

## 경계 흔들림 보정을 이용한 키넥트 깊이 영상의 품질 향상 기법

이규철, 권순찬, 임중명, 한재영, \*유지상  
\*광운대학교 전자공학과

lucifer\_me@kw.ac.kr, honest\_soonc@kw.ac.kr, limjm@kw.ac.kr,  
j\_y\_han@naver.com, \*jsyoo@kw.ac.kr

### Kinect depth map enhancement using boundary flickering compensation

Gyuchoel Lee, Soonchan Kwon, Jongmyeong Lim, Jaeyoung Han, \*Jisang Yoo  
\*Kwangwoon university

### 요 약

본 논문에서는 키넥트(Kinect)에서 획득한 깊이 영상의 품질을 향상시키는 기법을 제안한다. 키넥트는 마이크로소프트사에서 출시한 카메라로 깊이 영상과 컬러 영상을 획득 할 수 있다. 하지만 적외선 패턴을 이용한 깊이 영상의 획득 방법의 한계로 인해 객체의 경계 주변으로 홀 및 잡음이 생긴다. 따라서 정확한 깊이 영상을 얻기 위해서는 깊이 영상의 품질 향상이 필수적이다. 일반적으로 깊이 영상의 홀을 채울 때, 인페인팅(inpainting) 또는 결합형 양방향 필터(joint bilateral filter) 등의 기법을 사용한다. 그러나 이러한 기법들의 경우 한 장의 영상만을 이용하기 때문에 객체 경계 주변의 흔들림 현상을 보정할 수 없다. 제안하는 기법에서는 먼저 수행속도가 빠른 가우시안 필터를 이용하여 경계 주변의 홀을 채운다. 이전 프레임의 컬러 영상을 그레이 영상으로 변환한 다음에 그레이 영상과 깊이 영상의 값의 변화를 분석하여 흔들림 화소를 찾아 이전 깊이 영상들 중 최대 화소 값으로 변환함으로써 깊이 영상의 경계 흔들림 현상을 줄일 수 있다. 실험을 통해 제안하는 기법이 기존의 방법들 보다 우수하다는 것을 확인하였다.

### 1. 서론

기존의 깊이 지도를 획득하는 방법에는 스테레오 정합과 TOF 카메라를 이용하는 방법이 있다. 하지만 스테레오 정합은 수행시간이 길고 정확도가 떨어지며 TOF 카메라는 높은 정확도의 깊이 영상을 획득할 수 있는 대신 해상도가 낮고 장비가 고가라는 단점이 있다. 하지만 최근에 키넥트(Kinect) 카메라와 같이 가격 대비 높은 성능을 보여주는 카메라들이 출시되면서 일반인들도 손쉽게 깊이 카메라를 접할 수 있게 되었다. 하지만 키넥트는 IR 프로젝터와 IR 카메라의 위치가 다르면서 생기는 폐색영역으로 인한 홀, 객체의 경계 면과 IR 프로젝터가 수직일 경우 생기는 경계 주변에서의 잡음 등 카메라 내외의 문제점들로 인해 정확한 깊이 지도를 얻을 수 없기 때문에, 이를 보정하는 연구가 현재 진행되고 있다.

인페인팅(inpainting) 기법을 이용한 홀 채움 방법과 결합형 양방향 필터(joint bilateral filter)를 이용하여 그레이 영상의 윤곽선대로 홀을 채우는 방법이 대표적이다<sup>[1,2]</sup>. 하지만 이 같은 방법은 한 장의 영상만을 이용하기 때문에 객체 경계 주변의 흔들림 현상을 보정할 수 없다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 키넥트에서 획득한 컬러 영상을 그레이 영상으로 변환하고, 이전 프레임의 그레이 영상과 깊이 영상의 값의 변화를 분석하여 흔들림 화소를 찾고 이전 프레임 중 최대 화소 값으로 변환해줌으로써 흔들림 현상을 줄이는 방법을 제안한다. 실험을 통해 기존의 기법들과 비교를 통하여

제안하는 기법의 성능이 우수하다는 것을 확인하였다.

본 논문의 2 장에서는 기존의 기법들에 대해 간략히 소개하고 3 장에서는 제안하는 키넥트 깊이 영상의 품질을 높이기 위한 기법에 대해 소개한다. 4 장에서는 실험을 통하여 제안한 기법의 성능을 평가하고 결론을 맺는다.

### 2. 기존의 기법

#### 2.1 결합형 양방향 필터(Joint Bilateral Filter; JBF)

결합형 양방향 필터는 양방향 필터의 일종으로서 기존의 양방향 필터는 한 장의 컬러 영상에 대하여 인접 화소와의 거리 차, 색상 차 각각에 두 개의 가우시안 함수를 사용한다<sup>[3]</sup>. 결합형 양방향 필터는 두 장의 영상에 대하여 인접 화소와의 거리 차, 경계를 보존하려는 참조 영상의 색상 차 두 개의 가우시안 함수를 사용한다. 결합형 양방향 필터는 다음의 식 (1)과 (2) 같이 정의된다.

$$JBF[I, E]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in \Omega} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(E_p - E_q) I_q \quad (1)$$

$$W_p = \sum_{q \in \Omega} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(E_p - E_q) \quad (2)$$

여기서 결합형 양방향 필터를 적용한 주어진 영상  $I$ 의 화소  $p$ 는 중앙에 위치한 화소  $p$ 와 인접한 화소  $q$  간의 공간적인 거리에 따라 가우시안 가중치를 준 값과 참조 영상  $E$ 의 화소  $p$ 와 인접한 화소  $q$  간의 화소 값에 따른 가우시안 가중치를 준 값의 곱을 가중치로 준 값의 가중 평균으로 표현된다.

키넥트에서 추출한 깊이 영상에 결합형 양방향 필터를 여러 번 적용하면 대부분의 홀을 채울 수 있다. 하지만 결합형 양방향 필터는 수행 속도가 느려 실시간 영상 처리에 부적합하고 한 장의 영상에 적용하기 때문에 연속되는 영상을 볼 경우 생기는 경계 흔들림 현상을 보정 할 수 없다.

### 2.2 인페인팅 (Inpainting)

인페인팅 기술은 영상에서 제거되거나 훼손된 특정 영역을 주변 배경과 어울리게 채워 넣는 기술이다. 훼손된 영상이나 문서를 복원하기 위하여 인페인팅 기술을 사용하면 원본과 가까이 복원할 수 있다. 인페인팅에서 널리 쓰이는 방식은 편미분 방정식을 이용하여 훼손된 부분의 외곽에서부터 복원해 나가는 FMM (fast marching method)를 사용한 방법이 있다. 인페인팅은 식 (3)과 같이 표현된다.

$$I(p) = \frac{\sum_{q \in B_\epsilon(p)} w(p,q)[I(q) + \nabla I(q)(p-q)]}{\sum_{q \in B_\epsilon(p)} w(p,q)} \quad (3)$$

여기서 비어 있는  $p$  점 주위에 크기가  $\epsilon$  인 영역을  $B_\epsilon(p)$ 라 한다.  $I(p)$ 는  $p$ 의 화소 값을 뜻하며,  $w(p,q)$ 는 가중치 함수이며  $p$  점의 거리에 따라 가중치를 주는 역할을 한다. 화소의 기울기와 수직을 이루는 방향으로 복원해 나간다[31].

키넥트(Kinect)에서 추출한 깊이 영상에 인페인팅을 적용하면 대부분의 홀을 채울 수 있다. 하지만 인페인팅의 주변 배경을 참조하여 채우는 특성으로 인하여 채워진 영역의 영상이 뭉그러지는 현상이 발생하고 수행속도가 느리기 때문에 영상의 실시간 처리에 부적합하다. 결합형 양방향 필터(joint bilateral filter)와 마찬가지로 한 장의 영상에 적용하기 때문에 경계 흔들림 현상을 보정 할 수 없다.

### 3. 제안하는 기법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 기법의 흐름도이다. 먼저 키넥트(Kinect)에서 시간 순서대로  $N$ 개의 프레임의 깊이 영상과 컬러 영상을 추출한다. 추출한 각각의 깊이 영상은 영상의 실시간 처리를 위해 수행속도가 빠른 가우시안 필터링을 통해 홀을 채워준다. 추출한 각각의 컬러 영상은 흔들림 화소의 추정을 위해 그레이 영상으로 변환한다. 흔들림 화소를 찾기 위해 각각의 영상의 프레임을 평균 내어 현재 영상과의 비교를 통해 흔들림 화소를 추정한다. 추정된 흔들림 화소는  $N$ 개의 깊이 영상 중 가장 큰 화소 값으로 변환함으로써 향상된 깊이 영상을 얻게 된다.

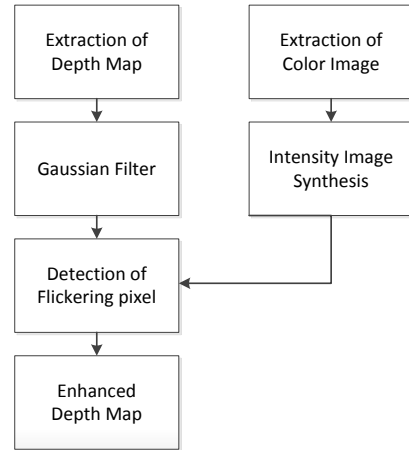


그림 1. 제안하는 기법의 흐름도

#### 가. 가우시안 필터 (Gaussian Filter)

가우시안 필터를 이용하여 키넥트에서 추출한  $N$ 장의 깊이 영상의 홀을 채운다. 기존의 결합형 양방향 필터(joint bilateral filter)를 이용하여 홀을 채울 경우에는 컬러 영상의 경계선과 어느 정도 일치하게 홀이 채워진다. 하지만 홀을 채우기 위해서는 결합형 양방향 필터를 여러 번 적용시켜야 한다. 그 과정에서 수행시간이 오래 걸리기 때문에 실시간 영상 처리에 적합하지 못하다. 또한, 키넥트 깊이 영상의 품질이 낮기 때문에 결합형 양방향 필터를 이용하여 홀을 채워도 품질의 큰 상승효과는 기대하기 어렵다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 가우시안 필터를 이용하여 키넥트에서 추출한 깊이 영상의 홀을 채운다. 가우시안 필터는 결합형 양방향 필터보다 수행속도가 빨라 실시간 영상처리에 적합하다. 가우시안 필터는 식 (4)와 (5)에서 정의된다.

$$GC[I]_p = \sum_{q \in S} G_\sigma(\|p-q\|) I_q \quad (4)$$

$$G_\sigma(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (5)$$

여기서 가우시안 필터를 적용한 영상  $I$ 의  $p$  화소는 중앙에 위치한 화소  $p$ 와 인접한 화소  $q$  간의 공간적인 거리에 따라 가중치를 준 값의 가중 평균치이다. 가중치는 식 (5)의 가우시안 함수에 의해 정해진다.

그림 2는 가우시안 필터를 통해 홀을 채운 깊이 영상과 결합형 양방향 필터링을 통해 홀을 채운 깊이 영상을 보여준다. 그림에서 보면 두 깊이 영상의 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다.

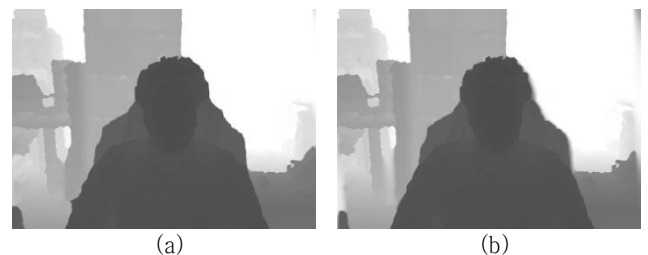


그림 2. 키넥트 깊이 영상 홀 채움 결과

(a)결합형 양방향 필터링 결과, (b)가우시안 필터링 결과

나. 경계 흔들림 화소 탐색 및 처리

키넥트는 적외선 송출부와 수신부의 위치가 다르면서 생기는 폐색영역으로 인한 홀이 생긴다. 그리고 객체의 경계면과 적외선 송출부가 수직일 경우 객체 경계 주변에 잡음이 생긴다. 각각의 깊이 영상을 동영상으로 재생할 경우 경계 주변이 흔들리는 현상을 볼 수 있다. 결합형 양방향 필터와 인페인팅(inpainting)은 한 장의 영상에 적용하는 기법이기에 때문에 홀은 채울 수 있어도 경계 흔들림 문제를 해결할 수 없다. 그렇기 때문에 수장의 프레임에 걸쳐 경계 흔들림 화소를 탐색하여 처리하는 과정이 필요하다.

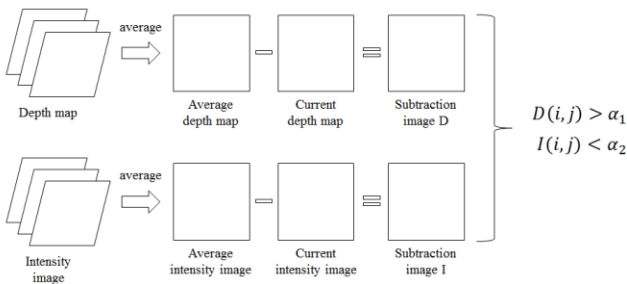


그림 3. 경계 흔들림 화소 탐색 방법

그림 3 은 경계 흔들림 화소를 탐색하는 방법이다. 가우시안 필터로 홀을 채운  $N$  개의 깊이 영상의 평균 영상을 구한다. 이 영상에서 현재 깊이 영상을 뺀 영상이 최소 문턱치  $\alpha_1$  보다 크다면 이 화소는 흔들림 화소나 움직임 화소 중 한 화소이다. 두 가지 종류의 화소 중 흔들림 화소로 판별하기 위해 다음의 과정을 거친다. 컬러 영상을 그레이 영상으로 변환한 뒤  $N$  개의 프레임의 평균 영상을 구한다. 이 영상에서 현재 그레이 영상을 빼준 영상이 최소 문턱치  $\alpha_2$  보다 작다면 움직임이 없는 화소로 판단, 경계 흔들림 화소로 판단한다. 판단한 경계 흔들림 화소는  $N$  장의 프레임 중 가장 큰 화소값으로 바뀌는다. 위의 그림을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N d_n > \alpha_1 \quad (6)$$

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N g_n < \alpha_2 \quad (7)$$

여기서 가우시안 필터로 홀을 채운 깊이 영상의  $n$  번째 프레임의 화소를  $d_n$  이라하고 그레이 영상의  $n$  번째 프레임의 화소를  $g_n$  이라 한다.  $d_n$  의 평균 값이 최소 문턱치  $\alpha_1$  보다 크고  $g_n$  의 평균값이 최소 문턱치  $\alpha_2$  보다 작은 경우에 이 화소를 경계 흔들림 화소로 판단한다. 판단한 경계 흔들림 화소는  $N$  개의 프레임 중 가장 큰 화소값으로 변환한다.

4. 실험 조건 및 결과

본 논문에서는 키넥트(Kinect)를 이용하여 찍은 영상에 대하여 결합형 양방향 필터(joint bilateral filter)와 인페인팅(inpainting) 그리고 제안하는 기법의 결과를 비교하였다.

그림 4 는 각각의 방법을 적용한 결과이다. 경계 흔들림 화소를 처리 하였기 때문에 결합형 양방향 필터와 인페인팅보다 부드럽게 홀이 채워짐을 확인할 수 있다.

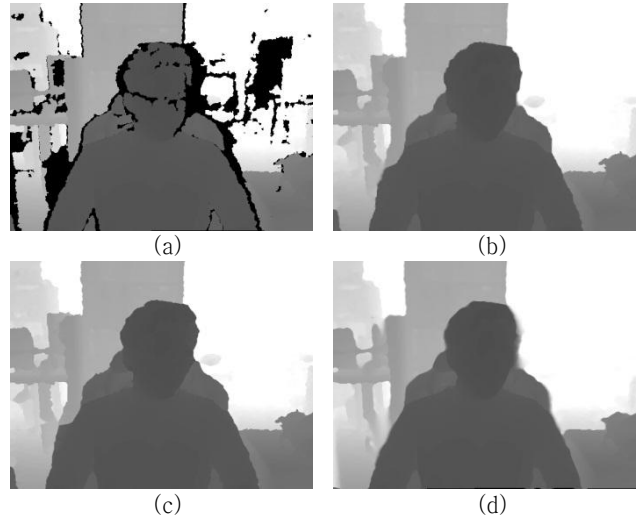


그림 4. 홀 채움 깊이 영상  
(a)키넥트 깊이 영상, (b)결합형 양방향 필터링  
(c)인페인팅, (d)제안하는 방법

그림 5 는 현재 프레임에서 이전 프레임을 뺀 차영상이다. 결합형 양방향 필터와 인페인팅을 적용한 영상은 경계 흔들림이 심해 차영상의 결과가 그림과 같이 나온다. 제안한 방법에서는 경계 흔들림 화소를 보정하였기 때문에 경계 흔들림 현상이 줄어들음을 확인할 수 있다.

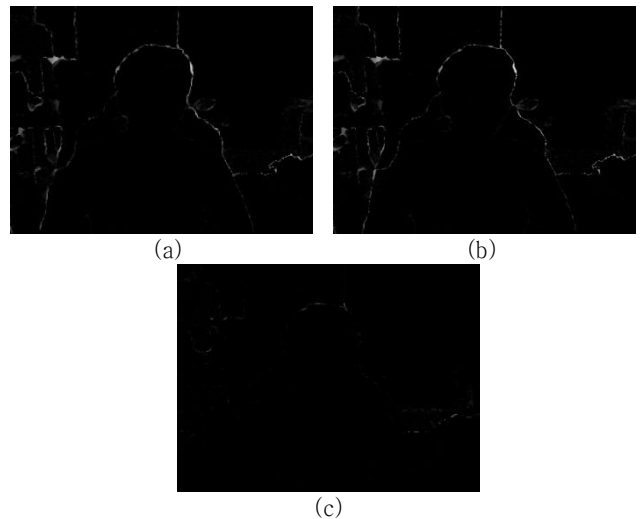


그림 5. 차 영상  
(a)결합형 양방향 필터, (b)인페인팅  
(c)제안하는 방법

표 1 은 각각의 홀 채움 기법과 제안하는 기법을 적용한

후, 시간을 측정한 결과이다.

표 1. 제안하는 기법의 수행 시간 비교

홀 채움 기법	수행 시간[ms]
결합형 양방향 필터	131
인페인팅	98
제안하는 방법	50

표 1 에서 제안하는 기법이 다른 홀 채움 기법들에 비하여 빠른 수행 시간을 보여주고 있어, 다른 기법들에 보다 실시간 영상처리에 적합하다는 것을 확인 할 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 키넥트(Kinect)의 깊이 영상의 품질을 향상하는 기법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 이전 프레임들의 깊이 영상과 그레이 영상의 평균값과 현재 프레임의 화소 값을 비교하여 경계 흔들림 화소를 탐색하여  $N$  장의 프레임 중 최대 화소값으로 변환함으로써 키넥트 깊이 영상의 경계 흔들림 문제를 개선하였다. 제안하는 기법이 기존의 기법보다 성능이 우수하다는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 기법을 이용 키넥트 깊이 영상의 품질을 높인다면 키넥트의 활용 방안이 더욱 넓어지고 효과적으로 사용 될 것이다.

#### <감사의 글>

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0006791)

#### 참 고 문 헌

- [1] J. Kopf, M. Cohen, D. Lischinski and M. Uyttendaele, "Joint bilateral upsampling", *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH)*, vol. 26(3), pp. 2:1-9, 2007.
- [2] Telea A. "An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method," *Journal of Graphics Tools*, vol. 9, no. 1, pp. 25-36, 2003.
- [3] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral filtering for gray and color images", *Proc. IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 839-846, 1998.
- [4] Bertalmio, G. Sapiro, V. Caselles, and C. Ballester, "Image Inpainting" , *in Proceedings of SIGGRAPH 2000*, pp417-424, New Orleans, LA, 2000.

[5] 이상범, 호요성, "Kinect 깊이 카메라를 이용한 실감 원격 영상회의의 시선 맞춤 시스템," 한국통신학회 논문지 제37권 제4호(융합기술), pp. 277-282, 2012년 4월.

[6] 박제훈, 송창근, "골프장 항공 영상에서 구성 요소 추출을 위한 효과적인 그림자 제거," 정보과학회 논문지 : 소프트웨어 및 응용 제39권 제7호, pp. 577-582, 2012년 7월.