

해상 환경에서의 파노라믹 영상 생성 기법에 관한 연구

A Study on the Panoramic Image Generation in the Sea Environment

김 효 성*, 김 길 중**

Hyo-Sung Kim*, Gil-Jung Kim**

요 약

해상 표적을 효율적으로 탐지하고 식별하기 위해 전자광학 센서가 사용되지만 실제 센서에 입력되는 영상 정보는 센서의 뷰-앵글의 한계로 인하여 탐지할 수 있는 영역이 제한된다. 따라서 팬-틸트 카메라로부터 촬영한 연속 해상 영상으로부터 파노라마 영상의 생성기법 연구는 필요하다. 그러나, 해상 환경에서는 밝기값이 전 영역에서 유사하고 시변(time varying)함으로 기존의 영상기반 모자이킹 방법으로는 해상 파노라마 영상을 생성할 수 없다. 본 논문에서는 해상에서의 고해상도 파노라마 영상을 생성하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안 알고리즘에서는 팬-틸트 카메라의 단일 초점 특성을 이용하여 특징환경에서의 모자이킹 결과를 해상 환경에서 적용함으로써 기존의 모자이킹 방법의 한계를 극복하였다. 가상 실험과 실 영상 적용실험 결과에서 제안 알고리즘이 해상 파노라마 영상 생성에 효과적임을 확인하였다.

Abstract

We generally used electric optical sensors in order to detect and identify sea objects efficiently. However due to the limitation of view-angle, the region acquired from the sense is restricted. So it is necessary to generate panoramic image from sea images acquired from pan-tilt camera. Previous mosaicing method is not able to generate panoramic image for sea environment because intensity is similar to all region and time varying. In this paper, we proposed new algorithm for generating high-resolution panoramic image on sea environment. Proposed algorithm use single-view point model, applying mosaicing result in feature environment to in sea environment, we overcame the limitation of previous method. In the result of virtual and real experiment, we showed that proposed algorithm is efficient for generating sea panoramic image.

Keywords : Image Mosaicing, Panoramic Image, Single-View Point

I. 서 론

최근 한반도 주변국의 수상, 수중 병기의 보유 대수의 증가로 해상을 모니터링 할 수 있는 감시 시스템이 필수적이다. 수상 표적을 탐지하고 식별을 위해 전자광학 센서에서 입력되는 정보를 이용하여 보다 신뢰성이 높은 표적 정보를 획득할 수 있다. 그러나 센서의 뷰-앵글(view-angle)의 한계로 인하여 탐지할 수 있는 영역이 제한된다. 어안(fish-eye)렌즈를 사용하여 넓은 해상 영역을 감시할 수 있으나 실제 사용하기에는 해상도가 낮다. 따라서 뷰-앵글의 한계를 극복함과 동시에 고해상도의 단일 영상을 생성하기 위해 팬-틸트 카메라가 이용된다.

팬-틸트 카메라로부터 획득된 연속 영상을 하나의 넓은 시야의 파노라마 영상으로 합치는 기술로 영상 모자이킹 기법이 사용된다. 영상 모자이킹은 일반적으로 크게

지역 레지스트링(local registration), 전역 레지스트링(global registration)과 혼합(blending)의 과정을 거쳐서 이루어진다^{[1][2][3]}. 일련의 과정 중 영상 모자이킹의 신뢰성은 투영변환 행렬(projective transformation matrix)의 계산에 좌우된다. 투영변환행렬은 인접 영상사이의 일치점으로부터 계산되어진다. 그러나 그림 1에서 보듯이 해상 영상의 밝기분포가 육지 영상의 밝기분포와는 대조적으로 모든 영역에서 밝기값이 유사하여 영상간의 일치점을 찾기란 쉬운 일이 아니다. 따라서 해상에서의 파노라믹 영상 생성은 기존의 영상 모자이킹 기법으로는 해결할 수 없으며 새로운 기법이 연구되어야 한다.

본 논문에서는 해상에서의 고해상도 파노라마 영상을 생성하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안 알고리즘에서는 팬-틸트 카메라의 단일 초점 특성을 이용하여 특징 환경에서의 모자이킹 결과를 해상 환경에서 적용함으로써

써 기존의 모자이킹 방법의 한계를 극복하였다
 본 논문의 구성은 2장에서 팬-틸트 카메라에 대한 단일 초점 카메라 모델의 특성에 대해서 기술하고, 3장에서 제안하는 해상 환경에서의 파노라마 영상 생성 기법을, 4장에서 제안된 방법에 대한 실험 및 결과를 기술하였다. 마지막 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

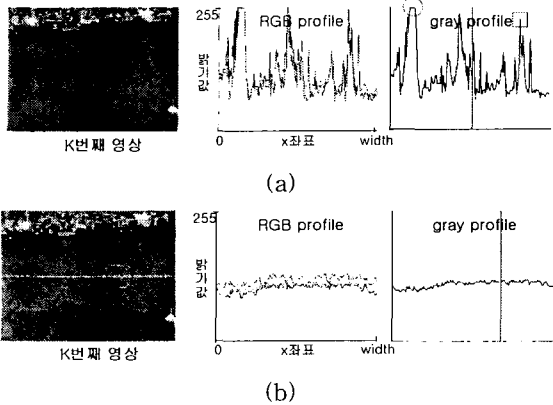


그림 1. 육지 환경과 해상 환경에서의 특징 분석
 (a) 육지 환경에서의 프로파일
 (b)해상 환경에서의 프로파일

Fig. 1. Feature analysis between land and sea environment
 (a) profile in the land environment
 (b) profile in the sea environment.

II. 단일 초점 카메라 모델

카메라의 렌즈 초점이 팬, 틸트의 회전 중심에 위치할 경우 단일 초점 모델(single-view point model)^[2]이라고 한다. 그림 2와 같이 단일 초점 모델에서는 피사체의 거리에 상관없이 두 영상면에 투영되는 위치는 동일하다. 즉 3차원 공간상의 한 점 X_1 과 다른 거리의 X_2 가 영상의 동일한 위치 x_1 과 x_2 에 투영된다. 따라서 단일 초점 카메라를 사용하게 된다면 특징 환경에서의 모자이킹 결과를 해상 환경에서의 모자이킹에 적용시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

그러나 실제 팬-틸트 카메라의 경우 렌즈 초점이 팬-틸트의 회전 중심에 정확히 위치되었다고는 볼 수 없다. 그림 2와 같이 회전중심에서 반지름 r 만큼 떨어진 곳에 렌즈의 초점이 존재하게 된다. 이 경우 단일 초점 카메라 모델을 사용할 수 없으나 피사체의 거리가 반지름 r 보다 매우 큰 경우 단일 초점 카메라 모델로 근사화 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 팬-틸트 카메라의 모델을 단일 초점 카메라 모델로 근사화시켜 적용하였다.

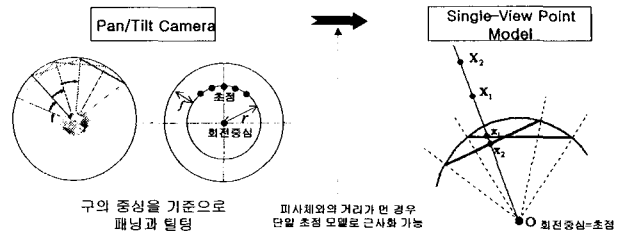


그림 2. 팬-틸트 카메라에 대한 단일 초점 모델 근사화
 Fig. 2. Approximation of single-view point model for pan-tilt camera.

III. 해상 환경에서의 파노라마 영상 생성 기법

팬-틸트 카메라에 의한 단일 초점 모델에서는 동일한 카메라의 위치에서 획득된 두 영상은 피사체의 거리에 상관없이 기하구조가 변하지 않는다. 따라서 특징 추출이 가능한 환경에서 모자이킹한 결과 즉 기준 영상으로의 투영변환행렬을 계산하고 계산된 투영변환행렬을 해상 환경에서 적용시킬 수 있다. 단, 특징 환경에서의 팬-틸트 구동과 적용시킬 해상환경에서의 팬-틸트 구동이 동일하여야 한다.

해상 환경에서의 제안 파노라믹 영상 생성 알고리즘은 그림 3과 같다. 먼저 특징 추출이 가능한 환경에서 팬-틸트 카메라로부터 획득된 연속 영상에서 일치점을 구하고 일치점으로부터 투영 변환 행렬을 계산한다. 계산된 투영 변환 행렬을 매핑 테이블로 저장시킨다. 다음 해상환경에서 동일 팬-틸트 카메라의 위치에서 획득된 연속 영상을 저장된 매핑 테이블을 적용하여 파노라믹 영상을 생성하게 된다.

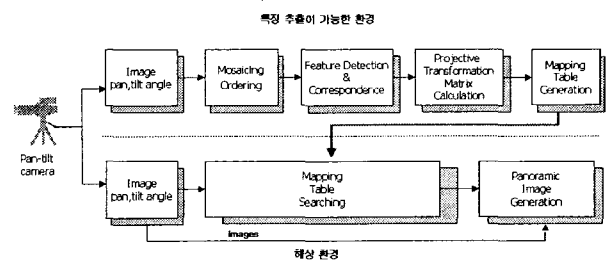


그림 3. 파노라믹 영상 생성 블록도
 Fig. 3. Block diagram for rendering panoramic image.

1. 모자이킹 순서 결정

모자이킹은 한 영상을 기준으로 다른 영상을 기준 영상으로 매핑시키는 과정으로 기준 영상에 따라 파노라믹 영상의 형태가 결정된다. 따라서 영상간의 모자이킹을 수행하기 전에 먼저 기준 영상을 정하고 모자이킹 순서를 결정해야한다. 일반적으로 기준 영상은 구동 팬-틸트 영

역의 중심으로 선택된다. 전체 입력 영상에 대한 중심 영상으로의 매핑 과정에서 지역 레지스트링에서의 에러가 누적되어 최종 모자이킹 영상에 나타날 수 있다. 따라서 본 연구에서는 그림 4와 같이 모자이킹 순서를 결정하였다. 감시하고자 하는 영역에 따라 패닝과 틸팅의 각도가 정해지면 기준 영상은 패닝과 틸팅의 중심 각도에서 촬영된 영상을 선택한다. 먼저 그림 4와 같이 틸팅에 의한 영상들에 대한 모자이킹을 수행하고 그 다음 틸팅에 의한 모자이킹을 다시 패닝방향으로 모자이킹을 함으로써 최종 파노라마 영상을 생성하였다.

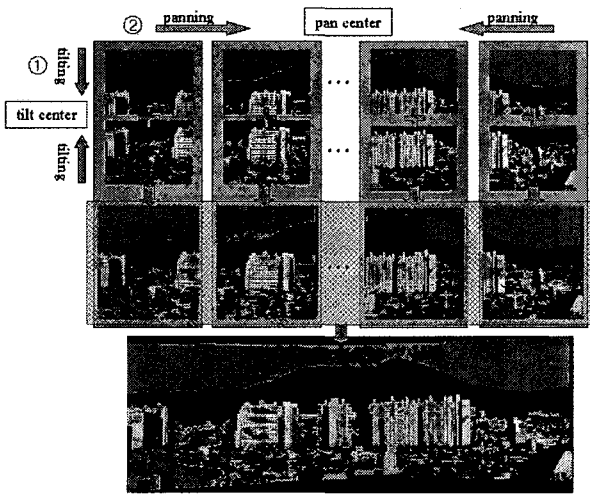


그림 4. 모자이킹 순서 결정

Fig. 4. Determining mosaicing ordering.

2. 특징 추출 및 일치점 검출

특징점을 추출하는 방법 중에서 비교적 단순하면서도 성능이 우수한 Harris 특징 추출법^[4]을 사용했다.

각 영상의 픽셀에 대해 다음 식 (1)과 (2)를 계산하고 특징점은 R의 국부 최대값을 가지는 픽셀을 선택한다.

$$M = \begin{bmatrix} s_{\sigma}(I_x^2) & s_{\sigma}(I_x I_y) \\ s_{\sigma}(I_x I_y) & s_{\sigma}(I_y^2) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R = \det M - k(\text{trace} M)^2 \quad (2)$$

여기서 I_x 와 I_y 는 각각 영상 I 의 x, y 에 대한 편미분이며 s_{σ} 는 등방성 가우시안 필터이다.

일치점 검출은 각 영상의 특징점 사이의 주위 밝기값에 대한 상관관계를 이용하여 이루어진다.

3. 투영변환행렬의 계산

3.1 지역 레지스트링

두 영상 사이의 투영변환행렬은 일치점의 집합으로부터 계산된다. 영상 1과 영상 2의 한 점을 각각

$x_1 = (x_1, y_1, 1)^T$, $x_2 = (x_2, y_2, 1)^T$ 이라 하면 식 (3)과 같은 투영변환식을 만족한다.

$$x_2 = M_{12} x_1$$

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & m_8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)을 정리하면 각 일치점에 대해 아래와 같이 두 개의 연립방정식을 얻을 수 있다.

$$x_2 = \frac{m_0 x_1 + m_1 y_1 + m_2}{m_6 x_1 + m_7 y_1 + 1}, y_2 = \frac{m_3 x_1 + m_4 y_1 + m_5}{m_6 x_1 + m_7 y_1 + 1}$$

$$\Rightarrow m_0 x_1 + m_1 y_1 + m_2 - m_6 x_1 x_2 - m_7 y_1 x_2 = x_2$$

$$\Rightarrow m_3 x_1 + m_4 y_1 + m_5 - m_6 x_1 y_2 - m_7 y_1 y_2 = y_2$$

구하고자 하는 미지의 파라미터가 8개이므로 4개의 일치점으로 투영변환 행렬을 구할 수 있다. 그러나 잘못된 대응점을 선택할 경우 파노라마 영상에서 눈에 띄는 왜곡이 생길 수 있다. 이 문제점을 방지하기 위해서 두 영상에서 가능한 많은 대응점을 선택함으로써 잘못된 대응점 선택에 의한 에러를 최소화 줄일 수 있다.

3.2 전역 레지스트링

지역 레지스트링에 의해 구해진 영상간의 투영변환행렬은 전역 레지스트링을 통해서 다시 변환과정을 거친다. 즉 연속영상 중 기준영상을 정하고 정해진 기준영상으로 모든 영상의 투영변환행렬을 다시 계산한다. 전역 레지스트링에 대한 변환과정은 그림 5와 같다. 최종 구해진 투영변환행렬 T_j 를 이용해서 파노라마 영상을 생성하게 된다.

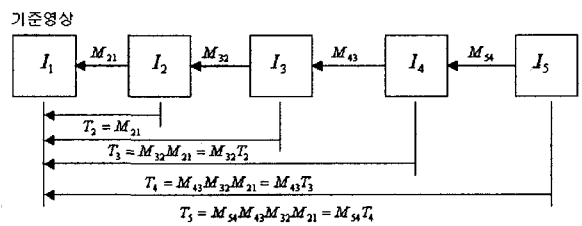


그림 5. 전역 레지스트링
Fig. 5. Global registration.

4. 매핑 테이블 생성

전역 레지스트링에 의해 구해진 투영변환 행렬 T_j 는 해상 환경에서의 모자이킹에 사용되기 위해 매핑 테이블로 저장시킨다. 매핑 테이블의 구성방법에 따라 전방향 매핑 테이블과 후방향 매핑 테이블로 나뉜다.

4.1. 전방향 매핑 테이블

전방향 매핑 테이블의 구성은 그림 6과 같다. 영상 인덱스 I_j 는 패닝 각도 θ_j , 틸팅 각도 ϕ_j 에서 획득된 영상을 나타내며 해당 영상에 대한 투영변환행렬로 매핑 테

이들이 구성된다. 전방향 매핑 테이블은 실제 해상환경에서 적용시 입력 영상에 대해 투영변환 행렬을 각각 곱해서 파노라마 영상을 생성하므로 계산시간이 많이 들게 되어 실시간 처리가 어렵다. 또한 생성된 파노라마 영상에 그림 6과 같이 공백이 발생한다.

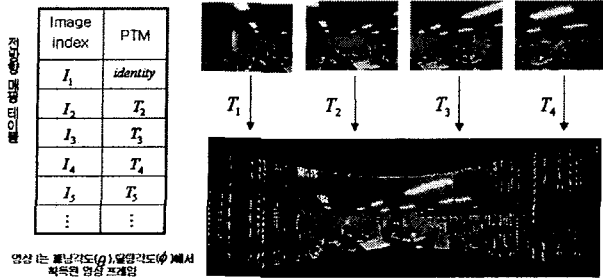


그림 6. 전방향 매핑 테이블
Fig 6. Forward mapping table.

4.2. 후방향 매핑 테이블

전방향 매핑 테이블의 문제점을 해결하기 위해 후방향 매핑 테이블을 사용한다. 후방향 매핑 테이블의 구성은 그림 7과 같다. 전방향 매핑 테이블에서 투영변환 행렬 자체를 매핑 테이블에 저장한 것과는 달리 파노라마 영상의 각 픽셀 좌표가 입력 영상의 어떤 위치에서 매핑되는가를 미리 계산하여 매핑 테이블을 저장시킨다. 이 방법은 입력 영상이 주어지면 투영 변환 행렬을 적용함이 없이 직접적으로 파노라마 영상을 생성하기 때문에 실시간 처리에 용이하다. 또한 파노라마 영상에 공백이 발생하지 않는다.

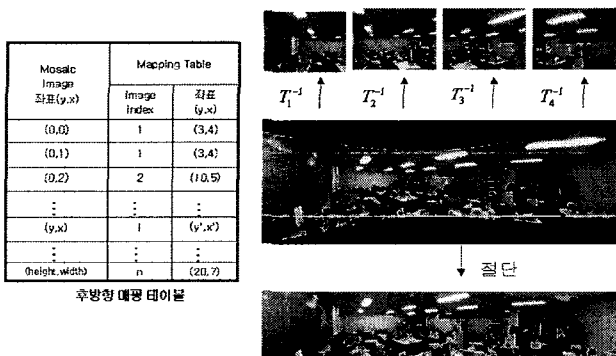


그림 7. 후방향 매핑 테이블
Fig 7. Backward mapping table.

5. 해상 환경에서의 적용

특정환경에서의 모자이크 과정을 통해 생성된 매핑 테이블을 실 해상 환경에서 적용시킨다. 적용시키는 과정은 그림 8과 같다. 최종 파노라마 영상의 픽셀위치의 밝기값은 후방향 매핑 테이블을 통해 입력 영상 중 어느 영상

의 좌표에서 밝기값을 가져 올 것인가를 찾음으로써 결정된다.

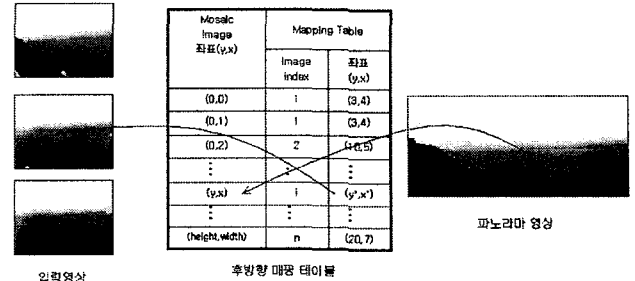


그림 8. 매핑테이블의 적용
Fig. 8. Applying mapping table.

IV. 실험 및 결과

1. 가상환경 실험

피사체의 거리에 따른 단일 초점 모델에서의 두 영상 간 기하구조의 동일성 확인 실험으로 가상환경 설정은 그림 9와 같다. 가상환경 1은 두 영상간의 매핑 테이블을 생성하기 위한 환경으로 반지름이 200mm인 구 내부에 유니폼한 분포를 갖는 random dot로 구의 중심과 가상카메라의 초점과의 거리는 2000mm이다. 가상환경 2는 가상환경 1에서 생성된 매핑테이블을 적용시킬 환경으로 가상환경 1과 동일한 카메라를 가지며 두 카메라 사이의 회전각도는 10도로 동일하다. 단 random dot는 반지름이 400mm인 구 내부에 존재하며 구의 중심과 가상카메라의 초점과의 거리는 3000mm이다.

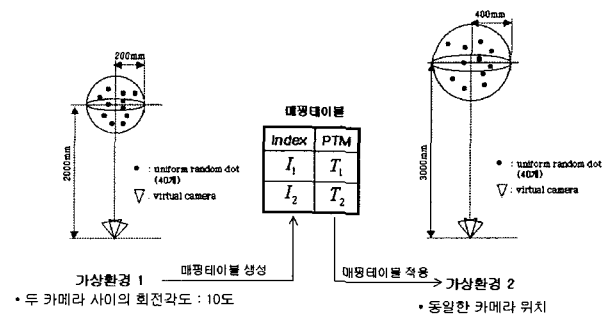


그림 9. 가상 실험 환경
Fig. 9. Environment for virtual test.

가상환경실험의 결과는 그림 10과 같다. 가상환경 1에서 생성된 매핑테이블을 가상환경 2에서 적용시킨 결과 오차 없이 모자이크가 됨을 확인할 수 있다. 따라서 단일 초점 카메라 모델에서는 피사체의 거리에 상관없이 동일

한 카메라의 위치에서 획득된 영상의 구조는 변하지 않음을 확인 할 수 있다.

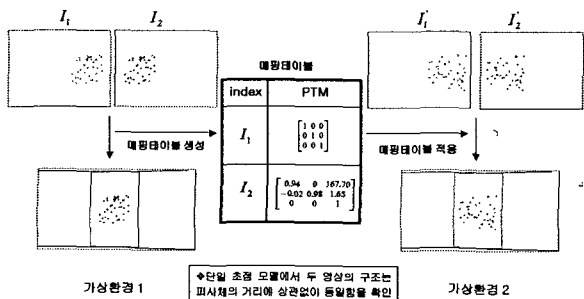


그림 10. 가상환경 실험 결과
Fig. 10. Result of virtual test.

2. 단일 초점 모델 근사화 실험

실제 팬-틸트 카메라는 회전 중심에 렌즈의 초점이 정확히 위치하지 않으므로 단일 초점 모델을 적용시키기는 오차가 따른다. 그림 11은 실제 팬-틸트 구동시 영상 평면에 투영되는 위치를 나타낸다. 회전 중심과 카메라 초점과의 거리는 r 만큼 떨어져 있으며 영상 평면은 다시 초점과 f 만큼 떨어져 있는 곳에 위치하게 된다.

회전중심에서 거리 d_1 만큼 떨어져 있는 3차원 공간상의 한점 X_1 은 영상 I_1 과 I_2 에 투영되어 각각 x_1 과 x'_1 에 매핑된다. 또한 회전중심에서 거리 d_2 만큼 떨어져 있는 3차원 공간상의 한점 X_2 는 각각 x_2 와 x'_2 에 매핑된다. 이때 x_1 과 x'_1 , x_2 와 x'_2 는 동일점에 매핑된다는 단일 초점 카메라 모델의 특성을 위배하게 된다. 이 경우 피사체의 거리에 따라 매핑 구조가 달라지게 된다. 그러나, 회전중심에서 d_1 의 거리가 반지름 r 보다 매우 크다면 x_1 과 x'_1 의 거리차이는 무시할 정도가 된다.

본 실험은 실제 팬-틸트 카메라의 단일 초점 모델로 근사화할 수 있는지를 모의실험으로 확인한다. d_1 과 d_2 의 거리에 따른 매핑점들의 오차를 그래프로 나타내면 그림 12와 같다. 그래프에서 회전중심과 카메라 초점간의 거리 r 보다 피사체의 거리가 충분히(약 r 의 200배) 멀다면 단일 초점 모델과 같이 영상간의 구조는 변함이 없음을 확인할 수 있다.

3. 실 영상 적용 실험

3.1 단일 초점 카메라 특성 실험

실 영상에 대한 단일 초점 카메라 특성 실험 결과는 그림 13과 같다. 동일한 카메라 위치에서 촬영된 두 영상간의 기하구조는 피사체의 거리에 상관없이 동일함을 일치점 리스트로부터 확인할 수 있다.

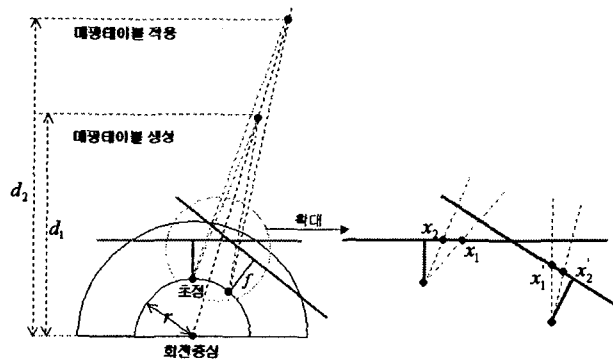


그림 11. 단일 초점 모델 근사화 실험 환경
Fig. 11. Test Environment for approximating single-view point model.

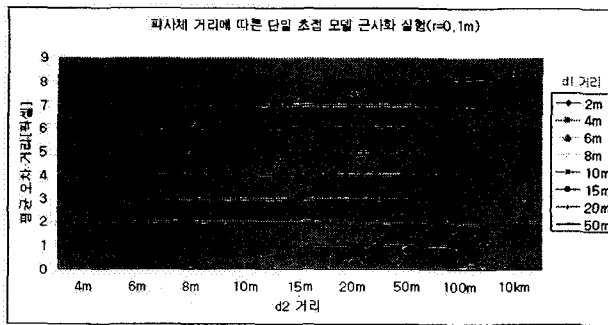


그림 12. 단일 초점 모델 근사화 실험 결과 그래프
Fig. 12. Result graph of test of approximating single-view point model.

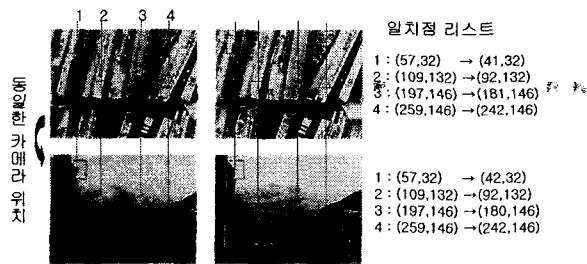
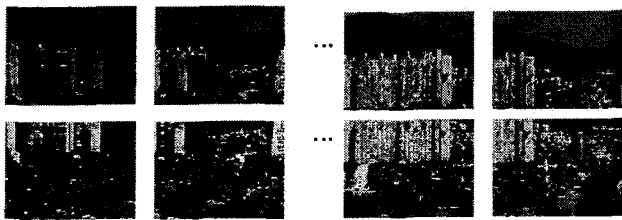


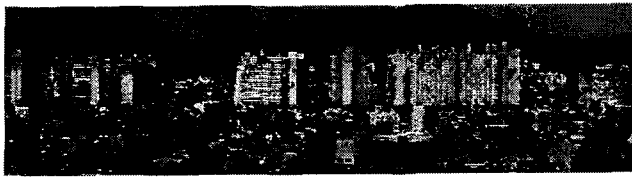
그림 13. 실 영상에 대한 단일초점 카메라 특성 실험
Fig. 13. Test of single-view point model for real images.

3.2 파노라믹 영상 생성 실험

제안 파노라믹 영상 생성 기법에 대한 실 해상 영상에서의 적용실험으로 그림 14에서 특징환경에 대한 모자이크 결과를 보여준다. 입력 연속 영상은 총 14 프레임이며 크기는 320×240 이다. 그림 15는 그림 14에서 생성된 매핑테이블을 해상 환경에서 적용시킨 결과를 나타낸다. 그림 15의 결과에서 모두가 제안 파노라믹 영상 생성 기법의 해상 환경에서 적용 가능함을 확인할 수 있다.



(a)

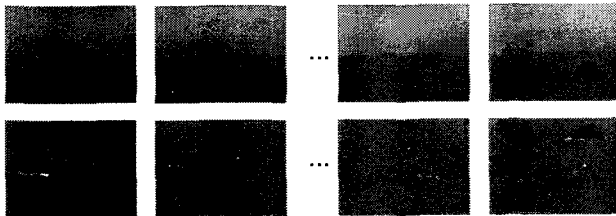


(b)

그림 14. 특징환경에서의 영상 모자이크
 (a) 입력 연속 영상
 (b) 결과 파노라믹 영상

Fig. 14. Image mosaicing in the significant environment

(a) input sequential images
 (b) result panoramic image.



(a)



(b)

그림 15. 해상환경에서의 파노라믹 영상 생성 결과
 Fig. 15. Result panoramic image in the sea environment

(a) input sequential images
 (b) result panoramic image.

V. 결 론

본 논문에서는 운용자에게 광범위한 감시영역을 제공하기 위한 해상 파노라믹 영상 생성 기법을 제안하였다.

팬-틸트 카메라에 의한 단일 초점 모델을 적용하였으며 특징 환경에서의 모자이크 결과를 매핑 테이블의 형태로 저장하였다. 저장된 매핑 테이블을 해상 환경에서 획득된 영상에 적용하여 파노라믹 영상을 생성하였다. 개발된 알고리즘을 검증하기 위해 가상환경에서의 실험과 실 해상 영상에서의 적용실험을 시행하였다. 실험 결과 제안 알고리즘이 해상에서의 파노라믹 영상 생성에 적용 가능함을 확인하였다. 향후 과제는 해상 파노라믹 영상에서의 표적 검출 및 추적 알고리즘 개발이다.

접수일자 : 2002. 6.11

수정완료 : 2002. 7.20

참고문헌

[1] R. Szeliski, "Video mosaics for virtual environments," *IEEE Computer Graphics and Application*, 16(2):22-30, 1996.p. 602-607, 1998.
 [2] L. Meunier and M. Borgmann, "High-Resolution Panoramas Using Image Mosaicing," *Stanford Univ. EE368 Final Project*, May 2000.
 [3] Bhat K.S., Saptharishi M., and Khosla P.K., "Motion Detection and Segmentation Using Image Mosaics," *IEEE Intl. Conference on Multimedia & Expo*, 2000.
 [4] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," *Alvey Vision Conference*, pp. 147-151, 1988.

김효성(Hyo-Sung Kim)

準會員

1998년 동서대학교 전자공학과(공학사)

2000년 부산대학교 전자공학과(공학석사)

2000년~현재 부산대학교 전자공학과 박사 과정

관심 분야 : 3차원 복원, 패턴인식, 가상 현실



김길중(Gil-Jung Kim)

正會員

1975년 부산대학교 전자공학과(공학사)

1978년 동아대학교 전자공학과 (공학석사)

1992년 부산대학교 전자공학과(공학박사)

1978년~1992년 6월 경남정보대학

전자과 부교수

1992년 6월~현재 동서대학교 정보시스템

공학부 전자공학전공 부교수

관심분야 : 신경회로망, 패턴인식

