

# 전방위 카메라를 이용한 객체 추적 시스템

김진환, 안재균, 김창수

고려대학교 전자전기공학과 미디어통신연구실

e-mail : *arite@korea.ac.kr, demian@korea.ac.kr, changsukim@korea.ac.kr*

## An Object Tracking System Using an Omni-Directional Camera

Jin-Hwan Kim, Jae-Kyun Ahn, and Chang-Su Kim

Media Communications Lab., School of Electrical Engineering, Korea University

### Abstract

An object tracking system, which uses an omni-directional camera, is proposed in this work. First, we construct a mapping table, which describes the relationships between image coordinates and omni-directional angles. Then, we develop a surveillance system to detect unexpected objects automatically from omni-directional images. Finally, we generate perspective views for detected objects by using the mapping table. Simulation results demonstrate that the proposed algorithm provides efficient performances.

때문에, 보안 시스템에 적합하지만 영상을 변형하므로 상이 왜곡되는 단점이 있다.

본 논문에서는 전방위 카메라를 이용하여 취득된 영상의 왜곡을 교정하는 방법과 그에 따른 감시 및 객체 추적 시스템을 제안한다. 우선 영상 좌표와 전방향 각도에 대한 일치 함수를 정의하여 그에 따른 일치표를 만든다. 그리고 감시 시스템 알고리즘을 이용하여 객체를 자동으로 탐색한다. 마지막으로 탐색된 객체의 위치 정보를 중심으로 일치표를 이용하여 객체를 평면에 투사하여 영상을 만들어서 사용자가 쉽게 물체를 인식 추적하는 것을 가능하게 한다.

### I. 서론

보안 시스템에서 감시 영역을 키우는 것은 매우 중요한 문제이다. 기존 카메라의 한정된 감시 영역을 확장하기 위해 다양한 방법들이 제안되었는데 PTZ 카메라를 이용하는 방법과 전방위 카메라(omni-directional camera)를 이용하는 방법이 대표적이다. PTZ 카메라는 카메라를 이동시켜 넓은 영역을 감시할 수 있는 장치로서, 영상의 형태와 상이 정확한 장점이 있지만, 전 방향을 동시에 보여 주지 못하는 단점이 있다. 전방위 카메라는 전방향의 영상을 수렴하는 렌즈나 거울을 이용하여 동시에 획득할 수 있는 카메라이다. PTZ 카메라와 달리 전방위 카메라는 전방향을 동시에 보여줄 수 있기

### II. 본론

#### 2.1 전방위 영상 좌표계

전방위 카메라부터 얻은 영상은 왜곡되어 있으므로 왜곡의 역변환(unwarping)을 통해 파노라마 영상이나 투사 영상으로 복원할 수 있다. 왜곡된 영상은 3차원의 세계 좌표계를 2차원 영상평면으로 투영할 때 렌즈나 반사 거울의 굴절에 의해 왜곡된다. 따라서 세계 좌표계와 영상평면간의 관계를 알면 왜곡을 역변환할 수 있다.

세계 좌표계에서 초점을 중심으로 같은 광선에 있는 픽셀의 화소값은 같으므로 세계 좌표를 하나의 광선( $\rho, \theta$ )으로 나타낼 수 있다. 여기서 거울 및 렌즈의 초점을 중심으로  $\rho$ 는 위도를 나타내는 각이고  $\theta$ 는

경도를 나타내는 각이다. 전방위 카메라의 구조는  $\rho$  와  $\theta$ 로 들어오는 빛이 거울에 반사되어 영상 평면의  $x, y$  좌표로 투영되는 것이므로,  $x, y$ 를 통해  $\rho$  와  $\theta$ 를 구할 수 있다.

전방위 영상은 그림 1(a)처럼 중심이 영상의 중심좌표인 원형 영상이다. 따라서 영상의  $x, y$  좌표를 구 좌표계  $r, \phi$ 로 변환할 수 있다. 영상을 구 좌표계  $(r, \phi)$ 로 변환하면, 광선의 좌표 $(\rho, \theta)$ 와 영상 좌표의 관계를 효과적으로 추정할 수 있다. 직관적으로 판단할 때 영상의 반지름  $r$ 은 광선의  $\rho$ 와, 영상의 방위각  $\phi$ 는 광선의  $\theta$ 와 관련이 있음을 알 수 있다. 또한 방위각  $\phi$ 와  $\theta$ 는 일치하므로  $r$ 과  $\rho$ 의 관계만 정의하면 되며, 그 관계식은 아래와 같다[1].

$$r = a_0 + a_1 \times \rho^1 + a_2 \times \rho^2 + a_3 \times \rho^3 + a_4 \times \rho^4 \quad (1)$$

여기서  $a_0 \sim a_4$ 의 5개의 계수가 있으므로 이들을 추정하기 위해서 5 쌍의  $\rho$  와  $\theta$ 과 이에 해당하는  $r, \phi$ 의 값이 필요하다. 그러면 식 (1)의 관계식을 이용해 영상 평면의  $r, \phi$ 의 값으로부터  $\rho, \theta$ 의 관계를 나타내는 일치표를 구성할 수 있다.

### 2.2 투사 영상 생성 및 객체 추적

일치표를 이용하여 투사 영상은 투영(projection)되는 광선에 대한 원영상의 화소값을 통해 생성할 수 있다. 투사 영상의 중심  $(x_0, y_0)$ 에 대해, 투사 영상으로의 투영은 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$x = f \tan \theta, \quad y = f \tan \rho \quad (2)$$

$x, y$ 는 영상의 중심점으로부터 가로, 세로까지의 길이이고  $f$ 는 반사 굴절거울의 중심점부터 투사 영상까지의 거리이다. 위 식을 이용하여 해당하는  $(\rho, \theta)$ 에 해당하는  $(r, \phi)$ 좌표의 화소값을 읽어오면 투영이 완성된다. 여기서 중심점  $(x_0, y_0)$ 가 이동하게 되면 투사 영상도 이동하게 된다. 이를 이용하여 객체 추적 영상을 만들 수 있다.

객체 추적 영상은 다음과 같은 과정을 따른다. 우선 객체 감시(surveillance) 시스템을 이용하여 객체를 찾아낸다. 본 논문에서는 프레임 간 화소값 차이를 이용한 알고리즘[2]을 사용한다. 탐색된 객체의 중심점을 투사 영상의 중심점으로 갱신함으로써 객체 추적 영상을 얻는다. 여러 객체가 있을 경우에는 가장 큰 객체를 찾은 후 해당하는 객체의 중심값을 찾아 갱신한다.

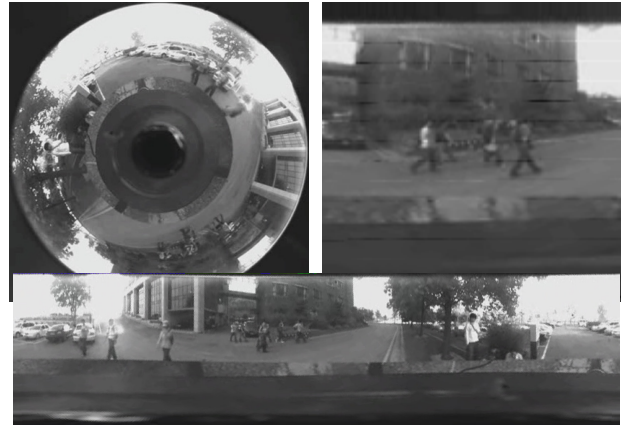


그림 1. 좌측상단부터 시계방향으로, (a) 원영상, (b) 투시 영상, (c) 파노라마 영상.

### III. 구현

그림 1(a)는 전방위 카메라를 통해 얻은 원영상이며, 그림 1(c)는 원영상의 왜곡을 해제한 결과로서 왜곡이 자연스럽게 역변환되었음을 확인할 수 있다. 제안하는 알고리즘은 원영상의 좌표를 이용하여 세계 좌표를 추정하는 방식이므로 그림 1(c)의 결과는 추정된 세계 좌표를 파노라마 영상에 투시한 영상이다. 그림 1(b)는 감시 시스템 알고리즘을 이용하여, 추출한 객체를 투사 영상으로 구성한 결과이다. 객체가 이동함에 따라 투시 영상도 이동하여 추적 시스템이 구현됨을 확인할 수 있었다.

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

전방위를 관찰할 수 있는 전방위 카메라는 영상의 왜곡만 보완할 수 있다면, 객체를 추적하기에 매우 효율적이다. 따라서, 본 논문에서는 전방위 카메라의 왜곡의 역변환 기법과 전방위 카메라에서의 객체 추적 알고리즘을 제안하였고, 그 성능이 우수함을 모의 실험을 통해 확인하였다.

### 참고문헌

[1] G. Scotti, L. Marcenaro, C. Coelho, F. Selvaggi and C. S. Regazzoni "Dual camera intelligent sensor for high definition 360 degrees surveillance" in Proc. IPVISIP Apr. 2005.  
 [2] Haritaoglu, I; Harwood, D; Davis, L.S., "W4: real-time surveillance of people and their activities," IEEE Trans. PAMI, Aug. 2000.