

Workshop on Image Processing and Image Understanding

February 15~17 2012, Jeju, Korea

**IPIU 2012**

제**24**회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵

Workshop on Image Processing and Image Understanding

[인사말](#)

[준비위원회](#)

[워크샵 일정](#)

[프로그램](#)

[저자색인](#)

## 프로그램

번호	구분	비고
구두발표1	<a href="#">영상이해1</a>	2월 16일(목) 09:00 - 11:05 컨벤션 홀 A 좌장: 이상윤 (연세대학교)
구두발표2	<a href="#">영상처리1</a>	2월 16일(목) 09:00 - 11:05 컨벤션 홀 B 좌장: 박인규 (인하대학교)
포스터1	<a href="#">포스터1</a>	2월 16일(목) 11:30 - 12:20 컨벤션 홀 로비 좌장: 호요성 (광주과학기술원)
구두발표3	<a href="#">신진 연구자</a>	2월 16일(목) 13:20 - 15:05 컨벤션 홀 A 좌장: 박종일 (한양대학교)
구두발표4	<a href="#">영상복원</a>	2월 16일(목) 13:20 - 15:05 컨벤션 홀 B 좌장: 이상철 (인하대학교)
포스터2	<a href="#">포스터2</a>	2월 16일(목) 15:15 - 16:05 컨벤션 홀 로비 좌장: 서용덕 (서강대학교)
구두발표5	<a href="#">영상인식</a>	2월 16일(목) 16:05 - 18:10 컨벤션 홀 A 좌장: 김정태 (이화여자대학교)
구두발표6	<a href="#">영상부호화</a>	2월 16일(목) 16:05 - 18:10 컨벤션 홀 B 좌장: 전병우 (성균관대학교)
구두발표7	<a href="#">트래킹/모델링</a>	2월 17일(금) 08:30 - 10:10 컨벤션 홀 A 좌장: 이상근 (중앙대학교)
구두발표8	<a href="#">영상처리2</a>	2월 17일(금) 08:30 - 10:10 컨벤션 홀 B 좌장: 김태찬 (삼성전자)
포스터3	<a href="#">포스터3</a>	2월 17일(금) 10:10 - 11:00 컨벤션 홀 로비 좌장: 한영준 (송실대학교)
구두발표9	<a href="#">영상이해2</a>	2월 17일(금) 11:00 - 12:40 컨벤션 홀 A 좌장: 김창익 (한국과학기술원)
구두발표10	<a href="#">영상처리3</a>	2월 17일(금) 11:00 - 12:40 컨벤션 홀 B 좌장: 윤일동 (한국외국어대학교)

## 실감방송

### [P-77. 수평 이동 연속 영상에서 최적 입체영상 제작 기법](#)

장성은, 김만배 (강원대학교)

### [P-78. 양안식 카메라와 한 대의 깊이 카메라를 이용한 다시점 영상 생성 방법](#)

강운석, 정재일, 호요성 (광주과학기술원)

### [P-79. 3D 아바타 실감 재현을 위한 스펙트럼 기반 카메라 특성화](#)

장민수, 이송우, 권순영, 유주연, 김진서 (한국전자통신연구원)

### [P-80. A Detailed-enhanced Hole-filling Algorithm for View Synthesis in Free-Viewpoint Video](#)

Duong-Tri Thai, Tuan-Anh Nguyen, 홍민철 (송실대학교)

### [P-81. 변위맵 기반 입체영상 개선](#)

길종민, 김제동, 김만배 (강원대학교)

### [P-82. 3D 방송을 위한 하이브리드 스테레오 영상에서의 초해상도 복원](#)

이경준, 권보준 (서울대학교), 윤일동 (한국외국어대학교), 이상욱 (서울대학교)

### [P-83. 상호 움직임 정보를 이용한 다시점 영상에서의 대응점 매칭](#)

이순영 (서울대학교), 심재명 (울산과학기술대학교), 이상욱 (서울대학교)

### [P-84. 평면 맞춤을 이용한 깊이 영상 초 해상도](#)

소용석, 이대현 (서울대학교), 심재명 (UNIST), 이상욱 (서울대학교)

### [P-85. 3D 카메라를 이용한 스테레오 영상의 증강](#)

배민수, 박인규 (인하대학교)

### [P-86. 듀얼스트림 3DTV 방송에서 2D 영상의 화질 향상을 위한 3DTV 영상포맷](#)

이광순, 이진환, 정원식, 허남호 (한국전자통신연구원)

### [P-87. 저피로 3D 영상을 위한 시차 보정 기법](#)

조상현, 박홍연, 강행봉 (가톨릭대학교)

# 양안식 카메라와 한 대의 깊이 카메라를 이용한 다시점 영상 생성 방법

강윤석, 정재일, 호요성

광주과학기술원 정보통신공학부

{yunsuk, jijung, hoyo}@gist.ac.kr

## 요약

본 논문에서는 양안식 카메라와 Time-of-Flight (TOF) 원리를 이용한 깊이 카메라를 이용하여 장면의 변위 정보를 획득하고 다시점 영상을 생성하는 방법을 소개한다. 제안하는 방법은 획득한 영상의 품질을 개선하고, 깊이 카메라로 얻은 장면의 깊이 정보를 이용하여 함께 사용되는 양안식 카메라에서 촬영된 색상 영상의 좌우 변위(disparity) 영상을 생성한다. 깊이 및 색상 영상의 전처리 후 깊이 카메라 영상은 색상 영상의 위치로 투영(warping)되며, 색상 영상은 영역화되어 각 영역에 투영된 깊이 영상 정보를 이용하여 최종 변위 영상을 구한다. 최종적으로 양안식 영상과 각 변위 영상을 이용하여 중간 시점 영상을 합성함으로써 다시점 영상을 생성할 수 있다. 실험결과에서 보듯이 제안하는 방법이 효과적으로 장면의 변위 정보를 생성하고 양안 영상으로부터 다시점 영상을 만들어냄을 알 수 있다.

## 1. 서론

2009년 개봉한 3D 영화 "아바타" 이후 3차원 영상에 대한 대중의 관심이 폭발적으로 증가하고 있다. 2005년 세계적으로 84개에 불과했던 디지털 3D 영화의 스크린 수는 5년만에 약 2만 2천개로 증가하였으며, 국내에서도 2010년 한해동안 26편의 3D 영화로 1677만명의 관객을 유치하였다. 또한 영화나 전시회를 통해서만 접할 수 있었던 3차원 영상은 이제 일반 가정의 TV, 모바일 단말기 등 일상생활의 영역에까지 보급되고 있다. 기존의 방송국들도 애플다투어 3차원 방송 서비스를 위한 시스템을 구축하고 있거나 이미 완료하고 서비스를 시작하였다.

이러한 3차원 영상의 제작은 기본적으로 양안식(stereo) 영상을 촬영 혹은 제작하는 것으로부터 시작된다. 일반적으로 사람의 양쪽 눈 사이의 평균 거리인 6.5cm 정도의 거리를 두고 배치된 두 대의 카메라로부터 촬영된 영상은 시차정보인 변위(disparity)를 갖게 되며, 이 영상을 양안식 모니터를 통해 보았을 때, 양쪽 눈에 같은 시점의 영상을 제공하는 일반 모니터와는 달리 시청자는 입체감을 느낄 수 있다.

그러나 시청 환경에 강인하며 더 현실감 있는 3차원 영상의 제작을 위해서는 한 장면에 대하여 여러 시점에서 촬영된 영상인 다시점(multi-view) 영상이 필요하다. 다시점 영상은 양안식 영상에 비하여 좀 더 안정적인 입체감을 전달해줄 수 있으며,

비교적 넓은 시청 범위를 제공한다. 또한 다시점 영상에 대하여 각 시점의 깊이 정보를 생성한 후, 이 정보를 이용하여 시점과 시점 사이의 가상 시점의 영상을 생성하면 시점 간의 부드러운 전환이 가능한 자유시점 입체 영상의 제작도 가능하다 [1]. 따라서 고품질의 3차원 영상 제작을 위해서는 장면의 깊이 정보를 획득하는 일이 무엇보다 중요하다.

장면의 깊이 정보는 카메라로부터 촬영되는 물체와의 거리를 나타내는데, 일반적으로 256 단계를 가지는 흑백 영상인 깊이 영상으로 표현된다. 이 깊이는 영상이 또다른 형태인 변위 영상으로도 나타낼 수 있는데, 변위 영상은 두 시점을 기준으로 한 시점 내의 한 화소가 인접 시점의 평행선 상에 위치한 어떤 화소에 상응할 때, 그 화소들 간의 거리를 화소 값으로 갖는 영상이다.

일반적으로 이러한 장면의 깊이 정보를 구하는 방법은 수동형, 능동형, 그리고 혼합형 방식이 있다. 수동형 방식은 스테레오 정합(stereo matching)이 대표적이며, 두 장의 영상으로부터 깊이 정보를 유추해낸다 [2]. 능동형 방식은 깊이 카메라 등의 장비를 이용하여 물리적인 거리를 측정하고 영상으로 출력하여 깊이 정보를 획득한다. 두 가지 방법은 복잡도와 성능, 비용 등에 대하여 서로 상호보완적인 관계를 가지고 있다.

혼합형 방식은 이와 같이 상호보완적 관계에 있는 두 가지 방식을 동시에 이용함으로써 복잡도를 줄이면서 고품질의 결과를 생성할 수 있는 방법이다 [3]. 양안식 혹은 다시점 카메라에서 얻은 색상

영상의 스테레오 정합 방법과, 깊이 카메라 등의 깊이 획득 장비를 통해 얻은 깊이 정보를 함께 이용함으로써 각 방법이 가지고 있는 장점을 통해 단점을 보완한다.

본 논문에서는 혼합형 깊이 획득 방식에서 일반적으로 사용되는 깊이 카메라 정보를 보조적으로 사용하는 스테레오 정합을 사용하지 않고 깊이 카메라 정보를 직접 사용하는 방법을 소개한다. 색상 영상은 영역화된 후 3 차원 워핑을 통해 이동되어 온 깊이 카메라 정보들로 채워진다. 이 값들을 이용하여 각 색상 영역을 채움으로 한쪽 시점의 색상 영상에 대한 변위 영상이 만들어지며, 이 영상을 이용하여 나머지 시점의 변위 영상 또한 만들어낸다. 최종적으로 두 시점 사이에 중간 시점을 생성함으로써 장면의 다시점 영상을 생성한다.

## 2. 제안하는 다시점 영상 생성 방법

그림 1 은 제안하는 다시점 영상 생성 방법의 흐름도이다. 먼저 양안식 카메라와 저해상도 깊이 카메라를 이용하여 영상을 촬영하고 카메라 보정을 통해 카메라 변수(camera parameters)를 구한 후, 각각의 영상의 품질을 개선하는 작업을 수행한다. 그 후에 깊이 카메라 영상은 3 차원 투영을 통하여 색상 영상의 위치로 이동되어 변위 영상 생성에 이용된다. 한쪽 시점의 변위 영상을 이용하여 나머지 시점의 변위도 생성되면 양안식 영상으로부터 다시점 영상을 생성할 수 있다.

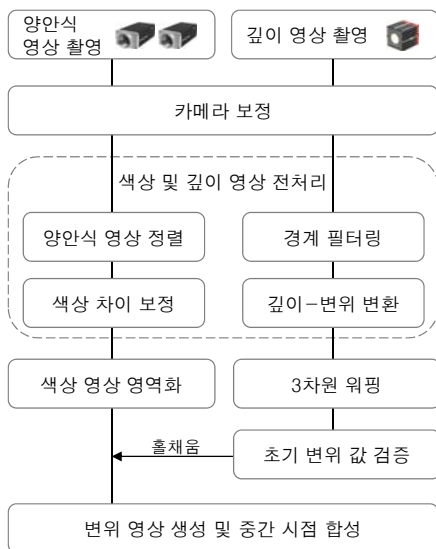


그림 1. 제안하는 방법의 흐름도

### 2.1 영상 촬영 및 카메라 변수 획득

제안하는 방법에서는 양안식 카메라를 배치하고, 좌측 카메라의 아래쪽에 깊이 카메라를 배치한다. 장면의 촬영 후, Camera Calibration Toolbox [4]

를 이용하여 각 카메라의 카메라 변수를 구하고, 그림 2 와 같이 깊이 카메라에서 발생한 렌즈 왜곡을 제거한다. 깊이 카메라 영상의 렌즈 왜곡은 실험에 사용한 깊이 카메라인 SR4000 의 고유 특성으로써, 색상 영상과의 상관도를 떨어뜨리므로 보정이 필요하다.

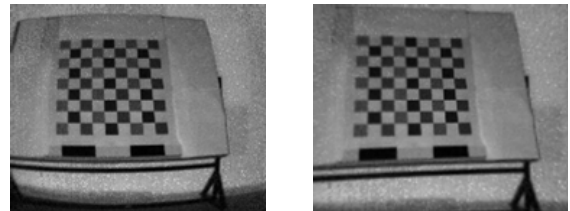


그림 2. 렌즈왜곡이 발생한 영상과 제거된 영상

### 2.2 색상 및 깊이 영상 전처리

카메라 보정 이후 촬영된 영상에 대해서는 몇 단계의 전처리 과정을 통하여 영상의 품질을 향상시키고 이후 처리 과정에서의 효율을 높일 수 있다. 먼저 색상 영상에 대해서는 양안식 영상에서 발생하는 기하학 오차(geometric error)와 색상 차이(color difference)를 보정해주는 작업이 필요하다. 기하학 오차는 카메라의 위치 차이, 배치에 존재하는 오차 및 내부 특성의 차이에서 기인하며, 시점 간 상응점의 수직 좌표 값의 불일치로 나타난다. 또한 두 개의 영상 평면(image plane)이 평행하지 않고 틀어져 있는 형태이기 때문에 변위 값 획득을 위한 기본 조건이 성립되지 않는다. 따라서 양안식 영상 정렬(image rectification)을 통하여 이와 같은 오차를 최소화한다.

그림 3 에 나타난 것과 같이, 양안식 영상 정렬은 두 영상 평면을 평행하고 수평 방향으로의 이동만 존재하도록 변환한다. 또한 카메라 변수를 일치 시킴으로써 정렬된 양안식 영상은 수평 방향의 간격만을 가지는 동일한 카메라로부터 촬영된 영상의 특성을 가지게 된다 [5].

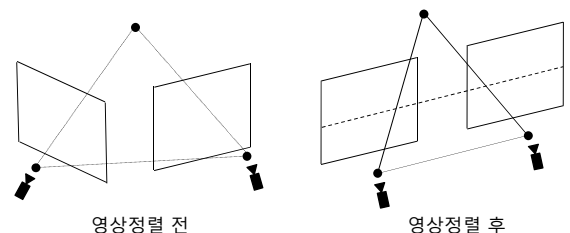


그림 3. 영상정렬 전과 후의 양안식 영상 구조

또한 두 대의 카메라의 색상 특성과 조명 및 그림자의 영향 등으로 인해 발생하는 두 시점 간의 색상 차이 또한 영상 합성 시에 주관적 화질 열화를 가져올 수 있으므로 보정되어야 한다. 본 논문에서는 특징점을 찾고, 특징점 간의 색상 차를 이용하

여 색상을 보정하는 방법을 이용하였다 [6].

깊이 카메라 영상에 대하여는 먼저 객체 경계부에 존재하는 잡음을 제거하는 작업이 필요하다. 이 잡음은 객체와 객체 간, 혹은 객체와 배경 간의 깊이 값 사이의 중간 값이 경계부에 존재하는 것을 의미한다. 이 중간 값들은 3 차원 실체로는 존재하지 않는 값이므로 3 차원 투영시에 잘못된 위치 이동을 유발할 수 있다. 따라서 충격 필터(shock filter)를 깊이 카메라 영상에 적용함으로써 경계부의 잡음을 최소화한다. 충격 필터는 완만한 곡선을 이루며 값이 증가하는 부분을 계단함수의 형태로 만들어주는 효과가 있으며, 평탄한 부분에서의 잡음 또한 고르게 줄여준다 [7].

이와 같은 카메라 배열에서는 양안식 카메라와 깊이 카메라의 위치와 방향의 다름에서 기인하는 문제가 발생한다. 양안식 카메라와 깊이 카메라의 광축(optical axis) 방향으로의 위치가 정확히 일치하지 않기 때문에 같은 물체에 대해서도 다른 깊이 정보를 가질 수 있다. 또한 렌즈 왜곡 보정에 의해 발생하는 영상의 확대 효과도 고려해야만 한다. 따라서 이와 같은 오차 및 잡음을 먼저 제거하는 작업이 필수적이다.

전처리의 마지막 단계로 깊이 카메라 영상 값의 변위 변환을 수행한다. 깊이 카메라의 데이터를 색상 영상에서의 변위 값으로 바로 쓰기 위해서는 이 과정이 필요하다. 즉, 깊이 카메라에서 측정된 깊이 값과 이 값이 양안식 카메라의 위치에서 어떤 변위 값으로 할당되는지의 관계를 구한다.

또한, 제안하는 카메라 시스템에서는 두 종류의 카메라의 광축 방향으로 존재하는 차이와 카메라 변수를 구할 때 발생하는 오차, 렌즈 왜곡에서 발생하는 영상의 확대 등으로 인하여 양안식 카메라에서의 깊이와 깊이 카메라에서의 깊이는 같은 특성을 나타내지 않는다. 최종적으로 얻고자 하는 목표는 색상 영상 위치에서의 변위 영상이므로 깊이 카메라의 깊이 정보를 보정하여 양안식 카메라에서 획득한 것과 일치하는 변위 정보로 변환해 줄 필요가 있다.

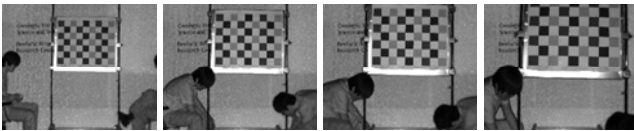


그림 4. 깊이-변위 간 변환을 위한 영상 획득

그림 4 는 깊이-변위 간 변환을 위해 영상을 획득하는 과정을 보여준다. 촬영하는 장면의 가장 뒤쪽부터 카메라에 가까운 쪽까지 조밀한 간격마다 패턴을 이동시키며 깊이 카메라와 양안식 카메라에서 각각 영상을 획득한다. 획득 지점마다 패턴의 위치에서의 깊이 카메라 영상 값과 양안식 영상에서의 변위 값이 획득되며, 획득된 값들을 바탕으로 변환곡선 혹은 변환함수를 구할 수 있다. 이 변환함수

를 이용하여 깊이 카메라의 값은 양안식 카메라에서의 변위 값으로 바로 변환될 수 있다.

### 2.3 변위 영상 생성 및 중간시점 합성

전처리 과정을 거친 깊이 카메라 영상은 3 차원 투영을 통하여 좌측 색상 영상의 위치로 이동되고 앞에서 구한 변환함수에 의해 변위 값으로 변환된다. 이 때, 깊이 카메라 영상과 색상 영상의 해상도의 차이 때문에 색상 영상의 위치로 변위를 가지는 화소 값이 몇 화소씩 떨어져서 나타나게 된다. 양안식 색상 영상은 중심-이동 색상 영역화(mean-shift color segmentation) 방법을 이용하여 영역화되고, 변위 생성은 각 영역 내에서 다른 영역을 침범하지 않고 이루어진다.

먼저 3 차원 투영 시에 잘못 투영되어진 화소 값들을 걸러내기 위해서 값이 투영된 모든 화소마다 해당 화소의 색상 값과, 변위 값을 이용하여 다른 편 시점의 색상 영상의 색상 값을 비교하여 일정 문턱 값 이상 차이가 나면 잘못 투영되어온 화소로 간주하고, 해당 영역에서 삭제하여 추후 발생할 수 있는 오차를 방지한다.

다음으로 왼쪽 시점 영상의 각 영역에서 깊이 값이 존재하지 않는 화소  $d_L(x,y)$ 에 대하여 그림 5 와 같이 변위 값을 구하는 방법을 모든 영역에서 수행한다.  $k$  는 탐색범위이며,  $k$  의 최대 값은 색상 영상의 크기에 따라 달라진다. 또한 거리에 따른 가중치 값을 둬으로써 변위 값 생성에 거리의 영향을 받도록 한다. 이 과정을 다 반복한 이후 변위 값이 채워지지 않은 화소에 대해서는 영역 내에서의 평균 연산을 통하여 그 값을 채운다.

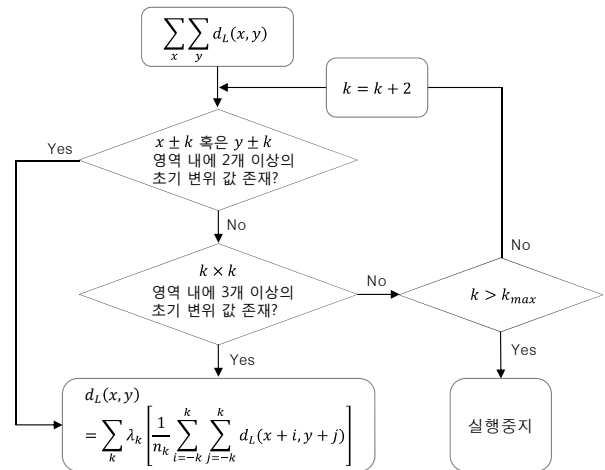


그림 5. 각 영역 내에서의 변위 값 채움

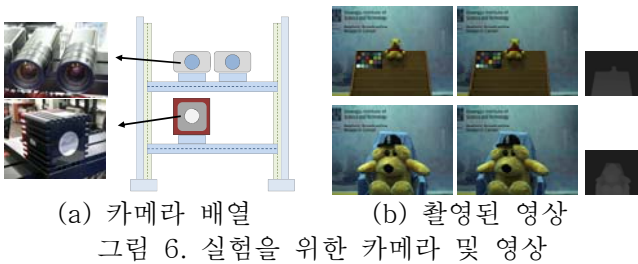
이제 좌측 시점의 변위 영상을 이용하여 우측 시점에서의 변위 영상을 생성한다. 변위 영상 자체의 화소 값을 이용한 화소 이동을 통해 우측 시점에 대한 변위 영상을 얻을 수 있는데, 이 때 전경에 의해 가려졌던 부분이 드러나면서 새로운 홀이 발

생한다. 이 부분을 채우기 위해서 영역화 된 우측 색상 영상을 이용한다. 홀을 가지고 있는 각 영역에 대하여 영역 내의 화소 값들에 대하여 앞서 설명한 검증과정을 동일하게 적용한다. 따라서, 잘못된 변위 값들은 영역 내에서 사라지며, 나머지 값들을 이용한 팽창 연산의 반복을 통해 홀을 채울 수 있다.

위의 과정을 통하여 생성된 좌우 시점에서의 변위 영상과 색상 영상을 이용하여 두 영상 사이의 중간 시점에 영상을 합성하면 최종적으로 다시점 영상을 생성할 수 있다.

### 3. 실험 결과 및 분석

실험을 위하여 그림 6(a)와 같이 카메라를 구성하고 그림 6(b)와 같은 양안식 영상 및 깊이 카메라 영상을 촬영하였다. 색상 영상과 깊이 영상의 해상도는 각각 1024x768 과 176x144 이다. 촬영된 영상은 2 장에서 설명한 전처리 과정, 영역화 및 변위 영상 생성 과정을 거친다. 그 결과 생성된 변위 영상이 그림 7 에 나타나 있다. 경계 부분이 명확하게 드러나며 객체의 깊이를 잘 표현해주는 변위 영상이 생성되었음을 알 수 있다.



(a) 카메라 배열 (b) 촬영된 영상  
그림 6. 실험을 위한 카메라 및 영상



그림 7. 좌측 및 우측 시점에서의 변위 영상



그림 8. 다시점 영상 생성 결과

그림 7 의 결과를 이용하여 중간 시점 영상을 생성할 수 있다. 그림 8 에 나타난 중간 시점 영상은 촬영된 두 시점에서의 영상과 생성된 변위 영상을 이용하여 세 개의 시점에서의 영상을 합성한 결과

를 보여준다. 그림 8 에서 보듯이, 제안하는 방법은 객체의 경계부분이 잘 유지되며, 매우 안정적인 결과를 제공함을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 양안식 카메라와 한 대의 깊이 카메라를 이용하여 장면의 변위 영상을 생성하고 중간 시점 영상을 합성하여 다시점 영상을 생성하는 방법을 소개하였다. 촬영된 영상에서의 잡음과 왜곡을 보정한 후, 깊이 영상은 색상 분할된 색상 영상의 위치로 3 차원 투영을 통해 이동되어 최종 변위 영상을 생성한 후, 중간시점 영상의 합성에 이용한다. 제안하는 방법은 복잡도가 높은 스테레오 정합에 비해 간결하고, 계산된 값이 아닌 직접 측정된 깊이 값을 기반으로 하여 무늬가 없는 영역과 같은 곳에서도 정확한 변위 값을 생성하였다. 또한 색상 분할 영역 기반으로 객체 경계부의 변위 값이 깨끗하게 생성되었음을 볼 수 있다.

### 참고문헌

- [1] C. Fehn, R. Barre, and S. Pastoor, "Interactive 3-DTV- Concepts and Key Technologies," Proceeding of the IEEE, vol. 94, no. 3, pp. 524-538, Mar. 2006.
- [2] P.F. Felzenszwalb and D.P. Huttenlocher, "Efficient Belief Propagation for Early Vision," International Journal of Computer Vision, vol. 70, no. 1, pp. 41-54, Oct. 2006.
- [3] S.A. Gudmundsson, H. Aanaes, and R. Larsen, "Fusion of Stereo Vision and Time-of-Flight Imaging for Improved 3D Estimation," International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications, vol. 5, no. 3, pp. 425-433, Nov. 2008.
- [4] <http://www.vision.caltech.edu/bouguetj>, Camera Calibration Toolbox for MATLAB.
- [5] Y.S. Kang, Y.S. Ho, "Efficient Stereo Image Rectification Method Using Horizontal Baseline," Lecture Notes in Computer Science, vol. 7087, pp. 301-310, Nov. 2011.
- [6] 정재일, 호요성, "다시점 카메라 시스템을 위한 상대적 카메라 특성 기반 색상 보정법," Telecommunications Review, 제 20 권, 제 6 호, pp. 1004-1016, 2010년 12월.
- [7] G. Gilboa, N. Sochen, and Y.Y. Zeevi, "Regularized Shock Filters and Complex Diffusion", Proc. of European Conference on Computer Vision, pp. 399-313, June 2002.