지능형 영상네트워크 연계형 PTZ카메라 기반 다중 이벤트 처리

정회원 장 일 식*, 준회원 안 성 제*, 정회원 박 광 영**, 종신회원 차 재 상***, 박 구 만***°

PTZ Camera Based Multi Event Processing for Intelligent Video Network

Il-sik Chang* *Regular Member*, Seong-je Ahn* *Associate Member*,
Gwang-yeong Park** *Regular Member*, Jae-sang Cha***, Goo-man Park***° *Lifelong Members*

요 약

본 논문에서는 다중 PTZ 카메라 기반의 다중이벤트 처리 감시시스템을 제안하였다. 각각의 PTZ 카메라에는 검출할 이벤트의 종류를 설정할 수 있다. 기존 PTZ 감시 카메라에는 하나의 카메라가 하나의 이벤트 처리를 하기 때문에 새로운 객체가 발생하여 새로운 이벤트를 설정해야 할 경우 문제가 생기며, 각각의 PTZ 카메라는 감시하는 영역이 정해져 있기 때문에 객체가 감시할 수 없는 곳으로 이동시 추적이 불가능한 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 하나의 PTZ 카메라에 새로운 객체가 발생했을 때 주변의 PTZ 카메라에서 새로운 객체의 위치 좌표를 추정하여 객체를 감시할 수 있는 감시 시스템을 제안하고, PTZ 카메라의 영역에서 벗어나는 객체에 대한 이벤트 링크를 다시 설정함으로써 객체의 감시가 지속적으로 가능하게 하는 시스템을 제안하였다. 모의실험을 통해 제안 방식의 우수한 성능을 입증하였다.

Key Words : PTZ camera, Surveillance system, Event, Object, Event Link

ABSTRACT

In this paper we proposed a multi event handling surveillance system using multiple PTZ cameras. One event is assigned to each PTZ camera to detect unusual situation. If a new object appears in the scene while a camera is tracking the old one, it can not handle two objects simultaneously. In the second case that the object moves out of the scene during the tracking, the camera loses the object. In the proposed method, the nearby camera takes the role to trace the new one or detect the lost one in each case. The nearby camera can get the new object location information from old camera and set the seamless event link for the object. Our simulation result shows the continuous camera-to-camera object tracking performance.

I. 서 론

오늘날 지능화되어 가는 범죄와 테러에 적극 대처하기 위한 지능형 보안 시스템 요구가 나날이 증가하고 있다. 고정 카메라를 사용할 경우 감시 감독의 범위가 넓어지게 되면 넓은 범위를 감시하기 위해 많은 수의 카메라를 사용해야 하며, 카메라 수를 줄이면 감시할 수 없는 지역이 발생하므로 비용이나 효율성에서 단점이 있다. 이러한 면을 고려하였을 때 상하좌우의 회전이 가능한 PTZ 카메라를 설치함으로써 카메

* 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원(ischang@hitron.co.kr), ** 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원
*** 서울과학기술대학교 매체공학과(gmpark@seoultech.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2010-10-490, 접수일자 : 2010년 10월 12일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 2일

라 주변의 모든 영역 및 원거리, 근거리에 대한 감시 감독을 가능하게 하여 고정 카메라의 단점을 해결할 수 있다[1]. 효율적인 감시를 위해 본 논문에서는 지능형 영상 감시 기능이 있는 PTZ 카메라를 사용한다. 하지만 기존 PTZ 감시카메라에는 하나의 카메라가 하나의 이벤트 처리를 하기 때문에 새로운 객체가 발생하여 새로운 이벤트를 설정해야 할 경우 문제가 되고, 특정 객체를 추적하는 동안 감시영역에 들어오는 다른 객체를 놓칠 위험이 있다. 또한 각각의 PTZ 카메라는 감시하는 영역이 정해져 있기 때문에 객체가 감시할 수 없는 곳으로 이동시 감시가 불가능한 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다수의 PTZ 카메라를 사용하여 하나의 PTZ 카메라에 새로운 객체가 발생할 경우 주변의 PTZ 카메라에서 새로운 객체의 위치 좌표를 추정하여 객체를 감시할 수 있는 감시 시스템을 제안하고, 객체 정보를 이용하여 주변 PTZ 카메라를 통해 연계 추적을 하거나 다른 새로운 객체가 발생하였을 경우에는 동시 혹은 분리 추적을 통해 보안성을 확보하도록 제안하였다. 다중 PTZ 카메라는 상호 협업에 의해 한 화면 내에서 동시에 일어나는 이벤트 처리를 분담할 수 있고, 상호 협업에 의해 건물 주변이나 넓은 감시 구역의 사각지대를 해소함으로써 객체의 감시가 지속적으로 가능하게 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 이론을 소개하고, 3장은 제안한 시스템의 객체 추적을 위한 객체 위치 좌표 추정에 대해 설명하고, 4장에서는 다중 이벤트 처리를 설명하고, 5장에서는 실험 및 결과에 대한 고찰을 한 후, 끝으로 6장에서 결론 및 향후 계획에 대해 언급한다.

Ⅱ. 관련 이론

다중 카메라의 Pan/Tilt 위치 제어에는 정해찬[2]이 제안한 고정 카메라를 이용하여 Pan/Tilt 값을 보정하는 방법과 Inigo[3]가 제안한 고정 카메라와 PTZ 카메라간 거리, 객체간의 거리, 높이를 알면 Pan/Tilt 값을 계산 할 수 있는 방법이 있다. 정해찬[2]의 방법은 최소 4개의 점이 필요하며, 두 방법 모두 고정 카메라를 기준으로 하기 때문에 두 카메라가 모두 PTZ 카메라일 경우에는 새로운 방법을 사용하여야 한다. 다중 카메라를 사용해서 추적을 하기 위한 대응 방법에 있어서 먼저 기하학적 기반의 방법으로는 호모그래피(homography)를 이용하여 각 시점에서 검출된 영역의 주축들의 교점을 찾아 다중시점에서 동일한 물체의 대응을 확인하는[4,5] 방법이 있고, 색상 기반의 방법으로 Morioka et al. [6]은 각 물체의 히스토그램으로부터 생성된 전역 색 모델과 국소 색 모델간의 유클리디안 거리의 합을 비교함으로써 대응을 확인하였다. 하지만 위의 방법은 모두 카메라 교정 및 카메라간의 관계 학습이 필요하다. 본 논문에서는 PTZ 카메라를 사용하므로 배경이 고정이 아니므로 위의 방법을 사용할 수 없다. 본 논문에서는 다중 PTZ 카메라 기반의 다중이벤트 처리 감시시스템을 제안한다.

Ⅲ. 객체 위치 좌표 추정

PTZ 카메라의 Pan은 0~360도, Tilt는 0~90도로 제한 한다. Pan, Tilt 각도 및 방향은 그림 1과 같다.

초기 PTZ 카메라는 일정한 높이(h)를 가지고 설치된다. 그림 2와 그림 3은 PTZ 카메라 1번, PTZ 카메라 2번을 옆에서 본 그림이다.

PTZ 1번 카메라에 새로운 객체가 발생하여 PTZ 2번 카메라에서 객체를 추적하기 위해선 PTZ 1번의 정보 및 공간 정보를 가지고 새로운 객체의 PTZ 2번 위

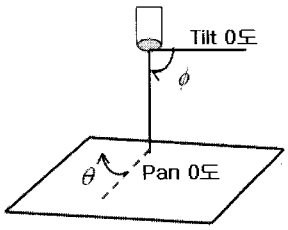


그림 1. Pan, Tilt 각도와 방향

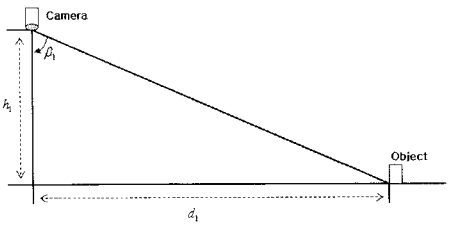


그림 2. PTZ 카메라1

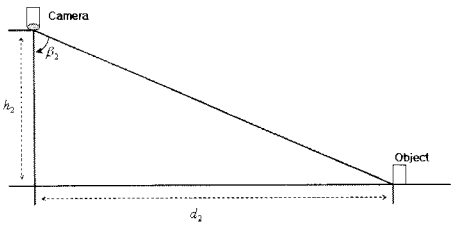


그림 3. PTZ 카메라2

치 좌표를 추정하여야 한다. PTZ 1번 화면의 새로운 객체의 위치(②)가 그림 4와 같다면 Pan, Tilt의 각도[1]는 식(1)과 같다. 즉 새로운 객체가 화면 중앙에 위치할 Pan, Tilt 각도가 식(1)이 되는 것이다. 식(1)에서 $P_w(X_w, Y_w, Z_w)$[1]는 구좌표계를 이용하여 좌표 변환을 하여 구한 전체 좌표계를 의미 한다.

$$\theta_1 = \tan^{-1}(X_w/Z_w)$$
$$\phi_1 = \sin^{-1}(Y_w) \quad (1)$$

모든 PTZ 카메라는 초기 설치할 때 높이 정보(h)와 PTZ 카메라간 거리(w)를 알고 있다고 가정한다. 그림 2에서 PTZ 1번 카메라의 기둥 높이(h_1)와 Tilt 각도(ϕ_1)를 알면 객체간의 거리(d_1)를 알 수 있다. 위 관계를 식으로 표현하면 식(2)와 같다. 객체간의 정확한 거리를 위해서는 객체의 가장 아래쪽의 위치를 기준으로 설정해야 한다. 본 논문에서는 카메라 폴과 지면이 수직이라고 가정하고 객체는 항상 지면에 위치한다고 가정한다.

$$\beta_1 = 90 - \phi_1$$
$$d_1 = h_1 \tan\beta_1 \quad (2)$$

삼각형의 두변 a, b의 길이를 알고 사이각 θ을 알고 있으면 다른 한변의 길이 c는 그림 5와 같다. 삼각형 ABH를 이용하여 c를 구하면 식(3)과 같다.

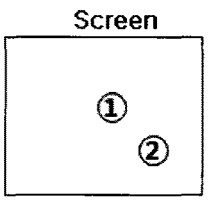


그림 4. PTZ 카메라 화면

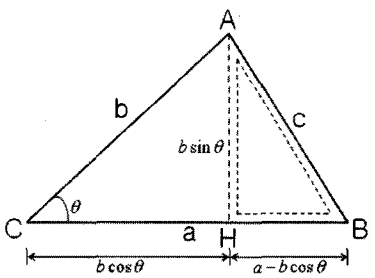


그림 5. 두변과 사이각

$$c^2 = (b\sin\theta)^2 + (a - b\cos\theta)^2$$
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta} \quad (3)$$

그림 6은 PTZ 1번 카메라와 PTZ 2번 카메라를 본 그림으로 각각의 카메라와 객체간 거리를 나타낸다. d_1의 길이를 알고 카메라간 거리(w)를 알고 있으면 PTZ 2번 카메라의 Pan 각도(θ_2)와 객체까지의 거리(d_2)를 식(3)을 이용하여 알 수 있다. 위의 관계를 식으로 표시하면 식(4)과 같다.

$$\alpha_1 = \theta_1, \quad \alpha_2 = \theta_2$$
$$r_1 = 90 + \alpha_1$$
$$d_2 = \sqrt{(d_1)^2 + (w)^2 - 2d_2 w\cos(r_1)}$$
$$r_2 = \cos^{-1}\left(\frac{(d_2)^2 + (w)^2 - (d_1)^2}{2d_2 w}\right)$$
$$\alpha_2 = 90 - r_2 \quad (4)$$

식(4)에서 d_2의 길이를 알면 그림 3의 PTZ 2번 카메라의 Tilt 각도(ϕ_2)를 알 수 있다. 위 관계를 식으로 나타내면 식(5)와 같다.

$$\beta_2 = 90 - \phi_2$$
$$\phi_2 = 90 - \tan^{-1}(d_2/h_2) \quad (5)$$

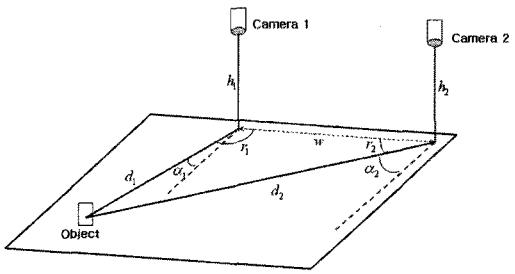


그림. 6 카메라와 객체간 거리

Ⅳ. 다중 이벤트 처리

본 논문에서 설계된 지능형 영상 분석 기능은 움직임 검출(motion), 진입(enter), 감지(cross), 방치(abandon), 제거(removal), 서성거림(loitering), 자동 추적(auto tracking)이다. 표 1은 각 기능에 대한 정의를 정리한 것이다. 움직임 검출, 진입, 감지, 방치, 제거, 서성거림은 모두 정지 화면에서 검출하기 때문에 동시에 여러 객체를 처리할 수 있지만 자동 추적의 경

표 1. 지능형 영상 분석 기능 명칭과 정의

기능 명칭	기능 정의
움직임검출	객체의 움직임을 검출하여 위치 및 크기 파악
진입	관심 영역에서의 객체 진입 여부 감지
감지	감지 선(line)과 교차하는 객체의 감지
방치	관심 영역에서의 일정 시간 동안 방치된 물체 감지
제거	관심 영역에서의 일정 시간 내 제거된 물체 감지
서성거림	관심 객체의 서성거림 여부 감지
자동추적	객체의 움직임에 대한 자동 추적 진행

우는 카메라가 움직이면서 객체를 추적하기 때문에 하나의 카메라가 하나의 객체만을 추적할 수밖에 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 PTZ 카메라가 고정된 상태에서 검출, 진입, 감지, 방치, 제거, 서성거림을 위한 이벤트 감지를 하고 있는 동안 자동 추적 이벤트를 위한 새로운 PTZ 카메라 할당을 위하여 주변의 PTZ 카메라 혹은 감시중인 카메라가 직접 자동 추적을 할 수 있도록 제안한다. 새로운 이벤트 처리를 해야 하는 객체가 나타나면 주변의 다른 PTZ 카메라를 이용한 객체 자동 추적이 필요하게 된다. 예를 들면, 감시중인 카메라에 이벤트가 발생하여 바로 자동 추적 하는 경우에 방치나 제거의 이벤트는 물체가 방치 혹은 제거된 후 일정시간 후에 발생하기 때문에 자동추적을 할 경우 추적해야 하는 객체를 찾을 수 없을 것이다. 또한 여러 이벤트를 한꺼번에 감지하는 과정에 자동 추적을 하면 모든 이벤트가 해제될 것이다.

그림 7은 여러 PTZ 카메라가 설치 되어있을 경우 3번 카메라(C3)에서 새로운 객체(②)가 발생되어 추적해야 하는 경우를 나타낸다.

추적이 가능한 카메라와 불가능한 카메라를 식(6)으로 나타낼 수 있다. 식(6)에서 n은 추적중인 카메라의 번호를 의미한다. P_{cam}에서 새로운 객체를 추적하기 위해선 주변의 PTZ 카메라와 추적해야 할 객체 간의 거리를 구하여 최소가 되는 PTZ 카메라를 선택하여 추적하면 된다. 그림 8은 새로운 객체 추적을 나타낸다. 식(7)에서 i는 P_{cam}이 1이 되는 카메라들을 의미한다. 식(7)에 의해서 새로운 객체는 2번 카메라(C2)가 추적하게 됨을 그림 8에서 볼 수 있다.

$$P_{cam} = \begin{cases} 0 \text{ if}(i=n), Event\text{감시 } Camera \\ 1 \ otherwise \end{cases}$$
$$\overline{P_{cam}} = \begin{cases} 1 \ Event\text{감시중 } Camera \\ 0 \ otherwise \end{cases} \quad (6)$$

$$P_{select} = \min_{i}(d_i) \qquad i : P_{con}List \quad (7)$$

실제 설치 환경에선 그림 9와 같이 PTZ 카메라의 추적 가능한 Pan의 범위가 카메라마다 다를 수가 있다. 본 논문에서는 초기에 추적 가능한 Pan, Tilt의 범위를 미리 설정하여 새로운 이벤트 처리를 해야 하는 객체가 발생할 경우 주변의 PTZ 카메라가 추적해야 하는 Pan, Tilt의 범위를 판단하여 최적의 PTZ 카메라를 선택할 수 있도록 한다. 또한 주변의 카메라가 그림 9과 같이 새로운 객체(③)가 2번 카메라(C2)에 발

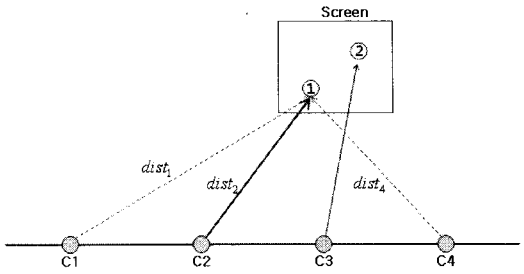


그림 8. 새로운 객체 추적

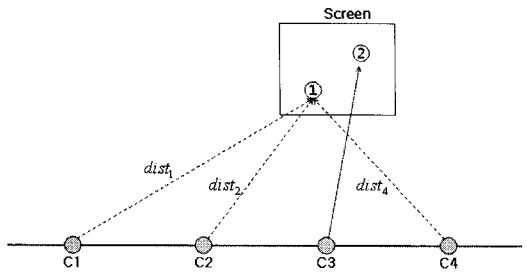


그림 7. 새로운 객체 발생

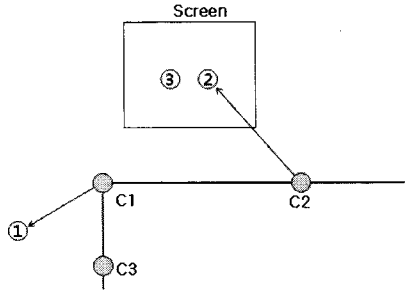


그림 9. 다중 이벤트 발생

생하였을 경우 1번 카메라(C1)가 다른 이벤트를 처리 중이라서 새로운 객체를 처리 할 수 없을 경우에는 이 벤트가 처리중인 1번 카메라(C1)를 주변의 3번 카메라(C3)로 넘겨줌으로써 그림 10과 같이 새로운 객체에 대한 이벤트 감시가 가능하게 할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
Pcam_{range} &\quad \begin{cases} 1\,\mathrm{if}(\text{객체 위치 범위 내}) \\ 0\ otherwise \end{cases} \\
Pcam_{\overline{range}} &\quad \begin{cases} 1\,\mathrm{if}(\text{객체 위치 범위 외}) \\ 0\ otherwise \end{cases} \\
\overline{Pcam_{range}} &\quad \begin{cases} 1\,\mathrm{if}(\text{객체 위치 범위 내}) \\ 0\ otherwise \end{cases} \\
\overline{Pcam_{\overline{range}}} &\quad \begin{cases} 1\,\mathrm{if}(\text{객체 위치 범위 외}) \\ 0\ otherwise \end{cases}
\end{aligned} \tag{8}
$$

식(6) (7) (8)을 사용하여 최적의 PTZ 카메라를 선택하기 위한 단계를 정리하면 다음과 같다.

1) 새로운 객체 발생
2) P_{cam}, $\overline{P_{cam}}$ 설정
3) $P_{cam_{range}}$, $P_{cam_{\overline{range}}}$, $\overline{P_{cam_{range}}}$, $\overline{P_{cam_{\overline{range}}}}$ 설정
4) $P_{cam_{range}}$ 중에서 $\min_i(d_i)$를 선택
5) 4)의 값이 없을 경우 $\overline{P_{cam_{range}}}$, $P_{cam_{\overline{range}}}$ 간의 이벤트 링크 변경 가능 여부를 확인
6) 5)의 결과 값 중에서 $\min_i(d_i)$를 선택

모든 PTZ 카메라의 위치 및 초기 설정 값은 PTZ 자체에서 관리하기도 하지만 종합관제시스템(Central Monitoring System)에서 전체적인 PTZ 카메라 관리를 할 수 있다. 종합관제시스템에서는 이벤트 상황에 따른 객체의 이동 경로를 추적하고, 새로운 이벤트 설정 및 이벤트 유무를 관리함으로써 여러 대의 PTZ 카메라가 최적의 위치를 감시 할 수 있도록 한다.

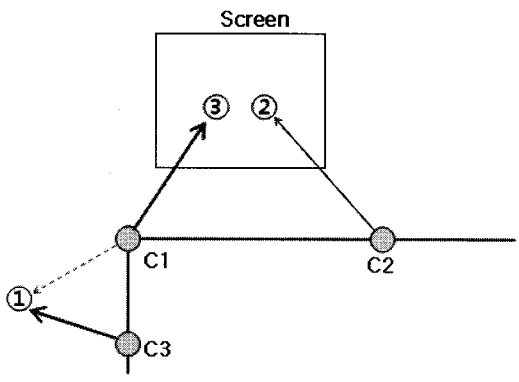


그림 10. 다중 이벤트 처리

V. 실험 및 결과

Pan Tit 위치 좌표를 알기 위해선 초기 높이 정보(h), PTZ 카메라간 거리(w)를 알아야 한다. 실험은 그림 11과 같이 PTZ 카메라 2대와 높이(h)가 166cm인 카메라 기둥을 사용한다.

표 2는 그림 11의 객체 1 ~ 객체 4 까지의 실측 값과 식(3), 식(4)를 사용하여 계산한 값을 나타낸다. 카메라 높이 h와 카메라간 거리 w의 값은 h: 166cm, w: 84cm이다. Camera1의 좌표는 알고 있는 상태에서 Camera2의 좌표를 계산하였다.

표 3은 높이 h와 거리 w를 약간 변경하여 실험한 결과이다. 카메라 높이 h와 카메라간 거리 w의 값은 h: 150cm, w: 102cm에서 실험한 결과이다. PTZ 1번 카메라는 초기 PAN 17.8, TILT 59.5 좌표에서 고정적 배경에서의 추적을 이용하여 PTZ 2번 카메라의 위치를 추정하는 한다. 그림 12의 화면에서 객체가 중심에 위치하지 않았을 경우 PTZ 1번 카메라에서 자체적으로 객체가 중앙으로 위치하도록 하는 좌표를 구한 후 PTZ 2번 카메라의 좌표를 추정하게 된다. α, β

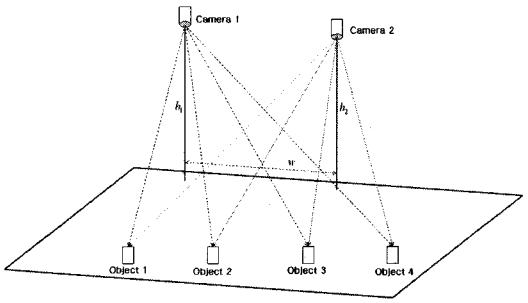


그림 11. 실험 환경

표 2. Pan/Tilt 좌표값

	실측값				계산값			
	Camera1		Camera2		Camera1		Camera2	
	Pan	Tilt	Pan	Tilt	Pan	Tilt	Pan	Tilt
Object 1	343.5	29.9	328.6	28.8	343.5	29.9	329.0	27.2
Object 2	3.9	30.5	347.3	31.2	3.9	30.5	347.0	29.9
Object 3	9.5	30.4	353.0	31.3	9.5	30.4	353.4	30.5
Object 4	27.1	27.5	13.3	30.8	27.1	27.5	12.2	27.6

표 3. 다중 카메라의 Pan/Tilt 좌표값

Camera 1				Camera 2	
α	β	θ	ϕ	PAN	TILT
21.80	9.61	346.6	44.61	42.89	36.6
20.43	0.5	340.7	54.33	53.57	41.24
6.47	3.54	6.61	55.59	41.46	47.76
13.96	7.08	28.56	52.05	24.15	53.1
24.87	9.95	44.65	45.72	0.44	55.29

는 화면상의 객체의 중심으로 부터의 위치를 의미하고 θ, ϕ는 식(1)의 결과로 객체를 PTZ 1번 카메라의 중심으로 갖다 놓는 좌표를 의미한다. 최종적인 PTZ 2번 카메라의 좌표는 식(5)로부터 구할 수 있다.

그림 12는 표 3의 실험 환경에서 실제 추적한 결과를 나타낸다. PTZ 1번 카메라는 1배의 줌에서 화면이고, PTZ 2번 카메라는 3배 줌에서의 화면을 나타낸다. PTZ 1번의 작은 객체를 PTZ 2번을 효과적으로 제어

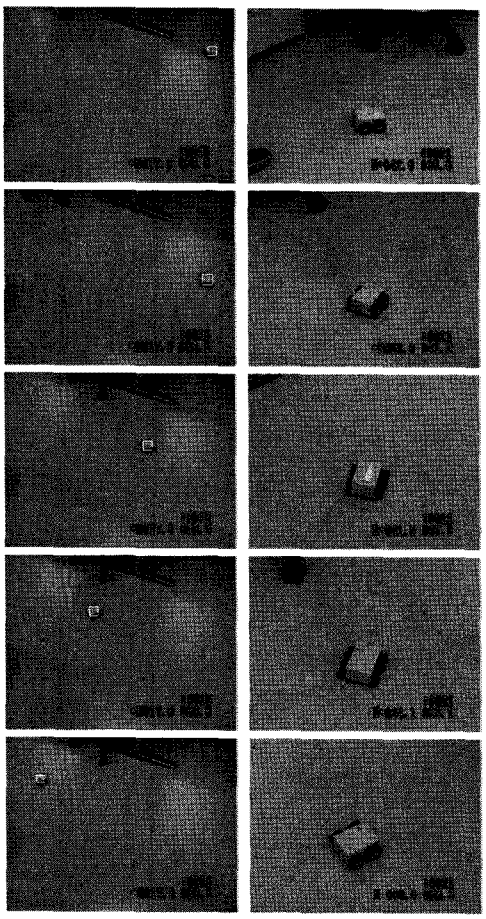


그림 12. 다중카메라 객체 추적 결과

함으로써 효과적인 추적이 됨을 볼 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 다중 PTZ 카메라 기반에 다중 이벤트를 처리할 수 있는 감시 시스템을 제안하였다. 다중 이벤트의 정의와 추가적으로 감시가 필요한 경우 주변의 PTZ 카메라에서의 객체의 좌표 추정 후 추정된 좌표를 이용하여 객체 감시를 함으로써 객체 감시의 효율을 높일 수 있음을 확인하였다. 하지만 초기 객체의 정확한 검출 및 초기 높이 정보와 PTZ 카메라간 거리 설정이 필요하고 카메라 기둥과 지면이 수직이어야 하는 제약이 있다. 추후 연구에는 이러한 부분에 추가적인 보완 및 여러 카메라의 동시 제어를 위한 종합관제시스템의 동작을 위하여 E-map과 같은 정보를 설정하여 효율적인 감시가 가능한 연구를 계속 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 장일식, 안태기, 박광영, 박구만 "CAMShift를 이용한 PTZ 카메라 추적", 한국통신학회논문지, 제35권 제3호, pp.271-277, 2010.

[2] 정해찬, 소영성, "다중 카메라에서의 Calibration 방법", 한국신호처리시스템학회 2002 하계 학술대회 논문집, pp.205-208, 2002. June.

[3] Rafael M. Inigo, "Traffic Monitoring and Control Using Machine Vision: A Survey", IEEE Trans. Vol.IE-32, No.3, pp.177-185, Aug, 1988.

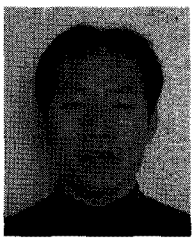
[4] W. Hu, M. Hu, X. Zhou, T. Tan, J. Lou and S. Maybank, "Principal Axis-Based Correspondence between Multiple Cameras for People Tracking", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.28, No.4, pp.663-671, 2006.

[5] 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.

[6] K. Morioka, X. Mao and H. Hashimoto, "Global Color Model Based Object Matching in the Multi-Camera Environment", Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International

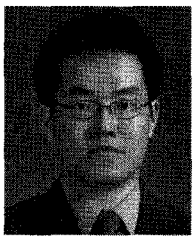
Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2644-2649, 2006.

장 일 식 (Il-sik Chang) 정회원



2001년 2월 호남대학교 전자공학과 학사
2001년 1월~현재 (주)하이트론씨스템즈 선임연구원
<관심분야> Computer Vision, 영상 인식

안 성 제 (An, Seong-Je)

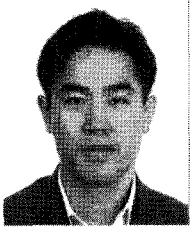


2008년 서울과학기술대학교 매체공학과 학사
2010년 서울과학기술대학교 NID융합기술 대학원 재학중
<관심분야> Computer Vision, pattern recognition

박 광 영 (Kwang-young Park)

2000년 2월 서강대학교 경제대학원 석사
1996년 12월~현재 (주)하이트론씨스템즈 정보통신사업본부 팀장
<관심분야> 멀티미디어 통신, 영상인식, IT정책

차 재 상 (Je-Sang Cha)



2000년 일본 Tohoku 대학교 전자공학과(공학박사)
2000년~2002년 한국전자통신연구원(ETRI) 무선방송기술연구소 선임연구원
2002년~2005년 서경대학교 정보통신공학과 전임강사
2008년~2009년 미국 Univ.of Florida 전기컴퓨터공학과 방문교수
2005년~현재 서울과학기술대학교 매체공학과 부교수
<관심분야> 무선통신융합형 신기술 등

박 구 만(Park, Goo-Man) 종신회원

1984년 2월 한국항공대학교 전자공학과 공사
1986년 2월 연세대학교대학원 전자공학과 석사
1991년 2월 연세대학교대학원 전자공학과 박사
1991년 3월~1996년 9월 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
1996년 9월~1999년 7월 호남대학교 전자공학과 조교수
1999년 8월~현재 서울과학기술대학교 매체공학과 교수
2006년 1월~2007년 8월 Georgia Institute of Technology Dept.of Electrical and Computer Engineering, 방문교수
<관심분야> 멀티미디어 통신, 컴퓨터비전