

다중영상으로부터 360도 파노라마 생성

조준성[○], 이범중, 박중승
인천대학교 컴퓨터공학과
(dwizard,leeyanga,jong}@incheon.ac.kr

Creating Full View Panorama Image from Multiple Images

Jun-Seong Joe[○], Bum-Jong Lee, Jong-Seung Park
Department of Computer Science and Engineering, University of Incheon

요 약

단일 영상의 시야각 한계를 극복하기 위해 다중 영상으로부터 하나의 파노라마 영상으로 만들 수 있다. 파노라마 영상은 좌우 360도까지의 시야각을 확보할 수 있어서 복잡한 실제 환경을 가상 환경에서의 배경으로 사용하고자 할 경우에 유용하다. 본 논문에서는 가상 환경에서의 배경으로 사용할 수 있는 파노라마 영상 생성 기법을 제안한다. 다중 영상들을 촬영하고 이를 사용하여 하나의 구형 파노라마 영상을 생성한다. 상하 시야각을 180도까지 확보하기 위한 제작 기법을 제시한다. 또한 생성된 구형 파노라마 영상으로부터 3차원 렌더링에 적합한 텍스처로의 변환과정을 제시한다. 실제 환경을 가상화할 시에 파노라마 배경을 사용하면 조밀한 배경을 3차원적으로 모델링하지 않고도 배경을 3차원적으로 표현할 수 있으므로 제안된 기법은 가상현실 응용에 유용하게 사용될 수 있다.

1. 서론

최근, 컴퓨터 기술의 발전과 함께 가상현실(Virtual Reality)기술이 눈부시게 발전하고 있다. 가상현실 기술은 사용자에게 시각적으로 풍부한 원격 현장감을 주거나 가상 체험을 할 수 있도록 해주는 목적으로 이용되기도 한다. 가상현실에서의 가상세계는 높은 현실감을 사용자에게 제공해 주도록 제작되어야 한다. 특히 가상공간에서의 배경은 현실감의 중요한 요소이다. 가상현실 시스템에서 가상 환경은 실제세계의 환경으로부터 만들어 내는 방법과 3차원 공간을 바탕으로 컴퓨터 그래픽스에 의해 제작된 두 가지의 형태가 있다. 3차원 공간을 바탕으로 만들어지는 가상 환경은 복잡한 모델링 작업과 실시간으로 가상 환경을 만들어내기 위한 특별한 하드웨어가 필요하고, 영상의 복잡도가 제한되어 있어 현실감이 있는 가상 환경을 표현하기가 힘든 반면, 실제세계의 환경으로부터 만들어 내는 가상 환경은 저렴한 하드웨어의 사용으로도 쉽게 표현이 가능하다.

실세계의 환경으로부터 표현된 가상 환경은 파노라마 영상을 사용함으로써 얻을 수 있다[3]. 이러한 파노라마 영상은 사용자 주변의 여러 방향에 대하여 영상을 촬영한 후 사용자가 주위의 모든 방향을 바라볼 수 있도록 하기 위해 단일 영상들을 결합하여 합성한 영상을 의미한다.

파노라마 영상을 얻는 방법은 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 파노라마용 카메라를 사용하는 방법과 일반 카메라를 사용하는 방법이 있다. 파노라마용 카메라를 사용하는 방법으로 특별한 어안 렌즈(fish eye lens)와 같은 넓은 시야각(field of view)을 가지는 장치를 사용하는 방법이 있다. 또한 긴 한조각의 필름에 영상을 기록할

수 있는 파노라마 카메라를 사용하는 방법도 있다. 일반 카메라만을 사용하는 방법으로, 일반 카메라로 규칙적인 일련의 영상들을 촬영하고 이를 정렬시킨 후 혼합하여 파노라마 영상을 생성할 수 있다. 일반 카메라를 위한 소프트웨어로 QuickTime VR[1], Surround Video, Photovista 등이 있다. 이들은 제한적인 시야를 가지는 원통형 파노라마(cylindrical panorama) 혹은 구형 파노라마(spherical panorama)를 제공한다. 또한 PhotoBubble, Infinite Pictures, RealVR 등과 같은 완전한 시야를 가지는 구형 파노라마를 제공하는 소프트웨어들이 있다.

완전한 시야가 제공되는 파노라마 영상을 얻게 되면, 이를 토대로 가상현실과 같은 현장감을 얻기 위하여 큐브(cube) 모양의 가상공간에 파노라마 영상을 텍스처 매핑하게 된다[11]. 매핑 시키기 위해 필요한 6장의 영상을 파노라마 영상으로부터 얻어 올 수 있다. 큐브 맵 텍스처들은 일련의 변환 과정을 통하여 한 장의 완전한 시야를 가지는 구형 파노라마 영상으로부터 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤, 위, 아래의 6장의 영상으로 나누어 생성한다. 큐브 맵 텍스처가 얻어지면 이를 3차원 공간상에서 거대한 상자 모양으로 위치시킨다. 배경 큐브는 가상환경에 접하는 사용자에게 가상세계의 배경을 표현한다. 사용자의 위치가 고정된 상태에서의 둘러보기에 대해서는 실제와 동일한 뷰를 제공하며 사용자가 움직이는 경우에도 배경이 원거리에 있다면 실제와 유사한 뷰를 제공한다.

본 논문에서는 실사로부터 좌우 360도 및 상하 180도의 완전한 시야를 가지는 파노라마 영상의 생성을 위한 방법을 기술한다. 또한 생성된 파노라마 영상으로부터 큐브 맵 영상들을 생성하여 가상환경에서의 배경으로 배치하는 기법을 기술한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 실사로부터

360도 파노라마 영상을 생성하는 기존의 기법들에 대해서 기술한다. 3장에서는 좌우 360도 및 상하 180도의 파노라마 영상의 생성을 위해 개선된 방법을 기술한다. 4장에서는 각 장의 실험 결과들을 소개하고 마지막으로 결론 및 향후의 연구 과제를 5장에서 기술한다.

2. 실사로 부터의 파노라마 영상 생성

가상 환경을 구성하기 위한 360도 구형 파노라마 영상의 생성 기법은 많은 연구를 거쳐 진행되어 왔다. 과거의 많은 연구들은 여러 다양한 기법들을 제시하였고, 그 이전의 기법들을 발전시켜왔다.

(1) 8-파라미터 모델(8-parameter model)

영상들을 병합하는 과정에서 영상 그대로의 모습으로 변환하게 되면 카메라의 시차에 의해 잘못된 결과가 생긴다. 정확한 결과를 위해 영상을 변형하는 작업이 필요하다. 8-파라미터 모델은 8개의 파라미터를 사용하여 영상을 휘도록 변형한다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$x' = \frac{m_0x + m_1y + m_2}{m_6x + m_7y + 1} \quad (2)$$

$$y' = \frac{m_3x + m_4y + m_5}{m_6x + m_7y + 1}$$

$m_0 \sim m_7$ 을 통해 영상 좌표 $(x, y, 1)$ 이 $(x', y', 1)$ 로 변형된다. 식 (2)는 식 (1)을 통해 얻어진다[2][3].

(2) 3-파라미터 모델(3-parameter model)

8-파라미터 모델을 사용하기 위해선 8개의 파라미터들을 모두 찾아내야 한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 제안된 것이 3-파라미터 모델이다. 3-파라미터 모델은 찾아내야 할 파라미터 값이 더 적기 때문에 훨씬 더 강건하다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}^X = \begin{bmatrix} 10 & cx \\ 01 & cy \\ 00 & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} f00 \\ 0f0 \\ 001 \end{bmatrix}^V \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}^P \begin{bmatrix} r_{ij} \end{bmatrix}^R \quad (3)$$

$P=(X, Y, Z)$ 는 3D 좌표이고, $p=(x, y, 1)$ 은 영상 좌표이다. 이들의 변환 관계는 이동행렬 T , 초점길이 크기 조정 행렬 V , 3D 회전 행렬 R 로 표현된다[2][3].

(3) 카메라 초점 거리 추정

파노라마 영상을 생성하기 위해 필요한 인자로 카메라의 초점 거리가 필요하다. 카메라의 정확한 초점 거리 추정하여 영상을 알맞게 변환시켜 파노라마 영상을 생성할 수 있다. 회전 행렬의 처음 두 행은 서로 같은 크기의 절대 값을 갖고, 서로 직교하는 성질을 갖는다. 이러

한 성질을 이용하면 다음과 같은 관계가 성립된다[4].

$$f_0 = \sqrt{\frac{m_5^2 - m_2^2}{m_0^2 + m_1^2 - m_3^2 - m_4^2}} \text{ 또는 } \sqrt{\frac{m_2m_5}{m_0m_3 + m_1m_4}} \quad (4)$$

식 (4)로부터 f_1 을 계산할 수 있고, 고정된 초점 거리를 가정한다면 f_0, f_1 의 기하 평균(geometrical mean)을 초점거리로 취한다.

$$f = \sqrt{f_0 \cdot f_1} \quad (5)$$

식 (5)는 일반적인 8-파라미터 모델을 갖는 사영 변환 식으로부터 추정된 초점거리다.

(4) 왜곡(warping)

영상들을 병합할 때, 원형 그대로의 모습으로 병합을 하게 되면 불일치하는 특징점들이 생긴다. 정확한 병합을 위해서는 원본 영상들의 촬영 시의 왜곡을 제거해야 한다.

$$M_{rigid} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & tx \\ \sin\theta & \cos\theta & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$M_{affine} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

식 (6)의 M_{rigid} 행렬을 통해 이동과 회전이 가능하고 M_{affine} 행렬을 통해 affine 변환이 가능하다[5].

(5) 색 혼합(Blending)

병합된 영상들 사이에 이음새(seam)로 인해 생기는 색 차이는 영상의 완성도를 떨어트린다. 이러한 색 차이를 극복 하기 위해 색 혼합 작업이 필요하다. 가중된 영상 혼합(weighted image blending)은 영상들의 이음새들을 극복하기 위한 하나의 방법이다[6].

$$f_{res}(P) = \frac{\sum_{i=1}^M f_i(P)d_i^n}{\sum_{i=1}^M d_i^n} \quad (7)$$

Gradient 혼합 방법(Gradient blending method) 역시 영상 혼합 기법 중 하나이다[7].

$$N(x,y) = \alpha I(x,y) + (1-\alpha)C(x,y) \quad (8)$$

$N(x,y)$ 는 새로운 영상을 더한 혼합 영상 픽셀이다. $C(x,y)$ 는 새로운 영상이 위치하기 전 혼합 영상 픽셀이고, $I(x,y)$ 는 새로운 영상 픽셀이다. α 는 영상의 가장자리로부터 거리를 계산한 가중치이다.

3. Full View 파노라마 영상의 생성

수평 시야각이 360도이고 수직 시야각이 180도인 구형 파노라마 영상을 생성하기 위해선 여러 절차를 거쳐야 한다. 제안한 병합 작업은 파노라마 영상을 생성하는데 있어 사용자와의 상호작용을 할 수 있다. 병합 작업 시 특징점의 추출을 통한 영상들 간의 매칭 관계를 설정

한다. 특징점들의 매칭 관계는 서로 인접한 영상 사이의 유사 지점을 나타낸다. 본 논문에서의 방법은 특징점 매칭 관계를 수동으로 지정하거나 또는 자동으로 획득할 수 있도록 하였다. 특징점 매칭 관계를 자동으로 획득하기 위해서는 SIFT 알고리즘과 RANSAC을 사용하여 얻어 낼 수 있다[8][9][10].

병합 작업을 수행할 경우 입력 영상의 변형으로 인해 파노라마 영상을 생성하기 위한 비율이 2대1이 아닐 수 있다. 따라서 후처리 과정으로 구형 파노라마 영상 생성을 위해 병합 작업의 출력 영상을 2대1의 비율로 맞춰주어야 한다. 그림 1에서는 시스템에서 제안하는 전체 과정을 간략히 설명하고 있다.

360도 구형 파노라마 영상을 만든 후 큐브 맵 영상으로 변환하여 이를 텍스처 매핑하여 가상 환경에서의 배경으로 표현한다. 파노라마 영상이 완전한 360도의 영상이 아니거나 잘못된 절차가 존재한다면, 큐브 맵 영상에서도 오류가 그대로 발생한다. 큐브 맵의 6개의 영상 중에서도 윗면과 아랫면에서 오차나 뒤틀림 현상이 가장 많이 발생한다. 따라서 현실감이 높은 배경 표현을 위해서는 정확한 파노라마 영상의 생성이 가장 중요하다.

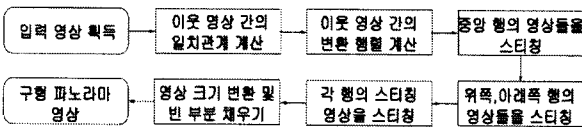


그림 1. 파노라마 영상 생성의 전체적인 시스템 흐름도.

(1) 영상의 획득 및 보정

360도의 완전한 구형 파노라마 영상을 생성하기 위해서 먼저 일반 카메라로 영상들을 촬영한다. 파노라마 영상 생성에 적합한 촬영을 위해서는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

1. 삼각대를 사용하여 촬영한다. 파노라마용 삼각대(panoramic tripod head)를 사용하면 가장 좋으나, 없다면 일반 삼각대를 사용하여 촬영한다.
2. 삼각대 상에서 카메라를 회전시킬 때에 회전의 중심이 되는 렌즈의 노달 포인트(nodal point)를 정확하게 유지시키도록 한다.
3. 첫 번째 행(row)의 사진을 찍을 때에 카메라 수직 각도를 수평으로 잡고 0도와 동일한 각도가 유지되도록 한다.
4. 다른 행(row)이나 다른 열(col)의 영상을 찍을 때에 회전만 되도록 돌리고 삼각대가 움직이지 않도록 해야 한다.
5. 사진들을 동일한 노출을 이용해 얻어내기 위해 수동 노출 방식을 사용한다.
6. 각 행의 사진의 개수는 동일하게 유지한다.

행(row)의 수와 열(col)의 수를 결정하고 행*열의 수

만큼의 영상을 획득한다.

획득된 각 영상에 대해서 카메라 렌즈로 인한 왜곡을 보정한다. 영상을 보정하기 위해 카메라 내부 파라미터와 초점거리를 구한다. 카메라 내부 파라미터는 고정된 마커를 중심으로 촬영한 여러 장의 영상들로부터 얻을 수 있다. 얻어진 카메라 내부 파라미터의 카메라 행렬과 왜곡 계수(distortion coefficient)를 이용해 영상을 보정한다. 보정된 영상은 그림 2에서처럼 변형된다.

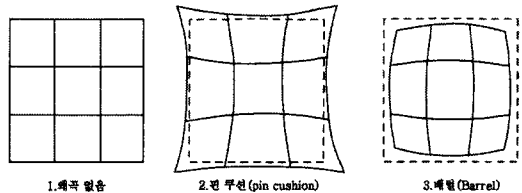


그림 2. 렌즈 왜곡 보정.

(2) 구형 파노라마 영상 생성

행*열 개의 영상들로 360도의 완전한 구형 파노라마 영상을 만든다. 행의 수를 줄여들수록 정확한 파노라마 영상을 만들 수 있다. 촬영한 각 영상의 스티칭(stitching)을 통해 파노라마 영상을 만든다. 먼저 각 행에서의 영상들을 스티칭하고 다음으로 각 행들을 스티칭한다. 파노라마 영상을 생성하는 단계는 그림 3과 같다.

단계 1-3은 각 행을 스티칭하는 단계이다. 먼저 가장 중심축이 되는 축인 고도 각도가 0인 행을 스티칭한다. 스티칭하는 과정에서 카메라의 초점 길이(focal length)를 계산하고, 왜곡될 모양을 결정한다. 중심 행의 스티칭이 끝나면 찾아진 초점 길이를 이용하여 위쪽 행과 아래쪽 행을 스티칭한다. 이렇게 각 행의 영상들이 모두 스티칭되어 행의 수만큼 합쳐진 영상들을 생성하면, 단계 5-7을 통해 각 행의 스티칭 영상들을 다시 스티칭한다. 단계 5에서는 각 스티칭 영상들을 360도 시야각을 갖도록 너비를 결정하고 단계 6에서는 각 스티칭 영상의 너비가 같도록 스케일링한다. 단계 7에서 각 스티칭 영상들을 시계 방향으로 90도 만큼 회전시키고 단계 8에서 각 행의 영상들을 스티칭하는 과정과 동일하게 각 스티칭 영상들을 다시 스티칭한다. 다만 스티칭 전에 실시하는 왜곡(warping)은 이전 스티칭에서 이미 적용되었으므로 다시 수행하지 않는다. 완성된 스티칭 영상은 단계 9에서 다시 반 시계 방향으로 회전시켜 원래의 방향으로 바꾼다. 스티칭한 결과 영상의 상하 시야각이 정확히 180도가 되지 않을 수 있으므로, 단계 10에서 너비에 대한 높이의 비율을 사용하여 상하 시야각을 결정한다. 상하 시야각이 180도이면 너비대 높이 비율이 2대1이어야 하므로 단계 11에서 상하시야각이 180도에 해당하도록 너비를 결정하고 위아래로 빈 영역을 덧붙이거나 자른다.

- 단계 1. 중앙 행의 영상들 스티칭합.
- 단계 2. 위쪽 행의 영상들을 스티칭합.
- 단계 3. 아래쪽 행의 영상들을 스티칭합.
- 단계 4. 위쪽 행과 아래쪽 행이 더 있으면, 단계 2-3을 반복함.
- 단계 5. 각 행의 스티칭 영상들이 360도 시야각을 갖도록 너비를 결정함.
- 단계 6. 각 행의 스티칭 영상들의 너비들을 중앙 행의 스티칭 영상의 너비와 동일하도록 너비축에 대해서만 스케일링함.
- 단계 7. 각 행의 스티칭 영상들을 90도 시계방향으로 회전.
- 단계 8. 회전 된 각 행의 스티칭 영상들을 스티칭.
- 단계 9. 스티칭 영상을 반 시계방향으로 회전.
- 단계 10. 스티칭 영상의 상하 시야각이 180도가 되도록 스티칭 영상의 높이를 결정.
- 단계 11. 스티칭 영상의 너비대 높이 비율이 2대1이 되도록 스케일링함.

그림 3. 구형 파노라마 영상 생성 절차.

(3) 스티칭을 위한 영상 정렬의 변환행렬 초기치 계산

파노라마 영상을 생성하기 위해서는 카메라를 통해 얻은 각각의 입력영상들을 정렬해야 한다. 각 영상들은 해당하는 위치로 정확히 정렬되어야 하며 각 영상의 정렬은 변환행렬을 통해서 배치된다. 변환행렬은 수동 또는 자동으로 얻어지는 특징점 일치관계로부터 계산된다. 안정적인 변환 계수의 계산은 영상들의 정렬을 강건하게 한다. N 개의 이미지가 입력으로 들어오게 되었을 경우, 이웃하는 영상 사이에서 $N-1$ 개의 변환이 계산된다. 첫 번째 영상과 N 번째 영상 사이의 관계는 $N-1$ 개의 변환이 누적 계산되어야 한다. 변환 과정이 식 (9)에 있다.

$$I'_i = \left(\prod_{k=1}^{i-1} M_k \right) I_i, M = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

I_i 는 i 번째 영상을 의미하고, I'_i 는 영상 I_i 의 변형된 영상을 나타낸다. 여기서 M 은 이미지를 변환시키는 8개의 미지수로 구성된 변환 행렬을 나타낸다.

입력으로 주어진 이미지로부터 8개의 미지수를 가진 변환 M 을 계산하기 위하여 이웃하는 두 이미지 사이의 매칭 관계를 구하는 과정이 필요하다. 영상 I 에서 특징점 $p(x, y)$ 와 영상 I' 에서의 특징점 $p'(x', y')$ 이 서로 매칭 관계에 있다고 할 때 p 와 p' 는 $p' = Mp$ 의 관계를 갖는다. 이때, M 의 계산을 위하여 5개 이상의 특징점의 대응관계가 필요하다. 여러 개의 특징점에서 M 을 계산하기 위하여 선형 방정식 형태로 변환 식은 식 (10)과 같은 형태를 갖는다.

$$\begin{bmatrix} m_{11}x + m_{12}y + m_{13} - x' \\ m_{21}x + m_{22}y + m_{23} - y' \\ 0 \end{bmatrix} = 0 \quad (10)$$

이와 같은 과정을 거쳐 계산된 변환 M 을 통해 I'_i 는 이웃하는 이전 영상 I_{i-1} 로 병합 할 수 있고, 변환의 누적 연산을 통하여 기준 이미지(reference image)로 병합 할 수 있다.

변환 계수를 계산하고, 이를 통해 새롭게 영상들을 위치시키면 각 행별로 영상들이 새롭게 정렬된다. 정렬된 각 행의 영상들은 수평으로 인접한 영상들과 특징 점을 찾고 변환 계수를 계산하여 병합 작업을 한다. 수평으로 인접되어 있는 영상들 사이의 병합한 후 수직 방향의 인접 이미지의 병합이 이루어진다. 병합을 마치고 나면 최종 적으로 하나의 영상이 생성 된다. 그림 4는 두 개의 특징점에서 매칭 관계를 통해 두 개의 영상이 변형되는 과정을 보여준다.

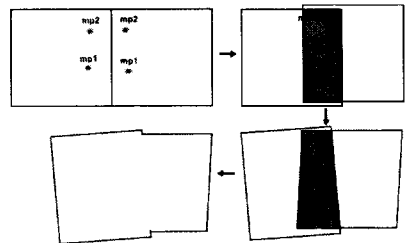


그림 4. 두 인접 영상의 스티칭 과정.

(4) 구형 파노라마 영상 생성

생성된 최종 영상은 완전한 360도 파노라마 영상이 되기 위해 크기를 재조정할 필요가 있다. 완전한 360도 구형 파노라마 영상은 너비와 높이가 2대1인 비율을 가지는 영상이다. 너비는 360도의 범위를 가지고 높이는 180도의 범위를 가지기 때문에 2대1의 비율을 가지게 된다. 모든 병합 작업을 마친 최종 스티칭 영상을 2대1의 비율로 만들기 위해서 영상의 중간선을 기준으로 크기를 조정한다. 크기를 조정할 때에 영상의 잘림으로 인해서 생기는 오차는 각 행의 첫 번째 영상을 마지막 영상 다음에 덧붙임으로서 해결한다. 그림 5는 구형 파노라마 영상을 2대1로 생성하는 절차를 보여준다.

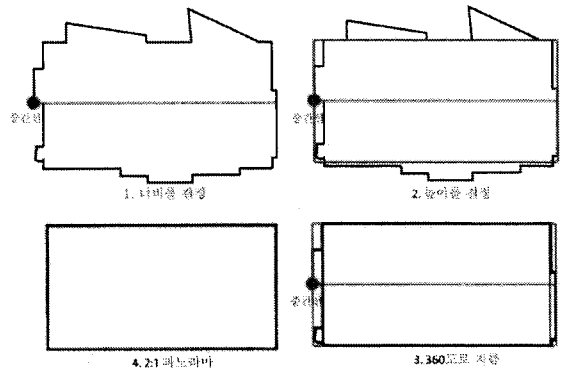


그림 5. 360도 파노라마 영상으로의 크기조정.

4. 실험 결과

영상의 획득을 위해서 카메라를 삼각대에 고정시킨 후 일정한 각도로 회전하면서 촬영하였다. 수평으로 9장의 영상과 수직으로 9장의 영상으로 이루어져 총 81장의 영상을 촬영하였다. 그림 6은 획득된 81장의 영상을 나열한 모습이다.

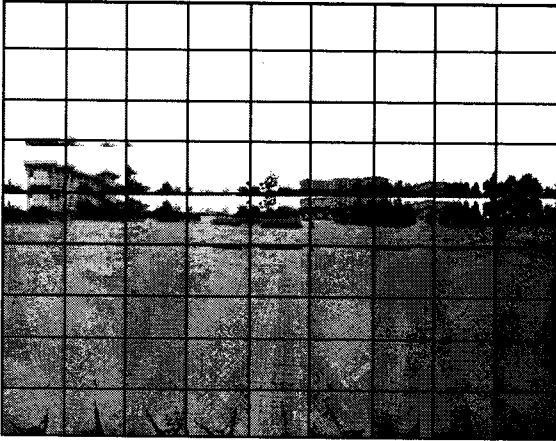


그림 6. 입력으로 사용된 81개 영상들.



그림 7. 단일 대응쌍만으로 정렬하여 계산한 파노라마 영상.



그림 8. 일치쌍 계산 및 최적화를 통해 계산된 파노라마 영상.

이음새(seam)가 뚜렷하게 보이지 않도록 더욱 정확한 변환행렬을 계산하기 위해서는 충분히 많은 대응쌍을 계산하고 이를 바탕으로 최적화를 수행함이 바람직하다.

단일 대응쌍만으로 이동 정렬한 모습이 그림 7에 있다. 최적화 및 블렌딩을 통해 얻어진 파노라마 영상이 그림 8에 있다.

5. 결론

본 논문에서는 좌우 360도 및 상하 180도의 완전한 구형 파노라마 생성 기법에 대해 기술하였다. 현재의 상용 프로그램 내에서 복잡한 절차를 통해야만 수행되어질 수 있는 360도 파노라마 영상의 생성을 보다 간편하게 하였고 실제 영상을 기반으로 보다 사실적인 환경 맵 생성이 가능하도록 하였다.

향후 과제로 블렌딩에서 발생하는 흐려짐 현상을 해결할 수 있는 방법의 연구가 필요하다. 또한 각 입력 영상의 배치 및 순서를 정하지 않아도 자동적으로 배치될 수 있는 자동 배치 기법의 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Shenchang Eric Chen, "QuickTime VR: An image-based approach to virtual environment navigation," International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp. 29-38, 1995.
- [2] Hwa Sung Kim and Chag Hun Kim, "Stitch Reliability Measurement for Recovering Accurate Camera Focal Length in Panoramic Mosaics," Journal of Computing Science and Engineering(JCSE), Vol. 28(3), pp. 125-133, 2001.
- [3] Richard Szeliski and Heung-Yeung Shum, "Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps," SIGGRAPH'97, pp. 251-258, 1997.
- [4] Kang Ho Lee, "Simplified projective transform for reconstruction of cylindrical panorama," Journal of The Korean Society Of Computer And Information, Vol. 11(2), pp. 169-175, 2006.
- [5] Richard Szeliski, "Video Mosaics for Virtual Environments," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 16(2), pp. 22-30, 1996.
- [6] Satya Prakash Mallick, "Feature Based Image Mosaicing," Systems and Computers in Japan, Vol. 31(7), pp. 1-9, 2000.
- [7] Vladan Rankov, Rosalind J. Locke, Richard J. Edens, Paul R. Barber and Borivoj Vojnovic, "An algorithm for image stitching and blending," Proceedings of SPIE, Vol. 5701, pp. 190-199, 2005.
- [8] M. Fischler and R. Bolles, "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with application to image analysis and automated cartography," Communications of the ACM, Vol. 24(6), pp. 381-395, 1981.
- [9] D. Lowe, Distinctive image features from scale-invariant keypoints," International Journal of Computer Vision, Vol. 60(2), pp. 91-110, 2004.
- [10] Matthew Brown and David G. Lowe, "Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features," International Journal of Computer Vision, Vol. 74(1), pp. 59-73, 2007.
- [11] N. Greene, "Environment mapping and other applications of world projections," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 6(11), pp. 21-29, 1986.