

---

# 깊이지도를 이용한 3D 파노라마 생성에 관한 연구

조승일\* · 김종찬\* · 반경진\* · 김응곤\*

## A Study on 3D Panoramic Generation using Depth-map

Seung-Il Cho\* · Jong-Chan Kim\* · Kyeong-Jin Ban\* · Eung-Kon Kim\*

### 요 약

컴퓨터 그래픽스 적용분야에서 표현되는 모습들은 현실 세계의 모습을 기반으로 컴퓨터 비전(Computer Vision) 분야에서는 사실적인 3D(Dimension) 모델 또는 가상 환경을 구축하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 3D 디스플레이의 발전과 보급으로 인해 사용자들이 입체감 있는 3차원 가상현실을 손쉽게 접할 수 있게 됨에 따라 가상현실 콘텐츠에 대한 수요가 증가되고 있다. 본 논문은 소실점 위치에 따른 깊이지도 생성 기법을 이용하여 3D 파노라마 시스템을 제안했다. 3D 파노라마는 사용자에게 마치 촬영 장소에 서서 주위를 살펴보는 것과 같은 입체감 있는 효과가 나타난다. 또한, 3D 파노라마 시스템은 넓은 영역에 대해 근거리의 사물과 원거리의 배경에 대한 자유로운 시점과 변함없는 고화질의 사진과 같은 현실감 있는 3차원 입체영상이 제공된다.

### ABSTRACT

Computer vision research area, a division of computer graphics application area that creates realistic visualization in computer, conducts vigorously researches on developing realistic 3D model or virtual environment. As the popularization and development of 3D display makes common users easy to experience a solid 3D virtual reality, the demand for virtual reality contents are increasing. This paper proposes 3D panorama system using depth point location-based depth map generation method. 3D panorama using depth map gives an effect that makes users feel staying at real place and looking around nearby circumstances. Also, 3D panorama gives free sight point for both nearby object and remote one and provides solid 3D video

### 키워드

Virtual Environment, Panorama, Depth-map, Stitching  
가상현실, 파노라마, 깊이지도, 스티칭

## 1. 서론

3차원 가상환경은 입체적 시각 정보를 통해서 사용자가 가상환경을 현실로 받아들이고 마치 현장에 위치해 있는 것과 같은 감각을 느끼게 하는 것으로 교

육, 광고, 홈쇼핑, 군사훈련, 모의실험 및 의료분야 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 3차원 가상환경은 사용자의 몰입감을 높이기 위해 최대한 현실과 같은 모습을 제공해야 한다. 최근 3D 디스플레이의 발전과 보급으로 인해 사용자들이 입체감 있는 3차원

---

\* 순천대학교 컴퓨터학과(blindcho@hanmail.net)

\* 순천대학교 컴퓨터학과(seaghost@sunchon.ac.kr)

\* 순천대학교 컴퓨터학과(multwave@sunchon.ac.kr)

\*\*교신저자 : 순천대학교 컴퓨터학과(kek@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2011. 10. 28

심사(수정)일자 : 2011. 11. 30

게재확정일자 : 2011. 12. 12

가상현실을 손쉽게 접할 수 있게 됨에 따라 가상현실 콘텐츠에 대한 수요는 다양한 분야에서 기하급수적으로 증가하고 있다.

기존의 3차원 가상환경은 컴퓨터 그래픽 모델링 저작도구를 통해 만들어지는 것이 일반적이다. 그러나 모델링 저작도구를 통해 사실감 있는 가상 환경을 구축하는 것은 많은 시간과 노력을 요구한다. 실제 환경과 비슷한 가상 환경을 만들기 위해서는 실제 환경에 존재하는 것들을 모두 측정하고 모델링한 다음, 가상 환경에 위치시켜야 하기 때문이다. 또한 이러한 노력을 들이고도 실제 환경과 동일하지 않으므로 사용자가 현실감을 느끼기 어렵다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 실제 환경을 촬영한 이미지들을 기반으로 3차원 가상 환경을 구축하는 영상 기반 가상현실 시스템(IBVR: Image-based Virtual Reality system)들이 제안되고 있다. 이 방법은 실제 환경을 촬영한 이미지들로부터 얻은 정보를 바탕으로 임의의 시점에서 그 환경이나 사물들에 대한 사진과 같은 사실적인 영상을 제공하므로 현실감이 높다. 또한 기존의 3D 모델링 과정이 필요 없기 때문에 구축에 드는 비용이 적으며 출력 영상의 생성 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있다. 따라서 이미지 기반의 영상 합성 및 처리를 통한 3차원 입체 영상 생성에 대한 국내외 연구가 활발히 진행 중에 있다 [1][2].

본 논문에서는 2차원 영상에서 3차원 공간 구조 복원에 필요한 깊이지도 생성 기법의 단점을 보완하여, 기존 연구에서 정의 되지 않은 소실점 위치에 따른 깊이지도 생성 기법을 이용하여 3D 파노라마 시스템을 제안했다. 깊이 지도를 이용한 3D 파노라마는 사용자에게 마치 촬영 장소에 서서 주위를 살펴보는 것과 같은 입체감 있는 효과가 나타난다. 제안한 시스템을 이용하면, 3D 가상환경은 넓은 영역에 대해 근거리의 사물과 원거리의 배경에 대한 자유로운 시점과 변함없는 고화질의 사진과 같은 현실감 있는 3차원 입체영상이 제공된다.

## II. 관련연구

### 2.1. 이미지 모자이크

이미지 모자이크 (Image Mosaic)는 영상 획득 장비를 이용하여 여러 장면(scene)에 대한 이미지들을 촬영한 후, 이들을 결합하여 사용자가 주위의 모든 방향을 바라볼 수 있도록 합성된 영상을 의미한다. 카메라와 같은 영상 획득 장비로 얻은 단일 영상과 비교해 모자이크는 하나의 장면에 대한 넓은 시야 (FOV: Field Of View)를 제공한다는 장점 때문에 현재 상업적으로도 많이 사용되고 있다. 모자이크는 많은 다양한 분야에 사용될 수 있다. 예를 들면, 잠수함의 네비게이션을 위한 지도 제작, 항공 또는 위성사진을 이용한 지도 제작, 그 밖에도 여러 과학 분야에 사용될 수 있다[3][4][5].

또한, 일련의 영상들을 결합하여 파노라믹 영상 모자이크를 구성하는 영상 기반 가상현실 시스템(IBVR: Image-based Virtual Reality system)을 제작하는데 있어 가장 기본이 되는 모델링 과정중의 하나이다. 최근, 영상 기반 가상현실 시스템은 컴퓨터 비전뿐만 아니라 컴퓨터 그래픽스 영역에서도 많은 관심의 대상이 되고 있다. 이는 기존의 3차원 모델에 기반한 가상현실 시스템들과 비교해, IBVR 시스템이 사실감을 제공할 뿐만 아니라 렌더링 과정도 간단하다는 장점 때문이다. 이와 같은 방법은 2차원을 기반으로 한 영상 모자이크를 위해 제안된 방법으로 네비게이션이 가능한 3차원 가상 환경을 구성하기에는 적절하지 않다.

### 2.2. 파노라마 VR

파노라마 VR이란 자신의 위치에서 주변의 전경을 보여주는 것이다. 마치 자신이 그 장소에 있는 듯한 느낌을 줄 수가 있으며, 당시에 일어나 있는 상황들을 재연할 수 있다. 이러한 효과를 얻기 위해 파노라마 기법이 사용된다. 실세계의 환경을 한 번에 촬영한 360°의 이미지를 옴니(Omni)이미지 또는 전방향 이미지라 하고 이를 실린더 형태나, 구형, 직사각형으로 전화한 이미지를 파노라믹 영상이라 한다.

파노라마 영상을 생성하기 위해서는 360° 배경을 여러 각도로 세분하여 앞장과 뒷장의 사진이 3분에 1 정도 서로 겹치게 돌아가면서 촬영을 하고 이들 각각의 이미지를 스티치(stitch) 알고리즘을 적용시켜 매끄럽게 이어 파노라마를 생성한다. 대표적인 기술로는 Interactive Picture사의 IPIX, IBM사의 HotMedia, Apple사의 QuickTime VR과 Live Picture사의

RealityStudio 등이 제품화되어 사용되고 있으며 파노라마를 생성하는 여러 방법들에 대한 연구가 이루어져왔다[6][7][8].

파노라마 VR은 손쉽게 가상환경을 구축할 수 있으며 실세계와 똑같은 사진 같은 영상을 제공한다는 장점을 가지고 있어 아파트 내부, 가상 전시관 홍보와 같은 특정 공간을 표현하는 용도로 활용되고 있다. 파노라마 VR은 2차원 이미지만을 활용하므로 입체감이 떨어지고 촬영한 장소의 시점으로만 사물을 바라볼 수 있어 시점이 한정되며 다양한 네비게이션 기능을 제공하지 못한다.

### 2.3. 깊이 지각 요소

3차원 영상을 만들어 내기 위해서는 인간의 깊이 인지 요소에 대한 이해가 필수적이다. 사물의 크기, 거리 또는 깊이를 결정하는 지각 과정에는 여러 가지 단서들이 사용된다. 이러한 단서들은 크게 단안 단서와 양안 단서의 두 종류로 나누어진다. 단안 단서란 한 눈에 의해 수집된 정보가 단서로 사용되는 경우를 말하며, 양안 단서는 양 눈에 의해 수집된 정보가 조합되어 하나의 단서로서 사용되는 경우를 말한다.

깊이 지각에 영향을 미치는 단안 단서들에는 중첩, 선형 조망, 대기 조망, 상 높이, 질의 밀도 변화, 그림자 등이 있다. 그 밖의 깊이 지각에 중요한 단안 단서로는 운동 시차 (motion parallax)와 원근 조절 초점 맞추기 (accomodation)가 있다. 중첩이란 한 사물이 다른 사물의 일부를 가리게 되면 그 사물이 다른 사물보다 앞쪽에 나와 있는 것으로 지각되는 것을 말하며, 선형 조망은 평행한 도로의 모서리들이 한 점을 향해 수렴하면서 깊이에 비례하여 좁아지는 것을 말한다. 대기 조망은 멀리 있는 물체일수록 윤곽이 흐리고 뿌옇게 보이는 것을 말하며, 상의 높이는 시야의 위쪽에 있는 물체가 아래쪽에 있는 물체보다 더 멀리 있는 것으로 보이는 것을 의미한다, 그리고 그림자는 물체들이 입체감을 갖게 하는 효과가 있다. 운동 시차는 강력한 깊이 단서로서 물체의 이동 속도가 관찰자로부터의 거리에 반비례 하여 빨리 움직이는 것처럼 지각되는 것이다. 예를 들어, 기차를 타고 여행할 때 관찰자 와 가까운 나무들은 매우 빠른 속도로 움직이고, 먼 곳에 있는 물체는 기차가 가는 방향과 같은 쪽으로 천천히 움직이는 것처럼 보이는 것을 말한다. 원

근 조절은 눈으로 특정 영역을 주시할 때, 대상물의 위치에 따라 수정체의 초점 거리가 변하는 것으로, 망막에 맺히는 영상은 눈의 수정체를 긴장시키고, 이완시키는 눈 근육의 움직임에 의해 초점 거리를 변화시킨다. 가까운 곳에 초점을 맞출 때에는 수정체가 두꺼워지며 먼 거리의 물체를 볼 때는 수정체가 얇아지는 특징을 갖는다.

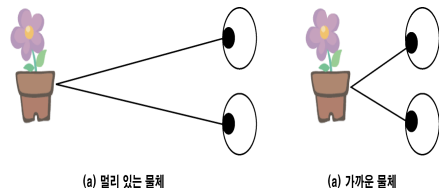


그림 1. 시선 수렴  
Fig. 1 Eye convergence

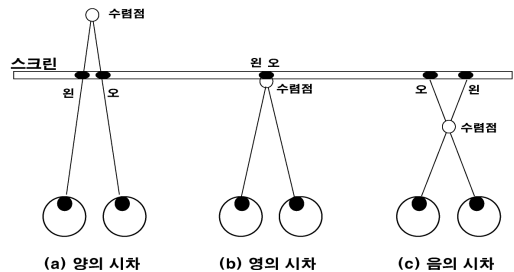


그림 2. 양안 시차의 종류  
Fig. 2 Type of binocular parallax

양안 단서로는 시선 수렴 (convergence)과 양안 시차 (binocular disparity)가 있다. 시선 수렴은 물체가 관찰자에게 다가갈 때, 눈이 물체에 몰리도록 안구가 안쪽으로 수렴하는 것과, 반대로 먼 곳의 대상물을 볼 때에는 광각을 좁히기 위해 수정체의 중심 쪽으로 수렴하는 것을 말한다. 그림 1은 시선 수렴의 원리를 나타낸다. 양안 시차는 사람의 눈이 실세계를 볼 때에 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 망막에 서로 다른 상이 맺히는 것을 의미한다. 양안 시차에는 양의 시차, 영의 시차, 음의 시차가 존재한다. 양의 시차(positive parallax)는 관측점이 입체 평면보다 멀리 있는 경우를 말하며, 시차가 0보다 크며 깊이 효과를 나타낸다. 영의 시차(zero parallax)는 관측점이 입체 평면과 같은 거리에 있는 경우를 말하며, 음의 시차(negative

parallax)는 입체 평면보다 가까이 있는 경우를 말하고 시선이 교차할 때 발생하며 입체감의 돌출 효과를 나타낸다. 그림 2는 양안 시차의 세 가지 형태를 보여준다. 양안 단서는 좌우 망막에 맺히는 상의 차이로부터 얻어지며 가까운 거리에서 효과적이다. 그러나 10m 이상의 거리에서는 단안 단서가 더 중요한 입체 정보를 제공한다[9].

### III. 카메라 모델 생성

렌즈에 의한 왜곡이 없는 일반적인 카메라에 의하여 3차원 공간상의 점  $X = (X, Y, Z)$ 이 2차원의 이미지 면에 투영되어 얻어진 점을  $x = (x, y)$ 라고 하면,  $X$ 와  $x$ 와의 관계는 다음과 같이 모델링된다.

$$u = \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = K(RX+t) \tag{1}$$

$$= \begin{bmatrix} f & s & x_c \\ 0 & af & y_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix}$$

$$x = \frac{u}{v}, y = \frac{v}{w} \tag{2}$$

여기에서  $u$ 는  $x$ 를 Homogeneous Coordinates로 표시한 벡터이고,  $K$ 는 Camera Calibration Matrix로써, 카메라 좌표계 상에서 3D 포인트와 그것이 투영되어 얻어진 이미지 면에서의 2D 포인트와의 관계를 나타내고,  $R$ 과  $t$ 는 카메라의 Rotation Matrix와 Translation Vector로써, 월드 좌표계와 카메라 좌표계 사이의 변환 관계를 나타낸다. 행렬  $K$ 에 포함되어 있는 파라미터들을 카메라의 Internal Parameter라고 부르는데,  $f$ 는 Focal Length(초점거리),  $Q$ 는 픽셀의 Aspect Ratio,  $s$ 는 Skew,  $(X_c, Y_c)$ 는 Principal Point를 나타낸다.

카메라의 투영 중심 (Projection Center)를 고정시키고 카메라를 일정량만큼 회전시킨 후에 얻은 이미지  $I_1$  회전시키기 전에 얻은 이미지  $I_0$  사이의 픽셀의 대응 관계를 나타낸다. 회전하기 전의 카메라의 Rotation Matrix와 Translation Vector를 각각  $R_0$ 와  $t_0$ 라고 하고, 회전한 후의 것을  $R_1, t_1$ 이라고 한다.

편의상 카메라의 투영 중심을 월드 좌표계의 원점과 일치시키면,  $t_0 = t_1 = 0$ 가 된다. 3차원 공간상의 한 점  $X$ 가  $I_0$ 와  $I_1$ 에 투영되어 얻어진 점의 Homogeneous Vector를 각각  $u_0$ 와  $u_1$ 이라고 하면,

$$u_1 = KR_1X = KR_1R_0^{-1}K^{-1}u_0 = KR_{01}K^{-1}u_0 = H_{u_0} \tag{3}$$

즉, 카메라를 회전시켜서 얻은 두 이미지 사이의 픽셀의 대응 관계는  $3 \times 3$ 의 행렬  $H$ 에 의해 표현되는데, 이것을 Planar Homography라고 한다. Homogeneous Vector에 0이 아닌 임의의 실수를 곱하더라도 그것에 대응되는 이미지 포인트는 같다는 점을 고려하면,  $H$  또한 스케일에 상관없이 정의된다. 따라서 Planar Homography는 9개가 아닌 8개의 파라메타에 의해 정의된다. 실제로  $H = KR_{01}K^{-1}$ 에서  $K$ 에 포함되어 있는 파라메타 수는 5개 이고,  $R_{01}$ 에 포함되어 있는 파라메타 수는 3개이므로,  $H$ 를 구성하는 독립적인 파라메타 수는 8개가 됨을 알 수 있다. 이러한 Homography를 8-Parameter Homography라고 한다 [10].

두 이미지가 주어졌을 때, 두 이미지 사이의 픽셀의 대응 관계  $H$ 를 알아내는 것을 Image Registration이라고 한다.  $H$ 는 일반적으로 4개 이상의 대응점이 주어지면 구할 수 있으나, 정확한  $H$ 를 구하기 위해서는 세심한 주의가 필요하다. 표 1은 단순화된 모델에 대부분의 카메라는 다음의 조건을 만족한다.

표 1. 단순화된 모델의 카메라 조건  
Table 1. Camera condition of simplified model

조건) - 픽셀들은 대부분 Square Pixel이므로 픽셀의 Aspect Ratio는 $a = 1$ 을 만족한다. - 이미지 면을 이루는 CCD Cell들은 대부분 직각으로 배치되므로 Skew 성분은 $s = 0$ 를 만족한다. - 카메라의 Optical Axis는 CCD Array의 중심을 통과한다고 가정해도 무방하므로 Principal Point $(x_c, y_c)$ 는 이미지의 중심과 일치한다.
--

따라서 단순화된 모델에서는  $H$ 에 포함된 독립적인

파라메타의 수는 4개(초점거리  $f$ 와  $R_{01}$  에 포함된 3개의 회전각)가 되는데, 이것을 4-Parameter Homography라고 한다[11].

일반적인 Rotation Matrix  $R$  은 다음과 같이 분해된다.

$$R = R(\psi)R(\theta)R(\varnothing) \quad (4)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & \sin\psi \\ 0 & -\sin\psi & \cos\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\varnothing & \sin\varnothing & 0 \\ -\sin\varnothing & \cos\varnothing & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

식(4)에서  $R(\psi), R(\theta), R(\varnothing)$  각각  $X, Y, Z$ 축을 중심으로 한 회전변환을 나타내는 행렬이며,  $\psi, \theta, \varnothing$ 를 Euler Angle 이라고 한다. 단순화된 모델에서 Planar Homography  $H$ 가 주어졌을 때,  $K$ 와  $R$ 을 구하는 방법은 다음과 같다. 행렬  $K$ 는 다음과 같이 분해 될 수 있다.

$$K = K_c K_f = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_c \\ 0 & 1 & y_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

식(3)에 대입하면,

$$K_f R K_f^{-1} = K_c^{-1} H K_c = \hat{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad (6)$$

따라서

$$R = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13}/f \\ h_{21} & h_{22} & h_{23}/f \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$R$ 은 Orthogonal Matrix이므로 다음의 식을 만족한다.

$$h_{11}^2 + h_{12}^2 + \frac{h_{13}^2}{f^2} = h_{31}^2 f^2 + h_{32}^2 f^2 + h_{33}^2 \quad (8)$$

식(8)로부터  $f$ 를 구한 후, 식(7)에 대입하여  $R$ 을 구한다. 현실적으로 360도 파노라마 형상을 얻기 위하여 촬영 시 광각 렌즈를 많이 사용하기 때문에, 렌즈 왜곡 현상을 고려해야만 보다 넓은 범위에서 알고리

즘의 적용이 가능하다.  $(x_d, y_d)$ 를 원 이미지(즉, 렌즈 왜곡이 있는 이미지)에서의 픽셀의 좌표라고 하고,  $(x_u, y_u)$ 를 렌즈 왜곡이 제거된 이미지에서의 대응되는 픽셀 좌표를 나타낸다. 그리고,  $(x_c, y_c)$ 를 원 이미지의 중심 좌표라고 하면,  $(x_d, y_d)$  주어졌을 때,  $(x_u, y_u)$ 는 다음과 같이 주어진다[12].

$$\begin{aligned} x_u &= (x_d - x_c)(1 + k_1 r_d^4 + k_2 r_d^4 + \dots) + x_c \\ y_u &= (y_d - y_c)(1 + k_1 r_d^2 + k_2 r_d^4 + \dots) + y_c \\ r_d &= \sqrt{(x_d - x_c)^2 + (y_d - y_c)^2} \end{aligned} \quad (9)$$

여기에서  $k_1, k_2$ 를 Radial Distortion Coefficients라고 한다. 대부분의 경우 첫 번째 Radial Distortion Coefficient 항만 고려해도 충분하므로  $k = k_1$ 이라고 하면, 식 (9)는 다음과 같이 간략화 된다.

$$\begin{aligned} x_u &= (x_d - x_c)(1 + k r_d^2) + x_c \\ y_u &= (y_d - y_c)(1 + k r_d^2) + y_c \end{aligned} \quad (10)$$

반대로  $(x_u, y_u)$ 이 주어졌을 때,  $(x_d, y_d)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$x_d = \frac{x_u - x_c}{1 + k r_d^2} + x_c, y_d = \frac{y_u - y_c}{1 + k r_d^2} + y_c \quad (11)$$

식 (12)에서

$$r_d^2 = h(k) + \frac{1}{9h(k)k^2} - \frac{2}{3k}, \quad (12)$$

$$h(k) = \left( \sqrt{\left( \frac{1}{27k^3} + \frac{r_u^2}{2k^2} \right)^2} - \frac{1}{729k^6} + \frac{1}{27k^3} + \frac{r_u^2}{2k^2} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (13)$$

$$r_d^2 = (x_u - x_c)^2 + (y_u - y_c)^2 \quad (14)$$

나타낸다.

#### IV. 깊이지도를 이용한 3D 파노라마 시스템

깊이지도를 이용한 3D 파노라마 이미지 생성은 로테이터와 같은 특수 장비 없이 삼각대만을 이용해서 고품질의 깊이지도 파노라마 이미지를 생성할 수 있

다. 카메라가 지면과 수평을 이루지 않은 상태로 촬영된 사진들도 붙이는 것이 가능하다. 입력 사진들 사이에 존재하는 밝기의 차이를 자동으로 보정하고, 원통이나 구(sphere) 투영 파노라마 이미지를 생성한다. 그림 3은 카메라 회전 촬영 방향을 나타낸다.



그림 3. 카메라 회전 촬영 방향  
Fig. 3 Camera rotate taken direction

카메라를 한 곳에 고정시킨 채 물체를 회전 시키면서 찍은 다수의 영상들을 이어서 붙여서 360도를 포함하는 광각의 파노라마 이미지를 생성해낸다. 생성된 깊이도 파노라마 시스템은 사용자에게 마치 촬영 장소에서 서서 주위를 살펴보는 것과 같은 효과가 나타난다.

깊이도 추출은 영상에서 노이즈를 제거하기 위하여 메디언 필터를 적용한다. 전처리를 통한 입력 영상에 캐니 에지 추출을 통하여 에지를 검출하고 허프 변환을 통해 소실선을 검출한다. 검출된 소실선들의 교점을 통해 소실점으로 지정한다. 소실점은 3차원 공간에서 평행한 직선은 2차원 평면의 투시영상에서 먼 거리일수록 간격이 좁아져서 마지막에 한 점을 말한다. 소실점에서 만나는 직선을 소실선(vanishing lines)이라고 한다.

소실점은 영상 위치에 따라서 깊이 단계가 달라져야 하므로 영상과 소실점 간의 대응되는 소실점의 위치 범위를 정의하였다. 정의된 소실점의 위치 범위를 기준으로 기준면에 대한 표준 깊이 단계를 생성하고, 인접한 소실선을 선형보간하여 깊이도 생성한다.

깊이도 생성은 세단계로 구분한다. 제 1단계인 에지 검출은 입력 영상에 대한 전처리 과정으로 메디언 필터를 적용하여 노이즈를 감소시키고, 캐니 에지를 적용하여 기하학적 특성을 추출한다. 제 2단계인 소실선 및 소실점 생성 단계는 허프 변환 적용을 통해 직선을 추출하고 직선들의 교점을 구하고, 정의된 소실점의 위치 범위를 통해 소실점의 위치를 추정한다. 마지막 3단계인 소실점 위치 추정 및 깊이도 생

성 단계는 소실점의 위치 범위를 통해 소실점의 위치를 추정하고, 깊이 단계를 설정하며, 최종적으로 소실점의 위치를 기반으로 깊이도를 생성한다.

이미지 스티칭 기법은 영상처리 분야에서 일정한 각도로 촬영한 영상들을 이음새 없이 펼쳐진 형태로 만드는 작업이다. 한 대 이상의 카메라에서 획득된 다수의 영상은 영상합성 절차를 걸쳐 끊김 없는 하나의 파노라마 영상으로 생성한다.

파노라마 영상 획득을 위해 사용된 카메라들은 위치와 방향이 서로 다르기 때문에 영상들 간의 중첩부분을 찾고 기하학 보정을 해야 끊김 없는 하나의 파노라마 영상을 만들 수 있다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 깊이도를 이용한 3D 파노라마 시스템의 전반적인 개요를 나타낸다. 그림 5는 영상에서 추출된 깊이 지도를 기반으로 스티칭하여 깊이도 파노라마를 생성하고 이미지를 매칭시켜 3D 파노라마 영상을 구현하는 과정을 나타낸다.



그림 4. 깊이도를 이용한 3D 파노라마 시스템 구성도

Fig. 4 3D panorama system components using depth map

## V. 결 론

2차원 영상에서 깊이도 생성 기법의 단점을 보완하여, 소실점 위치에 따른 깊이도 생성 기법을 이용하여 3D 파노라마 시스템을 제안했다. 깊이 지도를 이용한 3D 파노라마는 사용자에게 마치 촬영 장소에서 서서 주위를 살펴보는 것과 같은 입체감 있는 효과가

나타난다. 3D 파노라마 시스템은 근거리 사물과 원거리 배경에 대한 자유로운 시점과 변함없는 고화질의 사진과 같은 현실감 있는 3차원 입체영상이 제공된다.

본 논문을 이용하면 기존의 2D 파노라마 기술이 지닌 한계를 극복하고 사용자에게 자연스런 네비게이션을 제공함으로써 보다 큰 현실감과 몰입감을 제공할 것으로 사료된다. 이는 영상 기반 가상현실 시스템을 구축하는 데 활용될 수 있는 가능성을 제시하여 많은 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 입체 영상 생성을 위해서는 근거리뿐만 아니라 원거리에서도 정확한 3D 깊이 정보가 필요하다.

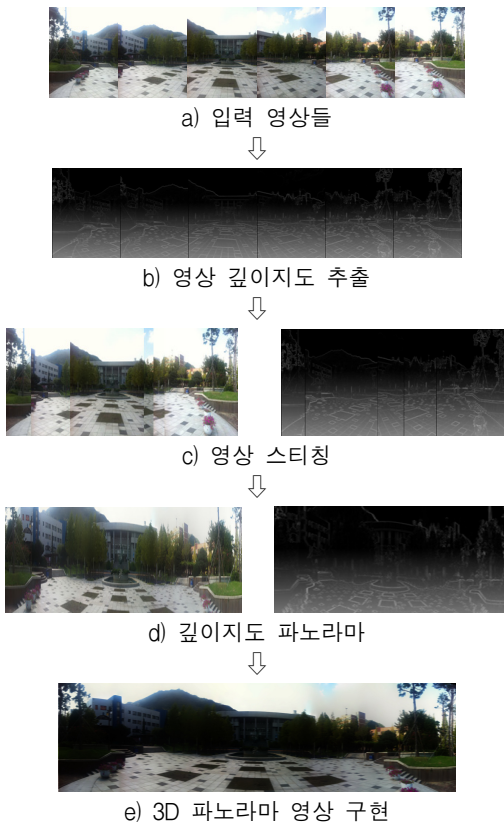


그림 5. 깊이지도 이용한 3D 파노라마 영상  
Fig. 5 3D panorama images using depth-map

향후과제로는 영상 처리 및 해석 기술을 포함한 컴퓨터 비전 기술과 해석된 영상으로부터 실감형 미디어 영상을 구성하기 위한 컴퓨터 그래픽스 기술을 기반으로,

구현된 영상과 사용자간의 상호작용(interaction)을 위한 실감형 다중 스케일 3D 가상환경을 제작할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] D. Burschka et al, "Recent Methods for Image-Based Modeling and Rendering", IEEE Virtual Reality, pp. 299-231, Mar., 2003.
- [2] H. K. Shum, S. B. Kang, and S. C. Chan, "Survey of image-based representations and compression techniques," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 13, No. 11, pp. 1020-1037, Nov., 2003.
- [3] R. Szeliski, "Image mosaicing for tele-reality applications," Proc. of the IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 44 - 53, 1994.
- [4] X. Xu, and S. Negahdaripour, "Vision-based motion sensing from underwater navigation and mosaicing of ocean floor images," Proc. of the MTS/IEEE OCEANSCONference, Vol. 2, pp. 1412 - 1417, 1997.
- [5] R. Garcia, X. Cufí, X. Muñoz, L. Pacheco, J. Batlle, "An image mosaicing method based on the integration of grey level and textural features," IX Simposium Nacional de Reconocimiento de Formas y Análisis delmágenes (SNRFAI), Benicassim, Castellón, 2001.
- [6] S. E. Chen, "Quicktime VR - an image-based approach to virtual environment navigation," in ACM Computer Graphics (SIGGRAPH'95), pp. 29-38, Aug., 1995.
- [7] L. Juan and O. Gwun, "SURF applied in panorama image stitching," 2010 2nd International Conference on Image Processing Theory Tools and Applications (IPTA), pp. 495-499, Jul., 2010.
- [8] M. Brown and D. G. Lowe, "Automatic panoramic image stitching using invariant features," International Journal of Computer Vision, Vol. 74, No. 1, pp. 59-73, 2007.
- [9] K. J. Ban, J. C. Kim and E. K. Kim, "An Object Representation System Using Virtual Space Coordinates," KIMICS, Vol. 8, No. 4, Aug., 2010.
- [10] R. Szeliski, Video Mosaics for Virtual Environments, IEEE Computer Graphics and

- Applications, Vol. 16, No. 2, pp. 22-30, 1996.
- [11] R. Szeliski and H. Y. Shum, Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps, Proc. SIGGRAPH, 1997.
- [12] N. Chiba, M. Minoh, and H. Kano, Feature-Based Lens Distortion Correction for Image Mosaicing, Proc. IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA), 2000.

### 저자 소개



#### 조승일(Seung-Il Cho)

1992년 조선대학교 수학교육과  
(학사)

2001년 순천대학교 컴퓨터교육과  
(교육학 석사)

2003년 3월~현재 순천대학교 컴퓨터과학과 박사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI, 3D Animation, Multimedia Design, VR AR, Image Processing, Games



#### 김종찬(Jong-Chan Kim)

2000년 순천대학교 전자계산학과  
(이학사)

2002년 순천대학교 컴퓨터과학과  
(이학석사)

2007년 순천대학교 컴퓨터과학과(이학박사)

※ 관심분야 : 3D Animation, Multimedia Design, HCI, Contents Design, Computer Graphics, Games



#### 반경진(Kyeong-Jin Ban)

2003년 순천대학교 컴퓨터과학과  
(이학사)

2005년 순천대학교 컴퓨터과학과  
(이학석사)

2010년 순천대학교 컴퓨터과학과(이학박사)

2009년 ~ 순천대학교 컴퓨터공학과 시간강사

※ 관심분야 : Computer Graphics, HCI, VR, AR Games



#### 김응곤(Eung-Kon Kim)

1980년 조선대학교 (공학사)

1986년 한양대학교(공학석사)

1994년 조선대학교(공학박사)

1993년 3월 ~ 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : Computer Graphics, HCI, 3D Animation, Multimedia Design, VR Contents Design, Image Processing, Games