

다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적

전형석*, 정준영*, 주영훈*, 신상근**
 군산대학교 제어로봇공학과, 한국폴리테크닉V대학 김제대학**

Collaborative Tracking Using Multiple Network Cameras

Hyoung Seok Jeon*, Jun Young Jung*, Young Hoon Joo*, Sang Keun Shin**
 * Kunsan National University, Korea Polytechnics V**

Abstract - 본 논문에서는 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적 알고리즘을 제안하고자 한다. 이를 위해 먼저 모션 템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 영역을 추출한다. 이후 움직임 영역이 추출되면 이웃한 카메라에 협동요청을 하고 칼만 필터를 이용하여 움직임 영역의 위치를 보정하여 정확한 PTZ변수를 설정한다. 또한 협동요청을 받은 이웃 카메라는 요청받은 PTZ변수를 이용하여 움직임 물체를 협동 추적한다. 마지막으로, 본 논문에서 제안하는 협동 추적 알고리즘에 대한 실험을 통하여 제안된 협동 추적 알고리즘의 성능분석 및 그 응용 가능성을 증명한다.

먼저 모션 템플릿을 이용하여 움직임 물체를 추출한다. 이후 움직임 영역이 추출되면 이웃한 카메라에 협동요청을 하고 칼만 필터를 이용하여 움직임 영역의 위치를 보정하여 정확한 PTZ변수를 설정한다. 또한 협동요청을 받은 이웃 카메라는 요청받은 PTZ변수를 이용하여 움직임 물체를 협동 추적한다.

1. 서 론

영상감시는 1960년대의 CCTV(Closed-Circuit Television)을 사용하여 원격지의 상황을 감시하고 기록하기 위하여 이용되었다. 그 이후 영상감시 기술은 크게 발전하여 영상감시는 더 많은 분야에서 사용되고 가격 또한 저렴해졌다. 때문에 효율적인 영상감시의 폭넓은 보급이 가능해졌다[1]. 최근에는 영상감시 시스템이 무단침입 및 절도나 테러 등을 사전에 예방할 수 있는 지능형 영상감시 시스템으로 발달 하였고 이에 발맞추어 많은 연구가 이루어지고 있다. 영상감시의 신뢰성을 감소시키는 요소는 여러 가지가 있지만 그중에서도 녹화된 영상에서 디지털 줌을 이용하는 경우 화질 개선이 되지 않는다는 단점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 Faliang등은 PTZ 카메라를 이용한 물체 추적 방법을 제안하였고[2], Nicola등은 다수의 PTZ 카메라를 이용한 추적방법[3]을 제안하였다. Nurulfajar등은 스테레오 카메라와 PTZ 카메라를 이용한 추적 방법[4]을 제안하였다. 하지만 광범위한 영역에서의 추적이 이루어졌을 경우 신뢰성을 떨어뜨리는 경우가 많았다. 이를 해결하기 위하여 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동추적 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 먼저 모션템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 영역을 추출한다. 이후 움직임 영역이 추출되면 이웃한 카메라에 협동요청을 하고 칼만 필터를 이용하여 움직임 영역의 위치를 보정하여 정확한 PTZ변수를 설정한다. 또한 협동요청을 받은 이웃 카메라는 요청받은 PTZ변수를 이용하여 움직임 물체를 협동 추적한다. 최종적으로 본 논문에서 제안하는 협동 추적 알고리즘에 대한 실험을 통하여 제안된 다수의 PTZ카메라를 이용한 침입자 협동 추적 알고리즘의 성능분석 및 그 응용 가능성을 증명한다.

2.2 Motion Template를 이용한 움직임 물체 추출

움직임 물체를 추출하기 위하여 본 논문에서는 모션 템플릿 기법을 이용한다[5]. 모션 템플릿의 수행 순서는 다음과 같다.
 [단계 1] 현재 영상 프레임 에서 분할된 객체 추출
 [단계 2] 다음 프레임 에서 객체는 움직이고 새로운 타임스탬프 표시
 [단계 3] n번 프레임에서 객체는 더 움직이고 새로운 타임스탬프 표시
 [단계 4] 이전의 분할된 실루엣들은 점점 더 어두워진다.
 모션템플릿을 이용한 움직임 물체 추출 결과는 그림(2)과 같다.

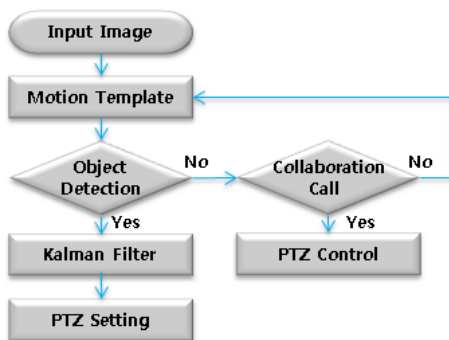


<그림 2> Motion Template 를 이용한 움직임 물체 추출

2. 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적

2.1 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 시스템 블록도는 그림(1)과 같다.



<그림 1> 협동추적 알고리즘의 시스템 블록도

2.3 Kalman Filter를 이용한 움직임 좌표 잡음제거

모션 템플릿을 이용하여 움직임 영역을 추출한 뒤 영상내의 움직임 좌표를 획득한다. 이때 발생하는 잡음은 PTZ 컨트롤을 불안정하게 만든다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 예상지점을 확률적 모델로서 최대한 끌어올릴 수 있는 칼만 필터[6]를 이용하여 움직임 영역의 좌표를 보정한다. 칼만 필터는 선형 동적 시스템에서 다음 상태를 선형관계에 있는 측정값을 이용하여 추정하는 방법이다. 이산 시간 처리 칼만 필터는 다음 식으로 표현된다.

$$x_k = Ax_{k-1} + w_{k-1} \tag{1}$$

$$z_k = Hx_k + v_k \tag{2}$$

식(1)과 식(2)에서 A 는 이동 행렬, H 는 상태 벡터이고 x 와 측정 벡터의 관계를 정의하는 관측 행렬이다. w 는 프로세스 잡음, v 는 관측 잡음을 나타낸다. 칼만 필터의 Time Update는 다음과 같다.

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} \tag{3}$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \tag{4}$$

보정단계에 사용되는 사전 상태벡터 \hat{x}_k^- 와 사전 오차공분산 P_k^- 를 계산하기 위하여 식(3)과 식(4)를 이용하여 상태 \hat{x}_{k-1} 와 오차공분산 추정 P_{k-1} 를 얻는다. 보정단계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \tag{5}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-) \tag{6}$$

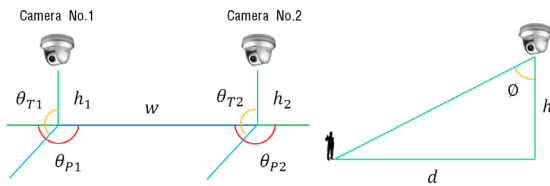
$$P_k = (I - K_k H) P_k^- \quad (7)$$

이 단계는 측정 갱신 방정식으로 표현되며, 칼만 이득을 계산하고 실제 측정값 z_k 와 예측과정에서 계산된 \hat{x}_k^- 를 이용하여 사후상태 \hat{x}_k 를 추정한다. 그리고 사후 오차공분산 P_k 를 계산한다. 칼만 필터의 상태벡터 x 는 식(1)-(3)과 같다. x, y 는 특징점 좌표이고 dx, dy 는 위치의 변이를 나타낸다. 상태전이 행렬과 관측행렬은 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$x = \begin{bmatrix} x \\ y \\ dx \\ dy \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 00 & \Delta t & 0 \\ 01 & 0 & \Delta t \\ 00 & 1 & 0 \\ 00 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad H = \begin{bmatrix} 1000 \\ 0100 \end{bmatrix} \quad (8)$$

2.4 협동 추적을 위한 PTZ 컨트롤

움직임 물체를 추출한 카메라로부터 협동 요청을 받게 되면 협동추적을 하기 위하여 협동 요청을 한 카메라의 정보 및 공간정보를 알고 있어야 한다[7]. PTZ 카메라의 Pan은 0~360°, Tilt는 0~90°로 제한한다. 초기 PTZ카메라의 PTZ변수는 그림(3)와 같다.



<그림 3> 초기 PTZ변수

움직임 물체가 1번 카메라의 중앙에 위치할 때의 PTZ변수는 식(9)와 같다.

$$\theta_{P1} = \tan^{-1}(X/Z), \quad \theta_{T1} = \sin^{-1}(Y), \quad (9)$$

$$\Phi_1 = 90 - \theta_{T1}, \quad d_1 = h_1 \tan \Phi_1$$

여기서 두 카메라의 높이 h_1, h_2 와 두 카메라간의 거리 w 를 알고 있다고 가정하고 2번 카메라를 이용하여 협동 추적을 하기한 PTZ변수는 식(10)으로 구할 수 있다.

$$r_1 = 90 + \theta_{P1}$$

$$r_2 = \cos^{-1} \left(\frac{(d_2)^2 + (w)^2 - (d_1)^2}{2d_2 w} \right)$$

$$d_2 = \sqrt{(d_1)^2 + (w)^2 - 2d_1 w \cos(r_1)} \quad (10)$$

$$\Phi_2 = 90 - \theta_{T2}$$

$$\theta_{P2} = 90 - \tan^{-1}(d_2/h_2)$$

3. 실험 및 결과 고찰

본 실험의 실험 환경은 두 대의 네트워크 카메라를 사용하였다. 트랙픽이 낮은 지역을 대상으로 하였으며 실제 상황이 아닌 재연된 상황을 바탕으로 실험하였다. 사용된 네트워크 카메라 시스템의 자세한 사항은 표1과 같다.

<표 1> 사용된 네트워크 카메라 시스템의 사항

항 목	내 용
입력 영상	704 X 480 size, 41만 화소
영상 코덱	MPEG-4 코덱 기반의 RGB형식
PTZ	P:360°, T:90°, Z: 10배
NVR	CPU:쿼드2.33GHz, RAM : 4G

실험 결과는 그림 4와 같다.



<그림 4> PTZ 컨트롤 결과 영상

1번 카메라의 1배줌 영상에서 움직임 물체를 안정적으로 추출 하였고, 이후 협동요청을 통하여 2번 카메라의 PTZ 컨트롤을 통하여 1번 카메라 감시영역의 움직임 물체에 대한 확대영상을 획득함으로써 효과적인 협동추적이 이루어짐을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 먼저 모션템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 영역을 추출하였다. 이후 움직임 영역이 추출되면 이웃한 카메라에 협동요청을 하고 칼만 필터를 이용하여 움직임 영역의 위치를 보정하여 정확한 PTZ변수를 설정했다. 또한 협동요청을 받은 이웃 카메라는 요청 받은 PTZ변수를 이용하여 움직임 물체에 대한 협동 추적을 하였다. 최종적으로 본 논문에서 제안하는 협동 추적 알고리즘에 대한 실험을 통하여 제안된 다수의 PTZ카메라를 이용한 집합자 협동 추적 알고리즘의 성능분석 및 그 응용 가능성을 증명하였다.

감사의 글: 본 연구는 2011년 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2009-220-D00034).

[참 고 문 헌]

- [1] T. Robert. "A system for video surveillance and monitoring", University of Carnegie Mellon, 2000
- [2] F. Chang, "PTZ Camera Target Tracking in Large Complex Scenes", Intelligent Control and Automation (WCICA), 2010
- [3] N. Bellotto, "A Distributed Camera System for Multi-Resolution Surveillance", Third ACM/IEEE International Conference, 2009
- [4] N. A. Manap "Smart Surveillance System Based on Stereo Matching Algorithms with IP and PTZ Camera" 3DTV-Conference: The True Vision-Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), 2010
- [5] H. Ismail, H. David, and S. Larry, "A Real Time System for Detection and Tracking People", Face and Gesture Recognition Workshop, 1998
- [6] L. Matthies, T. Kanade, and R. Szeliski "Kalman filter based algorithms for estimating depth from image sequences". IJCV, Vol. 3, No. 3, pp. 209-236, 1989, 3.
- [7] D. W. Seo, H. U. Chae and K. H. Jo, "Multiple Camera-Based Correspondence of Ground Foot for Human Motion Tracking", Journal of Institute Control, Robotics and Systems, Vol.14, No.8, pp.848-855, 2008.