이동운동모델만을 이용한 수평 회전 카메라로부터 실린더 파노라믹 영상 생성

(Constructing Cylindrical Panoramic Image from Panning Motion Camera using Simple Translation Motion Model)

장 경 호 † 정 순 기 ††
(Kyung Ho Jang) (Soon Ki Jung)

요 약 본 논문에서는 실린더 파노라믹 영상을 생성하기 위한 효율적인 알고리즘을 제시한다. 먼저 영상 정렬 시 실린더와 영상간의 관계를 이용한 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 영상 스트립을 비교하는 효율적인 영상 정렬 알고리즘을 기술하고, 원과 원에 접하는 다각형간의 관계를 이용하여 이분법으로부터 초점거리를 정확하게 추정하는 방법을 설명한다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 카메라 운동에 대한 제약점은 있지만, 빠르고 간단하기 때문에 실제 응용에서 효과적으로 사용 가능하다.

Abstract In this paper, we propose an efficient algorithm for constructing cylindrical panoramic iamge. At fist, we describe a fast image alignment algorithm, which matches image strips located on equal distance for image centers. And then, we explain how to estimate accurately the effective focal length of camera by a bisection method.

Although there is a limitation in that the image should be taken by a camera with pure panning motion, the proposed simple and fast algorithm is applicable to practical application.

1. 서 론

전통적인 가상현실시스템에서 가상환경은 기하학적 모델링에 의해 만들어진다. 가상환경에 사용되어지는 기하학적 모델링 데이타는 사용자의 수작업, CAD-modeler 혹은 3-D digitizing tool을 이용하여 만들어진다. 하지만 기하학적 모델링에 기반하여 표현된 가상환경은 다음과 같은 문제점을 가진다. 우선, 기하학적 모델링에 의해 생성된 데이타들은 가상현실시스템의 실시간 제약 때문에 근사기법(approximation)을 적용하여 간단한 다각형으로 단순화시키며, 이를 이용해 랜더링된 가상세계는 현실감을 부여하기에는 부족하다. 좀 더 실제적인 현실감을 부여하기 위해서 텍스쳐 맵핑(texture mapping)기법 등을 적용하여 실세계의 영상을 가상환경에 사상시키는 시도는 오래 전부터 연구되어 오고 있지만, 실세계와 거의 유사한 영상을 실시간에 생성하기 위해서는 고가의 그래픽 하드웨어가 필요하다. 최근 들어 실세계를 효율적으로 모델링하기 위한 영상기반 랜더링(image-based rendering)기법이 많이 연구되고 있다[2,3].

영상기반 가상현실 시스템에서 가상환경은 실린더 파노라믹 영상과 구 파노라믹 영상이 많이 이용된다[1,2,3,4]. 실세계로부터 직접적으로 파노라믹 영상을 얻는 방법들은 크게 하드웨어방법과 소프트웨어 방법으로 나눌 수 있다. 하드웨어방법은 어안렌즈[5]와 같은 넓은 시각영역을 가지는 렌즈를 사용하는 방법과, 파노라믹 카메라[6]를 이용하여 긴 필름 위에 영상을 기록하는 방법이 있다. 이러한 방법에 의해 얻어진 영상은 렌즈에 의해 왜곡이 생기게 되며, 얻어지는 영상의 시각영역은 렌즈의 시각영역에 제한된다. 소프트웨어방법은 영상모자익 또는 영상 합병(image stitching)기술을 이용하며, 이는 실세계로부터 직접 입력된 작은 시각영역을 가진 영상을 정렬시키고, 재구성하여 커다란 시각영역으로 만

· 이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음 (KRF-99-041-E00294).
† 비 회 원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
khjang@vr.knu.ac.kr
†† 종신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
skjung@knu.ac.kr
논문접수 : 1999년 6월 25일
심사완료 : 2001년 9월 24일

드는 방법이다. 소프트웨어방법은 넓은 시각 영역의 렌즈를 사용함에 따라 생기는 왜곡된 정보를 최소화 할 수 있으며, 생성되어진 영상의 시각영역은 렌즈의 시각 영역에 제한되지 않는다.

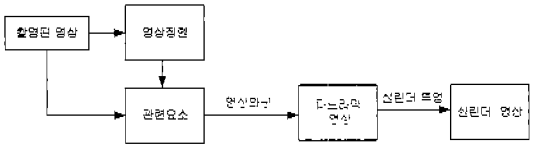


그림 1 실린더 파노라믹 생성 과정

일반적으로 실린더 파노라믹 영상을 생성하기 위해서는 그림 1과 같은 과정을 거치게 된다. 그림 1로부터 실린더 파노라믹 영상을 생성하기 위해서는 먼저 영상을 정렬해야 한다. 많은 연구자들은 hand-held 카메라와 같이 일반적인 카메라 운동으로부터 얻어진 영상을 정렬하기 위해 평면 투영 운동 모델(planar perspective model) [7,8,9,10]과 직선 모델(affine motion model) [7,11]등을 사용하였다. 그러나 실린더 파노라믹 영상은 삼각대에 고정시킨 카메라를 수평방향만으로 회전시켜 얻어진 영상으로부터 생성된다[1,3]. 이런 경우 영상들 간에 관계되는 카메라 운동은 수평회전만이 관련된다. 그러나, 이 두 모델은 실제 필요한 카메라 운동관련요소보다 많은 관련요소를 가지게 된다. 또한 가장 근사한 해를 구하기 위하여 LM(Levenberg Marquat)과 같은 비선형(nonlinear)방법에 의해 관련요소들을 추정함으로써 긴 계산시간이 요구되며, 이러한 이유로 local minima의 상태에 빠지게 되는 문제점을 가진다.

일반적으로 수평 회전 카메라로부터 얻어진 영상으로부터 실린더 파노라믹 영상을 생성하기 위해서는 회전모델(rotational model)[4,12]을 사용하여 영상을 정렬한다. 회전 모델은 X, Y, Z 축에 회전각을 직접적으로 구함으로써 영상을 정렬한다. 그러나, 회전 모델은 카메라의 초점거리가 필요하며, 모를 경우 초점거리를 구해야 한다. 초점거리를 구하기 위해 기존의 연구에서는 영상들간의 이동운동요소[4]와 평면 투영 운동 모델[12]을 통해 추정한다. Szeliski[12]는 회전모델 적용에 필요한 카메라 초점거리 추정을 하여 두 영상간의 평면 투영 모델을 구하고, 이로부터 카메라의 초점거리를 구하였다. 또한, 구해진 초점거리를 이용하여 회전모델의 X, Y, Z 축에 관한 회전각을 복원하였다.

위에서 살펴본 방법들은 일반적인 카메라운동에 의해 얻어진 영상이나, 카메라의 중심축을 고정시켜 놓고, 수평, 수직 또는 2차원 회전을 지원하는 경우이다. 그러한 경우, 위에서 살펴본 방법들은 관련요소를 추정한 다음, 영상 정렬을 위해 영상을 와핑해야 하며, 와핑된 영상을 환경맵(실린더, 구, 큐브)에 투영하여 생성하는 것이 일반적이다(그림 1참조).

하지만 본 논문에서 제시하는 방법은 구해진 관련요소로부터 영상을 정렬을 위한 와핑을 수행하지 않는다. 또한, 구해진 이동운동요소로부터 카메라의 초점거리와 실린더 투영 시 사용될 영상 스트립을 결정하고 이를 바로 실린더에 투영하여 실린더 파노라마 영상을 생성하는 방법을 제시한다. 이런 경우, 영상 정렬 시 와핑과정이 필요하지 않으며, 정렬된 영상을 실린더에 투영할 시 와핑만이 요구된다.

이를 위해, 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 다른 방법들과는 달리 카메라 운동모델로 이동운동 모델(translational motion model)만을 사용하여 영상을 정렬하는 새로운 정렬 알고리즘과 영상정렬 후 이분법(bisection method)에 의한 초점거리 추정알고리즘을 제안한다. 먼저 카메라의 수평회전에 의해 얻어진 영상 스트립(image strip)이 어떻게 와핑이 되는지를 조사한 다음, 이러한 와핑문제를 풀기 위한 방법으로 촬영된 영상 평면과 실린더 사이의 기하학적 관계로부터 각 영상의 중심으로부터 같은 거리에 위치에 있는 영상 스트립을 비교하여 이동운동요소를 추정한다. 제시한 방법에 의해 영상들간의 이동운동요소를 구하면, 회전모델을 적용할 필요가 없이 영상을 정렬 할 수 있다. 또한 대부분의 영상 정렬 알고리즘들은 효율적인 카메라의 초점거리가 필요하거나[1,9], 다른 관련요소와 함께 초점거리를 구하는 것이 일반적이지만[2,4,11], 본 논문에서 제안하는 방법은 영상정렬 시 카메라의 초점거리를 미리 알 필요가 없으며, 기하학적 관계로부터 정렬된 영상을 실린더에 와핑 시 필요한 초점거리를 구함으로써 카메라의 초점거리를 모를 경우에 적용이 가능하다. 그러나, 제안하는 방법은 일반적인 카메라 운동으로부터 얻어진 영상에 대해서는 실린더 파노라마 영상을 생성하지 못한다. 하지만 Livepicture[3]나 Quicktime VR[2]과 같은 영상 기반의 가상현실시스템에서 가상환경으로 사용되는 실린더 파노라마 영상은 고정시킨 카메라를 수평방향만으로 회전시켜 얻어진 영상을 이용하여 표현되는 것이 일반적이다. 그러므로, 본 논문에서 제시하는 영상 정렬 방법은 실린더 파노라마 영상 생성 시 영상 정렬을 위한 계산시간을 효율적으로 감소시켜, 빠른 시간 내에 실린더 파노라마 영상을 생성할 수 있다. 또한 정렬 후, 영상평면과 실린더가 이루는 기하학적 관계로부터 구해

진 이동운동요소로부터 실린더에 각 영상을 투영할 시 필요한 초점거리를 효율적으로 구할 수 있어, 실린더 파노라마 영상 생성 시에는 제안하는 방법이 적합하다.

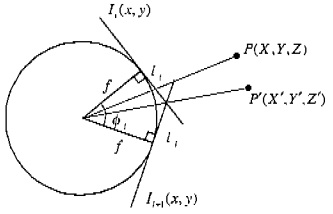
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 실린더와 영상간의 관계를 이용한 영상정렬 방법에 대하여 기술한다. 3장에서는 원과 각면이 원에 접하는 다각형간의 관계를 이용한 초점거리 추정방법과 실린더에 영상을 투영하는 방법에 대하여 살펴본다. 4장에서는 실험결과와 5장에서 결론을 내린다.

2. 영상정렬(image alignment)

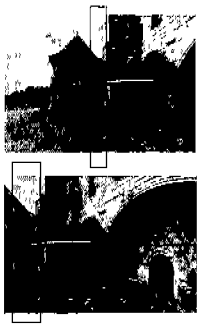
본 절에서는 고정된 카메라를 수평 회전시켜 얻어진 영상과 실린더와 관계를 살펴보고, 이러한 관계를 이용한 영상 정렬방법을 제안한다.

2.1 실린더와 영상들간의 관계

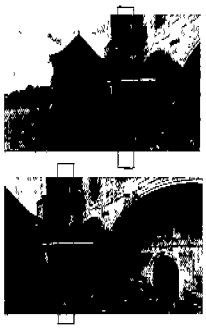
본 절에서는 카메라를 수평회전 시켜 얻어진 영상평면과 실린더가 이루는 기하학적 관계를 설명하며, 이로부터 영상들간의 이동운동요소를 구하기 위한 효율적이 영상정렬 알고리즘을 제시한다. 그림 2는 카메라를 수평방향으로 회전시켜 영상을 얻을 경우, 각 영상과 실린더가 가지게 되는 기하학적 관계를 보여주고 있다. 여기서 f는 카메라의 초점거리이며, ϕ는 두 영상간의 수평회전각이다.



(a) 기하학적 관계



(b) 중심으로부터 다른 거리의 영상영역



(c) 중심으로부터 같은 거리의 영상영역

그림 2 실린더와 영상평면들간의 기하학적 관계

그림 2b는 그림 2a의 3차원상의 한 점 $P(X, Y, Z)$가 두 영상의 중심으로부터 다른 거리에 위치한 경우로서, 실제 같은 물체이지만 크기와 모양이 다름을 알 수 있으며 두 영상간의 와핑문제가 고려되어야 한다. 이러한 이유로 회전모델이나 평면투영 모델을 사용할 수밖에 없다. 하지만 그림 2c 에서 보는바와 같이 두 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 물체는 모양과 크기가 같고 와핑에 대한 문제를 고려하지 않아도 되며, 또한 영상 정합시 영상의 중심에서 거리가 같음을 알 수 있다. 이러한 관계로부터 영상정렬시 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 영상 영역을 이용하면, 복잡한 운동 모델을 사용하지 않고도, 단지 이동운동요소만을 고려하여 영상을 정합(matching)할 수 있으며, 구해진 이동운동요소로부터 실린더 파노라믹 생성 시 필요한 효율적인 카메라 초점거리를 구할 수 있다.

2.2 영상 정렬 방법

앞 절에서 살펴본 바와 같이, 실린더와 영상간의 관계로부터 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 물체는 모양과 크기가 같고 와핑에 대한 문제를 고려하지 않아도 된다. 그러므로 두 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 영상을 사용하면 이동운동요소만을 이용하여 영상을 정합 할 수 있다. 이때 이동운동요소를 구하기 위해 수식(1)을 사용한다.

$$\underset{\substack{0\le\Delta x\le w/2\\ -\varepsilon\le\Delta y\le\varepsilon}}{Min}\sum_{s=-h/2}^{h/2}\left[I_i(c_x+\Delta x,c_y+\Delta y)-I_{i+1}(c_x-\Delta x,c_y-\Delta y+s)\right]^2 \quad (1)$$

수식(1)에서 $(\Delta x,\Delta y)$는 영상중심으로부터 수평과 수직 이동거리, h, w는 영상의 수평·수직크기, c_x, c_y는 영상의 중심점이다. 그러나 카메라를 회전시킬 경우 생기게 되는 카메라의 떨림문제(vertical jitter)에 의해 생기는 문제를 보상해야 한다. 수식(1)에서 이를 위해, 검사할 영역의 범위를 ε로 정의하며 s는 비교된 영상의 스트립 영상의 크기를 의미한다.

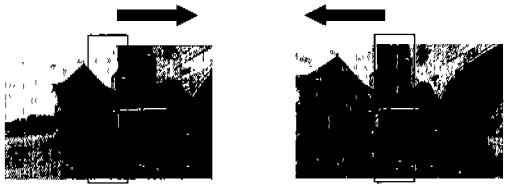


그림 3 부분영상을 이용한 영상정렬방법

정렬을 위해 수식(1)로부터 비교되는 영상은 그림 3과 같이 X축에 수직인 사각형 영역(strip)이 되며, 이러

한 사각형 영역을 화살표 방향으로 이동하면서 수식(1)로부터 구해진 값 중에서 가장 작은 값을 가지는 $(\Delta x, \Delta y)$가 구하고자 하는 수평과 수직 이동요소이다.

3. 초점거리 추정 및 영상 와핑

본 장에서는 제안하는 초점거리 추정 알고리즘과 구해진 초점거리를 이용하여 영상을 실린더에 투영하는 방법에 대해 살펴본다.

3.1 이분법을 이용한 카메라 초점거리 추정

정렬되어진 영상을 실린더에 투영하기 위해서는 먼저 카메라의 초점거리가 필요하다. 제시하는 초점거리 추정 방법은 그림 2a의 기하학적 관계를 이용한다. 먼저, 2장에서 제시된 영상 정렬 알고리즘은 그림 2a에서 l_i을 추정하므로 정확한 카메라의 초점거리를 알고 있다면, 두 영상평면이 이루는 각을 구할 수 있으며, 이들은 합은 수식(2)를 만족하게 된다.

$$2\pi - \sum_{i=1}^{N} 2atan\left(\frac{l_i}{f}\right) \simeq 0 \qquad (2)$$

그러므로 이들의 합이 2π가 되는 f를 구하면 된다. 제안하는 초점거리 추정알고리즘은 다음과 같다.

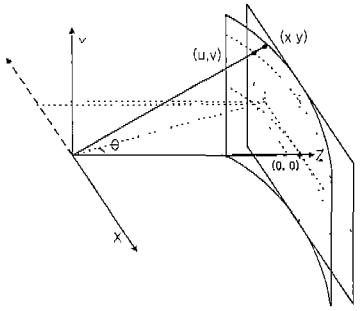
알고리즘 1 카메라 초점거리

```
L← Σ_{i=0}^{n} 2l_i, f_0←L/2π, f_low←f_0/2, f_high←f_0, k←0 , θ=0
do {
        f_k←(f_high+f_low)/2
        for i ← 1 to N do
                θ← θ+2tan^{-1}(l_i/f_k)
        if ((θ−2π)<0) f_high← f_k;
        else f_low←f_k;
        k←k+1;
    } while ( |θ−2π|> ε)
    f_true←f_k
```

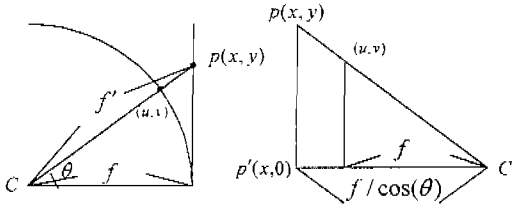
알고리즘 1은 카메라의 초점거리를 구하기 위해서는 수식(1)을 사용한다. 수식에서 f는 카메라의 초점거리, l_i는 구해진 수평이동거리이며 N 은 영상의 수이다. 그림 2a를 보면 두 영상 평면이 만나는 위치와 원에 접하는 접점간의 거리는 l_i 이다. 그러므로 두 영상간의 회전각 θ는 $2\tan^{-1}(l_i/f)$임을 알 수 있으며 이들의 합인 $\sum 2\tan^{-1}(l_i/f)=2\pi$ 임을 알 수 있다. 이러한 관계로부터 초점거리를 추정하기 위해, 먼저 $L=\sum_{i=1}^{N} 2l_i$로부터 초기 초점거리 $f_0=L/2\pi$를 구한 다음, $f_{low}=f_0/2$, $f_{high}=f_0$을 설정한다. 초기 설정값으로부터 $\sum 2\tan^{-1}(l_i/f)=2\pi$가 되는 f_{true}를 이분법을 사용하여 추정한다.

3.2 실린더 영상 투영과 와핑함수

카메라의 초점거리가 구해지면, 각 영상을 실린더에 투영해야 한다. 그러므로 실린더와 영상평면간의 좌표관계를 구해야 하며, 그림 4는 영상평면과 실린더와의 좌표관계를 보여주고 있다.



(a) 기하학적 관계



(b) 수평좌표의 관계 (c) 수직 좌표의 관계

그림 4 실린더와 영상평면간의 기하학적 관계

그림 4a는 실린더와 영상 평면의 기하학적 관계를 보여주고 있다. 그림 4b와 4c는 수평과 수직좌표계의 관계를 보여주고 있으며 (u, v)는 실린더의 좌표이며, (x, y)는 영상평면상의 좌표이다. 그림 4b로부터 θ는 임을 알 $\tan^{-1}(x/f)$ 수 있으며, x 에 대응되는 점 u는 $f\times\theta$임을 알 수 있다. 수직 좌표계의 관계를 분석하기 위해 두 점 C와 p' 를 잇는 선분의 길이를 구해야 하며 이 선분의 길이는 $f/\cos\theta$임을 알 수 있다. 그림 4c로부터 $f:v=\frac{f}{\cos\theta}:y$의 비례식으로 표현이 되어지며 비례식의 관계로부터 수식을 풀어보면 수식(3)으로 나타나게 된다.

$$u=f\times\tan^{-1}\left(\frac{x}{f}\right),\ v=\cos(\theta)\times y \qquad (3)$$

4. 실험결과

본 논문에서는 제안하는 실린더 파노라믹 영상 생성 알고리즘을 Pentium-II 350MHz와 120MB의 메모리를

가진 PC에서 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 SONY 디지털 카메라로부터 얻어진 120, 110, 60, 50 및 30 장의 영상을 사용하였다.

4.1 영상 선택

본 논문에서는 실린더 파노라믹 영상 생성 시 사용될 영상스트립을 결정하기 위해 각 영상의 중심으로부터 가까운 거리에 있는 영상을 선택한다. 이러한 이유는, 첫째 영상의 중심은 수식(3)을 통해 실린더에 투영될 경우, 와핑에 대한 효과가 적게 나타나며, 카메라 렌즈의 왜곡이 영상의 다른 부분에 비해 상대적으로 적게 나타나기 때문이다.

본 논문에서 제안하는 영상 정렬 알고리즘은 그림 2에 보는바와 같이 두 영상으로부터 같은 거리인 l_i를 구한다. 구해진 l_i는 실린더 파노라믹 영상을 생성할 경우, 영상으로부터 가져올 스트립 영상의 크기를 결정하는 중요한 요인이 된다. 그림 5는 영상으로부터 가져온 스트립 영상으로부터 실린더 파노라믹 영상을 생성하는 방법을 보여주고 있다.

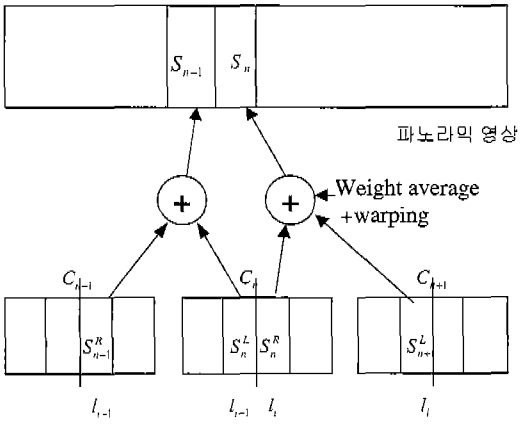


그림 5 영상선택과 합병

그림 5에서 C_{n-1} C_n과 C_{n+1}은 수평 회전시켜 얻어진 n-1, n과 n+1번째 영상의 중심을 잇는 수직선, S^R_{n-1}, S^L_n, S^R_n과 S^L_{n+1}은 실린더에 투영 시 사용될 영상 스트립이다. 그림에서 영상 스트립의 크기를 결정하는 요인은 l_{i-1}과 l_i이며 이는 n-1과 n번째 영상, n과 n 1의 수평이동요소가 된다. 구해진 l_{i-1}과 l_i로부터 n-1번째 영상으로부터 S^R_{n-1}과 n번째 영상으로부터 S^L_n 영상 스트립을 결정할 수 있으며, 이를 픽셀단위로 실린더에 와핑시켜 실린더 S_{n-1}위치에 투영하여 영상을 생성한다. 그러므로, 그림 1에서 보는바와 실린더 파노라믹 생성 과정시 구해진 운동모델을 적용하여 영상을 정렬하기 위한 영상 정렬과정을 생략 할 수 있다. 또한, 영상의 밝기차이에 의해 나타나는 끊어지는 현상을 제거하기 위해 가중평균(weighted average)을 적용하였다. 그림 7은 제안된 방법에 의해 생성되어진 실린더 파노라미 영상의 예이다.

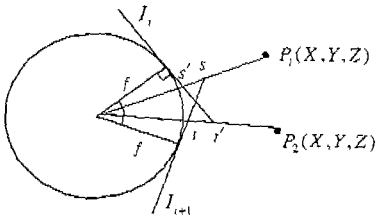
4.2 초점거리 추정결과

실험은 Sony DCR-TRV310 카메라로부터 얻어진 120, 110, 60, 50 및 30장의 영상을 사용하였다. 이러한 영상들은 제안하는 영상 정렬방법을 통해 이동 운동요소를 얻고, 카메라의 초점거리를 추정한 결과는 표 1과 같다. 이동운동요소로부터 카메라의 초점거리를 구하기 위한 방법으로 [4]에서는 Newton-method의 방법을 사용하였다. 그러나, [4]의 방법에서 구하는 이동요소는 그림 6a에서보는 바와 같이 3차원 상의 두 점인 P_1, P_2가 각각의 영상 평면인 I_i, I_{i+1}에 맺히게 되는 s, t와 s', t'의 영상의 차이가 최소가 되는 이동운동요소를 찾는 것으로 그림 6b에서의 거리 d이다. 이러한 경우, 두 영상이 겹치는 부분의 영상을 찾기 위해서는 영상전역에서 수행되는 것이 일반적이다. 하지만 제안하는 방법은 그림 2a에서 보는 바와 같이 영상의 일부분인 스트립 영상만을 사용하며, 구해지는 이동운동요소는 그림 2a에서 보는 바와 같이 3차원점 $P(X, Y, Z)$가 맺히게 되는 위치와 영상 중심에서의 거리이며 그림 6b에서 각 영상의 중심위치인 C_i, C_{i+1}에서 같은 거리에 있는 스트립 영상의 위치인 l까지의 거리이다. 제안하는 방법은 전체 영상을 사용하는 방법에 비해 계산적인 면에서 효율적이라고 할 수 있다. 또한 제안된 방법과 그림 6의 방법에 의해 구해진 이동운동요소로부터 영상의 수를 달리하여 초점거리를 구했을 경우, 제안한 초점거리 알고리즘은 Newton-method 방법에 비해 영상의 수에 크게 영향을 받지 않음을 표 1를 통해서 알 수 있다.

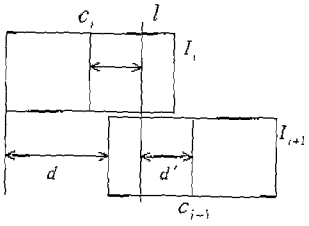
표 1 Newton-Method와 제안한 알고리즘의 초점거리 추정 결과

(단위 : pixel)

실험 영상수 / 방법	120 장	110 장	60 장	50 장	30 장
제안한 알고리즘	473.182451	473.139117	473.269368	472.734673	472.140411
Newton-Method	472.755432	472.564697	471.687317	470.504761	466.194153



(a) 수평회전시 두 영상간의 관계



(b) 제안된 방법과 일반적인 이동운동 모델에서 구하는 이동운동과의 차이

그림 6 수평회전시 영상의 관계와 구하는 이동운동요소의 비교

5. 결 론

본 논문에서는 고정된 카메라를 수평으로 회전시켜 얻어진 영상과 실린더의 기하학적 관계로부터 두 영상의 중심으로부터 같은 거리에 있는 부분영상을 이용한 영상 정렬방법과 효율적인 카메라의 초점거리 추정 알고리즘을 제시하였다. 그러나 제시한 방법은 부분적인 실린더 영상을 생성할 수 없으며, 카메라의 2차원회전(roll)과 줌(zoom)에 의한 초점거리의 변동이 크게 존재하는 영상에 대해서는 해를 구할 수 없는 단점을 가진다. 하지만 실린더 파노라믹 영상을 생성하기 위한 응용에서는 고정된 카메라를 수평방향만으로 회전시키는 것이 일반적이며, 회전하는 동안 초점거리가 고정되어 있으므로, 실린더 파노라믹 영상 생성 시에는 효율적이다.

참 고 문 헌

[1] Chen, S.E., "Quicktime VR - An image based approach to virtual environment navigation," *Computer Graphics(SIGGRAPH'95)*, pp. 29-39, August 1995.

[2] Quicktime VR, "http://qtvr.quicktime.apple.com".

[3] Live picture, "http://www.livepicture.com".

[4] Millian, L. and Bishop, G., "Plenoptic modeling : an Image-based rendering system", Computer Graphics(SIGGRAPH'95), pp. 39-46, August 1995.

[5] Nayer, S., "Catadioptric omnidirectional camera," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recogition (CVPR'97), pp. 482-488. San Juan, Pureto Rico, June 1997.

[6] Meehan, J., *Panoramic photography*, Waston-Guptill, 1990.

[7] Irani, M., Anadan, P. and Hsu, S., "Mosaic based representations of video sequences and their applications," in fifth International Conference on Computer Vision(ICCV'95), pp. 605-611, Cambridge, Massachusetts, June 1995.

[8] Mann, S. and Picard, R.W., "Virtual bellows : constructing high-quality images fromc video," in first IEEE International Conference on Image Processing(ICIP-94), Vol.1, pp. 363-367, Austin, Texas, November 1994.

[13] Sawhney, H.S. and Ayer, S., "Compact representation of videos through dominant multiple motion estimation," IEEE Transaction on Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol.18, No.8, pp. 814-830, August 1996.

[9] Szeliski, R., "Video mosaics for virtual environments," IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 22-30, March 1996.

[10] Szeliski, R., "Image mosaicing for tele-reality application," IEEE Workshop on Applications of

그림 7 생성되어진 실린더 파노라믹 영상

Computer Vision(WACV'94), pp. 44-53, IEEE Computer Society, Sarasota, Florida, December 1994.

[11] Teodosio, L.A. and W. Bender, "Salient video stills : contents and context preserved," ACM International Conference on Multimedia, Vol.35 No.3, pp.557-573, 1993.

[12] Szeliski, R. and Shum, H.Y., "Creating full view panoramic image mosaics and environment maps," *Computer Graphics(SIGGRAPH'97)*, pp. 251-258, August 1997.

장 경 호

1998년 경성대학교 전자계산학과 졸업. 2000년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업. 2000년 ~ 현재 박사과정중. 관심분야는 가상현실, 영상기반 랜더링 및 모델링, 컴퓨터비전

정 순 기

정보과학회논문지 : 시스템 및 이론
제 28 권 제 10 호 참조