

빠른 스티칭 알고리즘과 왜곡현상을 해소하는 큐브 파노라마 영상

Fast Stitching Algorithm and Cubic Panoramic Image Reducing Distortions

김응곤, 서승완*
순천대학교, (주)보고정보*

Kim Eung-Kon, Seo Seung-Wan*
Suncheon National University,
Bogo Information Co. Ltd.*

요약

기존의 파노라마 영상 스티칭 기술의 문제점은 계산량이 매우 많아 필요한 이미지 처리가 실시간에 이루어 질 수 없다는 점이다. 비디오 감시와 같은 응용분야에서 실시간 성능은 현재의 상황을 보아야 하므로 매우 중요한 문제이다. 그러나 기존의 방법으로 일련의 이미지들을 파노라마 영상으로 스티칭하기 위해서 이미지들 사이의 변환계수만을 계산하는데 많은 시간이 소요된다. Apple QuickTime VR을 포함한 대부분의 파노라마 가상현실 관련 기술들은 표현에 있어서 제작 기술의 제한된 상황으로 Top과 Bottom의 표현이 왜곡되는 문제점을 안고 있다. 따라서 본 논문에서는 스티칭을 고속화시키고, 좌우는 물론 상하전후의 관측 범위를 가지며 Top과 Bottom에 대한 왜곡현상을 줄이는 큐브 파노라마 영상을 지원하는 파노라마 영상의 제작기술을 제안한다.

Abstract

One of the problems of panoramic image stitching methods is that its computational cost is so high that the image processing required usually cannot be done in real-time. Real-time performance is important in applications such as video surveillance because we must see current scenes. But it takes more than several seconds to calculate transform coefficients between images. Panoramic VR technologies such as Apple QuickTime VR have problem that distorts images of top and bottom. This paper presents a fast stitching method and a method reducing distortions of top and bottom in cubic panoramic image.

I. 서론

가상현실은 실사를 바탕으로 하는 것과 3차원 공간을 바탕으로 컴퓨터 그래픽스에 의해 제작된 두 가지의 형태가 있으며, 배경중심의 파노라마 VR과 사물 중심의 Object VR을 지원한다. 기존 가상현실 기술은 결과에 도달하기 위해 고도의 그래픽스 워크스테

이션, 스테레오 디스플레이, 3D용 안경 또는 장갑과 같은 특별한 하드웨어 또는 보조장치를 필요로 한다. 하지만 QuickTime VR, Live Picture, Surround Video, IPIX 등의 기술은 고가 장비나 프로그램이 없이 키보드나 마우스만을 이용하여 가상현실을 경험하게 한다.

대부분의 이미지는 촬영된 사진으로 전체 배경의

일부분만을 보여 주지만 여러 사진을 스티칭과 타일링 기술을 이용하여 파노라마 가상현실 공간을 생성한다. 즉 일정한 각도로 촬영한 사진을 스티칭 기술을 이용하여 펼쳐진 형태로 붙이고, 그 붙여진 파일을 타일링하여 원근감에 관계된 정보를 포함하는 이미지 파일로 나누게 된다[1,2].

파노라마 영상 스티칭은 가상현실, 비디오 감시, 항공 이미지 분석 등과 같은 많은 응용분야에서 매우 유용한 기술이다. 기존의 파노라마 영상 스티칭 기술의 문제점은 계산량이 매우 많아 필요한 이미지 처리가 실시간에 이루어 질 수 없다는 점이다. 비디오 감시와 같은 응용분야에서 실시간 성능은 현재의 상황을 보아야 하므로 매우 중요한 문제이다[3-7]. 그러나 기존의 방법[1,2,5]으로 일련의 이미지들을 파노라마 영상으로 스티칭하기 위해서 이미지들 사이의 변환계수만을 계산하는데 많은 시간이 소요된다. 예를 들어 Levenberg-Marquadt 기법같은 최적화 기술은 계수의 정확한 초기 추정치가 필요하고 수렴시키는데 수 백 회 이상의 반복이 필요하여 구현하는데 수십 초에서 1 분 정도가 소요된다[5,8].

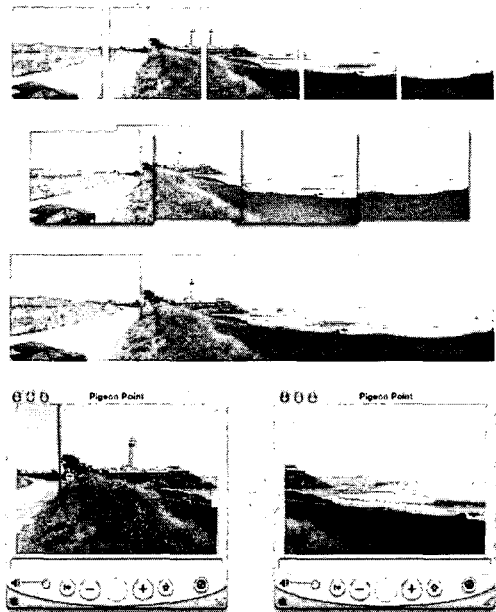
Apple QuickTime VR[1,6]을 포함한 대부분의 파노라마 가상현실 관련 기술들은 표현에 있어서 제작 기술의 제한된 상황으로 Top과 Bottom의 표현이 왜곡되거나 표현되지 못하는 문제점을 안고 있다[3]. 원통형에 기반을 두고 사진을 촬영할 때 수직적 배경에 대해서 Top과 Bottom에 대한 정보가 전혀 없는 이미지를 촬영하게 된다. 이러한 기본 배경 사진으로 구성되면 Top과 Bottom에 대한 표현이 불가능하게 된다. 보다 넓은 각도의 Top과 Bottom에 대한 표현을 위하여 광학 렌즈를 사용하더라도 먼 거리에서 볼 때 밀어내는 듯한 왜곡 현상[4]을 보이는 등 근본적인 공간 재구성을 요구하고 있는 실정이다.

따라서 스티칭을 고속화시키고, 좌우는 물론 상하 전후의 관측 범위를 가지며 Top과 Bottom에 대한 왜곡현상을 줄이는 큐브 파노라마 영상을 지원하는 파노라마 영상의 제작기술이 필요하다.

본 논문에서는 1장 서론에 이어 2장 빠른 스티칭 알고리즘에 대하여 기술한 후, 3장에서 큐브파노라마 영상의 왜곡해소 방안에 대하여 제시하고 4장에서 결론을 내리며 향후 연구과제를 제시한다.

II. 빠른 스티칭 알고리즘

일반적으로 파노라마 영상은 여러 사진을 스티칭과 타일링 기술을 이용하여 다음 [그림 1]과 같이 하여 생성한다. 즉, 일정한 각도로 촬영한 사진을 스티칭 기술을 이용하여 펼쳐진 형태로 붙이고, 그 붙여진 파일을 타일링하여 원근감에 관계된 정보를 포함하는 이미지 파일로 나누게 된다[1,2].



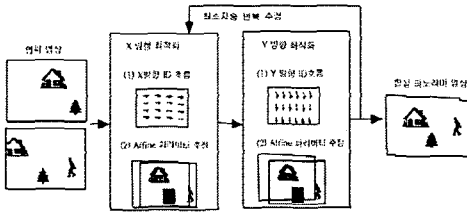
▶▶ 그림 1. 파노라마 영상 제작 과정

1. 소스 영상 입력

파노라마 영상을 만들기 위한 소스 영상은 일반 카메라를 비롯한 다양한 촬영장비를 통하여 수평, 수직으로 촬영한 영상을 입력으로 하며, 참고문헌[7]의 방법을 이용하여 입력영상을 획득한다.

2. 스티칭 고속화 알고리즘

본 연구에서는 1차원 흐름추정을 이용하여 파노라마 영상을 스티칭하기 위한 빠른 알고리즘을 제안한다. 먼저 근사모션벡터 x 와 y 를 추정하고 그 다음에 최소 자승기법을 이용하여 전역 어파인(affine) 파라미터를 추정한다. 정확한 파라미터를 구하기 위하여 x 와 y 방향으로 반복된 최적화를 수행한다. 다음 [그림 2]는 본 연구에서 적용할 파노라마 영상 스티칭 알고리즘의 개요를 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 2. 파노라마 영상 스티칭 알고리즘 개요

하나의 영상 $I(x'_i, y'_i)$ 를 다른 영상 $I(x_i, y_i)$ 으로 변환시킨 다음에 영상 $I(x'_i, y'_i)$ 을 영상 $I(x_i, y_i)$ 의 참조 프레임으로 워핑한다. 이 때 다음 식(1)의 어파인 변환을 사용한다.

$$\begin{aligned} x' &= a_1x + a_2y + a_3 \\ y' &= a_4x + a_5y + a_6 \end{aligned} \quad (1)$$

다음과 같은 절차에 따라 전역 어파인 파라미터를 추정한다.

단계 1) 1차원 흐름을 이용하여 개략적인 어파인 파라미터를 추정한다.

a) 각 픽셀에 x 또는 y 방향으로 1차원 흐름을 추정한다.

x 와 y 방향에서의 변위를 (ν_x, ν_y) 라 하고 배경 영상 $I(x_i, y_i)$ 와 입력영상 $I(x'_i, y'_i)$ 사이의 오차는 식 (2)와 같이 된다.

$$I(x_i + \nu_x, y_i + \nu_y) - I(x'_i, y'_i) = I(x, y) + \nu_x \frac{\partial}{\partial x} I(x_i, y_i) + \nu_y \frac{\partial}{\partial y} I(x_i, y_i) - I(x', y') \quad (2)$$

$\frac{\partial}{\partial x} I(x_i, y_i)$ 를 I_x 라 하고, $\frac{\partial}{\partial y} I(x_i, y_i)$ 를 I_y 라 하면 I_x 와 I_y 는 유한차분법을 이용하여 식 (3)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} I_x &= I(x_i, y_i) - I(x_{i+1}, y_i), \\ I_y &= I(x_i, y_i) - I(x_i, y_{i+1}) \end{aligned} \quad (3)$$

$I_t = I(x_i, y_i) - I(x'_i, y'_i)$ 라 하고 이것을 식 (2)에 대입하면 식 (4)와 같이 된다.

$$I_x \nu_x + I_y \nu_y + I_t = 0 \quad (4)$$

본 연구에서는 이 방정식을 푸는데 소요되는 시간을 줄이기 위하여 x 방향과 y 방향에서의 1차원 흐름을 식 (5)와 같이 추정한다.

$$r^x = \left(\frac{-I_t}{I_x}, 0, 0 \right), \quad r^y = \left(0, \frac{-I_t}{I_y} \right) \quad (5)$$

b) 최소자승법을 이용하여 1차원 흐름으로부터 어파인 파라미터를 추정한다.

모션벡터가 (ν_x, ν_y) 이고 임계값을 th 로 정했을 때 식 (6)의 조건을 검사하여 모션벡터를 선택한다.

$$|I(x, y) - I(x + \nu_x, y + \nu_y)| < th \quad (6)$$

다음에 최소자승법을 이용하여 어파인 파라미터를 구한다.

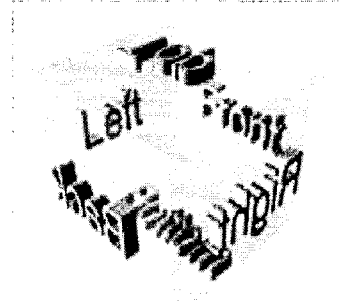
$A_x = [a_1, a_2, a_3]^T, A_y = [a_4, a_5, a_6]^T$ 라 하고 $\Phi = [1, x, y]^T$ 라 할 때 식 (1)은 다음 식 (7)과 같이 된다.

$$\nu_x(x, y) = \emptyset^T A_x, \nu_y(x, y) = \emptyset^T A_y \quad (7) \quad \text{색할 수 있게 한다.}$$

어파인 파라미터 A_x, A_y 를 다음 식 (8)과 같이 추정한다.

$$\begin{aligned} A_x &= [\Sigma \emptyset \emptyset^T]^{-1} \Sigma [\emptyset \nu_x(x, y)] \\ A_y &= [\Sigma \emptyset \emptyset^T]^{-1} \Sigma [\emptyset \nu_y(x, y)] \end{aligned} \quad (8)$$

단계 2) x와 y방향으로 어파인 파라미터가 수렴할 때까지 또는 정해진 수의 반복 횟수를 마칠 때까지 단계 1)의 과정을 반복한다.



▶▶ 그림 3. 큐브 파노라마 영상 구성

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

5			
1	2	3	4
6			

▶▶ 그림 4. 큐브 파노라마 영상 자료의 배열 순서

III. 큐브 파노라마 영상의 왜곡현상 해소

개발한 실린더형 파노라마 영상 스티칭 고속화 알고리즘을 큐브 파노라마 영상에 대하여 스티칭하도록 확장한다.

큐브 파노라마 영상은 관찰자가 Top, Bottom, Right, Left, Front, Back 어느 방향을 보더라도 이를 가능하게 하는 6 개의 면을 가진 정육면체로 구성한다. 결과적으로 기존의 파일 포맷에서 가지고 있지 않은 Top과 Bottom에 대한 면을 추가하여 구성한다.

또한 각 면은 실제적으로 다시 작은 부분으로 분리될 수 있도록 확장된 구조의 파일 포맷으로 설계하며, 기존 QuickTime VR의 파노라마 영상과의 호환성 또는 이러한 atom을 구성하지 않을 경우를 위하여 가장 단순한 정육면체로 구성되도록 기본 값을 설정한다. 기존의 QuickTime VR 트랙에 저장되는 순서는 동일하지만 큐브 타입을 위한 자료 표현의 배열 순서는 [그림 4]와 같이 다르게 표현하도록 구성한다 [9].

실린더형 파노라마 가상현실 공간에서는 표현할 수 없었던 Top과 Bottom을 왜곡 현상 없이 표현하며, 수평적으로 회전 탐색만이 가능했던 점이 자유롭게 Top, Bottom, Right, Left, Front, Back 방향을 탐

IV. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 스티칭을 고속화시키고, 좌우는 물론 상하전후의 관측 범위를 가지며 Top과 Bottom에 대한 왜곡현상을 줄이는 큐브 파노라마 영상을 지원하는 파노라마 영상의 제작기술을 제안하였다.

기존의 파노라마 영상 스티칭 기술의 문제점은 계산량이 매우 많아 필요한 이미지 처리가 실시간에 이루어 질 수 없다는 점이다. 비디오 감시와 같은 응용분야에서 실시간 성능은 현재의 상황을 보아야 하므로 매우 중요한 문제이다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 1차원 흐름 추정을 이용하여 1내지 2초 이내로 빠르게 파노라마 영상을 스티칭하였다.

향후 연구 과제로는 본 스티칭 알고리즘을 큐브 파노라마 영상에 적용하여 왜곡현상을 줄이는 빠른 파노라마 영상을 구현하는 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] "QuickTimeVR", <http://www.letmedoit.com>
- [2] "VR Technology", http://www.enterstudio.com/tech/tech_tech_03_01.html
- [3] "VR Program 비교", <http://tag.co.kr/html/business/b-vr-program.htm>
- [4] "VR의 종류", <http://ns.ablestory.co.kr/photographing/gallery/kind.htm>
- [5] R. Szeliski, "Video mosaics for virtual environments", IEEE Computer Graphics and Applications, pp.22-30, March 1996.
- [6] "The Online Tutor for QuickTime VR", The Learning Alliance, 1998.
- [7] "QuickTime VR을 이용한 큐브 가상현실 공간구현", 한국멀티미디어학회지, 제6권 3호, pp.36-42, 2002. 12.