



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0114899

(43) 공개일자 2013년10월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04N 7/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0037315

(22) 출원일자 2012년04월10일

심사청구일자 2012년04월10일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

김기석

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (가진리 307) 한국기술교육대학교 기숙사

조재수

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 109동 703호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인대백

전체 청구항 수 : 총 12 항

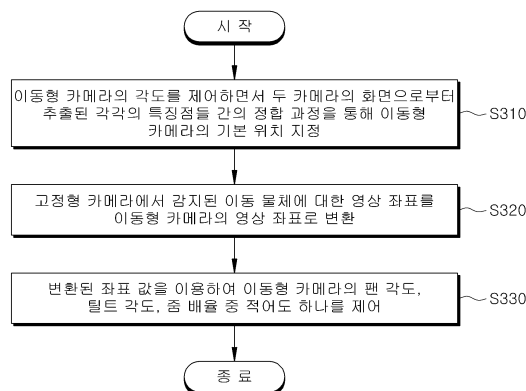
(54) 발명의 명칭 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 실내에 설치된 고정형 카메라 및 이동형 카메라를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법에 있어서, 상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라 및 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라에 대한 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계와, 상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 단계, 및 상기 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라가 상기 이동 물체를 추적하도록 상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법을 제공한다.

상기 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치에 따르면, 고정형 카메라와 이동형 카메라의 감시 영역을 서로 매칭시켜서 두 카메라의 기본 위치를 설정한 다음, 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체의 좌표 값을 이동형 카메라의 좌표 값으로 변환하여 이동형 카메라가 이동 물체를 계속해서 추적할 수 있도록 하여 이동형 카메라를 효과적으로 제어하며 감시 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

이삭

경기도 오산시 갈곶동 화남아파트 101동 103호

박종섭

전라남도 목포시 죽동 162번지

특허청구의 범위

청구항 1

실내에 설치된 고정형 카메라 및 이동형 카메라를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법에 있어서,

상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라 및 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라에 대한 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계;

상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 단계; 및

상기 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라가 상기 이동 물체를 추적하도록 상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계는,

상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서 상기 고정형 카메라와 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출한 다음 상기 추출된 특징점들 간을 서로 정합시켜서, 특징점 매칭도가 가장 높은 해당 각도로 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 단계;

상기 매칭도가 가장 높은 해당 각도에서의 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 단계; 및

상기 호모그래피 변환 행렬로부터 상기 고정형 카메라 상의 좌표와 상기 이동형 카메라 상의 좌표 간의 차이값을 계산하고, 상기 차이값이 임계치 미만일 때까지 상기 이동형 카메라의 각도를 움직여서 상기 특징점 정합을 재수행한 다음 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 재연산하는 과정을 반복하여 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 단계는,

상기 이동형 카메라의 팬 각도 또는 틸트 각도를 조절하면서, 상기 팬 각도 또는 틸트 각도 별로 추출되는 상기 고정형 카메라의 촬상 영상에 대한 제1 특징점들과 상기 이동형 카메라의 촬상 영상에 대한 제2 특징점들을 서로 정합하는 단계;

상기 팬 각도 또는 틸트 각도 별로, 상기 서로 정합되는 특징점 쌍들의 개수를 파악하고, 상기 정합되는 특징점 쌍들의 개수가 가장 많이 출력되는 팬 또는 틸트 각도를 선정하는 단계; 및

상기 선정된 팬 또는 틸트 각도로 상기 이동형 카메라를 제어하여 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 단계를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 단계는,

상기 호모그래피 변환 행렬을 아래의 수학적식으로 연산하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법:

$$\begin{bmatrix} wx_i \\ wy_i \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix},$$

여기서, H_{ij} 는 상기 변환 파라미터, w 는 좌표 간 스케일, i 는 1부터 N 사이의 정수, $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_N, y_N))$ 는 상기 고정형 카메라에서 검출된 N 개의 제1 특징점 좌표들, $((\tilde{x}_1, \tilde{y}_1), (\tilde{x}_2, \tilde{y}_2), \dots (\tilde{x}_N, \tilde{y}_N))$ 는 상기 이동형 카메라에서 상기 제1 특징점 좌표들과 매칭된 N 개의 제2 특징점 좌표들을 나타낸다.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 고정형 카메라 상의 좌표와 상기 이동형 카메라 상의 좌표 간의 차이값은,

상기 고정형 카메라의 촬상 화면에서의 중심 좌표와, 상기 호모그래피 변환 행렬에 상기 중심 좌표를 대입하여 획득되는 대응점 좌표 사이의 차이값인 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 단계는,

상기 좌표 변환 시 상기 호모그래피 변환 행렬 또는 들로네 삼각화 기법을 사용하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 단계는,

상기 이동형 카메라의 전체 영상의 가로 크기(w)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 가로 크기(w_0)의 비율 값($r_w=w_0/w$), 그리고 상기 이동형 카메라의 전체 영상의 세로 크기(h)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 세로 크기(h_0)의 비율 값($r_h=h_0/h$)을 비교한 다음, 그 중 더 작은 비율 값을 현재 이동 물체에 대한 이동형 카메라의 배율(r_0)에 곱하여 최종적인 줌 배율 r 을 아래의 수학식으로 결정하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법:

$$r = r_0 \cdot \min(r_w, r_h)$$

여기서, $\min()$ 은 최소값 연산을 나타낸다.

청구항 8

실내에 설치된 고정형 카메라 및 이동형 카메라를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치에 있어서,

상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라 및 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라에 대한 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 감시영역 정합부;

상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 좌표 변환부; 및

상기 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라가 상기 이동 물체를 추적하도록 상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 카메라 제어부를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 감시영역 정합부는,

상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서 상기 고정형 카메라와 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출한 다음 상기 추출된 특징점들 간을 서로 정합시켜서, 특징점 매칭도가 가장 높은 해당 각도로 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 초기위치 지정부;

상기 매칭도가 가장 높은 해당 각도에서의 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 변환행렬 연산부; 및

상기 호모그래피 변환 행렬로부터 상기 고정형 카메라 상의 좌표와 상기 이동형 카메라 상의 좌표 간의 차이값을 계산하고, 상기 차이값이 임계치 미만이 될 때까지 상기 이동형 카메라의 각도를 움직여서 상기 특징점 정합을 재수행한 다음 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 재연산하는 과정을 반복하여 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 기본위치 지정부를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 변환행렬 연산부는,

상기 호모그래피 변환 행렬을 아래의 수학식으로 연산하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치:

$$\begin{bmatrix} \widetilde{wx_i} \\ \widetilde{wy_i} \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix},$$

여기서, H_{ij} 는 상기 변환 파라미터, w 는 좌표 간 스케일, i 는 1부터 N 사이의 정수,

$((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_N, y_N))$ 는 상기 고정형 카메라에서 검출된 N 개의 제1 특징점

좌표들, $((\widetilde{x}_1, \widetilde{y}_1), (\widetilde{x}_2, \widetilde{y}_2), \dots (\widetilde{x}_N, \widetilde{y}_N))$ 는 상기 이동형 카메라에서 상기 제1 특징점 좌표들과 매칭된 N 개의 제2 특징점 좌표들을 나타낸다.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 좌표 변환부는,

상기 좌표 변환 시 상기 호모그래피 변환 행렬 또는 들로네 삼각화 기법을 사용하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 카메라 제어부는,

상기 이동형 카메라의 전체 영상의 가로 크기(w)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 가로 크기(w_0)의 비율 값

($r_w=w_0/w$), 그리고 상기 이동형 카메라의 전체 영상의 세로 크기(h)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 세로 크기(h_0)의 비율 값($r_h=h_0/h$)을 비교한 다음, 그 중 더 작은 비율 값을 현재 이동 물체에 대한 이동형 카메라의 배율(r_0)에 곱하여 최종적인 줌 배율 r을 아래의 수학적식으로 결정하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치:

$$r = r_0 \cdot \min(r_w, r_h)$$

여기서, min()은 최소값 연산을 나타낸다.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고정형 카메라와 이동형 카메라를 이용하여 이동 물체에 대한 감시 효율을 높일 수 있는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 지능형 영상감시 분야에서 듀얼 카메라를 활용한 감시 시스템의 연구는 다양하게 진행되고 있다. 한 대의 고정형 카메라만을 이용해서 넓은 영역을 감시하는 경우, 매우 먼 거리에서 감시하게 되어 실제 감시 대상 물체에 대한 변별력이 떨어지는 문제점이 있다. 한 대의 이동형 카메라만을 이용하는 경우, 하나의 물체를 추적하는 동안 다른 영역을 감시할 수 없어 감시 영역이 순간적으로 너무 좁혀지고, 물체 추적에 대한 정확도도 떨어지는 문제점이 있다. 또한, 이동형 카메라만을 이용할 경우에는 움직이는 물체 추적에 대한 추적 알고리즘의 성능이 아직까지 실용적으로 사용할 수준이 되지 못하며, 특히 확대(zooming) 제어가 어렵기 때문에 고정형 카메라만을 이용하는 경우보다 감시 성능이 떨어지는 문제점이 있다.

[0003] 고정형 카메라와 이동형 카메라를 동시에 활용할 경우 영역 전체에 대한 감시와 특정 위험 요소에 대한 정밀 감시가 동시에 이뤄질 수 있어, 감시 목적에 있어서 매우 효율적인 이점이 있다. 이러한 이유로 최근에는 듀얼 카메라를 이용한 감시 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 이와 관련하여 특허공개 제2010-0132739호에는 듀얼 카메라를 이용한 모니터링 시스템 및 그 방법에 관하여 개시되어 있다. 이는 두 대의 카메라를 이용하여 넓은 영역과 좁은 영역에 대한 동시 모니터링이 가능하도록 한다.

[0005] 기존의 시스템의 경우 두 대의 카메라의 감시 영역이 일치하도록 조절하는데에 한계가 따른다. 이는 실질적으로 두 대의 카메라가 똑같은 위치에 있지 않고 이동형 카메라의 제어로는 보정할 수 없는 회전까지 고려하여야 하기 때문이다. 따라서 종래에는 두 대의 카메라의 시점(view)을 서로 일치시키는 데에 한계가 있으며 두 카메라 영상 간의 위치 정합이 효과적으로 이루어질 수 없는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 고정형 카메라와 이동형 카메라의 감시 영역을 서로 매칭시켜서 두 카메라의 기본 위치를 설정한 다음 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체의 좌표 값을 이동형 카메라의 좌표 값으로 변환하여 이동형 카메라가 이동 물체를 계속해서 추적할 수 있도록 하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법 및 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 실내에 설치된 고정형 카메라 및 이동형 카메라를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법에 있어서, 상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라 및 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라에 대한 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계와, 상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 단계, 및 상기 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라가

상기 이동 물체를 추적하도록 상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법을 제공한다.

[0008] 여기서, 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계는, 상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서 상기 고정형 카메라와 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출한 다음 상기 추출된 특징점들 간을 서로 정합시켜서, 특징점 매칭도가 가장 높은 해당 각도로 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 단계와, 상기 매칭도가 가장 높은 해당 각도에서의 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 단계, 및 상기 호모그래피 변환 행렬로부터 상기 고정형 카메라 상의 좌표와 상기 이동형 카메라 상의 좌표 간의 차이값을 계산하고, 상기 차이값이 임계치 미만이 될 때까지 상기 이동형 카메라의 각도를 움직여서 상기 특징점 정합을 재수행한 다음 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 재연산하는 과정을 반복하여 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 단계는, 상기 이동형 카메라의 팬 각도 또는 틸트 각도를 조절하면서, 상기 팬 각도 또는 틸트 각도 별로 추출되는 상기 고정형 카메라의 촬상 영상에 대한 제1 특징점들과 상기 이동형 카메라의 촬상 영상에 대한 제2 특징점들을 서로 정합하는 단계와, 상기 팬 각도 또는 틸트 각도 별로, 상기 서로 정합되는 특징점 쌍들의 개수를 파악하고, 상기 정합되는 특징점 쌍들의 개수가 가장 많이 출력되는 팬 또는 틸트 각도를 선정하는 단계, 및 상기 선정된 팬 또는 틸트 각도로 상기 이동형 카메라를 제어하여 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 그리고, 상기 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 단계는, 상기 호모그래피 변환 행렬을 아래의 수학적식으로 연산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} w\tilde{x}_i \\ w\tilde{y}_i \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0011] 여기서, H_{ij} 는 상기 변환 파라미터, w 는 좌표 간 스케일, i 는 1부터 N 사이의 정수, $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_N, y_N))$ 는 상기 고정형 카메라에서 검출된 N 개의 제1 특징점 좌표들, $((\tilde{x}_1, \tilde{y}_1), (\tilde{x}_2, \tilde{y}_2), \dots (\tilde{x}_N, \tilde{y}_N))$ 는 상기 이동형 카메라에서 상기 제1 특징점 좌표들과 매칭된 N 개의 제2 특징점 좌표들을 나타낸다.

[0013] 또한, 상기 고정형 카메라 상의 좌표와 상기 이동형 카메라 상의 좌표 간의 차이값은, 상기 고정형 카메라의 촬상 화면에서의 중심 좌표와, 상기 호모그래피 변환 행렬에 상기 중심 좌표를 대입하여 획득되는 대응점 좌표 사이의 차이값일 수 있다.

[0014] 또한, 상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 단계는, 상기 좌표 변환 시 상기 호모그래피 변환 행렬 또는 들로네 삼각화 기법을 사용할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 단계는, 상기 이동형 카메라의 전체 영상의 가로 크기(w)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 가로 크기(w_0)의 비율 값($r_w=w_0/w$), 그리고 상기 이동형 카메라의 전체 영상의 세로 크기(h)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 세로 크기(h_0)의 비율 값($r_h=h_0/h$)을 비교한 다음, 그 중 더 작은 비율 값을 현재 이동 물체에 대한 이동형 카메라의 배율(r_0)에 곱하여 최종적인 줌 배율 r 을 아래의 수학적식으로 결정할 수 있다.

$$r = r_0 \cdot \min(r_w, r_h)$$

[0017] 여기서, $\min()$ 은 최소값 연산을 나타낸다.

[0018] 그리고, 본 발명은 실내에 설치된 고정형 카메라 및 이동형 카메라를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치에 있어서, 상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라 및 이동형 카메라의 촬상 화면으

로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라에 대한 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 감시영역 정합부와, 상기 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표를 상기 이동형 카메라의 영상 좌표로 변환하는 좌표 변환부, 및 상기 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라가 상기 이동 물체를 추적하도록 상기 이동형 카메라의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어하는 카메라 제어부를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치를 제공한다.

[0019] 여기서, 상기 감시영역 정합부는, 상기 이동형 카메라의 각도를 제어하면서 상기 고정형 카메라와 이동형 카메라의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출한 다음 상기 추출된 특징점들 간을 서로 정합시켜서, 특징점 매칭도가 가장 높은 해당 각도로 상기 이동형 카메라의 초기 위치를 지정하는 초기위치 지정부와, 상기 매칭도가 가장 높은 해당 각도에서의 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 변환행렬 연산부, 및 상기 호모그래피 변환 행렬로부터 상기 고정형 카메라 상의 좌표와 상기 이동형 카메라 상의 좌표 간의 차이값을 계산하고, 상기 차이값이 임계치 미만일 때까지 상기 이동형 카메라의 각도를 움직여서 상기 특징점 정합을 재수행한 다음 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 재연산하는 과정을 반복하여 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 기본위치 지정부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치에 따르면, 고정형 카메라와 이동형 카메라의 감시 영역을 서로 매칭시켜서 두 카메라의 기본 위치를 설정한 다음, 고정형 카메라에서 감지된 이동 물체의 좌표 값을 이동형 카메라의 좌표 값으로 변환하여 이동형 카메라가 이동 물체를 계속해서 추적할 수 있도록 하여 이동형 카메라를 효과적으로 제어하며 감시 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치의 구성도이다.

도 2는 도 1의 감시영역 정합부의 구성도이다.

도 3은 도 1을 이용한 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법의 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 실시예를 위해 이동형 카메라의 위치를 수동으로 조정하여 이동형 카메라의 뷰가 최대한 고정형 카메라의 뷰와 일치하도록 조작한 모습의 예를 나타낸다.

도 5는 도 3의 S310 단계에서 특징점 정합 결과의 예이다.

도 6은 본 발명의 실시예를 위해 이동형 카메라 영상 내의 특징점들을 들로네 삼각화 한 결과 예를 나타낸다.

도 7은 본 발명의 성능 테스트에 사용된 두 카메라의 설치 모습을 나타낸다.

도 8은 본 발명의 실시예를 위한 실험에 사용된 고정형 카메라의 레퍼런스 영상을 나타낸다.

도 9는 도 8의 레퍼런스 영상에 대한 이동형 카메라의 자동 위치 설정에 따른 중심 이동의 결과이다.

도 10은 본 발명의 실시예에서 좌표 변환의 성능을 알아보기 위해 고정형 카메라에서 선택한 지점들을 나타낸다.

도 11은 본 발명의 실시예에서 좌표 변환의 성능을 알아보기 위해, 두 개의 좌표 변환 알고리즘으로 각각 좌표 변환된 점들을 나타낸다.

도 12는 도 11의 들로네 삼각화를 통한 방법과 호모그래피 행렬을 이용한 방법에 대한 변환 오차를 3차원으로 표현한 것이다.

도 13 및 도 14는 본 발명의 방법을 통해 최종적으로 이동형 카메라에 의해 제어된 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치의 구성도이다. 본 발명은 실내에 설치된 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)를 포함하는 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치(100)에 관한

것이다.

[0024] 두 대의 카메라(10,20)로 감시기능을 높이기 위해서는 먼저 각각의 카메라의 역할 정의가 필요하다. 고정형 카메라(10)는 감시영역의 전체를 관찰한다는 의미로 글로벌(Global) 카메라로 정의할 수 있으며, 이동형 카메라(20)는 움직이는 물체의 세세한 부분을 감시한다는 의미로 로컬(Local) 카메라로 정의할 수 있다.

[0025] 고정형 카메라(10)는 일반적인 화상 감시 시스템의 카메라 역할을 수행하면서 입력 영상을 통하여 움직이는 이동 물체 정보(중심좌표(x,y)와 크기정보(s))를 획득하는 역할을 한다. 고정형 카메라(10)에서 획득된 움직이는 물체 정보(G(x,y,s))는 이동형 카메라(20)의 영상 좌표로 변환되며 이동형 카메라(20)에서 움직이는 물체를 계속해서 추적하기 위해 팬 및 틸트 제어를 수행하고, 이동하는 물체의 변별력을 높이기 위해 배율을 높이는 줌(zoom) 제어를 수행하게 된다.

[0026] 이동형 카메라(20)의 제어 목적은 최대한 움직이는 물체를 추적하면서, 추적 물체의 변별력을 높이기 위해 최대한 감시화면에 적당한 배율로 확대하여 모니터링하는 것이다.

[0027] 이러한 감시 시스템을 위해서는 먼저 두 카메라(10,20)의 영상을 물리적인 방법으로 비슷하게 정합시키기 위한 두 카메라(10,20)의 기본 위치 자동 설정 과정과, 두 카메라(10,20) 간의 영상 좌표를 소프트웨어적인 방법으로 정밀하게 일치시키기 위한 두 카메라(10,20) 간의 영상 좌표 변환 과정, 그리고 이동형 카메라(20)를 팬(Pan)/틸트(Tilt)/줌(Zoom) 제어하는 과정이 요구된다.

[0028] 이를 위해, 상기 화상 감지 장치(100)는 감시영역 정합부(110), 좌표 변환부(120), 카메라 제어부(130)를 포함한다.

[0029] 우선, 상기 감시영역 정합부(110)는 상기 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)의 촬상 화면을 이용하여 상기 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)의 감시 영역을 서로 정합시키는 부분으로서, 두 카메라(10,20) 간의 영상을 비슷하게 맞추기 위하여 이동형 카메라(20)의 기본 위치를 지정한다.

[0030] 구체적으로는, 상기 감시영역 정합부(110)는 이동형 카메라(20)의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라(10)에 대한 상기 이동형 카메라(20)의 기본 위치를 지정한다. 이를 통해 두 카메라(10,20) 간의 감시 영역에 관한 기본 정합이 가능해진다.

[0031] 도 2는 도 1의 감시영역 정합부의 구성도이다. 도 2와 같이, 감시영역 정합부(110)는 초기위치 지정부(111), 변환행렬 연산부(112), 기본위치 지정부(113)를 포함한다.

[0032] 상기 초기위치 지정부(111)는 이동형 카메라(20)의 각도를 제어하면서 상기 고정형 카메라(10)와 이동형 카메라(20)의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출한 다음 상기 추출된 특징점들 간을 서로 정합시켜서, 특징점 매칭도가 가장 높은 해당 각도로 상기 이동형 카메라(20)의 '초기 위치'를 대략적으로 지정하는 부분이다.

[0033] 상기 변환행렬 연산부(112)는 상기 매칭도가 가장 높은 해당 각도에서의 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 부분이다.

[0034] 상기 기본위치 지정부(113)는 상기 호모그래피 변환 행렬로부터 상기 고정형 카메라(10) 상의 좌표와 상기 이동형 카메라(20) 상의 좌표 간의 차이값을 계산하고, 상기 차이값이 임계치 미만이 될 때까지 상기 이동형 카메라(20)의 각도를 움직여서 상기 특징점 정합을 재수행한 다음 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 재연산하는 과정을 반복하여, 상기 이동형 카메라(20)의 '기본 위치'를 지정하는 부분이다.

[0035] 즉, 이러한 이동형 카메라(20)의 기본 위치는 앞서의 초기 위치에 비하여 보다 정밀한 보정을 통해 얻어진 위치를 의미하는 것이다. 이상과 같은 감시영역 정합부(110)는 이동형 카메라(20)를 물리적으로 이동시켜서 두 카메라(10,20) 간의 영상을 비슷하게 맞추기 위한 것으로서, 이에 관한 보다 구체적인 설명은 후술할 것이다.

[0036] 상기 이동형 카메라(20)의 기본 위치의 지정에 따르면, 두 카메라(10,20) 사이의 중심 위치는 서로 일치하게 되지만, 두 카메라(10,20) 간의 회전 등에 대한 보정은 반영되지 않다.

[0037] 상기 좌표 변환부(120)는 이를 보정하기 위한 것으로서, 실제로 고정형 카메라(10)에서 감지된 이동 물체에 대한 영상 좌표 값을 이동형 카메라(20)의 영상 좌표 값으로 변환한다. 좌표 변환 알고리즘으로는 호모그래피 변환 행렬을 이용한 파라미터적 방법 또는 들로네 삼각화(Delaunay Triangulation)를 이용한 비파라미터적 방법을 사용할 수 있다. 이러한 좌표 변환 과정은 두 카메라(10,20) 간의 영상 좌표를 소프트웨어적으로 일치시키기 위한 것이다.

- [0038] 카메라 제어부(130)는 상기 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라(20)가 상기 이동 물체를 추적하도록, 이동형 카메라(20)의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 실질적으로 제어한다. 이에 따르면, 고정형 카메라(10)에서 감지된 이동 물체를 이동형 카메라(20)를 통해 실시간 추적할 수 있게 하고 이동 물체를 확대 표시하여 감시 변별력 및 감시 효율을 높이도록 한다.
- [0039] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법에 관하여 상세히 설명한다. 도 3은 도 1을 이용한 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법의 흐름도이다.
- [0040] 우선 감시 영역의 정합이 용이하도록 사전에 두 카메라(10,20)는 미리 최대한 가까운 위치에 설치되도록 한다. 도 4는 본 발명의 실시예를 위해 이동형 카메라를 수동으로 조정하여 이동형 카메라(20)의 뷰가 최대한 고정형 카메라(10)의 뷰와 일치하도록 조작한 모습의 예를 나타낸다.
- [0041] 도 4의 (a)는 고정형 카메라(10)에 의한 촬상 영역인 레퍼런스 영역을 나타내고, (b)는 그에 대응되는 이동형 카메라(20)의 촬상 영역을 나타낸다. 즉, 도 4와 같이 S210 단계의 실행 전에 두 카메라(10,20)의 뷰가 최대한 같도록 사용자가 이동형 카메라(20)를 임의로 수동 조작해두는 것이 바람직하다.
- [0042] 다음, 감시영역 정합부(110)에서는 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)의 촬상 화면을 이용하여 상기 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)의 감시 영역을 서로 정합시킨다(S310). 이러한 정합 과정은 카메라의 위치를 물리적으로 이동시켜서 두 카메라(10,20)가 최대한 비슷한 뷰를 이루도록 하는 두 카메라의 초기 위치 지정 과정이다.
- [0043] 즉, S310 단계는 상기 이동형 카메라(20)의 각도를 제어하면서, 상기 고정형 카메라(10) 및 이동형 카메라(20)의 촬상 화면으로부터 각각의 특징점들을 추출하고, 상기 추출된 특징점들 간의 정합 과정을 통해, 상기 고정형 카메라(10)에 대한 상기 이동형 카메라의 기본 위치를 지정하는 과정이다.
- [0044] 상기 S310 단계는 이동형 카메라(20)의 초기 위치 지정 과정(S311), 호모그래피 변환 행렬 연산 과정(S312), 그리고 이동형 카메라(20)의 기본 위치 지정 과정(S313)을 포함하는 세 가지 과정으로 세분화될 수 있다.
- [0045] 먼저, 상기 S311 단계를 설명하면 다음과 같다. 초기위치 지정부(111)에서는 상기 이동형 카메라(20)의 팬 각도 또는 틸트 각도를 조절하면서, 상기 팬 각도 또는 틸트 각도 별로 추출되는 상기 고정형 카메라(10)의 촬상 영상에 대한 제1 특징점들과, 상기 이동형 카메라(20)의 촬상 영상에 대한 제2 특징점들을 서로 정합한다(S311a).
- [0046] 즉, 앞서와 같이 미리 세팅된 고정형 카메라(10)의 촬상 영상으로부터 복수 개의 제1 특징점을 추출하고, 또한 이동형 카메라(20)의 촬상 영상으로부터 복수 개의 제2 특징점을 추출하되, 이러한 특징점들을 상기 이동형 카메라(20)의 각도 별로 추출한다.
- [0047] 상기 특징점이란 촬상 영상 내에 존재하는 물체의 모서리들 또는 그 밖의 다양한 특징점에 해당될 수 있다. 본 실시예에서는 SURF(Speeded Up Robus Features) 특징점 검출 방법을 사용할 수 있는데, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0048] 도 5는 도 3의 S310 단계에서 특징점 정합 결과의 예이다. 즉, 각 카메라(10,20)에서 제1 특징점들과 제2 특징점들이 검출되면, 상기 제1 특징점들과 제2 특징점들을 정합하는 과정을 거친다. 정합 결과는 도 5와 같이 매칭된 특징점 쌍들을 서로 연결한 라인들을 통해 파악할 수 있다. 따라서 도 5의 (a)는 성공적인 특징점 정합 결과를 나타내고, (b)는 두 촬상 영상의 차이로 인해 특징점 정합이 실패한 경우를 나타낸다.
- [0049] 여기서, 특징점의 정합 원리는 기존에 공지된 다양한 방법이 사용될 수 있으며, 그 예로서 특징점 부근의 영상이 가지고 있는 밝기 분포 특성 또는 그라디언트(gradient; 1차 미분영상)의 분포 특성을 이용할 수 있다. 상기 SURF 알고리즘은 특징점의 추출 방법과 특징점의 정합 방법을 모두 포함하는 방식이다.
- [0050] 본 실시예에서 제1 특징점들과 제2 특징점들의 정합 과정은 이동형 카메라(20)의 팬 각도 또는 틸트 각도 별로 수행하며, 이러한 과정을 통해 추후 이동형 카메라(20)의 초기 위치를 결정할 수 있게 된다.
- [0051] 따라서, 초기위치 지정부(111)는 상기 팬 각도 또는 틸트 각도 별로, 상기 서로 정합되는 특징점 쌍들의 개수를 파악하고, 상기 정합되는 특징점 쌍들의 개수가 가장 많이 출력되는 팬 또는 틸트 각도를 선정한 다음(S311b), 선정된 팬 또는 틸트 각도로 상기 이동형 카메라(20)의 각도를 제어하여 상기 이동형 카메라(20)의 초기 위치를 지정한다(S311c).
- [0052] 다시 말해서, 초기위치 지정부(111)는 상기 이동형 카메라(20)의 위치를 바꾸어 가면서 정합 과정을 거쳐, 가장 정합이 잘 이루어지는 이동형 카메라(20)의 위치를 보정을 실시할 초기 위치로 지정한다. 이를 위해, 이동형 카

메라(20)의 각도 별로, 제1 특징점들과 제2 특징점들 사이에 서로 매칭되는 특징점 쌍들이 몇 개인지 파악하고, 가장 매칭도가 높은 특징점 쌍들을 출력하는 해당 팬 또는 틸트 각도를 선정하고, 이 선정된 각도로 상기 이동형 카메라(20)의 각도를 제어하여 감시 영역 정합을 시작하기 위한 초기 위치를 결정하게 된다.

[0053] 그 예는 다음과 같다. 이동형 카메라(20)의 배율을 낮게 조절하여 대상을 멀리서 바라보도록 한 다음 일정 간격(ex, 30도 간격)으로 팬 각도(또는 틸트 각도)를 조절하면서 각 각도별로 제2 특징점들을 추출한다. 그런 다음, 각 각도별 정합 결과로부터, 초기 위치 설정을 위한 이동형 카메라(20)의 팬 각도 또는 틸트 각도를 결정한다. 즉, 고정형 카메라(10)에 의한 레퍼런스 영상에서의 제1 특징점들과 이동형 카메라(20)에서의 제2 특징점들 사이의 매칭 개수가 가장 많은 경우에 해당되는 이동형 카메라(20)의 특정 각도를 탐색하고, 탐색된 특정 각도로 이동형 카메라(20)의 초기 위치를 지정한다.

[0054] 앞서 S311 단계와 같이 정합을 위한 초기 위치가 지정되면, 상기 변환행렬 연산부(112)에서는 보다 정밀한 정합을 위하여 매칭된 특징점 간의 변환 행렬, 즉 호모그래피 행렬을 연산한다(S312). 이는 앞서 매칭도가 가장 높은 해당 각도에서의 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 연산하는 과정이다.

[0055] 상기 호모그래피 변환 행렬은 아래의 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

$$\begin{bmatrix} wx_i \\ wy_i \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0057] 여기서, H는 상기 변환 파라미터, w 는 좌표 간 스케일, i 는 1부터 N 사이의 정수이다. 상기 좌표 간 스케일이란 각 카메라(10,20)의 초점 거리 등에 의해 결정되는 것으로서 두 카메라(10,20)의 확대나 축소에 따른 크기 차에 대응된다. $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_N, y_N))$ 는 상기 고정형 카메라(10)에서 검출된

N개의 제1 특징점 좌표들이다. $((\tilde{x}_1, \tilde{y}_1), (\tilde{x}_2, \tilde{y}_2), \dots (\tilde{x}_N, \tilde{y}_N))$ 는 상기 이동형 카메라(20)에서

상기 제1 특징점 좌표들과 매칭된 N개의 제2 특징점 좌표들을 나타낸다. 이에 따라, (x_i, y_i) 와 $(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i)$ 는 i번째 대응되는 특징점 정합쌍을 나타낸다.

[0058] 수학적 식 1의 호모그래피 행렬의 파라미터는 N개의 매칭된 특징점을 활용하여 수학적 식 2의 방식을 통해 계산할 수 있다.

수학적 식 2

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -\tilde{x}_1 x_1 & -\tilde{x}_1 y_1 & -\tilde{x}_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -\tilde{y}_1 x_1 & -\tilde{y}_1 y_1 & -\tilde{y}_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_N & y_N & 1 & 0 & 0 & 0 & -\tilde{x}_N x_N & -\tilde{x}_N y_N & -\tilde{x}_N \\ 0 & 0 & 0 & x_N & y_N & 1 & -\tilde{y}_N x_N & -\tilde{y}_N y_N & -\tilde{y}_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{11} \\ H_{12} \\ H_{13} \\ H_{21} \\ H_{22} \\ H_{23} \\ H_{31} \\ H_{32} \\ H_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \leftrightarrow Ah = B$$

[0059]

[0060] 여기서, 고정형 카메라(10)의 촬상 화면에서의 중심 좌표 $C(x,y)$ 와, 수학식 1의 호모그래피 행렬 H 에 상기 중심 좌표 $C(x,y)$ 를 대입하여 획득되는 대응점 좌표 $C'(x,y)$ 사이의 차이값 즉, $\Delta C(x,y)$ 가 곧 두 카메라(10,20)의 영상 간의 차이가 된다. 따라서, 해당 차이를 상쇄할 수 있도록 이동형 카메라(20)의 위치를 움직여서 다시 특징점 매칭을 통해 호모그래피 행렬을 구하고 이를 통해 재차 얻어지는 영상 차이만큼 이동형 카메라(20)를 움직이는 과정을 반복하여 정밀한 정합을 수행하게 된다.

[0061] 즉, 상기 기본위치 지정부(113)에서는 상기 호모그래피 변환 행렬로부터 상기 고정형 카메라(10) 상의 좌표와 상기 이동형 카메라(20) 상의 좌표 간의 상기 차이값 $C'(x,y)$ 을 계산하고, 상기 차이값이 임계치 미만일 때 까지 상기 이동형 카메라(20)의 각도를 움직여서 상기 특징점 정합을 재수행한 다음 특징점 정합쌍들 사이의 호모그래피 변환 행렬을 재연산하는 과정을 반복하여, 앞서 '초기 위치'보다 정밀한 상기 이동형 카메라(20)의 '기본 위치'를 지정한다(S313).

[0062] 상기 차이값이 임계치 미만일 때 까지 이동형 카메라(20)의 각도를 움직인다는 것은, 현재로부터 과거 특정 시점까지 산출된 총 N 개의 차이 값들의 표준편차가 가장 적은 시점에서의 움직임 각도로 이동형 카메라(20)의 기본 위치를 지정한다는 것을 의미할 수 있다. 물론, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며 단순 차이값, 표준 편차 등 다양한 요소로부터 각도를 결정할 수 있다.

[0063] 여기서, 고정형 카메라(10)와 이동형 카메라(20)의 영상 간의 차이 $\Delta C(x,y)$ 에 대응하는 이동형 카메라(20)의 움직임을 구하기 위해서는 카메라 제어부(130)에서 얻어진 팬, 틸트 각도 연산을 이용하여 구한다. 카메라의 팬, 틸트 각도 등의 제어 방식은 기존에 공지되어 있으므로 상세한 설명은 생략한다. 즉, 이러한 S313 단계에서 이동형 카메라(20)를 움직이는 등의 과정을 반복하면서 카메라 간의 평행 이동, 스케일을 상쇄시킬 수 있게 한다.

[0064] 이상과 같은 과정을 통해 이동형 카메라(20)의 뷰가 고정형 카메라(10)와 거의 일치하게 되면 그때부터는 도 9와 같이 일정한 평균을 중심으로 수렴하게 된다. 시간에 대한 제어 입력값 x_t 가 주어졌을 때, x_t 가 수렴할 때의 시간 t^c 는 이전 N 개의 입력 동안의 표준 편차가 가장 적을 때로 한다. 이는 수학식 3으로 표현될 수 있고, 수학식 3의 수렴된 값 x^c 는 수렴 시점으로부터 N 기간 동안의 평균 E 으로 수학식 4와 같이 표현할 수 있다.

수학식 3

$$t^c = \arg\text{Min}_t(\text{dev}(x_{t-N} \dots x_t))$$

수학식 4

$$x^c = E(x_{t-N} \dots x_t)$$

[0067] 이상과 같이, 이동형 카메라(20)의 위치를 이동해 가면서 이동형 카메라(20)의 위치가 수렴할 때까지 이동형 카메라(20)의 초기 위치를 자동으로 제어하여 두 카메라를 자동 위치시킨다. 즉 고정형 카메라(10)의 영상을 레퍼런스로 하여 이동형 카메라(20)에서의 호모그래피 행렬을 구하고, 그 결과를 토대로 이동형 카메라(20)를 직접 움직이고 고정형 카메라(10)와 중심이 맞도록 이동하는 과정을 반복 수행하면, 두 특징점 쌍의 좌표가 거의 일치하는 방향으로 수렴하게 되어, 고정형 카메라(10)와 이동형 카메라(20)의 중심이 서로 일치하는 결과를 얻을 수 있다. 도 5는 이를 바탕으로 두 영상 간의 성공적인 정합이 이루어진 경우와, 실패한 경우를 나타내고 있다.

[0068] 여기서, 카메라 간의 평행 이동과 스케일 조절은 이동형 카메라(20)의 물리적 이동(팬, 틸트, 줌)으로 상쇄시킬 수 있다. 그런데 회전의 경우에는 입력 영상에 대한 회전 변환으로 보정이 가능한데, 본 발명에서는 영상을 직접 회전시키지 않고 좌표 변환 과정(S320)을 통해 보정하도록 한다.

[0069] 고정형 카메라(10)에 대해 감시 대상이 되는 이동 물체가 선정되면, 그 물체에 대한 정보는 고정형 카메라(10)

의 영상 좌표계에 속하는 사각형이나 타원, 그리고 그 물체의 중심좌표 $R(x,y)$ 로 나타낼 수 있다. 이를 이동형 카메라(20)의 좌표로 옮기는 것이 상기 좌표 변환부(120)에서의 역할이다.

[0070] 두 카메라(10,20) 간의 좌표는 앞서 감시영역 정합부(110)를 이용한 S310 단계의 동작에 따라 대체로 일치하는 수준에 도달하였다. 그러나, 이는 화면의 중심 위치를 일치시키는 것으로서 평행 이동과 스케일에 따른 보정은 이루어졌고 회전에 대한 보정이 이루어지지 않은 것이다. 또한, 두 카메라(10,20) 간의 위치가 실제로 완전히 동일하지 않기 때문에 물체와 각 카메라 간의 거리에서 오는 오차(disparity)가 존재한다.

[0071] 이를 보정하기 위한 방법으로 호모그래피 행렬을 이용한 파라미터적 방법과, 선형 보간을 이용한 비파라미터적 방법을 사용한다.

[0072] 호모그래피 행렬을 이용한 방법은 앞서 감시영역 정합 단계(S310;S313)에서 최종적으로 얻어낸 호모그래피 행렬을 이용할 수 있다. 호모그래피 행렬은 정합된 특징점 쌍들을 통해 얻어진 것으로서 평행 이동, 스케일, 회전 정보까지 모두 포함된 것이다. 따라서, 상기 호모그래피 행렬을 그대로 사용하여 좌표 변환을 한다면 두 카메라(10,20) 간의 회전에 따른 좌표 보정까지 수행할 수 있게 된다.

[0073] 즉, S313 단계에서 최종 얻어진 호모그래피 행렬의 우변에 고정형 카메라(10) 상의 물체의 좌표 정보 $R(x,y)$ 를 대입하면, 그에 대응되는 이동형 카메라(20)의 대응 좌표 $R'(x,y)$ 를 얻을 수 있다. 호모그래피 행렬은 회전 및 스케일의 미세한 차이를 보정하는 역할을 하고, 특징점 매칭의 실패와 관련된 노이즈 성분에 대해 강인한 특성을 보인다.

[0074] 물론, 본 발명에서는 상기 S313 단계를 통해 최종 얻어낸 호모그래피 행렬에 대해 특징점 매칭 내지 호모그래피 행렬 획득의 과정을 한번 또는 수회 더 반복한 것을 상기 S320 단계 시에 적용하여 좌표 변환에 사용할 수 있는 것은 물론이다.

[0075] 상기 S320 단계는 호모그래피 변환 행렬을 이용하는 방법 대신 선형 보간을 이용한 비파라미터적 방법을 사용할 수 있다. 선형 보간을 이용한 비파라미터적 방법이란 특징점 매칭 결과를 그대로 좌표 변환에 활용하는 것이다.

[0076] 예를 들어, 고정형 카메라(10) 영상 내의 임의 제1 특징점 (x_i, y_i) 이 이동형 카메라(20) 영상 내의 제2 특징점 (x_i', y_i') 에 대응되고, 정밀 확대하고자 하는 고정형 카메라(10) 상의 물체 $R(x,y)$ 가 상기 제1 특징점 부근에 있을 경우, $R(x,y)$ 에 대한 이동형 카메라(20) 상의 좌표는 해당 부근의 특징점의 좌표 이동을 그대로 적용하는 것이다. 또한, 정밀 확대하고자 하는 고정형 카메라(10) 상의 물체의 좌표가 특징점의 좌표와 정확하게 일치하지 않으면서, 상기 물체의 좌표 주변에 여러 특징점들이 분포하는 경우에는, 각각의 특징점들이 서로 다른 좌표 변환을 보여주기 때문에, 추적 대상 물체 주변의 특징점들의 좌표 변환 특성을 모두 취합하여 좌표 변환을 수행할 필요가 있다. 이를 위해서 들로네 삼각화를 이용한 선형 보간을 사용한다.

[0077] 들로네 삼각화란 공간상의 점들을 연결하여 삼각형들의 집합으로 구성하는 삼각화 기법 중 하나로써, 삼각형들의 최소 내각의 크기가 최대가 되도록 삼각형을 구성한다. 하나의 삼각형에 외접하는 외접원 내부에는 다른 점들이 포함되지 않는다. 각각의 고정형 카메라(10)의 특징점에 대해 맵핑되는 이동형 카메라(20)의 특징점들을 들로네 삼각화하여 삼각화된 영역별로 평면 방정식을 구함으로써, 맵핑이 이루어지지 않은 영역에 대해서 어느 정도 체계화된 좌표변환 값을 얻을 수 있게 된다. 도 5는 본 발명의 실시예를 위해 이동형 카메라 영상 내의 특징점들을 들로네 삼각화 한 결과 예를 나타낸다.

[0078] 상술한 호모그래피 행렬 또는 들로네 삼각화 방법 모두 영상에서의 특징점을 이용한 좌표 변환 방식이라는 점에서는 유사성이 있다. 이상과 같이, 고정형 카메라(10)에서 검출되는 움직이는 물체의 좌표 정보는 앞서 S320 단계와 같은 호모그래피 행렬 또는 들로네 삼각화 방법을 이용하여 두 카메라 간의 기하학적 차이를 인식하여 이동형 카메라(20)의 좌표 정보로 보정(변환)된다.

[0079] 상기 S320 단계를 거친 이후에는, 고정형 카메라(10)에서 이동 물체에 대한 추적을 수행하도록 한다. 영상 내에서 이동 물체의 추적은 영상의 배경으로부터 움직이는 물체를 감지할 수 있는 기 공지된 다양한 방법이 사용될 수 있으므로 그 구체적인 설명은 생략한다.

[0080] 즉, 카메라 제어부(130)에서는 상기 S3230 단계를 통해 변환된 좌표 값을 이용하여 상기 이동형 카메라(20)가 상기 이동 물체를 추적하도록, 상기 이동형 카메라(20)의 팬 각도, 틸트 각도 및 줌 배율 중 적어도 하나를 제어한다(S330). 이에 따라, 이동형 카메라(20)를 통해 확대된 형태의 이동 물체를 화면의 중앙에서 획득하여 계속해서 추적할 수 있게 된다. 이러한 과정들은 다른 움직이는 물체가 없을 때까지 반복 수행한다.

- [0081] 이러한 이동형 카메라(20)의 제어 목적은 최대한 움직이는 물체를 오래도록 추적하면서, 추적하고자 하는 이동 물체의 변별력을 높이기 위하여, 이동 물체가 이동형 카메라(20) 영상의 중심에 오도록 하고, 추적 중인 이동 물체의 크기를 줌(zoom) 신호를 통해 확대하여, 최대한 감시화면에 적당한 배율로 모니터링하면서 변별력 있는 감시 물체를 HDD에 저장하는 것이다.
- [0082] 고정형 카메라(10)의 데이터는 기존 화상감시 시스템처럼 별도의 DB에 동영상으로 저장되고, 이동형 카메라(20)의 데이터는 변별력 있는 장면(ex, 사람의 얼굴, 자동차의 번호판)만 DB에 저장하도록 한다.
- [0083] 상기 카메라 제어부(130)에서 이동 물체를 추적하기 위해서는 앞서와 같이 좌표 변환 과정을 거친 이동형 카메라(20) 상의 좌표 정보를 참조하게 된다. 여기서, 이동형 카메라(20) 상의 물체의 좌표 값을 참조하여 상기 이동형 카메라(20)의 팬 각도 또는 틸트 각도를 계산하고 이를 통해 이동형 카메라(20)의 각도를 제어하는 방법은 기존에 다양하게 공지되어 있으므로 이에 관한 상세한 설명은 생략한다.
- [0084] 한편, 상기 S230 단계에서 카메라 제어부(130)는 이동형 카메라(20)의 줌 배율을 조절하여 이동 물체의 변별력을 높이도록 한다. 줌 제어의 경우, 전체 영상의 화면 크기에 비해서 추적 중인 이동 물체의 크기가 차지하는 비율을 통해 적용할 줌 배율을 결정한다.
- [0085] 추적 물체의 가로, 세로의 비율과, 영상의 가로, 세로의 비율이 다르기 때문에, 그 중에서 더 적은 배율을 결정한다. 이것을 식으로 표현하면 수학적 식 5와 같다.

수학적 식 5

[0086]
$$r = r_0 \cdot \min(r_w, r_h)$$

- [0087] 여기서, r_w 는 상기 이동형 카메라(20)의 전체 영상의 가로 크기(w)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 가로 크기(w_0)의 비율 값으로서 $r_w = w_0/w$ 으로 정의된다. 그리고, r_h 는 상기 이동형 카메라(20)의 전체 영상의 세로 크기(h)에 대비한 상기 추적된 이동 물체의 세로 크기(h_0)의 비율 값으로서 $r_h = h_0/h$ 로 정의한다. 또한, r_0 는 현재 이동 물체에 대한 이동형 카메라(20)의 배율이다.
- [0088] 수학적 식 5에 따르면, r_w 와 r_h 값 중에서 더 적은 값을 선택하고, 선택된 값을 r_0 와 곱함으로써 최종적인 줌 배율 r 을 결정한다.
- [0089] 여기서, r_w 와 r_h 값 중에서 더 적은 배율 값을 선택하는 이유는 더 큰 배율 값의 선택 시에는 해당 줌 배율 적용 시 이동 물체가 이동형 카메라(20)의 촬상 영역에서 벗어날 수 있기 때문이다.
- [0090] 이상의 과정에서는 이동형 카메라(20)의 제어 방법에 관하여 알아보았다. 이하에서는 고정형 카메라(10)의 물체 추적 과정을 나타낸다.
- [0091] 이동 물체에 대한 테스트를 위해 기존에 알려진 배경 분리 알고리즘을 응용하였다. 이동형 카메라(20)의 영상으로부터 배경 분리 이후, 열림과 닫힘 연산을 이용해 노이즈를 제거하고, 라벨링을 통해 특정 물체 영역을 얻어낸다. 본 발명에서는 기존의 영상 노이즈 제거 개념을 추가하였고, 연산 시간을 단축하기 위한 근사 방법을 새로 제안한다.
- [0092] 영상 내에서 특정 픽셀 위치 x 에 대해, 입력 영상 $I(x)$ 에 대한 배경 판정 함수 $F(x)$ 는 수학적 식 6과 같다.

수학적 식 6

[0093]
$$F(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x) < m(x) - (d(x) + b) \vee \\ & I(x) > n(x) + (d(x) + b) \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

- [0094] 여기서, $d(x)$ 는 특정 화소의 배경 변화에 대한 노이즈이며 일정 기간 동안의 분산으로 구한다. 상수 b 는 일종의

바이어스로서 영상 노이즈가 가지는 분산이다. $m(x)$ 는 일정 기간 동안의 $I(x)$ 에 대한 최소값, $n(x)$ 는 최대값으로서, 일정 기간 동안의 각 화소 값에 대한 통계로 구한다. $I(x)$ 는 x 좌표의 밝기값을 나타낸다.

[0095] 매 프레임마다 모든 화소에 대한 $m(x)$ 와 $n(x)$ 의 통계를 내기 위해서는 정해진 기간 전체의 영상을 모두 저장하고 있어야 하고, 통계에 대한 연산과정이 오래 걸리기 때문에, $m(x)$ 와 $n(x)$ 는 가중치 합을 통해 근사적으로 다음 수학적 식 7과 같이 구한다.

수학적 식 7

$$m(x) = \begin{cases} m(x) & \text{if } m(x) < I(x) \\ \alpha \cdot m(x) + (1-\alpha) \cdot I(x) & \text{else} \end{cases}$$

$$average = \alpha \cdot average + (1-\alpha) \cdot I(x)$$

$$d(x) = \alpha \cdot d(x) + (1-\alpha) \cdot |I(x) - average|$$

[0097] 여기서 α 는 (0, 1)사이의 상수 값으로 배경을 학습하는 속도를 결정한다. average 식에서 좌측의 average는 현재의 신규 값, 우측의 average는 이전의 과거 값을 나타낸다.

[0098] 이하에서는 본 발명에 따른 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 방법에 대한 성능 실험 결과에 대하여 설명한다.

[0099] 도 7은 본 발명의 성능 테스트에 사용된 두 카메라의 설치 모습을 나타낸다. 두 카메라는 20평 내외의 실내 천정 부근에 설치되고 위치적으로 최대한 가까이 배치된다. 좌측의 카메라는 이동형 카메라(20), 우측의 카메라는 고정형 카메라(10)를 나타낸다. 실험을 위해서 이동형 카메라(20)는 AXIS 232D+를 사용하였다.

[0100] 먼저, S310 단계에 따른 두 카메라 간의 자동 설정 알고리즘의 성능 실험을 설명한다.

[0101] 이동형 카메라(20)는 무작위의 위치에서 시작했으며 고정형 카메라(10)는 특징점이 많은 곳과 특징점이 거의 없는 벽면에 대해 각각 큰 배율(렌즈로 조정)을 적용한 두 장면에 대해서 각각 20회 실험했다.

[0102] 각 카메라의 입력 영상에 대해서는 카메라 왜곡 보정(internal calibration)을 수행한 뒤 본 발명에서 제시한 방법을 적용했다. 도 8은 본 발명의 실시예를 위한 실험에 사용된 고정형 카메라(10)의 레퍼런스 영상을 나타낸다. 좌측의 (a) 그림은 복잡한 특징의 영상, 즉 특징점이 많은 레퍼런스 영상이고, 우측의 (b) 그림은 특징점이 매우 적은 레퍼런스 영상을 나타낸다.

[0103] 도 9는 도 8의 레퍼런스 영상에 대한 이동형 카메라의 자동 위치 설정에 따른 중심 이동의 결과이다. 실험 결과는 도 9와 아래의 표 1을 참조한다.

표 1

	그림 8 (a)의 실험	그림 8 (b)의 실험
평균 반복 횟수(t^c)	9.24	13.20
평균 매칭 특징점 수/ 총 매칭된 특징점 수	173.7/1732.4	39.2/373.0

[0105] 평균 반복 횟수 결과, 특징점이 적은 레퍼런스의 경우 수렴하는데 더 오랜 시간이 걸리는 것으로 나타났다. 실질적인 수렴 지점까지 이동형 카메라(20)가 이동하는 데는 3, 4회로 모두 동일했지만, 매칭되는 특징점의 수가 적은 경우 최소값으로 도달하는데 더 많은 반복이 필요했다. 수학적 식 3에서의 N 값을 5로 설정했기 때문에 최대 4~8번의 반복 사이에 수렴 지점에 도달한 것으로 분석된다. 평균 매칭 특징점 수 부분은, 레퍼런스가 되는 고정형 카메라(10)와 이동형 카메라(20)의 SURF 특징점 매칭에 대해, 매칭된 특징점 개수/고정형 카메라의 총 특징점 개수를 나타낸 것이다. 이는 N 프레임의 수렴 기간에 포함되는 영상만을 통계로 하였다.

[0106] 실험 결과 총 40회 모두 성공적인 보정 결과를 보여주었다. 특히 도 8의 (b)와 같이 제한된 특징점을 가지는 환경에서도 이동형 카메라(20)가 수렴하는 좋은 결과를 나타낸 것을 확인할 수 있다.

[0107] 다음, S320 단계에 따른 좌표 변환에 관한 성능을 설명한다. 두 카메라 좌표변환 알고리즘의 성능 실험을 위해, 고정형 카메라(10)의 좌표를 이동형 카메라(20)의 좌표로 변환한 다음, 그 오차가 어느 정도인지를 파악해

본다. 여기서, 오차(error)란 실제 변환되어야 하는 점(true pixel point;(x,y))과 좌표 변환 알고리즘을 통해 예측된 점(estimated pixel point; $(\hat{x}, \hat{y})$) 사이의 유클리드 거리를 의미한다. 두 점의 오차는 아래의 수학적 식 7과 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 8

$$\text{오차}(error) = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2}$$

[0108]

[0109] 본 실험에서, 실제 변환되어야 하는 점의 좌표는 직접 사람이 육안으로 확인하여 결정하였다. 눈으로 확인된 지점과 알고리즘으로 예측된 지점 간의 오차를 통해, 본 발명에 사용된 좌표 변환 알고리즘의 정확도를 판단할 수 있다. 실험은 전역 카메라의 입력 영상 평면에 대해 임의의 위치 100곳을 선택하여 수행하였다. 실제 매핑되어야 하는 위치는 육안으로 확인하였을 때 고정형 카메라(10)의 영상 좌표와 이동형 카메라(20)의 영상 좌표가 동일한 물체를 표시하는 것으로 보이는 좌표를 직접 선택하였다.

[0110] 도 10은 본 발명의 실시예에서 좌표 변환의 성능을 알아보기 위해 고정형 카메라에서 선택한 지점들을 나타낸다. 여기서, 파란색 점은 사용자가 눈으로 확인하여 직접 선택한 지점을 나타낸다.

[0111] 도 11은 본 발명의 실시예에서 좌표 변환의 성능을 알아보기 위해, 두 개의 좌표 변환 알고리즘으로 각각 좌표 변환된 점들을 나타낸다. 여기서, 빨간색 점은 들로네 삼각화 방법에 의한 좌표 변환 점이고, 초록색 점은 호모그래피 행렬 방법에 의한 좌표 변환 점을 나타낸다.

[0112] 도 12는 도 11의 들로네 삼각화를 통한 방법과 호모그래피 행렬을 이용한 방법에 대한 변환 오차를 3차원으로 표현한 것이다. 도 12의 (a)는 들로네 삼각화를 이용한 경우의 좌표 변환 오차이고, 도 12의 (b)는 호모그래피 행렬을 이용한 경우의 좌표 변환 오차이다. 그래프 바닥 부분의 X축과 Y축은 각각 맵핑된 점의 X좌표와 Y좌표를 나타내며, Z축은 오차를 의미한다. 즉 바닥 평면이 영상 평면이며 높이는 오차를 나타낸다.

[0113] 실험 결과를 보면, 두 가지 방법 모두 실제 맵핑되어야 할 좌표에 근사한 결과를 보였으나, 전체적으로 호모그래피 행렬보다 들로네 삼각화를 사용한 경우에 오차가 더 작게 나타나는 경향을 보인다. 또한 해당 좌표가 영상의 모서리 부분일 경우에는 오차가 상당히 증가하는 것을 관찰할 수 있는데, 이는 두 카메라 간의 영상 차에 따른 영향이 크다. 이러한 오차는 화면 외각 부분이 아니더라도 물체와 카메라 간의 거리가 달라짐에 따라 발생할 수 있다.

[0114] 아래의 표 2는 두 가지 좌표변환 방법에 대한 영상의 영역별 성능비교 결과를 정리한 것이다. 여기서, 표 2의 수치는 수학적 식 8에 나타난 오차를 의미하며, 단위는 pixel이다.

표 2

[0115]

	들로네 삼각화 방법	호모그래피 행렬 방법
안쪽 영역	3.35	5.14
바깥쪽 영역	6.21	6.05
전체 영역	4.76	5.51

[0116] 안쪽 영역은 영상 전체 면적의 1/2를 차지하는 중심 영역이며, 바깥쪽 영역은 이를 제외한 영역이다. 전체 640×480 크기의 실험 영상의 내부 영역의 크기는 452×339이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 들로네 삼각화를 이용한 선형 보간의 경우 특히 안쪽 영역에서 더 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

[0117] 물론 실제 응용에 있어서는 두 알고리즘 모두 실용적인 수준의 오차를 나타냈다. 따라서 적용시키려는 환경에 따라 두 알고리즘 중에서 적절한 알고리즘을 선택할 수 있다.

[0118] 도 13과 도 14는 본 발명의 방법을 통해 최종적으로 이동형 카메라에 의해 제어된 결과를 나타낸다. 이러한 도 13 및 도 14는 카메라 추적의 예로서, 도 11은 실내 실험이고 도 12는 실외 실험이다. 또한 도 13 및 도 14의 (a)는 고정형 카메라(10)의 촬영 영상을 나타내고, (b)는 이동형 카메라(20)에 의하여 제어된 영상을 나타낸다.

도 13 및 도 14의 (b)로부터 이동 물체가 화면 중앙에 확대되어 표시 및 추적되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 고정형 카메라(10)의 영상에 비하여 이동형 카메라(20)의 영상의 경우 물체의 변별력이 매우 높아짐을 확인할 수 있다.

[0119] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 고정형 카메라(10)와 이동형 카메라(20)의 감시 영역을 서로 매칭시켜서 두 카메라의 기본 위치를 설정한 다음, 고정형 카메라(10)에서 감지된 이동 물체의 좌표 값을 이동형 카메라(20)의 좌표 값으로 변환하여 이동형 카메라(20)가 이동 물체를 중심으로 계속해서 추적할 수 있도록 하여, 이동형 카메라(20)를 효과적으로 제어할 수 있고 이동 물체의 감시 변별력 및 감시 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

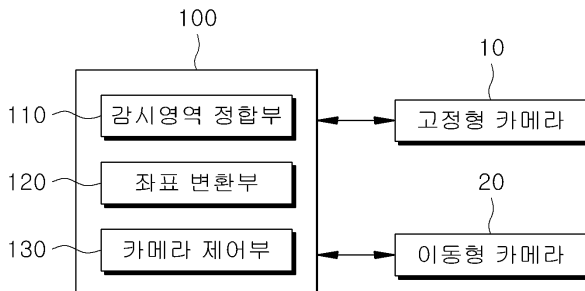
[0120] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

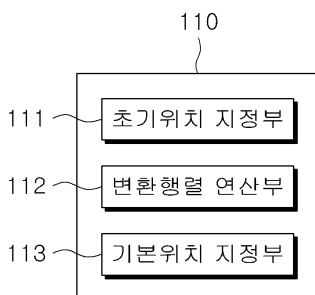
[0121] 10: 고정형 카메라 20: 이동형 카메라
100: 듀얼 카메라를 이용한 화상 감지 장치
110: 감시영역 정합부 111: 초기위치 지정부
112: 변환행렬 연산부 113: 기본위치 지정부
120: 좌표 변환부
130: 카메라 제어부

도면

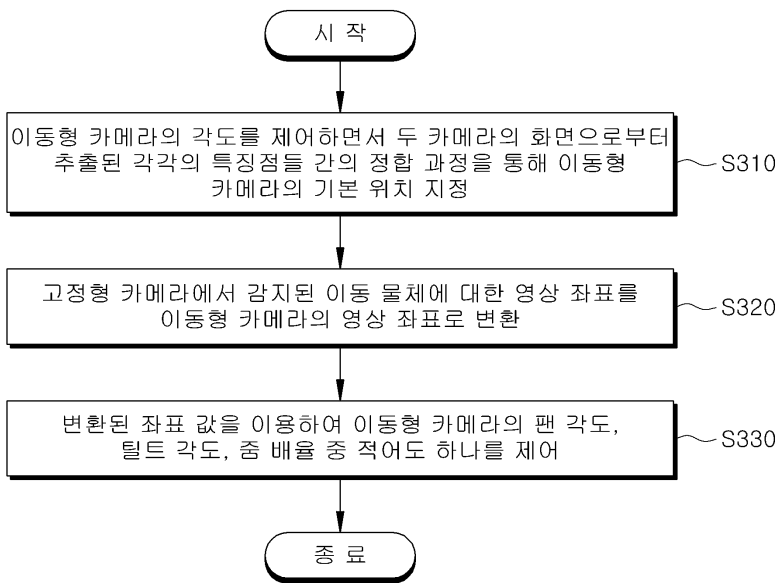
도면1



도면2



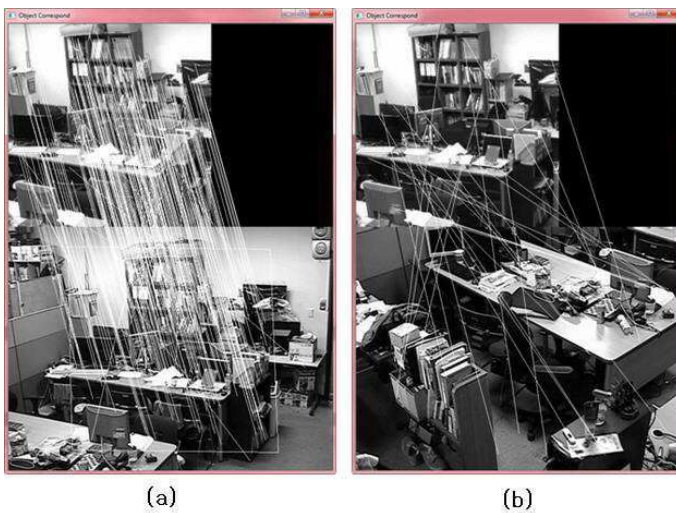
도면3



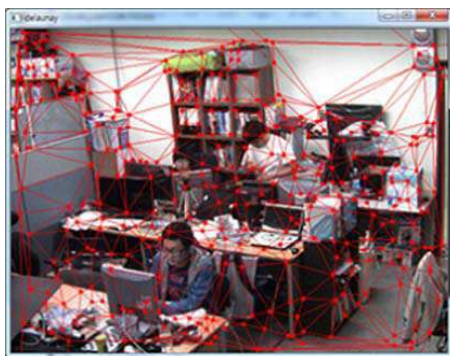
도면4



도면5



도면6



도면7



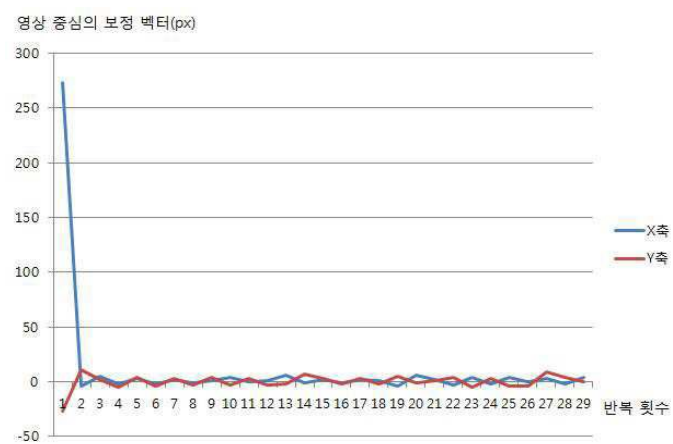
도면8



(a)

(b)

도면9



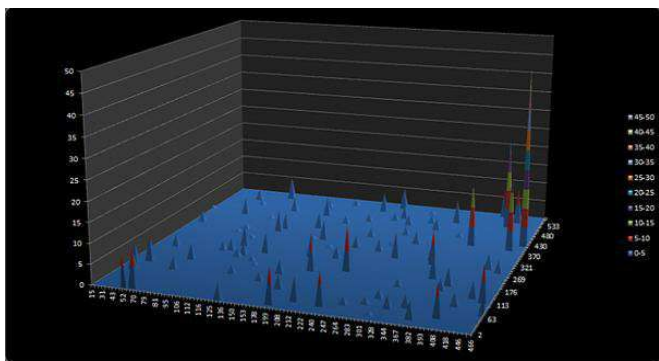
도면10



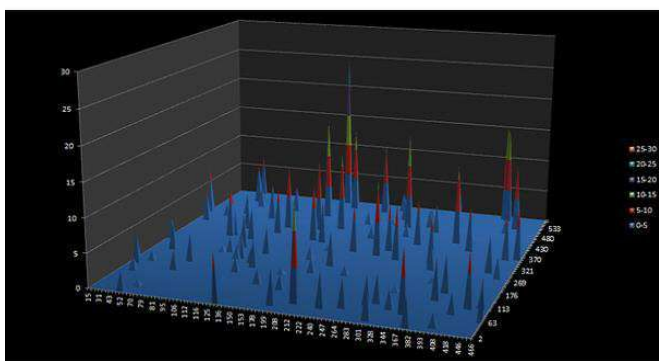
도면11



도면12



(a)



(b)

도면13



도면14

