

Kinect 깊이 영상의 홀 발생 원인 분류에 따른 홀필링

*박윤수 **윤석민 ***원치선
동국대학교

*laim4525@dongguk.edu **giggssss@dongguk.edu ***cswon@dongguk.edu

Hole filling for Kinect depth-image according to the causes of the holes

*Yoon Su Park **Seok Min Yun ***Chee Sun Won
Dongguk University

요 약

본 논문에서는 키넥트(Kinect)에서 깊이 영상 생성 시 발생하는 홀(hole)들의 물리적 원인에 대해 분석하고, 원인에 따라 홀을 분류한다. 즉, 실험 영상을 통해 키넥트 적외선 패턴의 유무를 확인할 수 있으며 이를 이용하여 깊이 영상에서 나타나는 홀의 물리적 발생 원인을 확인 할 수 있다. 분류된 각각의 홀의 종류에 따라 각 홀에 적합한 홀필링 방법에 대해 논의한다.

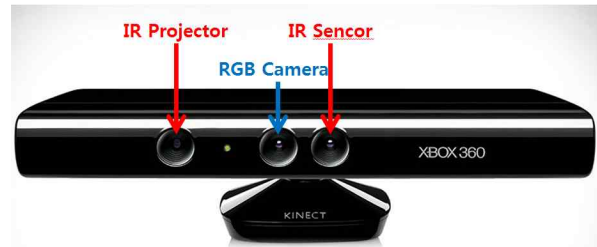
1. 서론

사람은 수평 방향으로 평균 65mm 떨어져 위치한 좌우 두 눈을 이용해 시야를 형성하는데, 이로 인해 사람이 세상을 바라볼 때 양안 시차가 발생하여 입체감을 느끼게 된다. 따라서 인간의 욕구에 따라 영상 콘텐츠도 2D를 넘어 3D로 현장감을 향상시키는 방향으로 발전하고 있다. 구체적으로 2009년 3D 입체 영화 아바타의 개봉 이후 3D 입체 영상 콘텐츠 시장이 활성화 됨에 따라 3D에 관련된 다양한 분야의 기술들이 발전하고 있는데, 그 중 한 분야인 3D 콘텐츠 제작 및 촬영 기술도 기존의 스테레오 카메라나 여러 대의 카메라를 이용한 촬영 방법과 더불어 단안 컬러 영상과 영상의 거리(Range) 데이터 혹은 깊이지도(Depth Map)에 DIBR(Depth Image Based Rendering) 기술 [1]을 적용하여 스테레오 영상을 생성할 수 있게 되었다.

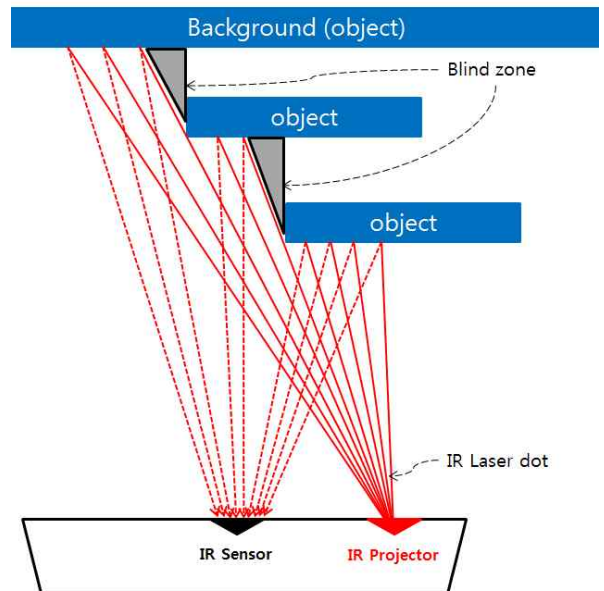
그 중 깊이지도 생성을 위해 사용되는 깊이 센서(Depth Sensor)는 빛을 조사(Projection)하여 되돌아오는 거리를 측정하는 전통적인 TOF(Time Of Flight) 카메라로써 깊이 측정을 위한 필수적인 센서이지만 고가라는 단점을 가지고 있었다. 그러나 최근 저가의 보급형 깊이 센서가 출시되고 있는데, 예를 들어 Microsoft의 키넥트(Kinect)[2]가 그 중 하나로써 급격히 보급되고 있다. 그러나 키넥트로 취득한 깊이 영상에 많은 홀(hole)이 발생하는 문제점이 지적되고 있다. 본 논문에서는 키넥트를 이용해 얻은 깊이 영상에서 발생된 홀(hole)을 발생 원인에 따라 분류하고, 분류된 종류에 따라 더 나은 깊이맵 생성을 위한 키넥트 깊이 영상의 홀 필링(Hole-Filling) 방법에 대해 논의한다.

2. 관련 연구

깊이 센서로 취득한 깊이 영상의 화질 개선 및 노이즈 제거에 관한 연구는 깊이지도를 이용한 3D 영상 기술의 발전과 함께 꾸준히 이루어져 왔다. 더 나은 품질의 3D 영상 생성을 위해서는 깊이지도의 화질이 중요한 만큼 키넥트 깊이 영상의 홀 또는 노이즈 제거 역시 중요하며 키넥트의 등장 이후 이에 대한 많은 연구가 진행 중이다.



(a) 키넥트의 구조



(b) 적외선(Infra Red)레이저를 이용한 깊이 데이터 생성

그림 1. 키넥트의 영상 데이터 생성원리

그 중 몇 가지를 살펴보면 Smisek 등이 발표한 논문[3]은 키넥트로 3D 맵스맵을 생성하는 방법을 소개하며 실제 거리에 대한 키넥트의 깊이 데이터 변화율에 대한 그래프를 나타내고 있다. Maimone 등이 발표한 논문[4]은 여러 대의 키넥트를 사용하여 깊이 맵을 생성할 때의 홀 필링을 소개하였으며, 컬러 영상을 이용한 joint-bilateral filter와 Exemplar-Based Image Inpainting을 이용한 홀 필링이 제안되었다 [5]. Matyunin [6] 등은 키넥트 깊이 영상으로 생성한 깊이지도의 시간적 필터링에 관한 논문을 발표하였으며 키넥트 깊이 영상에서 발생하는 홀을 노이즈에 의한 것과 중첩에 의한 것으로 분류한 뒤, 연속한 비디오 프레임의 깊이 영상을 이용하여 홀 필링을 하였다. 같은 원리로 키넥트 이외에 스테레오 카메라를 동시에 이용하여 키넥트의 깊이 영상을 향상시키는 등 [7] 깊이영상 향상을 위한 다양한 연구결과가 발표되고 있다.

그러나 키넥트 깊이 영상에서 발생하는 홀에 대한 구체적인 원인 분석과 명료한 해결 방안을 제시한 연구 사례가 없다. 따라서 본 논문에서는 키넥트 깊이 영상에서 발생하는 홀의 원인을 먼저 분석하고 이를 바탕으로 홀을 분류하며 각 경우에 따른 효과적인 홀 필링 방법에 대해 논의한다.

3. 키넥트 깊이 센서

키넥트는 Microsoft사의 보급형 게임 콘솔 플랫폼인 XBOX 360의 모션 센싱 인포트 디바이스로 출시되었다. 비록 다른 많은 깊이 센서들에 비해 많은 기술적 단점을 가지고 있지만, 가격 경쟁력이 뛰어난 만큼 여러 분야로 보급이 되었다.

키넥트는 Prime Sense에서 개발한 공개 라이브러리인 OpenNI(Open Natural interaction)와 키넥트의 미들웨어인 NITE를 이용하여 컴퓨터와 연결할 수 있다. 또한 같이 제공되는 샘플 소스코드들을 이용하여 쉽게 다룰 수 있다는 장점이 있기 때문에, 깊이 센서의 데이터를 활용한 컴퓨터 비전, 동작 인식, 로봇 제어 등 다양한 3D 영상 분야에서 연구 및 응용이 이루어지고 있다.

키넥트의 구성은 그림 1 (a)과 같이 정면을 바라봤을 때 왼쪽부터 순서대로, 적외선 발광장치(Infra Red Projector)와 RGB카메라, 적외선 수광 센서(Infra Red Sensor)로 이루어져 있다. 컬러 영상 데이터는 RGB카메라를 통해 생성되고, 깊이 영상 데이터는 그림 1 (b)와 같이 발광장치에서 조사되어 물체에 반사되어 돌아오는 적외선이 수광 센서에 감지되어 생성된다.

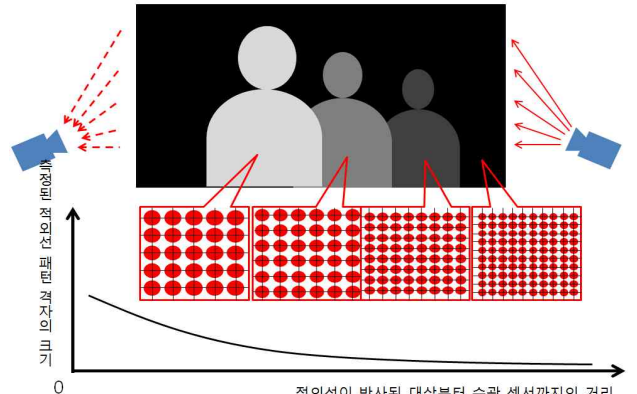
키넥트 적외선 수광 센서의 적외선 식별 방법은 Structured light와 유사한 방식인 Light Coding으로 알려져 있다[8]. Light Coding은 반사되어 돌아오는 빛의 기하학적 패턴(pattern)을 이용하여 거리를 측정하는 방법이다[9]. 적외선 발광장치로부터 일정한 패턴의 빛을 조사하면 그림 3 (a)에서 나타난 바와 같이, 패턴 원소들이 이루는 기하학적 배열에 따라 표면의 굴곡 및 거리를 측정할 수 있다. 이 때 조사된 각각의 패턴 원소들이 서로 가로 세로 양방향으로 수직하게 배열되어 격자 배열을 이루고 있다고 가정하면, 수광 센서에서 검출되는 패턴 원소들이 이루는 격자 크기는, 수광센서에서 가까운 대상에서 발견되는 격자의 크기가 먼 곳에 있는 대상에서 발견되는 격자의 크기보다 상대적으로 크다.

이를 통해 얻어진 깊이 영상의 크기는 최대 640x480로 컬러 영상 크기와 동일하지만, 시야각이 컬러 영상보다 작다. 따라서 컬러영상과의 캘리브레이션(Calibration)이 필요하다. 컬러 영상과 깊이 영상과의 캘리브레이션은 OpenNI를 이용하였고, 더 나은 캘리브레이션에 관한 방법은 [3]에 기술되어 있다.

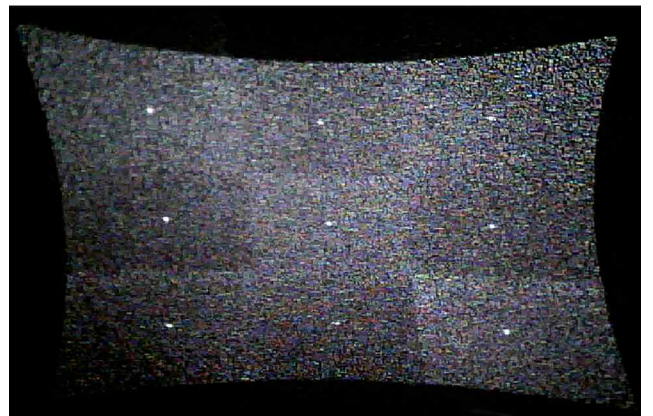
4. 홀 분류에 따른 홀 필링



(a) 깊이 영상 (b) 컬러 영상
그림 2. 키넥트로 얻은 깊이 영상과 컬러영상



(a) 수광 센서에서 검출된 적외선 패턴 격자 크기와 거리의 관계도



(b) 적외선 카메라로 촬영한 평면에 반사된 키넥트의 적외선 패턴

그림 3. 키넥트의 Light Coding Pattern에 대한 설명

(가) 키넥트 깊이 영상의 홀 분류

키넥트로부터 컬러 영상과 깊이 영상을 얻기 위해 Prime Sense에서 개발한 공개 라이브러리인 OpenNI와 같이 제공된 샘플 소스코드를 사용하였다. 입력받은 영상은 그림 2와 같다.

그림 2 (b)에서 보면 일반적으로 깊이 영상에서의 색상의 밝기는 거리를 나타낸다. 각 픽셀의 색상이 밝을수록 가까운 거리이고, 어두울수록 먼 거리이다. 키넥트 깊이 센서의 측정 거리의 권장 사양은 1.2m - 3.5m이며, 특히 약 0.4m 이하와 8m 이상에선 제대로 된 깊이 값을 얻을 수 없다. 또한, 그림 2 (a)의 의자 뒤 모니터나 오른쪽 천장 구석 등에서 볼 수 있듯이, 깊이 영상에서 적절하지 않은 값을 나타내는 픽셀들을 발견할 수 있다. 깊이 영상의 픽셀들이 0-255사이 값을 갖는 unsigned 정수형으로 변환하면 이 픽셀들은 0 또는 0에 가까운 값을 나타내는데, 이것은 일반적인 깊이 지도에서의 홀(hole)과 유사하다.

키넥트 깊이 영상에서 홀이 발생하는 물리적 이유에 대해 알아보면, Light Coding 방식은 깊이 데이터 생성을 위해 물체에 반사되어 돌아오는 빛의 패턴(키넥트의 경우 적외선 패턴)을 수광 센서로 검출

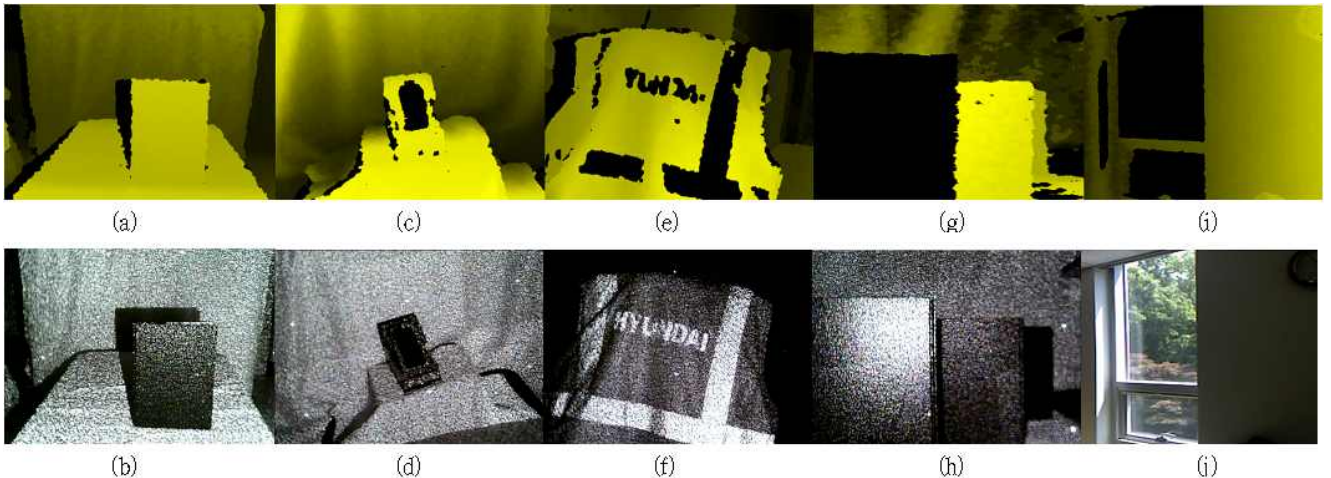


그림 4. 키넥트의 깊이 영상(a)(c)(e)(g)(i)와 동시에 적외선 카메라로 촬영한 영상(b)(d)(f)(h), 키넥트의 칼라 영상(i). 각각 (a)와 (b), (c)와 (d), (e)와 (f), (g)와 (h), 그리고 (i)와 (j)가 세트영상이다. (a)-(h)는 암실 환경에서 촬영하였고, (i)와 (j)는 태양광 조명아래에 촬영하였다. 키넥트의 깊이 영상은 색이 밝을수록 큰 깊이 값을 나타내며, 홀을 포함한 어두운 색은 작은 깊이 값을 나타낸다. 적외선 영상의 하얀 점들은 키넥트에서 나온 적외선 패턴들이며, 검은 부분은 적외선이 검출되지 않은 부분이다. 각각 (a)책, (c)거울, (e)반사 조끼, (g)일정한 간격으로 배치된 책들, (i)창문을 촬영하였다.

해야 하지만, 올바르게 않은 패턴이 검출되는 경우 정보를 얻을 수 없기 때문이다. 이렇게 패턴이 검출되지 않은 위치에 대한 깊이지도에서 값(value)은 0을 나타낸다. 따라서 올바르게 않은 패턴이 검출되어, 깊이영상에서 홀이 발생하는 원인에 대한 물리적 분류가 필요하다.

따라서 먼저 키넥트의 깊이 영상에서 홀이 검출될 때의 패턴을 알아보기 위해 키넥트와 적외선 카메라를 이용하여 동시에 촬영해 보았다. 이 때 적외선 이외의 조명을 최대한 배제한 실내 환경에서 촬영하였다. 깊이영상에서 홀이 검출될 때의 영상을 그림 4에 제시하였다.

그림 4 (a) 및 (b)를 보면 중앙에 위치한 물체의 좌측에 홀이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이것은 키넥트의 적외선 발광장치와 수광 센서가 수평 방향으로 떨어져 있기 때문에 그림 3.(b)에서 볼 수 있듯이 발광장치의 사각지대(blind zone)가 발생한다. 따라서 물체가 서로 겹쳐져 있을 때, 발광장치에서 나온 적외선이 앞쪽(fore) 물체에 가려져서 뒤쪽(back) 물체에 닿지 않지만, 수광 센서에선 보이기 때문에 앞쪽 물체의 그림자와 같은 홀들이 발생하게 되는 것이다. 즉, 이것은 적외선 패턴이 없기 때문에 생기는 현상이다.

그림 4 (c)와 (d)는 거울을 놓고 촬영한 것이다. 거울의 유리를 둘러싼 틀 부분과 배경은 적외선이 반사되어 돌아오지만, 중앙에 있는 유리거울 부분은 홀이 나타난다 (그림 4 (d)에서 거울의 중앙 부분에 레이저 패턴이 없어 검게 나타나는 것을 볼 수 있다.) 레이저의 직진성 때문에 거울이나 그 이외에 광택(gloss)이 강하고 매끄러운 물체의 표면은 빛이 들어온 방향에 따라 일정한 각도로 반사하므로, 울퉁불퉁한 물체의 표면에 비해 난반사(scattered reflection)가 적게 일어나 수광 센서로 레이저가 돌아오지 못하는 경우가 발생한다. 따라서 이 경우 역시 적외선 패턴을 감지할 수 없기 때문에 홀이 생성된다.

그림 4 (f)를 보면 반사 조끼의 반사체에 반사되는 적외선은 많이 발생함에도 불구하고 그림 4 (e)의 깊이영상에 홀들이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이 경우도 반사된 물체의 표면이 원인이다. 하지만 이전의 경우와는 달리 적외선이 반사되지만 반사된 적외선들이 각 반사점에서의 난반사에 의해 중첩이 일어나 패턴에 노이즈가 생기게 됨을 추측할 수 있다. 따라서 이 경우는 적외선은 들어오지만, 적외선의 패턴이 인식이 되지 않아 생성된 홀이다.

그림 4 (h) 전면의 패턴은 적외선은 존재하지만 그림 4 (g)에 홀이 검출되는 것을 볼 수 있다. 이들은 키넥트의 권장 사용거리를 벗어난 0.4m 정도의 근거리에서 위치한 물체에 발생하는 홀들인데, 패턴의 크기가 검출범위 이상이거나, 패턴이 이루는 격자의 크기가 기준 이상으로 지나치기 때문에 발생하는 것으로 추측할 수 있다. 마찬가지로 약 10m 이상에서도 낮은 깊이 값을 갖는 픽셀들 사이에서도 깊이가 측정되지

않는 홀들이 검출된다. 그림 2 (a)의 오른쪽 위 구석에서도 홀을 확인할 수 있다 (명확한 결과를 위해 우측 위의 조명을 꺼도 홀이 검출되었다). 이 경우 또한 패턴이 인식이 되지 않아 생성된 홀이다.

그림 4 (i)와 (j)는 창문으로 들어오는 직사광선(태양광)과 태양광이 반사된 벽면 등에서 홀이 검출되는 것을 볼 수 있다. 태양광에는 적외선 영역의 빛도 포함되므로, 적외선 카메라로 태양광을 촬영시 강한 빛을 확인할 수 있다. 태양광등 다른 적외선이 반사되는 영역의 경우 패턴이 중첩에 의해 식별이 어렵다. 여러 대의 키넥트를 사용할 때 중첩된 패턴에 의한 깊이 영상 해상도 저하에 관한 논의들 [4]에서 다뤘다. 따라서 이 경우도 패턴이 인식되지 않아 생성된 홀이다.

(나) 홀 분류에 따른 홀필링 기법

키넥트로 영상 촬영 시 앞서 밝힌 홀 발생 유발 요인들을 제거할 수 있다면 더 나은 깊이 영상을 얻을 수 있다. 실제로는 원하는 장면을 촬영 시 모든 요인을 제거하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 생성된 깊이 영상으로부터 자동으로 홀을 검출하고 분류한 뒤 이에 따라 적절한 홀 필링 방법을 적용할 필요가 있다.

선행 연구 논문에서 사용된 홀 필링에 대해 살펴보면, [5]는 입력받은 깊이 영상에 대해 먼저 경계면(edge)를 복원하기 위해 컬러 영상을 이용하여 bilateral filter[10]를 이용한 joint-bilateral filter를 적용하고 남아 있는 홀에 대해 Exemplar-Based Image Inpainting[11]을 이용한 홀 필링을 적용하였다. [6]은 촬영된 2m + 1개의 프레임을 갖는 깊이 동영상에 대해 동작 추정(Motion estimation)을 이용하여 목표(target) 프레임의 깊이 영상을 중간값 필터(median filter)를 적용한 뒤, 스무딩(smoothing)을 하여 일시적으로 생성되는 크기가 작은 랜덤 홀들을 제거한다. 그 뒤 남은 홀들에 대해서는 컬러 영상을 이용한 스무딩을 적용하여 제거하는 방식이다.

[5]에서 홀필링에 사용된 joint-bilateral filter는 홀픽셀 p와 주변 픽셀집합인 Ω^p 의 깊이값과 컬러 영상의 밀도(intensity)를 이용하는 방법이며, 다음과 같다:

$$D_f^p = \frac{H(C_{map}, \Omega^p)}{k^p} \sum_{q \in \Omega^p} \widehat{D}^q f(p, q) h(\|I^p - I^q\|) \quad (1)$$

$H(C_{map}, \Omega^p)$ 는 아래 식(2)에서 나타내는 것처럼 컬러 영상의 적합함을 나타내고, 이때 C_{map} 은 깊이 값의 신뢰성 상수이다. \widehat{D}^q 는 깊이 영상의 q에 위치한 픽셀 값이고 $f(p, q)$ 는 p와 q의 영역 범위이며,

$h(\|I^p - I^q\|)$ 는 p와 q에 대응하는 밀도 영상의 픽셀간의 유사함을 나타내는 범위이다. D_f^p 는 깊이 영상 픽셀 p의 필터된 결과이다.

$$H(C_{map}, \Omega^p) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{count}[C_{map}(\Omega^p) > c_{th}] / \text{Area}(\Omega^p) > th_{\%} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)의 c_{th} 와 $th_{\%}$ 는 각각의 수식에 대한 임계값(threshold)이다.

분류한 각 홀들에 대한 홀필링 방법을 아래와 같이 제안한다. 우선 그림 4(a)에서 나타나는 사각 지대에 의한 홀들은 키넥트 쪽에서 정면을 바라봤을 때를 기준으로 항상 앞쪽 물체의 왼쪽부근에 생긴다. 그러므로 홀들이 위치한 픽셀들에는 뒤쪽 물체 또는 배경의 정보가 채워져야 하므로, 홀들의 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 홀필링이 적용되어야 합당하다. 따라서 홀들의 오른쪽 부근 픽셀들로부터 [5]의 joint-bilateral filter를 이용한 방법을 적용하여 앞쪽에 위치한 물체의 경계면을 복원하고, 남은 홀들의 왼쪽 픽셀들로부터 순차적으로 홀필링을 적용하여 뒤쪽에 위치한 물체 혹은 배경의 정보를 채운다. 이 때 뒤쪽 물체나 배경의 정보를 복원하기 위해 방향성을 갖는 필터, 예를 들어 [5]의 Exemplar-Based Image Inpainting을 이용한 방법이나 [12]에서 제안한 Directional Gaussian Filter등을 적용하는 것이 효과적이다.

그림 4 (c)에서 나타나는 다른 각도로 반사되어 패턴이 없어 생긴 홀들과 그림 4 (e)의 반사율이 높아 패턴 인식이 낮아 생긴 홀들의 특징은 비교적 홀들의 크기가 작고 컬러 영상에서 경계면을 찾기 쉽다는 것이다. 또한 동영상의 경우는 타겟 프레임의 연속한 전후 프레임에서 홀들이 제거되어 올바른 값을 가지기도 한다. 따라서 컬러 정보를 이용하여 깊이 영상의 경계면을 복원하는 joint-bilateral filter를 사용하거나 간단히 필터 크기가 큰 중간값 필터 등을 이용하여 제거할 수 있다. 동영상의 경우 [6]에서 제시한 모션벡터를 이용한 방법을 사용하면 효과적이다.

그림 4 (g)의 예에서와 같이 너무 근접해서 생기는 홀의 경우 수광부에 가까이 있는 만큼 상대적으로 홀들의 크기가 크고, 또한 그림 4 (a)에서 보이는 사각지대에 의한 홀들도 같이 발생된다. 따라서 먼저 joint-bilateral filter등 색상 정보를 이용하여 물체에 대한 경계면 복원 및 사각지대에 의한 홀들을 제거 한 후, 남은 홀들에 대해서는 깊이 영상내의 가장 큰 깊이 값 이상 또는 미리 설정해 놓은 깊이 최대 값 (maximum depth value)으로 채운다. 반대로 너무 멀어서 생기는 홀의 경우 joint-bilateral filter에 의해 대부분 제거되며, 남은 홀들에 대해서는 깊이 최소값 (minimum depth value)을 적용한다.

마지막으로 그림 4 (i)에서 나타나는 태양광등 적외선 중첩에 의해 발생한 홀들은 그림 4 (e)와 비슷한 원인이지만, 일반적으로 깊이 영상에서 물체의 한 단면적에 나타나고, 또한 태양광등의 경우 컬러 영상에서도 흰색에 가까운 밝은 색을 나타내기 때문에 컬러 정보를 이용한 필터들을 적용하여도 좋은 결과를 얻기 힘들다. 따라서 Exemplar-Based Image Inpainting나 Directional Gaussian Filter등을 순차적으로 적용하여 홀필링을 한다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 키넥트 깊이 영상 생성 원리에 의한 홀의 원인을 분석하였고, 각 원인에 따른 분류를 하였다. 각각의 원인에 따른 홀들에 적합한 홀필링 방안을 기존에 시도된 방법들을 이용하여 제안하였다. 키넥트의 깊이 영상 생성에 사용되는 적외선 패턴의 유무에 따라 물리적인 원인으로 5가지 경우를 나누었으며, 키넥트 깊이 영상 홀필링에 대한 선행 논문들을 참조하여 각각의 경우 효과가 좋은 필터들을 제시하였다.

하지만 대부분의 키넥트 깊이 영상에서는 한 종류의 홀들만 일어나는 것이 아니라, 여러 종류의 홀들이 복합적으로 존재한다. 따라서 각 홀들을 분류하기 위한 알고리즘이 필요하다. 예를 들어 일반적인 실내 환경(그림 2)에서는 다양한 광원이 존재하여 생기는 홀들과, 키넥트로부터 가까이 있는 물체에 의한 홀들, 물체의 표면에서 반사가 일어나

생기는 홀들이 발생한다.

따라서 홀의 종류에 따른 홀 분류 맵을 작성한 후, 각 홀들에 대한 효과적인 필터들을 순차적이고 반복적으로 적용할 알고리즘이 필요하다. 또한 키넥트 깊이 영상의 특징에 적합한 새로운 필터를 개발하여 홀필링을 진행한다면 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(20110025770).

참고문헌

[1] W.J.Tam, L.Zhang, "3D-TV CONTENT GENERATION : 2D-TO-3D CONVERSTION", Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference on, Publisher, pp1869-1872, July 2006.

[2] 키넥트 지원 홈페이지
<http://support.xbox.com/ko-kr/Pages/kinect/getting-started/default.aspx>

[3] J.Smisek, M.Jancosek and T.Pajdla, "3D with Kinect", Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on, pp1154-1160, Nov 2011.

[4] A.Maimone, H.Fuchs, "Reducing Interference Between Multiple Structured Light Depth Sensors Using Motion", Virtual Reality Workshops (VR), 2012 IEEE, March 2012

[5] M.Camplani, L.Salgado, "Efficient spatio-temporal hole filling strategy for Kinect depth maps", IS&T/SPIE Int. Conf. on 3D Image Processing (3DIP) and Applications 2012, San Francisco Airport (CA), USA, SPIE vol. 8290, pp. 82900E-1-10, 24-26 Jan. 2012.

[6] S.Matyunin, D.Vatolin, and Y.Berdnikov, "TEMPORAL FILTERING FOR DEPTH MAPS GENERATED BY KINECT DEPTH CAMERA", 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), pp1 - 4, May 2011

[7] J.Zhuy, L.Wangy, R.Yangy, and J.Davisz "Fusion of Time-of-Flight Depth and Stereo for High Accuracy Depth Maps", Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on, pp1 - 8, June 2008

[8] 키넥트 영상 생성 원리 분석
http://www.cadet.at/wp-content/uploads/2011/02/kinect_tech.pdf

[9] C.Albitar, P.Graebing, and C.Doignon, "Robust Structured Light Coding for 3D Reconstruction", Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on, pp1 - 6, Oct. 2007

[10] C.Tomasi, and R.Manduchi, "Bilateral filtering for gray and color images", Computer Vision 1998, Sixth International Conference on, Jan 1998.

[11] LIU Xin, TANG Bao-ling, "Exemplar-Based Image Inpainting", 《Journal of Xi'an University of Technology》 2005-01, Mar. 2005

[12] Y.Hong, Y.Tseng, and T.Chang, "Stereoscopic Images Generation with Directional Gaussian Filter", Circuits and Systems (ISCAS), Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on, pp2650 - 2653, May 2010.