

파노라마 영상 기반 네비게이션에서 FFT 기술을 이용한 자연스러운 장면 전환 알고리즘

김 대 현[†]·최 종 수^{††}·김 태 은^{†††}

요 약

본 논문에서는 파노라마 기반 네비게이션 시스템에서 한 시점에서 다른 시점으로 이동할 때 자연스럽게 장면을 전환할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 두 파노라마 영상에서 시선 방향을 일치시키는 사전 워핑(rewarping) 단계와 시선 방향이 일치된 두 영상에서 대응 점을 찾아 중간 시점의 영상을 생성하는 양방향 시차 물평(bidirectional disparity morphing) 단계로 나누어진다. 사전 워핑은 FFT를 이용하여 두 영상간의 위상 관계를 분석한 후, 두 영상간의 변위, 회전, 및 스케일의 변화량을 계산하여 시선 방향을 일치시킨다. 그리고 양방향 시차 물평에서는 블록 단위의 시차 벡터(disparity vector)를 계산하고, 가려짐 영역에 대한 정확한 시차를 교정하기 위해 가려짐 패턴을 이용하였다. 제안된 방법은 실제 파노라마 영상에 적용하여 실험하였고, 그 결과 두 파노라마 영상 사이를 자연스럽게 이동할 수 있었다.

An algorithm of the natural view transition in the panoramic image based navigation using Fast Fourier Transform Techniques

Dae-Hyun Kim[†] · Jong-Soo Choi^{††} · Tae-Eun Kim^{†††}

ABSTRACT

This paper proposes a new algorithm that generates smooth and realistic transition views from one viewpoint to another view point on the panorama based navigation system. The proposed algorithm is composed with two steps. One is prewarping that aligns the viewing direction in two panorama image, the other is bidirectional disparity morphing (BDM) that generates the intermediate scene from the aligned panorama images. For the prewarping, first of all, we compute the phase correlation between two images in order to get the information such as the displacement, rotation, and scale. Then we align the original images using these information. As soon as finishing the prewarping, we compute the block based disparity vectors (DVs) and smooth them using the two occluding patterns. As we apply these DVs to the BDM, we can get the elaborate intermediate scenes. We make an experiment on the proposed algorithm with real panoramic images and we can get the satisfactory results.

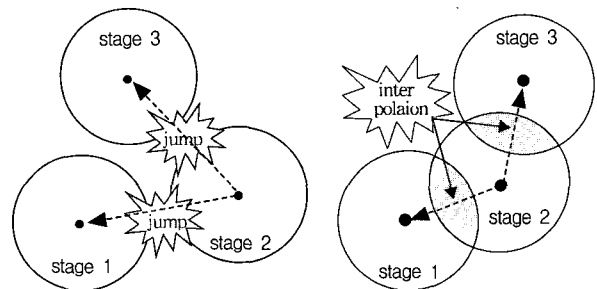
키워드 : 네비게이션(Navigation), 사전워핑(Prewarping), 양방향 시차 물평(Bidirectional disparity morphing)

1. 서 론

가상 현실 시스템에서 3차원 세계를 표현하는 대표적인 두 방법은 3차원 모델을 이용하는 3차원 모델 기반 방법(3D model based method)과 2차원 영상을 이용하는 영상 기반 방법(image based method)이다[1-5].

3차원 모델 기반 방법은 가상 환경 내에 존재하는 모든 객체들에 대해서 3차원 모델을 생성하기 때문에 정밀한 표현이 가능하다[1,2]. 그러나 3차원 모델을 생성하기 위해서는 많은 계산 시간이 필요하고, 복잡한 모델에 대해서는 표현의 한계가 있다.

이에 반해, 영상 기반 방법은 여러 시점에서 취득된 영상을 이용해서 원하는 시점의 영상을 생성하여 표현하는 방법이다. 이 방법은 실감나는 가상 환경을 생성할 수 있고, 어떠한 복잡한 장면이라도 그대로 가상 환경에 반영할 수 있다[4-6].



(a) 점프에 의한 시선 이동 (b) 보간 방법에 의한 시선 이동 (그림 1) 파노라마 영상 기반 네비게이션 시스템에서 시점 이동 방법

※ 본 연구는 교육부의 두뇌한국21 사업(BK21) 및 과학기술부의 국가지정 연구실(M1020400 0079 0210000 07310) 지원으로 수행되었습니다.

† 준 회원 : 중앙대학교 대학원 영상공학과

†† 정 회원 : 중앙대학교 영상공학과 교수

††† 정 회원 : 남서울대학교 멀티미디어학과 교수

논문접수 : 2003년 5월 21일, 심사완료 : 2003년 8월 8일

대표적인 영상 기반 방법은 파노라마 영상을 이용한 네비게이션(navigation)이다. 파노라마 기반 네비게이션 시스템에서 사용자는 고정된 시점에서 좌우 또는 위아래로만 돌려볼 수 있다. 파노라마 기반 네비게이션 시스템에서 대표적인 시점간의 이동 방법은 (그림 1)(a)와 같이 현재 시점의 파노라마 영상(기준 영상)을 점점 확대시킨 후에 마지막에 점프(jump), 즉 다른 시점의 파노라마 영상(대상 영상)으로 바꾸는 방법이다. 이러한 시스템에서 사용자는 가상 세계를 직접 여행하거나 경험한다는 느낌을 받기 어렵다[3].

보다 자연스러운 장면의 전환을 사용자에게 주기 위해서 보간 방법을 이용한다. 이 방법은 기준 영상은 확대시키고 대상 영상은 축소시킨 뒤 일정한 가중치에 의해서 두 영상을 합성하는 것이다. 그러나 확대 또는 축소된 두 영상의 대응관계가 정확하지 않기 때문에 객체들의 경계에서 이중의 열화 현상이 발생한다.

보간 방법에서 발생하는 열화 현상을 막기 위해서 [3]은 (그림 1)(b)와 같이 기준 영상과 대상 영상으로부터 시차 벡터를 추정하여 시차 몰핑(disparity morphing)에 의해 중간 시점의 장면을 생성했다. 이 방법은 앞에서 나열된 방법에 비해서 훨씬 자연스럽게 장면을 전환할 수 있으며, 보다 사실적인 표현이 가능하다.

본 논문에서는 서로 다른 시점에서 생성된 파노라마 영상에 대해서 자연스럽게 장면을 전환할 수 있는 방법을 제안한다. 자연스러운 장면 전환을 위해서 두 파노라마 영상에서 사용자가 이동하는 시선 방향을 일치시키는 것이 필요하다. [3]에서는 영상 취득에 사용된 카메라의 내부 파라미터를 이용해서 시선 방향을 일치시켰다. 그러나 본 논문에서는 카메라 파라미터를 계산하지 않고, 두 파노라마 영상간의 위상 관계를 이용해서 시선 방향을 일치시킨다. 이 단계를 사전 워핑(rewarping)이라고 한다.

사전 워핑을 거친 두 영상은 중간 시점의 영상을 생성하기 위해서 두 영상간의 시차 벡터(DV, disparity vector)를 계산한다. 시차의 계산은 블록 단위로 계산되며, 두 영상 각각에 대해서 시차 벡터를 계산한다. 이를 양방향 시차 벡터(BDV, bidirectional disparity vector)라고 한다.

두 영상에서 시차를 계산할 때, 가려짐 영역에 대해서는 그 대응점을 찾을 수 없기 때문에 DV를 계산할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 LRC(Left/Right Check)[2] 방법을 이용해서 가려짐 영역을 구분하고, [6]에서 제안했던 가려짐 패턴(occluding pattern)을 이용해서 가려짐 영역의 DV를 교정한다.

BDV의 계산이 끝난 후에는 각각의 영상에 양방향 시차 벡터를 적용하여 몰핑(morphing)을 수행한다. 이를 양방향 시차 몰핑(BDM, bidirectional disparity morphing)이라 한다. BDM을 수행할 때, 가시성의 변화로 인해서 겹침(fold)과 홀(hole)이 발생한다. 겹침은 z-버퍼 알고리즘을 이용하

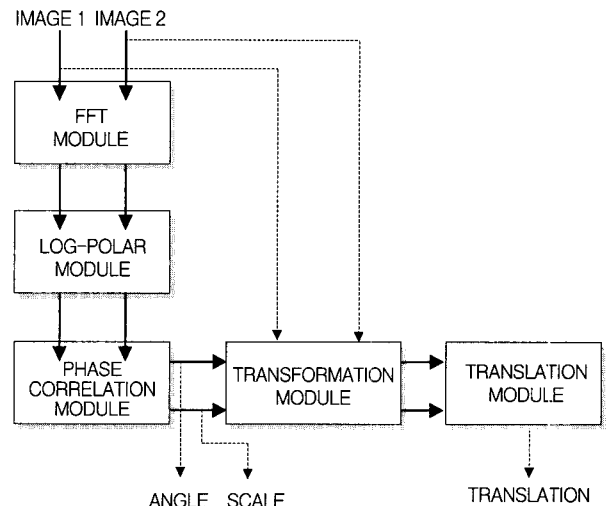
면 쉽게 해결할 수 있고, 홀은 [6]의 방법을 적용하여 해결하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 FFT 기술을 이용해서 두 파노라마 영상의 시선 방향을 일치시키는 사전 워핑을 설명한다. 3장에서는 시선 방향이 일치된 두 영상에 대해서 BDV를 계산하고 중간 시점의 장면을 생성하는 BDM을 설명한다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 실제 파노라마 영상에 적용한 실험 결과를 보이고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 사전 워핑(Prewarping)

두 파노라마 영상에서 시선 방향을 일치시키는 문제는 두 영상을 정합(registration)하는 것과 근본적으로 같다[8, 9]. 본 논문에서는 FFT 기술을 이용해서 두 영상의 시선 방향을 일치시킨다. (그림 2)는 FFT 기술을 이용해서 시선 방향을 일치시키는 전체적인 과정을 보이고 있다.

입력 영상에 대해서 FFT를 수행한 후, 스펙트럼을 로그-극좌표계로 변환한다. 이 때 하나의 축은 두 영상간의 스케일 변화를, 그리고 또 하나의 축은 회전각을 내포한다. 로그-극좌표계로 변환된 스펙트럼에 대해서 위상 상관함수(phase correlation)를 적용하면 스펙트럼간의 변위를 계산할 수 있고, 이로부터 기준 영상과 대상 영상 사이의 상대적인 스케일과 회전각을 얻을 수 있다. 이 정보는 대상 영상에 적용하여 두 영상의 스케일과 회전각을 동일하게 만든다. 그리고 다시 FFT를 수행하여 얻어진 위상 정보로부터 두 영상의 변위 정보를 계산할 수 있다.



(그림 2) 시선 방향을 일치시키기 위한 전체적인 알고리즘 흐름도

2.1 변위 계산

두 영상의 변위 계산은 푸리에 변환(Fourier transform)의 이동 성질(shift theorem)에 기반한다. 즉, 두 영상 f_1, f_2 는

식 (1)과 같이 서로 (x_0, y_0) 만큼 이동되었다면 이들의 푸리에 영역(Fourier domain)에서의 관계는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다[10].

$$f_2(x, y) = f_1(x - x_0, y - y_0) \quad (1)$$

$$F_2(\xi, \eta) = e^{-j2\phi(\xi x_0 + \eta y_0)} F_1(\xi, \eta) \quad (2)$$

그리고 두 영상 f_1, f_2 의 푸리에 영역에서의 위상 상관함수는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$\frac{F_1(\xi, \eta) F_2^*(\xi, \eta)}{|F_1(\xi, \eta) F_2(\xi, \eta)|} = e^{-2\phi(\xi x_0 + \eta y_0)} \quad (3)$$

F_1 는 F_2 의 쥘레 복소수(complex conjugate)이다. 식 (3)을 위 푸리에 변환하면 (x_0, y_0) 에서 임펄스가 발생하고, 이 임펄스의 위치가 두 영상이 서로 정합되는 위치를 나타낸다.

2.2 스케일 변화 없이 회전만 존재하는 경우

f_2 는 f_1 이 (x_0, y_0) 만큼 이동하고, 만큼 회전하였다고 하면 그 관계는 식 (4)와 같고, 푸리에 영역에서의 f_1, f_2 의 관계는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$f_2(x, y) = f_1(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0 - x_0, -x \sin \theta_0 + y \cos \theta_0 - y_0) \quad (4)$$

$$F_2(\xi, \eta) = e^{-2\phi(\xi x_0 + \eta y_0)} \times F_1(\xi \cos \theta_0 + \eta \sin \theta_0, -\xi \sin \theta_0 + \eta \cos \theta_0) \quad (5)$$

F_1, F_2 의 크기를 각각 M_1, M_2 라 하면 식 (5)는 식 (6)과 같이 표현된다. 즉, M_2 는 M_1 을 회전시킨 것과 같다. 식 (6)을 극좌표계로 변환하면 식 (7)과 같이 회전각에 대해서 변위 성분을 갖는 수식으로 변형된다. 따라서 2.1에서와 같이 M_1, M_2 를 위상 상관함수에 적용하면 회전 성분을 계산할 수 있다.

$$M_2(\xi, \eta) = M_1(\xi \cos \theta_0 + \eta \sin \theta_0, -\xi \sin \theta_0 + \eta \cos \theta_0) \quad (6)$$

$$M_2(\rho, \theta) = M_1(\rho, \theta - \theta_0) \quad (7)$$

2.3 스케일의 변화와 함께 회전이 모두 존재하는 경우

(x, y) 가 $(x/a, y/a)$ 로 스케일이 변화되었다면 이들의 극좌표 변환은 식 (8)~식 (11)과 같다.

$$\rho_1 = (x^2 + y^2)^{1/2} \quad (8)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}(y/x) \quad (9)$$

$$\rho_2 = ((x/a)^2 + (y/a)^2)^{1/2} = \rho_1/a \quad (10)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}((y/a)/(x/a)) = \theta_1 \quad (11)$$

만약 f_2 는 f_1 이 $1/a$ 로 스케일이 변화되고 (x_0, y_0) 만큼 θ_0 이동하고 만큼 회전하였다면, 이들의 푸리에 스펙트럼의 크

기 성분을 극좌표계로 변환한 수식은 식 (12)와 같이 표현된다.

$$M_2(\rho, \theta) = M_1(\rho/a, \theta - \theta_0) \quad (12)$$

식 (12)에서 ρ 에 대한 축을 로그 스케일로 변환하면 식 (13)과 같이 변형되고, 이는 식 (14)와 같이 다시 표현할 수 있다. 즉, 스펙트럼 영상에 대해서 변위 성분이 존재하는 영상으로 변환이 된다.

$$M_2(\rho, \theta) = M_1(\log \rho - \log a, \theta - \theta_0) \quad (13)$$

$$M_2(\xi, \theta) = M_1(\xi - d, \theta - \theta_0) \quad (14)$$

$\xi = \log \rho, d = \log a$

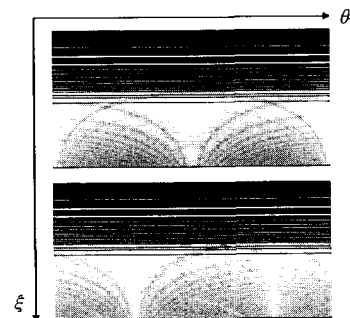
식 (13)~식 (14)와 위상 상관함수를 이용하면 스케일 a 와 회전각 θ_0 를 계산할 수 있다. 일단 스케일과 회전각이 계산 되면 주어진 영상은 각각 스케일과 회전각에 따라서 영상을 변환시키고, 다시 위상 상관관계를 이용해서 변위 성분을 계산하게 된다.

(그림 3)은 스케일 변화가 있고 회전 및 이동된 영상에 대한 스펙트럼 예를 나타내고 있다. (그림 3)(c)는 주어진 두 영상 (그림 3)(a), (그림 3)(b)의 푸리에 스펙트럼을 식 (8)~식 (14)의 방법을 통해서 로그-극좌표계로 변환한 스펙트럼 영상을 보여주고 있다. 가로축은 회전각에 대한 θ 를 나타내고, 세로축은 스케일에 대한 ξ 를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 회전각에 대한 위상차는 축을 따라서 스펙트럼이 이동되었음을 확인할 수 있다.



(a) 기준 영상

(b) 대상 영상



(c) 로그-극좌표계로 변환된 스펙트럼

(그림 3) 스케일 변화가 있고 회전 및 이동된 영상에 대한 스펙트럼 예

3. 양방향 시차 물핑(bidirectional disparity morphing)

시선 방향이 일치된 두 영상에 대해서 각 화소간의 대응 관계를 알아야 한다. 공간상의 한 점은 두 영상에서 한 쌍의 대응점 p, p' 을 형성한다. 만일 이 두 점이 두 영상에서 모두 보인다면 대응점 사이의 거리는 화소 단위의 시차(disparity)로 정의된다. 시차는 x - y 축 모두에 대해서 발생하기 때문에 이를 시차벡터(DV, disparity vector)라 하고, 그 관계식은 식 (15)와 같다.

$$p' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + d_x(x, y) \\ y + d_y(x, y) \end{bmatrix} = p + \begin{bmatrix} d_x(x, y) \\ d_y(x, y) \end{bmatrix} \quad (15)$$

$d_x(x, y), d_y(x, y)$ 는 기준 영상의 화소에 대응하는 대상 영상의 화소까지의 DV 성분이다. 계산된 DV에는 잘못된 정합으로 인한 오류를 내포하고 있다. 따라서 본 논문에서는 [6]에서 제안된 가려짐 패턴을 x, y 방향의 시차에 각각 적용하여 잘못된 시차를 교정하였다.

대응점 p, p' 사이의 중간 위치의 좌표는 물핑 계수(morphing coefficient), s 에 의해서 결정된다. p, p' 간의 DV인 $d_x(x, y), d_y(x, y)$ 의 크기를 1로 정규화시키면, 중간 위치의 좌표는 이 거리의 상대적인 거리($0 < s < 1$)에 의해서 결정된다. 기준 영상에 대한 중간의 장면은 식 (16)의 시차 함수로 표현되며, 대상 영상에 대해서도 같은 방법이 적용된다.

$$p_s = \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + s \cdot d_x(x, y) \\ y + s \cdot d_y(x, y) \end{bmatrix} = p + s \begin{bmatrix} d_x(x, y) \\ d_y(x, y) \end{bmatrix} \quad (16)$$

식 (16)을 이용해서 생성된 중간 위치의 장면들은 가시성의 변화로 인해서 홀(hole)과 겹쳐짐(fold)가 발생한다. 본 논문에서는 홀과 겹쳐짐의 문제를 해결하기 위해서 [6]에서 이미 제안했던 방법과 같은 방법을 적용한다. 즉, 겹쳐짐은 z-buffer 알고리즘을 이용하여 해결하였고, 홀은 기준 영상과 대상 영상으로부터 각각 생성된 중간 영상을 식 (17)을 이용해서 디졸브(dissolve)함으로써 제거할 수 있었다.

$IP_s(x, y) =$

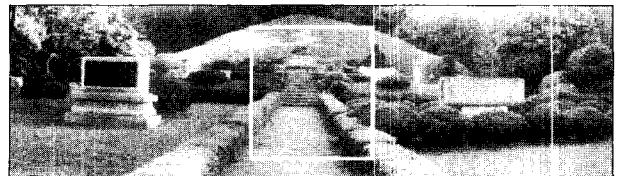
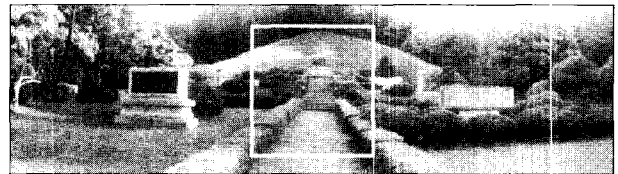
$$\begin{cases} (1-s) \cdot IP_{s, SRC}(x, y) + s \cdot IP_{s, TAR}(x, y) & \text{if } IP_{x, SRC} \neq 0, IP_{s, TAR} \neq 0 \\ IP_{s, SRC}(x, y) & \text{if } IP_{x, SRC} \neq 0, IP_{s, TAR} = 0 \\ IP_{s, TAR}(x, y) & \text{if } IP_{x, SRC} = 0, IP_{s, TAR} \neq 0 \\ \text{Nearest neighbor pixel} & \text{if } IP_{x, SRC} = 0, IP_{s, TAR} = 0 \end{cases} \quad (17)$$

$IP_s(x, y)$ 는 (x, y) 위치에서의 디졸브된 화소값이고, $IP_{s, SRC}(x, y), IP_{s, TAR}(x, y)$ 는 각각 기준 영상과 대상 영상으로부터 보간된 화소값이다. 좌우 영상으로부터 보간된 두 영상의 화소가 모두 0이 아닌 경우에는 물핑 계수(s)에 의해서 평균을 취하고, 두 영상 중 하나의 화소값이 0인 경우 0이 아닌 화소값으로 대체한다. 그리고 두 개의 화소값이 모두

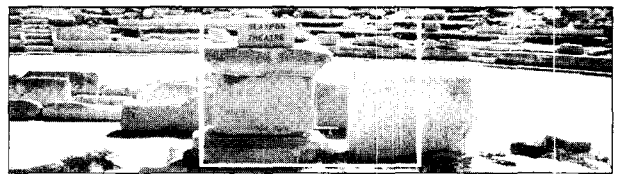
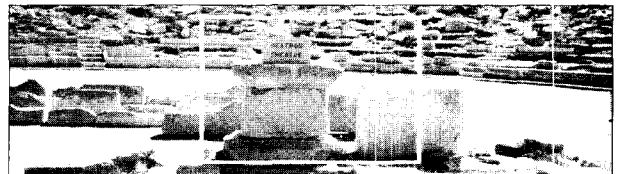
0인 경우는 주변의 가장 가까운 화소값으로 보간한다.

4. 실험 및 고찰

본 논문에서 우리는 (그림 4)에 제시한 파노라마 영상을 가지고 제안된 알고리즘을 실험하였다. (그림 4)는 전체 파노라마 영상 중 일부분을 나타내고 있으며, 파노라마 영상의 생성은 [11]의 방법을 이용하였다. (그림 4)에서 사각형 영역은 현재 사용자의 시선 방향에서 각각 기준 영상과 대상 영상에서 보이는 장면이라고 가정하였다. 그림에서 알 수 있듯이, 기준 영상과 대상 영상에서 현재의 시선 방향에서 바라보는 장면은 서로 일치하지 않는다.



(a)



(b)

(그림 4) 실험 영상

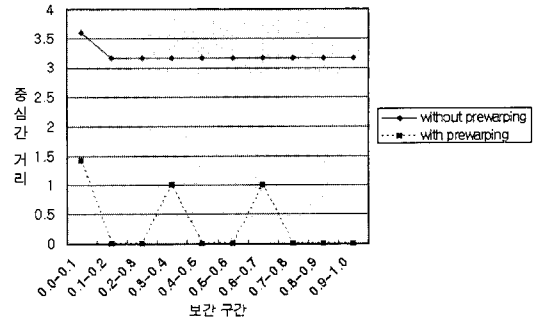
<표 1>은 각각의 파노라마 영상에 대해서 사전 위핑을 수행한 결과를 정리한 것이다. 사전 위핑을 통해서 우리는 영상간의 상대적인 스케일 변화, 회전각, 그리고 이동 변위를 알 수 있다. 이렇게 얻어진 정보는 다시 영상에 적용하여 두 영상의 시선 방향이 일치하도록 변환시킨다.

<표 1> 사전 위핑 결과 정보

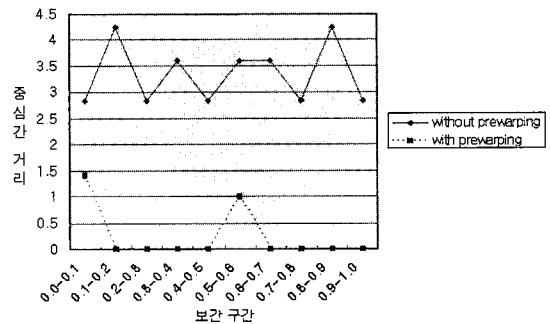
	(그림 4)(a)	(그림 4)(b)
Scale	1.145	1.176
Rotation	0	0
Translation(dx, dy)	(24, 9)	(19, 19)

(그림 5)는 (그림 4)의 사각형 영역의 기준 영상과 대상 영상간의 움직임 벡터를 검출한 결과를 보여주고 있다. (그림 5(a))는 사전 워핑을 적용하지 않았을 때의 기준 영상과 대상 영상간의 움직임 벡터를 검출한 결과이고, (그림 5(b))는 사전 워핑을 적용한 후의 움직임 벡터를 검출한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이, 사전 워핑을 거치기 전에는 기준 영상에서 대상 영상으로의 시선 방향이 일정하지 않다. 그러나 사전 워핑을 거친 후에는 장면의 중심에서 방사형으로 움직임 벡터가 분포하고 있다. 즉, 사전 워핑을 적용함으로써 두 장면에 대한 시선 방향이 일치되었다.

(그림 6)은 사전 워핑을 수행하기 전과 수행한 후의 시선 방향에 오차 즉, 연속된 두 영상의 중심간의 거리 $\overline{c_0c_1}$ 를 계산한 결과이다. (그림 6)에서 알 수 있듯이, 기준 영상에서 대상영상으로 장면이 전환됨에 따라서 사전 워핑을 거치지 않은 경우 그 오차가 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 이에 반해서, 사전 워핑을 통해서 시선 방향을 일치시킨 경우에는 그 오차가 현저하게 감소하였음을 알 수 있다. 이러한 결과는 (그림 5)와 함께 사용자의 시선 방향을 따라서 다른 파노라마 영상으로 이동할 때 사용자에게 보다 자연스러운 장면의 전환을 제공할 수 있음을 증명하는 것이다.

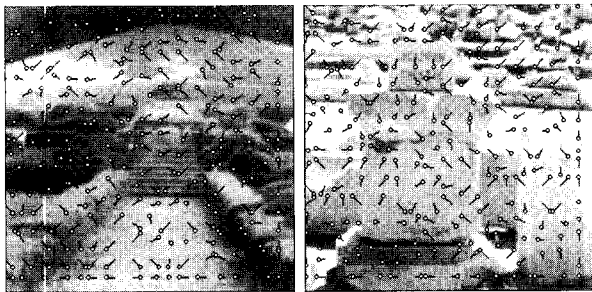


(a)

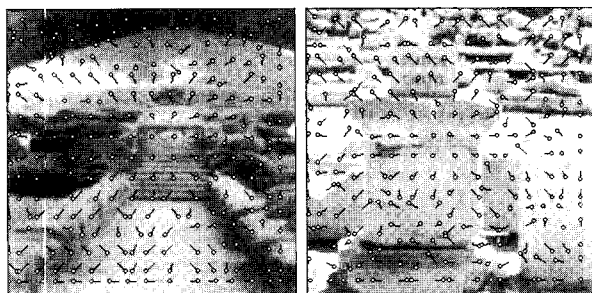


(b)

(그림 6) 장면 보간에 따른 시선 방향의 오차



(a) 사전 워핑을 적용하기 전의 움직임 벡터 검출 결과



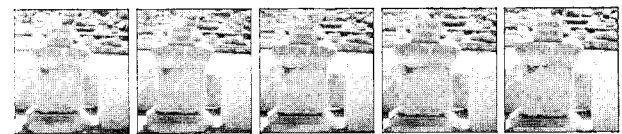
(b) 사전 워핑을 적용한 후의 움직임 벡터 검출 결과
(그림 5) 사전 워핑을 적용하기 전과 후의 기준 영상에서의 움직임 벡터 검출 결과

(그림 7)은 (그림 4)의 장면에 대해서 기준 영상에서 대상 영상까지 중간의 영상을 보간한 영상을 나타내고 있다. (그림 7(a))는 카메라로부터 멀리 떨어진 장면에 대한 보간이기 때문에 시선 이동에 따른 장면의 변화가 크게 나타나

지 않는다. 이에 반해, (그림 7(b))는 객체와 카메라의 거리가 가깝기 때문에 시선 이동에 대한 장면의 변화가 크게 반영되어 나타나고 있다.



(a) (그림 4)(a)의 장면에 대한 보간 영상



(b) (그림 4)(b)의 장면에 대한 보간 영상

(그림 7) (그림 4)에서 시선 방향에 따라서 보간된 영상의 예

5. 결 론

본 논문에서 우리는 파노라마 영상 기반 네비게이션 시스템에서 한 시점에서 다른 시점으로 자연스럽게 시점이 이동될 수 있도록 중간 장면을 합성하는 알고리즘을 제안하였다. 우선 제안된 알고리즘은 사용자가 현재 바라보는 시선 방향으로 영상이 진행하도록 두 파노라마 영상에서 시선 방향을 일치시켜야 한다. 본 논문에서는 사용자의 시선 방향을 일치시키기 위해서 푸리에 변환을 이용해서 사전

워핑을 수행하였다. 이 단계에서는 두 영상의 위상 정보를 사용하기 때문에 카메라 교정과 같은 복잡한 작업은 필요하지 않다.

사전 워핑된 두 영상 각각에 대해서 블록 단위의 DV를 계산하고, 잘못된 DV를 수정하기 위해서 기존의 가려짐 패턴을 이용하였다. DV의 계산이 끝나면, DV를 BDM에 적용하여 두 파노라마 영상 사이의 중간 영상을 합성하였다.

제안된 알고리즘은 기존의 방법에 비해서 사용자에게 연속적인 장면의 전환을 경험하게 함으로써 보다 사실적이고 현실적인 가상 환경의 체험을 가능하게 한다. 향후에는 이러한 파노라마 영상 기반 네비게이션 시스템에 주석(annotation)을 삽입하는 알고리즘을 접목하여 보다 향상된 영상 기반 네비게이션 시스템을 구현할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] Redert, E. Hendriks, J. Biemond, "3D scene reconstruction with viewpoint adaptation on stereo displays," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.10, No.4, pp.550-562, June, 2000.

[2] Takeo Kanade, P. J. Narayanan, P. W. Rander, "Virtualized reality : concepts and early results," *Proc. IEEE Workshop on Representation of Visual Scenes*, pp.69-76, 1995.

[3] H. C. Huang, S. H. Nain, Y. P. Hung, T. Cheng, "Disparity-Based View Morphing A New Technique for Image-Based Rendering," *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, Taipei, Taiwan, November, 1998.

[4] S. E. Chen, L. Williams, "View Interpolation for Image Synthesis," *In Proc. SIGGRAPH 93*, pp.279-288, 1993.

[5] S. M. Seitz, C. R. Dyer, "Physically-valid view synthesis by image interpolation," *In Proc. IEEE Workshop on Representation of Visual Scenes*, pp.18-25, 1995.

[6] Dae-Hyun Kim, Jong-Soo Choi, "Intermediate Scene Generation using Fast Bidirectional Disparity Map," *Proc. of 2002 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2002)*, Phuket, Thailand, pp.904-907, July, 2002.

[7] 김대현, 최중수, "양방향 시차 물핑을 이용한 중간 시점 영상 보간", *대한전자공학회논문지*, 제39권 제SP편 제2호, pp.215-223, 2002.

[8] B. S. Reddy, B. N. Chatterji, "An FFT-Based Technique for Translation, Rotation, and Scale-Invariant Image Registration," *IEEE Trans. On Image Processing*, Vol.5, No.8, pp.1266-1271, August, 1996.

[9] Averbuch, Y. Keller, "FFT Based Image Registration," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol.4, pp.3608-3611, 2002.

[10] A. Oppenheim, A. S. Willsky, S. H. Nawab, *Signals & Systems*, Prentice-Hall, New Jersey, 1997.

[11] Dae-Hyun Kim, Y. I. Yoon, S. H. Kim, "Cylindrical Panoramic Image using Simplified Projective Transform," *EUROIMAGE International Conference on Augmented, Virtual Environments and Three Dimensional Imaging*, Mykonos, Greece, pp.196-199, May-June, 2001.

[12] 김대현, 최중수, "유사특징점을 이용한 모자이크 영상의 구성", *대한전자공학회논문지*, 제39권 제SP편 제4호, pp.381-391, 2001.



김 대 현

e-mail : vante77@imagelab.cau.ac.kr
 1999년 중앙대학교 전자공학과(학사)
 2001년 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과(공학석사)
 2001년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 박사과정

관심분야 : 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스, 영상통신



최 중 수

e-mail : jschoi@imagelab.cau.ac.kr
 1975년 인하대학교 전기공학과(학사)
 1977년 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1981년 Keio University(일본) 전기공학과(공학박사)

1981년~1981년 Aloka Co. Ltd.(연구) 연구소 연구원
 1981년~1999년 중앙대학교 전자공학과 교수
 1999년~현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 교수
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 증강현실, 영상합성, 영상압축, 영상통신



김 태 은

e-mail : tekim@nsu.ac.kr
 1989년 중앙대학교 전기공학과 (학사)
 1992년 중앙대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1997년 중앙대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1994년~1996년 한국과학재단 ERC 참여연구원
 1995년 삼성전자 휴먼테크논문 은상 수상
 1997년~현재 남서울대학교 멀티미디어학과 부교수
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 가상현실, 멀티미디어 시스템