

지능형 영상 감시 시스템을 위한 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적

Collaborative Tracking Algorithm for Intelligent Video Surveillance Systems Using Multiple Network Cameras

이 덕 용* · 전 형 석** · 주 영 훈***

Deogyong Lee, Hyoung Seok Jeon, Young Hoon Joo

* 한국폴리텍V대학 김제캠퍼스

** 군산대학교 제어로봇공학과

요 약

본 논문에서는 지능형 영상 감시 시스템을 위한 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적 알고리즘을 제안한다. 이를 위하여 각의 카메라는 모션 템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 물체를 추출하고, 추출된 움직임 물체의 이동방향을 추정한다. 움직임 물체가 추출되면 칼만 필터를 이용하여 움직임 물체의 정확한 좌표를 추정한다. 움직임 물체의 이동방향과 카메라의 상태를 이용하여 가장 효율적인 협동추적 카메라를 선정하고, 각 카메라의 공간정보를 이용하여 PTZ 변수를 설정하고 협동요청을 한다. 협동요청을 받은 카메라는 설정된 PTZ 변수를 이용하여 움직임 물체를 협동 추적하고 확대영상을 획득한다. 실험을 통하여 제안된 협동추적 알고리즘의 성능분석 및 그 응용 가능성을 확인한다.

키워드 : 네트워크 카메라, 협동 추적, 모션 템플릿, PTZ 컨트롤

Abstract

In this paper, we propose a collaborative tracking algorithm for intelligent video surveillance systems using the multiple network cameras. To do this, each camera detects a moving object and its movement direction by motion templates. Once a moving object is detected, the Kalman filter is used to reduce noises, and a collaborative tracking camera is selected according to the movement direction and the camera state. In this procedure, Pan-Tilt-Zoom(PTZ) parameters are assigned to obtain clear images. Finally, some experiments show the validity of the proposed method.

Key Words : Network Camera, Collaborative Tracking, Motion Template, PTZ Control,

1. 서 론

최근 범죄와 사고의 위험이 증가함에 따라 개인의 보안의식과 다양한 보안솔루션이 필요해졌다[1-3]. 영상감시는 1960년대의 Closed-Circuit Television(CCTV)을 사용하여 원격지의 상황을 감시하고 기록하기 위하여 이용되었다. 그 이후 영상감시 기술은 크게 발전하여 영상감시 시스템은 더 많은 분야에서 사용되고 있고, 가격이 비교적 저렴해짐에 따라 효율적인 영상감시의 폭넓은 보급이 가능해졌다[1]. 최근에는 영상감시 시스템이 무단침입 및 절도나 테러 등을 사전에 예방하거나 신속한 대처가 가능한 지능형 영상감시 시스템(Intelligent Video Surveillance System)으로 발달 하였고 이에 발맞추어 정부기관, 회사, 및 연구기관에서는 여러 가지 보안솔루션에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만 영상감시의 신뢰성을 감소시키는 요소가 여러 가지 존재 한다.

그중에서도 가장 중요한 요소는 한번 녹화된 영상은 화질이 개선되지 않는다는 것이다. 녹화된 영상을 사후에 디지털 줌을 이용하여 확대 하였을 경우 정확한 정보를 얻기 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 사전에 감시지역의 특정한 이벤트에 대하여 광학 줌을 이용하여 확대영상을 미리 획득하는 방법이 있다. 디지털 줌과 광학 줌의 차이점은 그림 (1)과 같다

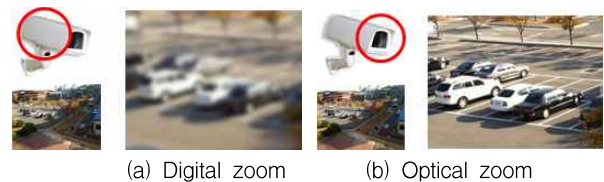


그림 1 디지털 줌과 광학 줌의 비교

Fig. 1 Comparison of digital zoom and optical zoom

이러한 문제점을 해결하기 위하여 광학 줌과 FOV(Field of View)변환이 가능한 PT(Pan-Tilt-Zoom) 카메라를 이용한 많은 연구가 이루어지고 있다[4-7]. 그중에서도 단일 또는 다수의 PTZ 카메라를 이용하여 움직임 물체를 추적하여 확대 영상을 획득하는 방법[2-3]은 줌 상태에서는 FOV가 급격히 줄어드는 문제점이 있

접수일자 : 2011년 11월 19일

완료일자 : 2011년 12월 13일

+ 교신저자

본 논문은 2011년도 지능시스템학회 추계학술대회 우수논문으로 선정되어 본 논문지에 게재됨.

다. 스테레오 카메라를 이용하여 움직임 물체의 위치정보를 파악하고 PTZ 카메라를 이용하여 확대 영상을 획득하는 방법[4]에서는 광범위한 영역에서의 추적이 이루어졌을 경우 제한된 FOV 때문에 신뢰도가 떨어지는 문제점이 있었다.

이 문제점을 해결하기 위하여 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적 알고리즘을 제안한다. 이를 위하여 각각의 카메라는 모션 템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 물체를 추출하고, 이동방향을 추정한다. 일단, 움직임 물체가 추출이 되면 칼만 필터를 이용하여 움직임 좌표의 잡음을 제거한다. 그리고, 움직임 물체의 이동방향과 카메라의 상태를 이용하여 가장 효율적인 협동추적 카메라를 선정하고, 각 카메라의 공간정보를 이용하여 PTZ 변수를 설정하여 협동요청을 한다. 그리고 나서, 협동요청을 받은 카메라는 설정된 PTZ 변수를 이용하여 움직임 물체를 협동 추적하고 확대영상을 획득한다. 마지막으로 실험을 통하여 제안된 알고리즘의 성능분석 및 그 응용 가능성을 확인한다.

2. 협동 추적을 위한 움직임 물체 추출

2.1 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 시스템 블록도는 그림 (2)와 같다.

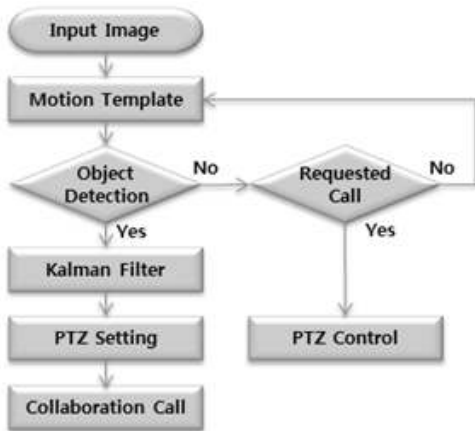


그림 2 시스템 블록도
Fig. 2 System block diagram

다수의 카메라가 존재하고 각 카메라들은 시스템 블록도와 같이 협동요청을 받기 전까지 모션 템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 물체를 추출하고 추출된 움직임 물체의 이동방향을 추정한다. 움직임 물체가 추출이 되면 칼만 필터를 이용하여 움직임 물체의 정확한 좌표를 추정한다. 이후 이동방향과 상태를 이용하여 가장 효율적인 협동추적 카메라를 선정하고 각 카메라의 공간정보를 이용하여 PTZ 변수를 설정하고 협동요청을 한다. 이 과정을 통하여 다수의 카메라 시스템은 협동추적을 할 수 있게 된다.

2.2 Motion Template를 이용한 움직임 물체 추출

움직임 물체를 추출하고 움직임 물체의 이동방향을 추정하기 위하여 본 논문에서는 모션 템플릿 기법을 이용한다. 모션 템플릿의 수행 순서는 그림 (3)과 같다.

그림 3-(a)과 같이 현재 영상 프레임에서 분할된 객체 추출한다. 다음으로 그림 3-(b)과 같이 다음 프레임에서 객체가 움직이면 새로운 타임스탬프가 표시된다. 그림 3-(c)과 같이 n번 프레임에서 객체가 더 움직이면 새로운 타임스탬프를 표시한다. 이전에 분할된 타임스탬프들은 점점 더 어두워진다. 그림 3-(d)에서는 분리된 영역에서 그레디언트를 이용하여 지역 움직임 정보를 구하고, 이전에 사용된 영역들을 제거하고 동일한 과정을 반복하여 움직임 물체를 추출하고 이동방향을 추정한다. 모션 템플릿을 이용하여 움직임 물체를 추출하면 좌표를 획득해야 한다. 좌표를 획득하기 위하여 COG(Center of Gravity)를 이용하여 좌표를 구한다. 움직임 물체의 중심점 좌표를 구하는 방법은 다음과 같다.

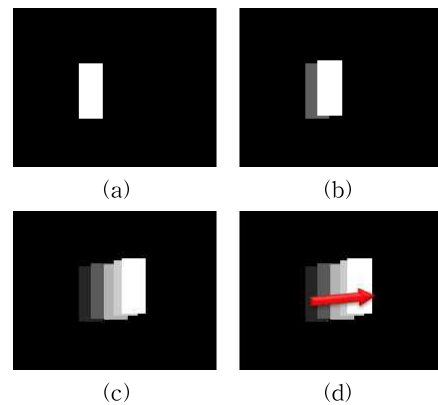


그림 3 Motion template 수행 과정
Fig. 3 Process of motion templates

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x,y) \tag{1}$$

$$M_{01} = \sum_x \sum_y xI(x,y), \quad M_{10} = \sum_x \sum_y yI(x,y) \tag{2}$$

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \quad y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \tag{3}$$

식 (1)의 M_{00} 은 입력 영상의 총면적을 나타내고 $I(x,y)$ 는 영상의 x, y 위치에서 픽셀의 값을 나타낸다. 식 (2)을 통하여 y 축에 대한 1차 모멘트 M_{01} 과 x 축에 대한 1차 모멘트 M_{10} 구할 수 있고 이것을 이용하여 움직임 물체의 중심점을 구할 수 있다. 최종적으로 움직임 물체의 좌표인 무게중심좌표는 식 (3)의 x_c, y_c 가 된다.

2.2 Kalman Filter를 이용한 움직임 좌표 잡음제거

모션 템플릿을 이용하여 획득한 움직임 좌표는 잡음이 발생할 수 있다. 이때 발생하는 잡음을 포함하는 움직임 좌표는 PTZ 컨트롤을 불안정하게 만든다. 이를 해결하기 위하여 예상좌표를 확률적 모델로서 최대한 끌어올릴 수 있는 칼만 필터를 이용하여 움직임 물체 좌표의 잡음을 제거 한다. 칼만 필터는 선형 동적 시스템에서 다음 상태를 선형관계에 있는 측정을 이용하여 추정하는 방법이다. 이산 시간 처리 칼만 필터는 다음 식으로 표현된다.

$$s_k = As_{k-1} + w_{k-1} \quad (4)$$

$$z_k = Hs_k + v_k \quad (5)$$

x_k 는 선형 확률 미분 방정식이고 z_k 는 측정 선형 방정식이다. 여기서 w 는 프로세스 잡음, v 는 관측 잡음을 나타낸다. 또한 A 는 이동 행렬, H 는 상태벡터 s 와 측정 벡터의 관계를 정의하는 관측 행렬이고 다음과 같이 나타낸다.

$$s = \begin{bmatrix} x \\ y \\ dx \\ dy \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$A = \begin{bmatrix} 00 & \Delta t & 0 & 0 \\ 01 & 0 & \Delta t & 0 \\ 00 & 1 & 0 & 0 \\ 00 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

여기서 x, y 는 특징점 좌표이고 dx, dy 는 위치의 변이를 나타낸다. 칼만 필터의 추정 방법은 시간 갱신 단계와 측정치 갱신 단계로 나뉘어진다. 칼만 필터의 시간 갱신 방법은 식 (9)와 식 (10)과 같다.

$$\hat{s}_k^- = A\hat{s}_{k-1} \quad (9)$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \quad (10)$$

보정단계에 사용되는 사전 상태벡터 \hat{s}_k^- 와 사전 오차 공분산 P_k^- 을 계산하기 위하여 식 (9)와 식 (10)을 이용하여 상태 \hat{s}_{k-1} 와 오차공분산 추정치 P_{k-1} 를 얻는다. 보정단계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \quad (11)$$

$$\hat{s}_k = \hat{s}_k^- + K_k(z_k - H\hat{s}_k^-) \quad (12)$$

$$P_k = (I - K_k H) P_k^- \quad (13)$$

이 단계는 측정 갱신 방정식으로 표현되며, 칼만 이득 K_k 을 계산하고 실제 측정값 z_k 와 예측과정에서 계산된 \hat{s}_k^- 를 이용하여 사후상태 \hat{s}_k 를 추정한다. 그리고 사후 오차공분산 P_k 를 계산한다. 이 과정을 통하여 모션 템플릿을 통하여 획득한 움직임 좌표의 잡음을 제거함으로써 좀 더 안정된 PTZ 컨트롤을 할 수 있다.

3. 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적

3.1 움직임 물체의 이동방향과 카메라 상태를 이용한

협동카메라 선정

모션 템플릿과 칼만 필터를 이용하여 추정된 움직임 물체의 좌표와 이동방향 만을 가지고 협동 추적을 할 경우 각 카메라의 상태에 따른 문제가 발생 할 수 있다. 본 논문에서는 움직임 물체의 이동방향과 카메라들의 상태를 이용하여 협동추적에 적합한 카메라를 선정해야 한다. 움직임 물체를 검출한 카메라를 제외한 모든 카메라의 상태를 파악하여 가용한 카메라를 선택하고, 움직임 물체의 이동방향과 동일한 선상에 존재하는지를 판단한다. 이후 그중 가장 가까운 카메라를 선택하여 협동 요청을 하고 협동 요청을 받은 카메라를 이용하여 협동 추적을 한다. 협동 카메라를 선택하기 위한 시스템 블록도는 그림 (4)와 같다.

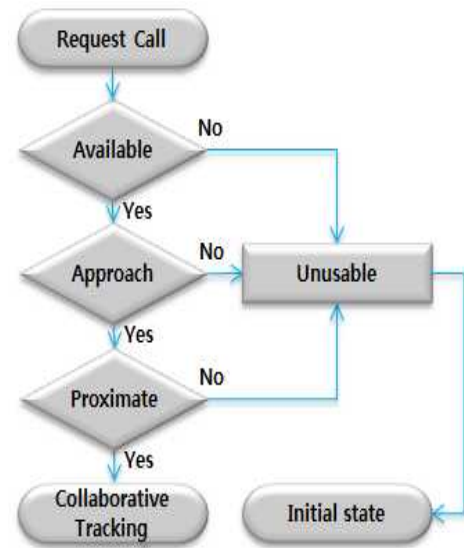


그림 4 제안된 알고리즘
Fig. 4 The proposed algorithm

3.2 협동 추적을 위한 PTZ 컨트롤

협동 카메라가 선정되면 협동추적을 하기 위하여 협동 요청을 한 카메라의 정보 및 공간정보를 알고 있어야 한다. PTZ 카메라의 Pan은 0~360°, Tilt는 0~90°로 제한한다. 초기 PTZ 카메라의 PTZ변수는 그림(5)과 같다.

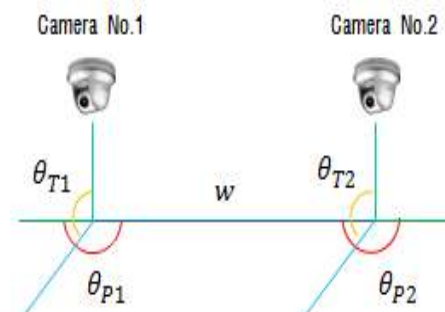


그림 5 초기 pan-tilt 변수
Fig. 5 Initial variables of pan and tilt

움직임 물체가 1번 카메라의 중앙에 위치할 때의 PTZ 값은 다음과 같다.

$$\theta_{P1} = \tan^{-1}(X/Z) \tag{14}$$

$$\theta_{T1} = \sin^{-1}(Y) \tag{15}$$

$$Z_1 = 0 \tag{16}$$

여기서 X, Y, Z 는 구좌표계로 변환한 전체 좌표계를 의미한다.

이때, 두 카메라의 높이 h_1, h_2 와 두 카메라간의 거리 w 를 알고 있을 때 협동 카메라인 2번 카메라의 PT값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Phi_1 = 90 - \theta_{T1} \tag{17}$$

$$d_1 = h_1 \tan \Phi_1 \tag{18}$$

$$r_1 = 90 + \theta_{P1} \tag{19}$$

$$r_2 = \cos^{-1} \left(\frac{d_2^2 + w^2 - d_1^2}{2d_2w} \right) \tag{20}$$

$$d_2 = \sqrt{d_1^2 + w^2 - 2d_1w \cos(r_1)} \tag{21}$$

$$\Phi_2 = 90 - \theta_{T2} \tag{22}$$

$$\theta_{P2} = 90 - \tan^{-1} \left(\frac{d_2}{h_2} \right) \tag{23}$$

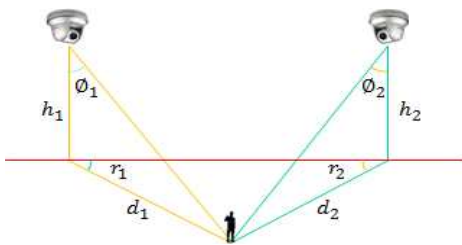


그림 6 PTZ Control 환경 변수
Fig. 6 Environmental variables for PTZ control

마지막으로 PTZ카메라의 Z값은 식 (24)와 같다.

$$Z_2 = \frac{d_2}{V_z} \tag{24}$$

여기서 V_z 값은 PTZ 카메라의 줌에 대한 배율 값을 나타낸다.

4. 실험 및 결과 고찰

본 실험에서는 단일 물체를 대상으로 하며 실험에 사용된 네트워크 카메라 시스템의 자세한 사양은 표 1과 같다.

표 1 네트워크 카메라 시스템의 사양
Table 1 Specification of network cameras systems

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: 10X
NVR	CPU:쿼드2.33GHz, RAM : 4G

협동추적을 위한 모션 템플릿과 칼만필터를 이용한 움직임 물체 추출과 이동방향 추정을 실험을 통하여 안정적으로 이루어짐을 볼 수 있다. 실험 결과 영상은 그림 (7)과 같다.

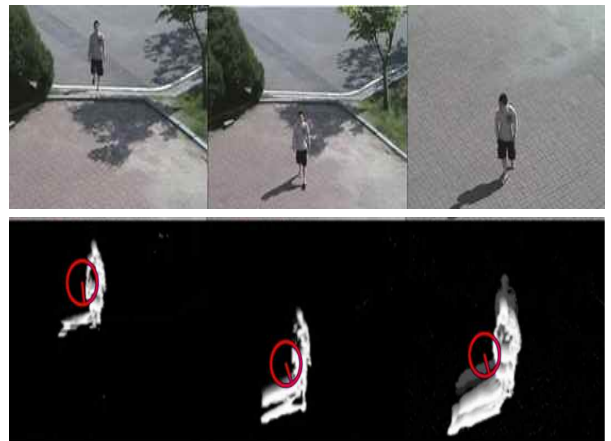
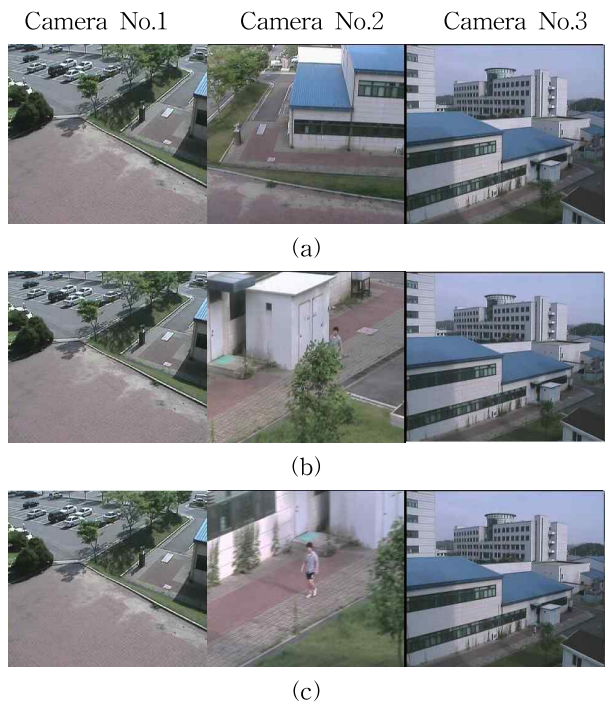


그림 7 움직임 물체 추출 실험 결과
Fig. 7 Experimental results for detecting the moving objects

다음으로 3대의 PTZ 카메라를 이용한 협동추적 실험 결과는 그림 (8)과 같다.



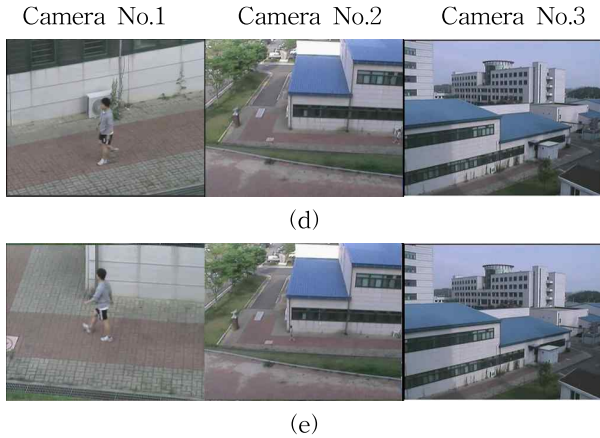


그림 8 협동 추적 결과
Fig. 8 Results of collaborative tracking

각 카메라는 사용자에 의해 설정된 감시영역을 지속적으로 감시 하고 그 결과 영상은 그림 8-(a)와 같다. 그림 8-(b)에서는 3번 카메라의 FOV에서 움직임 물체를 검출한 경우 2번 카메라를 협동 카메라로 선정하여 움직임 물체에 대한 확대영상을 획득한다. 이때 나무에 의해 가려짐 문제가 발생하지만 칼만필터를 이용한 좌표보정에 의해 문제없이 추적했다. 그림 8-(c)에서는 움직임 물체가 지속적으로 3번 카메라의 FOV에 존재할 경우 2번 카메라를 이용하여 지속적으로 협동 추적을 했다. 그림 8-(d)에서는 움직임 물체가 3번 카메라의 FOV를 벗어나고 2번 카메라의 FOV에 나타난 경우 1번 카메라를 협동 카메라 재설정하여 확대영상을 획득했다. 그림 8-(e)에서는 움직임 물체가 2번 카메라의 FOV에 존재하여 1번 카메라를 이용하여 지속적으로 협동 추적함을 보인다.

5. 결 론

본 논문에서는 지능형 영상 감시 시스템을 위한 다수의 네트워크 카메라를 이용한 협동 추적 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 각각의 카메라는 모션 템플릿 기법을 통하여 영상내의 움직임 물체를 추출하고, 추출된 움직임 물체의 이동방향을 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 일단, 움직임 물체가 추출되면 칼만 필터를 이용하여 움직임 물체의 정확한 좌표를 추정하였다. 그 다음, 움직임 물체의 이동방향과 카메라의 상태를 이용하여 가장 효율적인 협동추적 카메라를 선정하고, 각 카메라의 공간정보를 이용하여 PTZ 변수를 설정하고 협동요청을 알고리즘을 제안하였다. 그리고 나서, 협동요청을 받은 카메라는 설정된 PTZ 변수를 이용하여 움직임 물체를 협동 추적하고 확대영상을 획득하는 알고리즘을 제안하였다. 마지막으로, 실험을 통하여 제안된 협동추적 알고리즘의 우수성 및 그 응용 가능성을 확인했다.

참 고 문 헌

[1] F. Chang, "PTZ Camera Target Tracking in Large Complex Scenes", Intelligent Control and

Automation (WCICA), pp 2914-2918, 2010.

[2] N. Bellotto, "A Distributed Camera System for Multi-Resolution Surveillance", Third ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras (ICDSC), pp 1-8, 2009.
 [3] 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), pp 1-4 2010.
 [4] H. Ismail, H. David, and S. Larry, "W4S: A Real Time System for Detection and Tracking People", Face and Gesture Recognition Workshop, Vol. 1406, pp 877-892, 1998.
 [5] A. Bobick, J.Davis, "Real-time recognition of activity using temporal templates" IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp 39-42, 1996
 [6] L. Matthies, T. Kanade, and R. Szeliski "Kalman filter based algorithms for estimating depth from image sequences". International Journal of Computer Vision, Vol. 3, No. 3, pp. 209-236, 1989.
 [7] D. W. Seo, H. U. Chae and K. H. Jo, "Multiple Camera-Based Correspondence of Ground Foot for Human Motion Tracking", Int. Journal of Control, Robotics and Systems, Vol. 14, No. 8, pp. 848-855, 2008.

저 자 소 개



이덕용(李德龍)

1955년 12월생, 1990년 한국방송통신대학 전자계산학과 졸업(이학사), 1998년 군산대학교 산업대학원졸업(공학석사), 1981-2006년 한국산업인력공단 직업전문학교 교사, 2006-현재 한국폴리텍V대학 김제캠퍼스 수자원관리과 부교수

Tel : 063-540-7780

E-mail : ldy9150@kopo.ac.kr



전형석(全亨漸)

1985년 12월생. 2010년, 군산대학교 전자정보공학부 졸업. 2010년~현재, 동대학원 전기전자정보공학부 석사과정. 관심분야는 지능형 로봇, 인간-로봇 상호작용, 지능형 영상 감시 시스템 등.

Tel : 063-469-4706

E-mail : nxcbv@kunsan.ac.kr



주영 훈(周永焄)
제 21권 5호 참조