

키넥트 깊이 정보와 DSLR을 이용한 스테레오스코픽 비디오 합성

권순철*, 강원영*, 정영후**, 이승현^o

Stereoscopic Video Compositing with a DSLR and Depth Information by Kinect

Soon-chul Kwon*, Won-young Kang*, Yeong-hu Jeong**, Seung-hyun Lee^o

요 약

크로마키 방식에 의한 영상 합성은 색상 정보에 의해 전경 후경을 분리하기 때문에 객체 색상의 제약과 특정 스크린이 위치해 있어야 하는 공간의 제약이 있다. 특히 스테레오스코픽 3D 디스플레이를 위한 영상 합성은 크로마키 방식과는 달리 3D 공간에서의 자연스러운 영상 합성이 요구된다. 본 논문에서는 고해상도의 깊이 정보를 이용하여 깊이 키잉(depth keying) 방식에 의한 3D 공간에서의 스테레오스코픽 영상 합성을 제안하였다. 이를 위해 DSLR과 마이크로소프트사 키넥트 센서간의 카메라 캘리브레이션을 통해 고화질의 깊이 정보 획득 후 RGB 정보와의 정합 과정을 통해 3차원 데이터를 획득하였다. 깊이 정보에 의해 배경과 분리된 객체는 3차원 공간에서의 포인트 클라우드 형태로 표현되어 가상 배경과 합성하였다. 이후 가상의 스테레오 카메라에 의해 Full HD 스테레오스코픽 비디오 합성 영상 획득 결과를 보였다.

Key Words : 3D Stereoscopic, Video compositing, Kinect, Depth keying, Depth map

ABSTRACT

Chroma key technique which composes images by separating an object from its background in specific color has restrictions on color and space. Especially, unlike general chroma key technique, image composition for stereo 3D display requires natural image composition method in 3D space. The thesis attempted to compose images in 3D space using depth keying method which uses high resolution depth information. High resolution depth map was obtained through camera calibration between the DSLR and Kinect sensor. 3D mesh model was created by the high resolution depth information and mapped with RGB color value. Object was converted into point cloud type in 3D space after separating it from its background according to depth information. The image in which 3D virtual background and object are composed obtained and played stereo 3D images using a virtual camera.

I. 서 론

인간의 시각 계는 깊이감이나 물체의 3차원 형태

를 지각하기 위하여 여러 가지 단서를 이용하고 있다. 그중 양안시차라고 부르는 두 눈의 망막에 맺히는 영상간의 약간의 차이로 깊이를 지각하는데, 이

※ 본 연구는 2013년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

♦ First Author : 광운대학교 정보콘텐츠대학원 디지털3D연구실, ksc0226@kw.ac.kr, 정회원

° Corresponding Author : 광운대학교 정보콘텐츠대학원 디지털3D연구실, shlee@kw.ac.kr, 정회원

* 광운대학교 정보콘텐츠대학원 디지털3D연구실, evolution0128@hotmail.com, 학생회원

** 광운대학교 정보콘텐츠대학원 디지털3D연구실, sgm200@naver.com, 학생회원

논문번호 : KICS2013-07-322, 접수일자 : 2013년 7월 31일, 최종논문접수일자 : 2013년 10월 8일

를 입체시(stereopsis)라 한다. 스테레오스코픽 영상은 양안시차와 같이 2 대의 카메라를 이용하여 스테레오 영상을 획득한다¹¹. 이 경우 얼라인먼트(alignment) 일치, 두 광축의 간격(inter-axial distance, IAD) 조정, 컨버전스 각도(convergence angle) 조절 등 2D 촬영에 비해 추가적 촬영 기술이 요구된다¹². 3D TV의 공급과 더불어 3D 방송 산업도 더욱 빠른 속도로 확대되고 있으며, 스테레오스코픽 3D 콘텐츠의 제작에 있어 다양한 기술 연구가 요구되고 있다. 영상 제작 기술 중의 하나인 영상 합성은 필요한 부분과 그렇지 않는 부분으로 구분하는 키잉 신호를 만들어 두 개의 영상을 합성 처리하는데 일반적으로 색상 정보를 이용한 크로마키(chroma key) 방식이 사용되어 지고 있다¹³. 일반적으로 스테레오스코픽 3D 디스플레이를 위한 크로마키 방식의 영상 합성은 객체와 배경을 각각 분리하여 시차를 뒀으로서 영상을 합성한다. 그러나 객체 색상의 제약과 특정 스크린이 위치해 있어야 하는 공간의 제약이 뒤따르며, 자연스러운 스테레오 영상을 획득함에 있어서 추가적인 영상 처리가 요구된다.

본 논문에서는 기존 영상 합성 방식의 색상과 공간의 제약을 극복하고, 3차원 공간에서의 영상 합성으로 자연스러운 스테레오스코픽 3D 영상 획득에 목적을 둔다. 이를 위해 마이크로소프트사 키넥트의 깊이 정보와 DSLR RGB 정보를 이용하여 깊이 키잉(depth keying) 방식에 의해 배경과 객체를 분리하였다¹⁴. 객체는 3차원 공간에서의 포인트 클라우드 형태로 표현되어 3차원 가상 배경과의 합성을 하였다. 이후 가상 스테레오 카메라에 의한 스테레오스코픽 3D 합성 영상 획득 결과를 보였다.

II. 키넥트와 DSLR을 이용한 Full HD 깊이 정보 획득

깊이 정보를 획득하는 방법으로는 스테레오 영상의 시차 정보를 이용한 방법, 주행시간(TOF: time of flight) 방식의 깊이 카메라를 이용한 방법, 3D 모델링 소프트웨어를 이용한 방법, 스캐너를 이용한 방법, 마이크로소프트사의 키넥트(kinect)를 사용하는 방법 등 다양한 방법들이 제시되고 있다. 고해상도의 깊이 정보를 얻기 위해서는 일반적으로 다수의 스캐닝 데이터 또는 2차원 다시점 이미지를 이용한 다양한 알고리즘이 제안되고 있으나 추가적인 영상 처리 과정이 필요하다. 또한 TOF(time of flight) 방식의 능동형 센

서(active sensor)를 이용한 깊이 정보를 획득하는 방법이 있으나 고해상도의 깊이 정보를 획득하기 위해서는 고가의 장비가 요구된다^{15,16}. 본 논문에서는 마이크로소프트사의 키넥트로 부터 획득된 깊이 정보와 DSLR에서 촬영된 고해상도의 RGB 영상과의 정합 과정을 통해 고해상도의 깊이 정보를 추출하였다.

2.1. 키넥트 깊이 정보 획득

마이크로소프트사의 키넥트는 적외선 패턴 인식을 통해 깊이 값을 인지하여 게임 사용자의 동작 인식에 활용 되도록 고안되어진 디바이스다. 그림 1과 같이 RGB 센서, 깊이 정보를 획득하는 IR 센서, 그리고 IR 프로젝터로 이루어져 있다. RGB 센서에서는 칼라 영상을 획득하고 IR 센서에서는 프로젝트를 통해 송출된 적외선 특정 패턴을 이용하여 깊이 정보를 획득한다. 키넥트를 통해 얻어진 RGB 정보와 깊이 정보는 640 × 480 해상도를 가지며 초당 30 프레임을 출력한다.

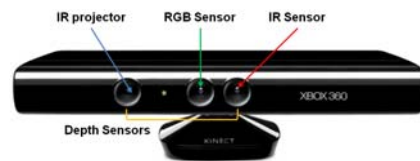


그림 1. Microsoft Kinect
Fig. 1. 마이크로소프트 키넥트

그림 2는 키넥트 깊이 추출 원리를 보여준다. 키넥트의 IR 프로젝터는 스캐터(scatter) 필름을 통해 투영(projection) 된다. 참조 영역(reference scene)에서의 투영된 적외선 패턴은 키넥트 메모리에 사전 기록되어 있다. 객체에 투영을 하였을 때 깊이 정보가 달라지는 구간인 객체 영역(object plane)에서 패턴의 변화가 생기는데, 변화된 패턴은 참조 영역에서의 패턴과 시차 비교를 통해 깊이 정보를 계산한다¹⁷.

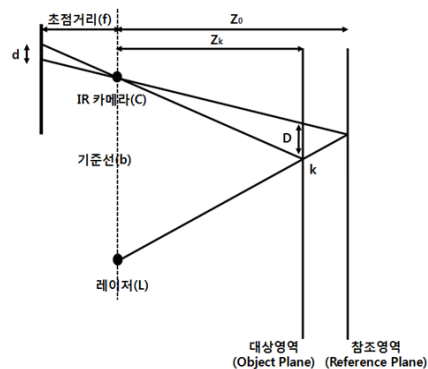


그림 2. 키넥트 깊이 정보 획득 원리
Fig. 2. Principle of kinect to compute depth map

깊이 정보는 삼각 함수에 의거 계산 되며 식 (1) 과 식 (2)로 표현된다.

$$\frac{D}{b} = \frac{Z_0 - Z_k}{Z_0} \quad (1)$$

$$\frac{d}{f} = \frac{D}{Z_k} \quad (2)$$

여기서 Z_k 는 포인트 k 에서의 카메라와의 거리, Z_0 는 참조 영역에서의 깊이 값, 레이저 송출부와 IR 카메라 사이의 거리, d 는 IR 카메라 세선에 기록되는 시차, D 는 객체 영역에서의 포인트 k 의 이동된 시차이다. 식 (2)에서 D 값을 식 (1)에 넣으면 결국 객체의 거리 값 Z_k 는 아래의 식 (3)과 같이 표현되며, 깊이 정보로 출력된다.

$$Z_k = \frac{Z_0}{1 + \frac{Z_0}{f \cdot b} d} \quad (3)$$

2.2. 키넥트, DSLR 카메라 캘리브레이션

키넥트의 IR 센서와 DSLR RGB 센서에서 획득되는 RGB 영상과 깊이 정보는 화각, 해상도 등 서로 다른 조건을 갖는다. 따라서 영상 정합을 위해서는 두 센서 간 카메라 캘리브레이션 과정을 거쳐, 카메라 각각 센서의 내부(intrinsic) 파라미터와 방향과 위치를 나타내는 외부(extrinsic) 파라미터를 구해야 한다^{8,9)}. 이를 위해 그림 3과 같이 각각의 카메라에 체크보드를 이용하여 파라미터 값을 추정한다.

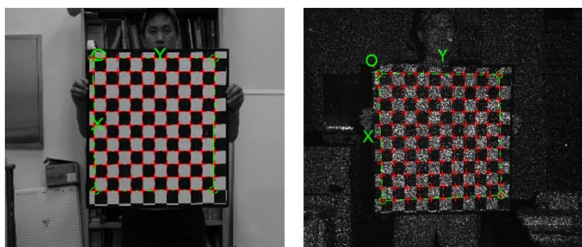


그림 3. 카메라 캘리브레이션을 위한 체크보드 이미지 (a) DSLR 카메라 (b) 키넥트 IR 카메라
Fig. 3. Check board image for camera calibration (a) DSLR camera (b) Kinect IR camera

각각의 센서를 통해 인식된 깊이 정보와 RGB 정보를 3차원 공간 좌표에 투영 한다. 핀홀카메라

모델(pinhole camera model)에서 원근투영변환(perspective transformation)을 통해 3차원 공간의 좌표 값들은 2차원 평면에 투영된다. 동차(homogeneous) 좌표를 이용하여 표현하면 식 (4)와 같이 표현 된다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기서 $[x, y, 1]^T$ 는 2차원 평면의 포인트, $[X, Y, Z]^T$ 는 3차원 공간의 포인트이다. 카메라 내부 파라미터의 초점 거리는 (f_x, f_y) , 원점 (c_x, c_y) 으로 표현된다. 이를 X, Y 좌표로 나타내면 식 (5)로 표현된다.

$$X = \frac{x - c_x Z}{f_x}, \quad Y = \frac{y - c_y Z}{f_y} \quad (5)$$

2차원 평면에서 $(x, y)^T$ 의 깊이 정보 거리를 d 라고 하고, 3차원 공간에서의 좌표를 $(X, Y, Z)^T$ 라고 한다면 식 (6)과 같이 표현된다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x - c_x d}{f_x} \\ \frac{y - c_y d}{f_y} \\ d \end{bmatrix} \quad (6)$$

3차원 공간에서의 한 화소를 2차원 평면인 센서에 투영할 경우 도출된 외부 파라미터 $[R|t]$ 를 사용한다. 회전에 대한 행렬(R)은 3×3 행렬, 이동에 대한 벡터는 $3 \times 1(t)$ 로 표현된다. 내부 파라미터에 의해 3차원 공간 좌표와 2차원 좌표간의 상관 관계를 알고 외부 파라미터의 기하학적 강체변환(rigid transformation)을 적용하면 식 (7)과 같이 표현된다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

2.3. 깊이 정보와 RGB 정보 정합

깊이 정보와 RGB 정보를 정합하기 위해서는 획득되어진 깊이 정보의 임의 화소와 RGB 영상에서의 상응 화소를 구하고 업 샘플링(up-sampling)을

해야 한다. 그림 4와 같이 상응 화소를 구하기 위해서는 2차원으로 표현된 깊이 정보의 각각의 화소들을 3차원 공간에 역투영(back-projection) 한다. 결국 키넥트 IR 센서의 임의 한 화소는 3차원 공간에서의 좌표계로 표현되고 다시 DSLR 비디오 센서에 투영하여 상응 화소를 결정한다^[10,11].

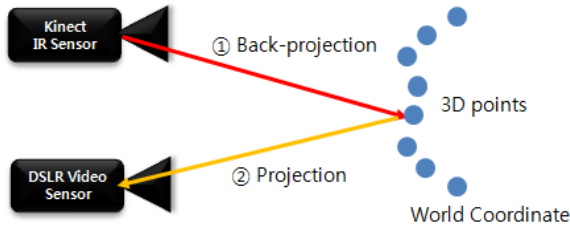


그림 4. 키넥트 IR 센서와 DSLR 비디오 센서간의 상응 화소 결정
Fig. 4. Pixel matching process between Kinect IR sensor and DSLR video sensor

저해상도의 깊이 정보를 동시에 촬영된 고해상도의 RGB 정보를 이용하여 업샘플링(upsampling) 하여 고해상도의 깊이 정보를 획득할 수 있다. 저해상도 깊이 정보를 업샘플링 하는 다양한 방법들이 제안되어 왔다. Kopf에 의해 제안된 결합 양측 업샘플링(joint bilateral upsampling)^[12,13]은 주어진 고해상도의 이미지(\tilde{I})와 저해상도의 이미지(S)를 이용한다. 업샘플링된 \tilde{S} 는 식 (8)과 같이 표현된다.

$$\tilde{S}_p = \frac{1}{k_p} \sum_{q \downarrow \in \Omega} S_q \downarrow f(\|p \downarrow - q \downarrow\|) g(\|\tilde{I}_p - \tilde{I}_q\|) \quad (8)$$

여기서 f 는 공간 필터 커널(spatial filter kernel), g 는 범위 필터 커널(range filter kernel)이고, k_p 는 정규화 인자이다. p 와 q 는 \tilde{I} 의 픽셀 좌표이며, $p \downarrow$ 와 $q \downarrow$ 는 S 의 대응되는 픽셀 좌표이다.

III. 깊이 키잉을 이용한 스테레오스코픽 비디오 합성 방법

기존 2D 영상 합성에 비해 스테레오스코픽 비디오 합성은 좌우 각각의 영상에 레이어별 시차를 고려해야 하기 때문에 많은 시간이 소요된다. 예를 들어 분리된 객체가 각각 인위적인 시차를 가지므로서 공간차폐(occlusion)를 생성하기 때문에 배경에 생긴 홀을 채워 넣어야 하는 등 추가적인 작업이 요구된다^[14]. 결국 자연스러운 영상 합성을 위해서는

광학적으로 일관된 합성이 요구되는데, 이는 3차원 공간에서의 표현된 영상 간의 합성을 통해 해결 가능하다.

3.1. 크로마키 방식에 의한 스테레오스코픽 비디오 합성

스테레오 3D 디스플레이에서의 영상 합성은 기존의 2D 영상 합성과는 달리 분리된 각 레이어의 시차 이동이 고려된다. 레이어 분리를 위한 크로마키 방식은 배경의 색상 정보의 임계값 조절을 통해 영상에서의 전경 후경을 분리한다^[15]. 그림 5는 크로마키 방식을 이용한 스테레오 영상 합성 방식의 흐름도이다.

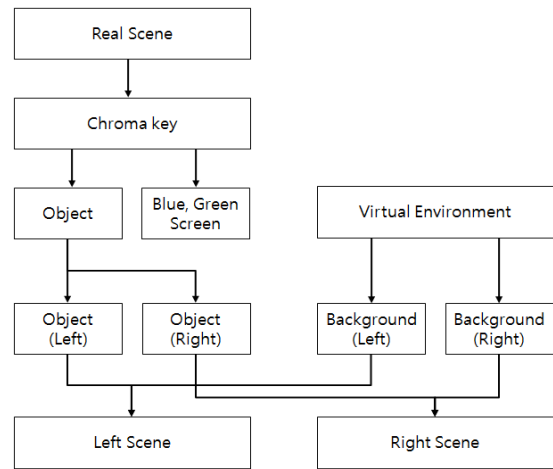


그림 5. 크로마키 방식에 의한 스테레오 영상 합성 절차
Fig. 5. Process of stereo image composition using chroma key

크로마키 방식에 의해 분리된 객체는 좌, 우 영상으로 각각 분리되며 깊이감에 따른 시차를 가진다. 좌, 우 영상은 각각 가상 배경과의 합성을 통해 스테레오 합성 영상을 획득한다.

크로마키 방식의 영상합성은 다음과 같은 문제점을 가진다. 첫째 특별한 스크린이 설치돼 있어야 하는 공간의 제약이 있다. 두 번째 배경의 색상과 분리하려는 객체의 색상 중복의 제약이 따른다. 세 번째 오직 두 개의 레이어 만이 분리되어 진다. 마지막으로 크로마키 배경은 모두 가상의 영상과 대체되므로 부분적 대체가 불가능하다. 마지막으로 시차 이동을 함으로서 공간차폐가 생긴다.

3.2. 깊이 키잉 방식에 의한 스테레오스코픽 비디오 합성

RGB와 깊이 정보 기반의 영상 합성 방식은 크

로마키 방식의 단점을 극복할 수 있다. 정확한 깊이 정보를 획득할 수 만 있다면 공간 차폐를 만들지 않고 자연스럽게 세밀한 영상을 만들 수 있다. 또한 카메라로부터의 거리 정보에 의한 키 값을 생성하여 객체 분리가 가능하기 때문에 색상과 공간의 제약이 없다^[16,17]. 그림 6은 깊이 정보로부터 깊이 키잉 방식의 스테레오 영상 합성 방식의 흐름도이다.

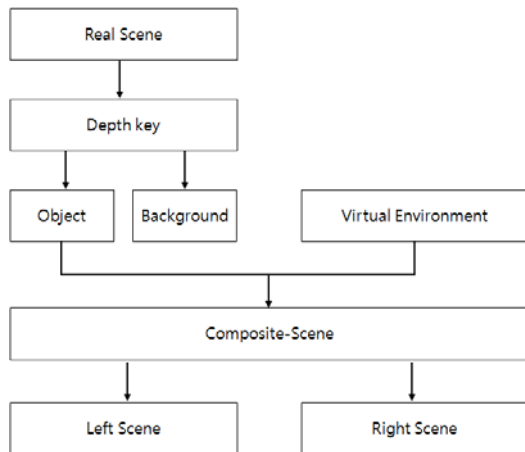


그림 6. 깊이키잉 방식에 의한 스테레오 영상 합성 절차
Fig. 6. Process of stereo image composition using depth keying

깊이 정보는 거리 값에 비해 4096 그레이 레벨(gray level)로 획득되어 3차원 공간의 포인트 클라우드 형태로 변환된다. 각각의 그레이 픽셀 분포 값은 깊이 키잉에 의해 일정 거리 부분은 제거됨으로서 객체 영역을 분리 획득 한다. 깊이 키잉 방식에 의해 배경과 분리된 객체는 가상의 3차원 공간에서의 영상 합성을 한다^[18]. 가상의 스테레오 카메라에 의해 좌, 우 이미지를 분리함으로써 자연스러운 스테레오 영상을 합성이 가능하다.

IV. 실험

본 연구에서는 키넥트의 깊이 정보와 DSLR(Canon EOS 5D-MarkII)의 RGB 비디오 정보를 활용하여 Full HD 3D 포인트 클라우드를 획득하였다. 초당 30 프레임으로 획득된 3D 포인트 클라우드 데이터는 3D 모델 데이터의 형식인 .obj 시퀀스 파일로 표현된다. 표 1은 실험에 사용되었던 키넥트 IR 센서와 와 캐논 EOS 5D-MarkII 비디오 센서의 특성을 보여준다.

표 1. 실험에 사용된 키넥트 IR센서 및 캐논 EOS 5D-MarkII 비디오 센서 특성
Table 1. The spec used in experiments of Kinect and EOS 5D-MarkII

| | Kinect IR Sensor | 5D-MarkII Sensor(Video) |
|--------------|------------------|-------------------------|
| Resolution | 640 × 480 | 1920 × 1080 |
| FPS | 30 | 30 |
| Focal length | - | 35 mm |

하나의 장면이기는 하나 다른 시간이나 관점에서 촬영할 경우에는 두 영상은 서로 다른 좌표계에서 얻어지게 된다. 따라서 키넥트와 DSLR에서 각각 촬영된 두 영상간의 정합(image registration)을 통해 하나의 좌표계에 나타내어 처리한다. 즉, 카메라의 각도, 거리, 방향, 센서 해상도 등의 차이가 나는 요소들에 대해 기하학적 수치를 보정 하는 것이다.

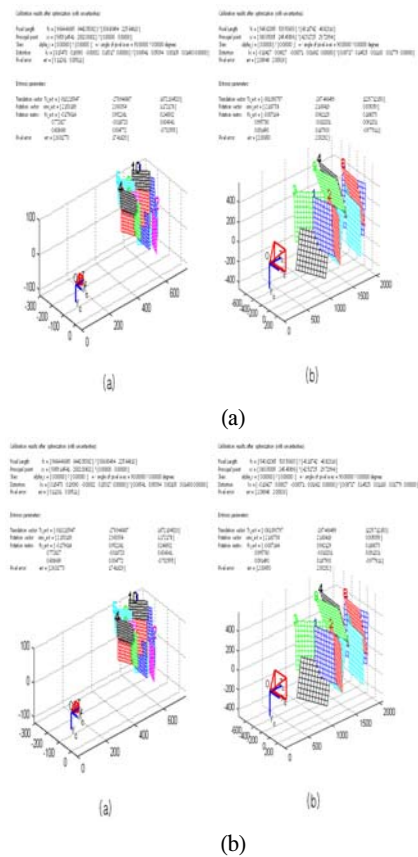


그림 7. 카메라 캘리브레이션 (a) EOS 5D-MarkII 비디오 센서 (b) 키넥트 IR 센서
Fig. 7. Camera calibration (a) EOS 5D-MarkII video sensor (b) Kinect IR Sensor

그림 7과 같이 캘리브레이션을 수행하고 획득된 내부, 외부 파라미터를 이용하여 깊이 정보와 RGB 정보간의 대응되는 화소를 정한다. 이를 기준으로 깊이 정보의 결합 양측 업샘플링을 통해 Full HD 기반의 3D 포인트 클라우드 데이터를 획득한다.

획득된 데이터는 그림 8과 같이 깊이 키잉에 의해 배경을 분리하고 그림 9(a)와 같이 객체 영역의 3D 포인트 클라우드로 표현한다.



그림 8. 깊이 키잉 (a) 깊이 히스토그램 (b) 측면 영상
Fig. 8. Depth keying (a) Depth histogram (b) 90 degree rotational depth image

시퀀스 파일로 획득된 각각의 3D 포인트 클라우드 데이터는 3Ds max를 이용하여 영상 합성을 하였다. 그림 9(b)는 n번째 프레임에서의 스테레오스코픽 비디오 합성 절차를 보여준다. 3차원 가상 환경에서의 영상 합성 후 가상 스테레오 카메라에 의해 좌, 우 스테레오 이미지를 획득 결과를 보였다.

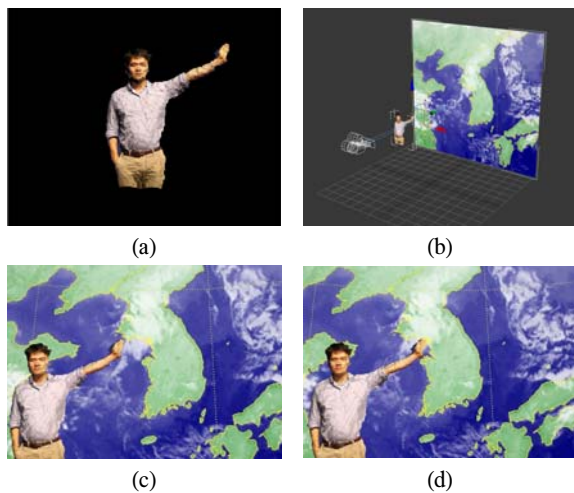


그림 9. 깊이 키잉에 의한 실험 결과 이미지 (a) 객체 영상 (b) 3차원 공간에서의 가상 카메라 환경 구현 (c) 합성 영상(좌) (d) 합성 영상(우)
Fig. 9. Resultant images of experiment using depth keying (a) Object image (b) Virtual environment with virtual stereo camera(3Ds Max) (c) Composite Scene (left image) (d) Composite Scene (right image)

V. 결 론

스테레오스코픽 비디오 합성 분야에서의 기존 방식은 크로마키 방식에 의해 분리된 레이어 들을 각각 시차를 줌으로서 스테레오스코픽 3D 영상으로 구현하였다. 크로마키 방식과 달리 공간 정보를 기반으로 한 깊이 키잉 방식은 카메라부터의 거리 값에 따른 배경 및 객체를 분리한다. 이는 칼라 정보를 기반으로 한 크로마키 방식에 비해 색상과 공간의 제약으로부터 자유롭다.

깊이 정보를 획득하기 위해서는 다양한 방식들이 있으나 일반적으로 고품질의 깊이 정보를 얻기 위해서는 고가의 디바이스나 부가적인 영상처리가 요구된다. 본 논문에서 사용된 마이크로소프트사의 키넥트는 TOF 방식과 달리 적외선 패턴 정보를 이용하여 거리 정보를 추출하기 때문에 상대적으로 저가의 디바이스를 이용하여 깊이 정보 추출이 가능하다. 초당 30 프레임의 칼라 정보와 깊이 정보를 획득 가능하며, 획득된 깊이 정보에 의해 배경과 객체를 분리하였다. 분리된 객체는 3차원 가상공간에서의 배경과 합성이 되어 가상 스테레오 카메라에 의해 좌, 우 영상을 획득하고, 스테레오스코픽 3D로 재생하였다.

본 연구는 깊이 키잉 방식을 이용함으로써 기존의 크로마키 방식의 영상 합성의 제약점을 극복함으로써 혼합 현실에 기반을 둔 스테레오스코픽 비디오 합성 영상 구현에 주안을 두었다. 하지만 획득된 시퀀스 .obj 파일은 3Ds Max를 활용하여 스테레오 영상으로 추출되기 때문에 실시간 처리에 제한점이 있다. 추가 연구로는 과도한 연산량을 줄임과 동시에 깊이 정보의 정제 및 폐색 영역 홀 처리를 통해 신뢰성 있는 객체 분할과 실시간 처리를 위한 일련의 통합 처리가 요구된다.

References

- [1] B. Julesz, "Binocular depth perception of computer generated images," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 39, no. 5, pp. 1125-1163, Sep. 1960.
- [2] A. Smolic, P. Kauff, S. Knorr, A. Hornung, M. Kunter, M. Mueller, and M. Lang, "Three-dimensional video postproduction and processing," *Proc. IEEE*, vol. 99, no. 4, pp. 607-625, Apr. 2011.
- [3] K. Fukui, M. Hayashi, and Y. Yamanouchi,

- “A virtual studio system for TV program production,” *Soc. Motion Picture, Television Eng. (SMPTE) J.*, vol. 103, no. 6, pp. 386-390, June 1994.
- [4] G. J. Iddan and G. Yahav, “3D imaging in the studio,” *Proc. SPIE*, vol. 4298, pp. 48-55, Apr. 2001.
- [5] S. C. Kwon, S. J. Lee, K. C. Son, Y. H. Jeong, and S. H. Lee, “High resolution 3D object generation with a DSLR and depth information by Kinect,” *J. Korean Soc. Computer Game*, vol. 26, no. 1, pp. 221-227, Mar. 2013.
- [6] J. Park, H. Kim, Y.-W. Tai, M. S. Brown, and I. Kweon, “High quality depth map upsampling for 3D-TOF cameras,” in *Proc. IEEE Int. Conf. Computer Vision (ICCV)*, pp. 1623-1630, Barcelona, Spain, Nov. 2011.
- [7] K. Khoshelham and S. O. Elberink, “Accuracy and resolution of kinect depth data for indoor mapping applications,” *Sensor*, vol. 12, no. 2, pp. 1437-1454, Feb. 2012.
- [8] R. A. Hamzah and S. I. Salim, “Software calibration for stereo camera on stereo vision mobile robot using Tsai’s method,” *Int. J. Computer Theory Eng. (IJCTE)*, vol. 2, no. 3, pp. 390-394, June 2010.
- [9] H. Shin, S. Kim, and K. Sohn, “Hybrid stereoscopic camera system,” *J. Korean Soc. Broadcast Eng. (KOSBE)*, vol. 16, no. 4, pp. 602-613, July 2011.
- [10] C. Lee, H. Song, B. Choi, and Y.-S. Ho, “Multi-view generation using high resolution stereoscopic cameras and a low resolution Time-of-Flight camera,” *J. Korea Inst. Commun. Inform Sci. (KICS)*, vol. 37A, no. 4, pp. 239-249, Apr. 2012.
- [11] J. Zhang, L.-H. Wang, D.-X. Li, and M. Zhang, “High quality depth maps from stereo matching and ToF camera,” in *Proc. Int. Conf. Soft Comput. Pattern Recognition (SoCPaR)*, pp. 68-72, Dalian, China, Oct. 2011.
- [12] J. Kopf, M. Cohen, D. Lischinski, and M. Uyttendaele, “Joint bilateral upsampling,” *ACM Trans. Graphics*, vol. 26, no. 3, Article no. 96, July 2007.
- [13] G.-C. Lee and J. Yoo, “Real-time virtual-view image synthesis algorithm using Kinect camera,” *J. Korean Inst. Commun. Inform. Sci. (KICS)*, vol. 38c, no. 5, pp. 409-419, May 2013.
- [14] B. Mediburu, *3D Movie Making*, Focal Press, 2009.
- [15] A. R. Smith and J. F. Blinn, “Blue screen matting,” in *Proc. SIGGRAPH '96*, pp. 259-268, New Orleans, U.S.A., Aug. 1996.
- [16] M. Ben-Ezra, “Segmentation with invisible keying signal,” in *Proc. IEEE Conf. Computer Vision Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 32-37, Hilton Head Island, U.S.A., June 2000.
- [17] I. Schiller and R. Koch, “Improved video segmentation by adaptive combination of depth keying and Mixture-of-Gaussians,” *Lecture Notes in Computer Sci., Image Analysis*, vol. 6688, pp. 59-68, May 2011.
- [18] S.-C. Kwon, J.-H. Kim, K.-C. Son, and A. Hamacher, “Acquisition of stereo composite images by depth keying in three dimensional space,” *J. Korean Soc. Computer Game*, vol. 26, no. 2, pp. 139-145, June 2013.

권 순 철 (Soon-chul Kwon)



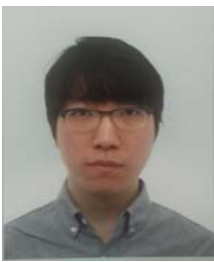
2002년 2월 한양대학교 산업공
학과 공학사

2008년 8월 광운대학교 디지털
콘텐츠학과 공학석사

2012년 8월 광운대학교 정보디
스플레이 공학박사

<관심분야> 융합콘텐츠, 3D디
스플레이, 홀로그래피

강 원 영 (Won-young Kang)



2009년 2월 Fairleigh Dickinson
Univ. Dept. Computer Art

2013년 3월~현재 광운대학교
미디어영상콘텐츠 석사과정

<관심분야> 3D콘텐츠, 컴퓨터
아트

정 영 후 (Yeong-hu Jeong)



2012년 2월 우송대학교 게임멀
티미디어학과 졸업

2012년 9월~현재 광운대학교
게임학과 석사과정

<관심분야> 3D 컴퓨터 그래
픽, HTML5

이 승 현 (Seung-hyun Lee)



1984년 2월 광운대학교 전자공
학과 공학사

1986년 2월 광운대학교 전자공
학과 공학석사

1993년 2월~현재 광운대학교
전자공학과 공학박사

1992년 3월~현재 광운대학교

정보콘텐츠대학원 교수

<관심분야> 3D 융합기술, 디지털 홀로그래피