 결과를 보여준다. 깊이 정보 기반의 수평 외삽법을 이용한 홀 채우기 결과를 보면, 배경 텍스처가 홀 영역에서 수평방향으로 늘어진 것 같이 홀이 채워지는 문제를 확인할 수 있다. 이는 깊이정보 기반의 수평 외삽법을 이용한 홀 채우기 알고리즘이 배경 텍스처의 주변 화소 정보 또는 화면 내의 텍스처 정보를 활용하지 않고, 수평방향의 몇 화소만을 참조하여 외삽법으로 홀을 채우기 때문에 발생하는 한계를 보여주는 것이다. 이에 비해 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 홀 영역이 주변의 배경 텍스처와 유사하게 고품질로 채워진 것을 볼 수 있다. 또한 홀 영역에 전경의 텍스처 정보가 전혀 반영되지 않은 결과를 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 DIBR시 생성된 홀을 깊이도에 기반한 희소성 기반 인페인팅을 이용하여 채우는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 홀 주변의 배경 텍스처 정보만을 이용함으로써 전경과 배경이 혼합되는 기존의 인페인팅 방식의 한계를 극복하고, 또한 홀 영역의 윤곽선이 있는 영역을 우선적으로 처리함으로써 채워진 홀에서도 에지 정보가 살아있는 고품질의 홀 채우기가 가능하였다. 본 논문에서는 middlebury의 실험 영상을 이용한 알고리즘의 성능 비교 평가를 하였으며, 대표적 기준 방식인 깊이 정보 기반의 수평 외삽법에 비해 제안하는 알고리즘이 보다 우수한 주관적 화질을 보여주는 것을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 “대학IT연구센터 육성지원사업”의 연구결과로 수행되었음.  
 (NIPA-2011-C1090-1101-0006)

#### 참고문헌

- [1] 이형철, "3D 휴먼팩터 : 표준화와 안전 시청의 구현", 방송공학회지 15권, 1호, pp. 110-115, 2010.
- [2] C. Fehn, "Depth-Image-Based Rendering (DIBR), Compression and Transmission for a New Approach on 3D-TV", Proceedings of the SPIE, Vol. 5291, pp. 93-104, 2004.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Draft Call for Proposals on 3D Video Coding Technology", Doc. N11679, Guangzhou, China, October 2010.
- [4] L. Zhang and W. Tam, "Stereoscopic Image Generation based on Depth Images for 3D TV", IEEE Transactions on In Broadcasting, Vol. 51, No. 2, pp. 191-199, 2005.
- [5] 이재호, 김창익, "깊이맵의 전처리와 깊이 정보의 기하학적 분석을 통한 최적의 스테레오스코픽 영상 자동 생성 기법", 방송공학회 논문지 2009년, Vol. 14, No 2, pp. 164-177, 2009.
- [6] C. Vazquez, W. J. Tam and F. Speranza, "Stereoscopic Imaging: Filling Disoccluded Areas in Depth Image-Based Rendering", Proceedings of the SPIE, Vol. 6392, pp. 63920D, 2006.
- [7] A. Colombari, A. Fusiello, and V. Murino, "Continuous parallax adjustment for 3D-TV," in Proc. IEE European Conf. on Visual Media Production, pp. 194-200, Nov. 2005.
- [8] Z. Xu and J. Sun, "Image Inpainting by Patch Propagation Using Patch Sparsity", IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, Vol. 19, No. 5, pp. 1153-1165, 2010.
- [9] <http://vision.middlebury.edu/stereo/data/>