

## 다중 카메라를 이용한 객체추적과 증강현실의 구현

김 학 희\*

### Implementation of augmented reality and object tracking using multiple camera

Hag-hee Kim\*

#### 요 약

현재의 객체 추적과 검색의 과정을 보면 고정된 단일 카메라를 통해 입력받은 영상에서 객체를 추출하여 추적하고, 추적된 객체의 구체적인 정보를 알기 위해 줌(Zoom) 기능으로 객체를 인식하는 과정이었다.

본 논문은 다중카메라를 이용하여 객체를 추적하고, 인식하는 것으로써 추적된 객체에 대해 검색인식가능한 영역에 대한 정보를 증강현실로 나타내는 시스템을 제안한다.

제안 시스템의 실험결과를 보면 연산에 포함된 픽셀 수가 현저히 줄어들고, 객체의 인식률이 향상되고, 정보 확인 시간도 단축되었다. 그리고 기존 방법과 비교하여 객체의 움직임을 검출하는 정확성은 물론 움직임 검출에 소요되는 시간도 단축되어 개선된 성능을 보였다.

▶ Keyword : 객체 추적, 다중 카메라, 제어기 설계, 증강현실, 마커

#### Abstract

When examining current process of object tracking and search, objects were tracked by extracting them from image that was inputted through fixed single camera and objects were recognized through Zoom function to know detailed information on objects tracked.

This study proposed system that expresses information on area that can seek and recognize object tracked as augmented reality by recognizing and seeking object by using multi camera.

The result of experiment on proposed system showed that the number of pixels that was included in calculation was remarkably reduced and recognition rate of object was enhanced and time that took to identify information was shortened. Compared with existing methods, this system has advantage of better accuracy that can detect the motion of object and advantage of shortening time that took to detect motion.

▶ Keyword : Object Tracking, Multiple camera, Controller design, Augmented Reality, Marker

• 제1저자 : 김학희

• 투고일 : 2011. 02. 09, 심사일 : 2011. 02. 22, 게재확정일 : 2011. 02. 28

\* 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Korea University of Technology and Education)

## I. 서론

최근 디지털 영상처리 분야에서 발전은 다양한 편리성과 안전에 대한 욕구는 날이 갈수록 증가하고, 기술의 발달은 이에 부응하기 위하여 하루가 다르게 변화하고 있다. 특히 영상에 대한 관심과 그 호응도는 통신 매체에서 더욱 두드러지게 우리의 실생활에 변화를 가져다주었다.[5]

종래에 객체 추적 방법을 위한 시스템에서 정의하는 추적은 크게 소프트웨어적인 추적과 하드웨어적인 추적으로 나누어진다. 소프트웨어적인 추적은 고정형 탐지카메라로부터 입력된 영상의 분석을 통하여 얻어진 객체의 탐색과 이동정보이고, 하드웨어적인 추적이란 PTZ(Pan/Tilt/Zoom)카메라를 이용하여 소프트웨어적인 추적에서 얻어진 객체의 탐지와 이동정보에 따라 카메라의 상하좌우 회전과 줌 배율을 적용하여 이동하는 객체를 하드웨어적으로 추적하는 것이다. 따라서 객체 추적 방법을 위한 시스템에서 추적카메라가 없는 고정형 탐지카메라에서의 추적은 소프트웨어적인 추적만을 의미하며, 탐지카메라와 PTZ카메라가 동시에 존재할 때 진정한 객체추적의 의미를 부여할 수 있다.[1]

본 논문은 Wide 카메라(추적카메라) 및 Micro 카메라(줌 확대카메라)를 이용하여 종래 영상보안방법 시스템의 감시거리의 제한, 추적영상의 모호성, 설치비용 고가 등의 문제점들을 해결하고자 하며, 감시객체의 확대 추적영상을 촬영하고, 감시객체인 사람, 자동차, 얼굴, 번호판 등의 인식된 결과의 영상검색이 가능하며, 각종 인지된 지능형 정보의 생성 및 저장에 따른 검색의 편의를 제공하기 위한 것이 목적이다.

이러한 검색된 의미 있는 정지영상으로부터 사용자가 동기화된 동영상을 동시에 호출하여 정지영상의 내용과 의미를 증강현실 기법을 이용하여 화면에 나타내므로 보다 확연하게 확인할 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 관련연구인 객체 추출·추적 시스템을 소개하고, 3장에서는 제안하는 다중카메라에 의한 객체 추적 시스템에 대해 기술한다.

4장에서는 다중카메라에 의한 객체 추적 시스템을 실험하고, 그 결과를 바탕으로 한 성능평가에 대해 기술한다.

마지막으로 5장에서는 다중 카메라에 의한 객체 추적 시스템의 성능 분석 결과를 토대로 결론과 향후 연구방향에 대해 기술한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 객체 추출 알고리즘

움직이는 객체의 추출과 추적을 위한 기존의 연구로는 배경 영상 기법, 신경망을 이용한 기법, 스테레오 영상 기반의 기법, 모델링 기반 기법, BMA(Block Matching Algorithm) 기법, 차영상 기법(difference image method) 등이 있다.

이진화된 영상에서 객체 영역 검출은 가로(x)축과 세로(y)축의 이진변환밀도를 이용한다. 영상의 가로축과 세로축을 각각 투영하여 이진 밀도의 두개의 히스토그램을 획득하고, 각 히스토그램의 밀도가 가장 높은 공통된 영역을 객체로 결정하는 방법이다.

획득한 가로축의 이진 밀도 히스토그램  $h(x)$ 를 이용하여 영상에서 객체의 가로영역, 세로영역을 검출하는 과정은 다음 알고리즘과 같다.

[알고리즘] 객체의 가로영역 검출

step 1.  $h(x)$ 의 값을 조사하여 값이 발생하는 첫 위치  $h(x_i)$ 를 임시 시작점(xStartTemp)으로 예측한다.

step 2. 예측 한 xStartTemp로부터 값이 발생하지 않는 지점  $h(x_i)$ 를 구하여 임시 끝점(xEndTemp)을 예측한다.

step 3. xStartTemp와 xEndTemp 사이의 히스토그램에 대한 누적합을 구한다.(xDensity)

step 4. 기존에 구한 최대 누적합(xDensityMax)과 현재의 누적합(xDensity)을 비교하여 현재의 누적합이 기존의 최대 누적합보다 크다면 최대 밀도 영역의 시작점과 끝점을 조정한다.

step 5. 모든 영역에 대하여 완료할 때까지 step1에서 step4의 과정을 반복한다.

### 2.2 객체 추적 알고리즘

객체 영역까지 검출 하였다면 이전 프레임에서의 객체 영역과의 현재 프레임의 객체 영역사이에서 객체의 이동량을 구하고 이에 따라 카메라의 시계(FOV)를 조정하는 과정이 필요하다. 객체의 이동량을 구하는 것은 다음 알고리즘과 같다.

[알고리즘] 객체 이동량 획득

step 1. 획득한 객체 영역(CArea)의 크기가 영상 전체 크기의 1/15(21X15)에 미치지 못하는 경우 검출된 영역이 없는 것으로 판단한다.

step 2. 획득한 객체 영역(CArea)의 가로/세로의 길이를

이용하여 현재 영역의 중심 CenterP를 구한다.

$$CenterP.x = \frac{CArea.width}{2}$$

$$CenterP.y = \frac{CArea.height}{2}$$

step 3. CenterP와 이전 프레임에서의 영역의 중심 (preCtP)간의 가로/ 세로 차(Distance)를 구한다.

$$Distance.x = CenterP.x - preCtP.x$$

$$Distance.y = CenterP.y - preCtP.y$$

step 4. Distance의 크기가 임계거리(thrDistance)보다 이내 이면 같은 객체로 판단한다.

추적된 객체의 중심점이 카메라 시계의 중앙 부분에 존재하는지 검사한다. 만약 객체의 중심점이 카메라 시계의 중앙에 존재하지 않으면, 그 객체의 중심점을 카메라 시계의 중앙으로 이동시키기 위하여 카메라의 상하, 좌우 각을 조정하였다. 이 때 카메라 시계의 중앙은 화면의 중심점으로부터 좌우, 상하 각각 화면 크기(width, height)의 20%인 사각형의 영역을 화면의 중앙부분으로 결정하였다. 그림 1, 그림 2는 객체의 중심 이동에 따라 카메라의 상하/좌우 각이 변화하는 모습을 보인 예이다.



(a) 수직 방향 움직임 검출 (b) 카메라 조정 후 영상

그림 1. 수직 방향 카메라 변화  
Fig. 1. Changes in the vertical camera



(a) 수평 방향 움직임 검출 (b) 카메라 조정 후 영상

그림 2. 수평 방향 카메라 변화  
Fig. 2. Changes in the horizontal camera

### III. 다중카메라에 의한 객체추적 시스템

#### 3.1 증강현실에서의 마커 인식

이 논문에서는 perspective matrix를 이용한 마커 추정 방법을 소개 한다.

전체 시스템의 알고리즘은 그림 3과 같다.

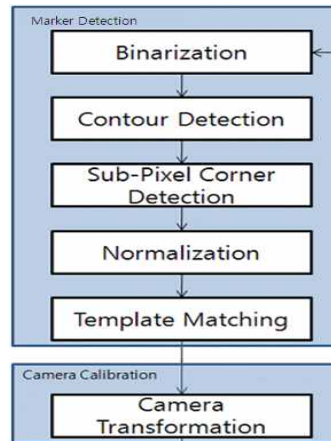


그림 3. 전체 시스템 알고리즘  
Fig. 3. Overall system algorithm

비디오 영상으로부터 얻어진 데이터에서 이진화 및 윤곽선 검출을 통해서 사각형을 찾아내고 이미 기록된 마커의 ID와 템플링 매칭 기법을 사용하여 마커의 ID를 판단하고, 이렇게 구해진 화면상에 마커를 가지고 마커의 각 꼭지점에 대한 3차원 공간을 판단하여 마커의 위치를 판단한다.

#### 3.2 다중카메라에 의한 객체 추적 시스템의 구성

다중카메라에 의한 객체 추적 시스템은 그림 4와 같이 입력부, 처리부, 출력부로 구성된 시스템의 개략적인 구성도이다.

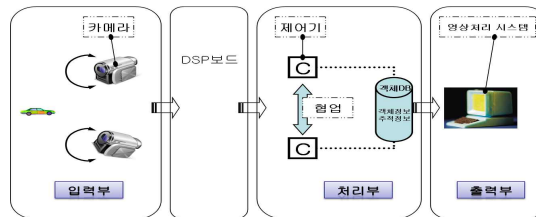


그림 4. 이동 객체 추적 시스템 구성도  
Fig. 4. Moving Object Tracking System Configuration

입력부에서는 감시하고자하는 객체의 전방에 위치한 Wild

카메라(WC)와 Micro 카메라(MC)로부터 입력되는 영상을 디지털화하여 시스템의 처리부로 전송한다.

처리부는 입력부로부터 전달받은 영상을 분석하고 특정객체를 추적하는 부분이다.

출력부는 감시대상객체에 특정객체가 유입되었을 경우 화면에 출력하고 WC로부터 전송되어진 영상에서 특정영역에 대한 상세내용을 증강현실로 나타내고, 저장장치에 보관하는 부분이다.

그림 4의 이동 객체 추적 시스템은 두 대의 카메라, 두 대의 제어기, 인터페이스 장치, 영상처리 시스템 또는 컴퓨터로 구성된다.

줌(Zoom) 제어가 가능한 두 대의 카메라는 미리 정해진 위치에 각각의 제어기에 장착되어 있으며, USB 또는 IEEE 1394 등과 같은 인터페이스 장치를 통하여 영상처리 시스템에 연결되어 있다. 따라서 카메라를 통하여 입력된 영상은 영상처리 시스템에서 처리된다. 영상처리 시스템은 Wide 카메라 영상을 분석하여 분석된 촬영 영역에 따라 Wide 카메라로부터 Micro 카메라로 신호 처리로 인해 특정영역을 촬영하는 Micro 카메라로 구성하고, 카메라 위치 제어를 수행한다.

### 3.3 다중카메라에 의한 객체 추적 알고리즘

그림 5는 제안한 다중카메라를 이용한 이동 객체 추적 전체 알고리즘이다.

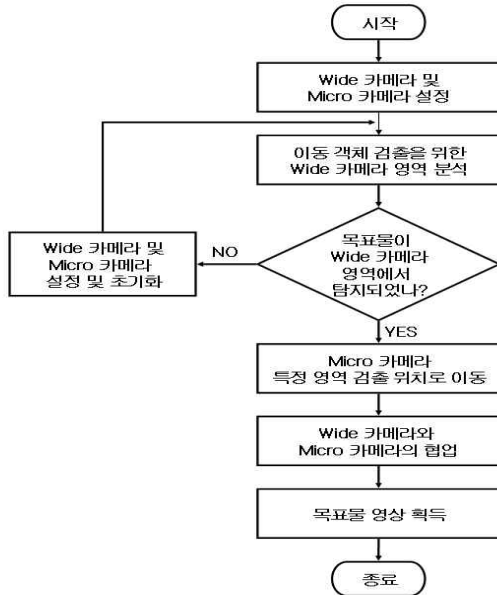


그림 5. 이동객체 추출·추적 전체 알고리즘  
Fig. 5. All moving object extraction · tracking algorithm

### 3.3.1 객체 감시·추적 알고리즘

감시영역 내에 있는 대상 객체의 이동성을 알기 위해서 대상 객체의 정보를 추출해야 한다.

객체 정보 추출 방법은 색상정보, 모양정보 및 회전된 모양 정보를 추출하여 대상 객체의 유·무 및 이동성을 검사한다.

감시영역 내에 특정 객체가 유입되면 감시영역에 유입된 객체를 저장하고, 특정 객체의 자료를 MC로 전송하고 실시간을 특정 객체를 감시하며 추적한다.

그림 6은 감시대상 객체를 감시하고 추적하는 세부 알고리즘이다.

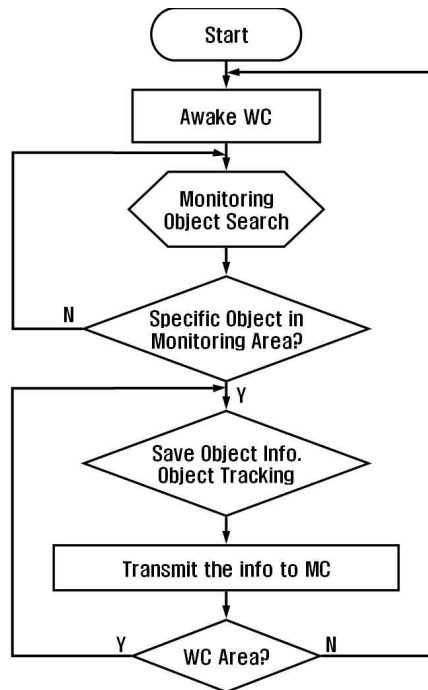


그림 6. 객체 추출·추적 알고리즘  
Fig. 6. moving object extraction · tracking algorithm

### 3.3.2 객체 확대(줌) 알고리즘

감시영역에 특정 객체가 유입되면 WC에 요청에 의하여 MC가 구동이 되며, WC로부터 특정 객체의 좌표를 전송 받게 된다. WC와 MC가 상호협력하면서 특정 객체를 동시에 추적하며 정보를 교류한다.

특정 객체의 특정 영역을 확대(줌)하기 위해서는 초기의 객체 정보를 추출하여 객체의 좌표를 얻어낸다. 그러나 실시간으로 입력되는 영상 데이터에서 객체의 움직임을 정확히 뽑아내기 위해서는 많은 계산량을 필요로 하게 된다.

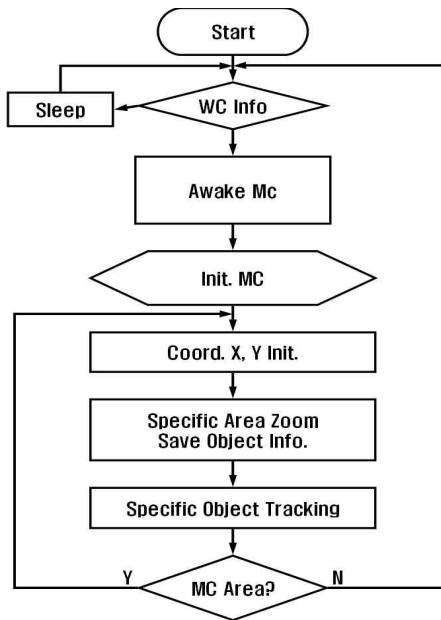


그림 7. 특정 영역 확대(줌) 알고리즘  
Fig. 7. Enlarge a specific area (zoom) algorithm

그림 7은 특정 객체의 특정 영역을 확대(줌)하는 세부 알고리즘이다.

### 3.4 다중카메라에 의한 객체 추출 및 추적

다중카메라에 의한 객체 추적 시스템은 WC 처리화면 그리고 MC 처리화면으로 이루어져 있다.

그리고 WC 처리화면은 특정 객체를 추적하는 영상의 진행 정보를 나타내고, MC 처리 화면은 WC의 영상 정보에서 객체의 특정 영역을 확대(줌) 상태를 나타낸다.

#### 3.4.1 WC(Wild Camera)의 실행

WC의 구동 화면은 시스템이 시작되면 감시 객체의 등록을 위해 감시 객체의 영역을 체크를 하게 된다. 객체 감시영역에 특정 객체가 유입되면 WC는 객체의 윤곽선과 차영상을 이용해 동작을 시작하며, 시작과 동시에 최초의 영상을 메모리에 저장하고 MC로 신호를 보내고 객체 추적을 시작한다.



그림 8. WC의 객체 추출 및 추적  
Fig. 8. Object Extraction and Tracking of WC

#### 3.4.2 MC(Micro Camera)의 실행

WC가 특정 객체를 추적하는 동시에 MC로 신호를 전송한다. MC는 WC로부터 신호를 받고 객체의 특정 영역을 추적하며 확대(줌)하는 동작을 시작하고, 객체의 특정 영역의 영상을 메모리에 저장하게 된다.



그림 9. MC의 객체 추출 및 추적  
Fig. 9. Object Extraction and Tracking of MC

WC와 MC의 상호 협업에 의한 객체 추적은 특정 객체가 추적 범위를 벗어날 때 까지 반복 수행된다.



그림 10. 저장된 객체 영역 데이터  
Fig. 10. Data stored in the object area

## IV. 실험 및 성능평가

본 장에서는 제안 시스템의 성능을 검증하기 위해 객체의 추출시간과 추출을 이용한 정확성, 객체추적의 정확성에 대해 성능평가를 수행하고 기술한다.

### 4.1 실험환경

제안 시스템의 실험은 실내 환경에서 이루어진다. 빛의 간섭은 카메라에 입력되는 영상에서 민감하게 반응하므로 빛의 변화가 거의 없는 환경으로 제한한다. 그리고 실험을 위해 직접 제작한 2대의 객체 추적제어기 장비에 2대의 카메라를 장착하였다. 사용된 카메라는 로지텍사의 Sphere AF로 칼라영상으로 받아들일 때 최대 30 (frames/second)로 영상을 입력받을 수 있다. 그림 11은 영상은 320×240(pixels)의 해상도를 갖도록 설정하였다.

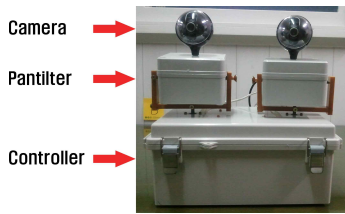


그림 11. 팬틸트 장비에 장착된 카메라  
Fig. 11. Pan-tilt camera mounted on equipment

4.2 연속 이동 객체 추적 실험의 구성 및 결과

우선 실험실 환경의 복잡한 배경 하에 실험을 진행하였다. 자연광과 조명의 영향을 모두 받으며 그 중 조명의 영향이 다소 크다. 대상체는 사람으로서 조건은 다음과 같다.

표 1. 추적 대상체와 실험 조건  
Table 1. Experimental conditions, object and text tracking

번호	조 건
i	카메라와 객체의 거리는 1m 이상을 유지한다.(상한 제한은 없다)
ii	객체는 시스템 기동 이후에 카메라의 영상 이내로 들어오며 진입 방향은 무작위로 한다.
iii	카메라와 비슷한 거리에 있는 두 사람 이상이 동시에 움직이지 않는다.
iv	객체의 크기, 색깔, 패턴 등의 조건은 제한되지 않으나 추적을 위해서는 반드시 움직여야 한다.

조건 i) 은 영상 처리 시 주어진 제한 조건인, 움직이는 객체가 화면의 50% 이상이 되지 않도록 하기 위함으로서 실험실 환경에 상한 거리 제한은 존재하지 않는다. 조건 ii)는 제한 조건이 아니라 움직이는 객체라면 그 존재 위치의 범위를 제한할 필요가 없기 때문이며 조건 iii)의 경우 움직이는 객체의 움직임 크기(motion field)가 비슷하고 방향이 다르다면 상쇄되기 때문에 모터는 중립 위치를 지키거나 제대로 추적이 되지 않을 수 있다. 본 논문은 하나의 움직이는 객체를 추적하는 경우로 제한하였기 때문에 움직이는 대상체는 하나로 제한하며, 대신 카메라와의 거리가 대상체에 비해 멀고 움직임이 대상체보다 작은 경우에는 여러 사람이 움직여도 약간의 오차만이 생길 뿐 큰 영향을 주지 않는다. 조건 iv) 의 경우는 센트로이드를 구하기 위한 차영상 연산 과정에 필요하기 때문에 추적을 원하는 대상체는 움직임을 보여야 한다.

추가적으로, 영상 데이터의 처리량을 줄이기 위해 움직이는 객체의 센트로이드 좌표와 표본화 시간을 이용하여 움직이

는 객체의 속도를 구하고 다음 프레임에서의 예상 영역을 좁히게 하였다.

모터가 움직이는 동안 영상평면에 투영된 센트로이드 좌표가 가끔 정확히 0값을 갖는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 정확히 센트로이드와 영상평면의 중심점이 일치된 순간이라기보다 프로그램 상에서 30픽셀 이내의 값에 대해서는 강제적으로 0이 되도록 설정하였기 때문으로 보인다.

제어기를 사용한 경우 움직이는 사람을 추적하는 영상 결과는 다음 그림 12와 같이 나타난다. 영상의 진행 순서는 표기된 숫자를 따르며 오버레이(overlay)된 점은 움직이는 객체(사람)의 센트로이드를 나타낸다. 대상체인 사람은 카메라를 통해 봤을 때 우측으로 이동 후 잠시 멈췄다가 좌측으로 움직이고 있으며 배경의 객체와 조명 위치의 변화를 통해 카메라의 움직임을 확인할 수 있다. 움직임이 감지된 직후 바로 움직이지 시작하며 오버슈트 등으로 객체의 위치를 지나쳐 모터가 회전하는 경우는 방지할 수 있었다. 센트로이드는 사람의 정 가운데가 아닌 경우도 있는데 이것은 움직임으로 인해 이전 영상의 움직임 흔적이 남은 경우로 추정할 수 있다. 영상평면의 거의 전 영역을 가리고 있을 때에는 사람이 일순간 정지하고 있거나 예상 움직임, 즉 이전 프레임과 현재 프레임에서의 위치 변화를 이용한 속도가 아주 작은 것으로 볼 수 있다.



그림 12 추적 결과 영상  
Fig. 12. Image tracking results

4.3 특정 영역 검출 실험의 구성 및 결과

두 대의 카메라를 이용하여 목표물이 Wide View 영상에서 검출되었다면 Micro 카메라를 제어하여 목표물 검출 위치로 이동하고 상세 영상을 얻는다.

그림 6의 알고리즘에 따라서 움직이는 객체를 인식하고, 인식된 객체를 확대하여 가독성을 높였다.

그림 13은 그림 6의 알고리즘의 실험 결과 이미지로 특정 객체를 인식하고 인식된 객체의 영역을 확대한 영상이다.

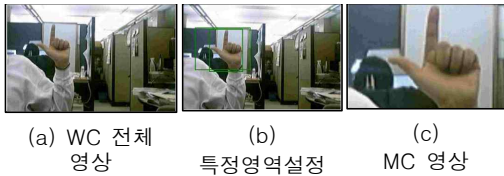


그림 13. WC 영상  
Fig. 13. WC Video

또한 확대된 영상에서 객체에 대한 인식만으로 끝나는 것이 아니라 그림 7의 알고리즘에 따라서 그림 14과 같이 인식된 특정영역에 대한 자료를 데이터베이스에 검색하여 검색된 정보를 화면상에 실시간으로 나타내므로써 좀더 빠른 정보 확인성을 향상시켰다.



그림 14. 특정영역에 대한 증강현실 결과  
Fig. 14. WC Video

4.4 제안한 방법의 성능 및 비교

본 논문은 객체의 영역 검출 성능과 추적 성능, 그리고 제안한 방법으로 영상을 감시하였을 때의 프레임 손실률을 조사하였다.

표 2는 객체 검출의 성능을 테스트 하였으며 객체 영역의 면적 대 검출영역 면적으로 평가하였다.

표 2. 이동 객체의 검출 성능(평균 면적대비 검출 영역 평균 면적)  
Table 2. Performance of a moving object detection

횟수	1회	2회	3회	4회
전체 frame수	840	840	840	840
실제 영역 평균 크기 [pixel]	9933	5632	10787	4032
검출 영역 평균 크기 [pixel]	8443	4635	9816	3507
일치률%	84.99	82.29	90.99	86.97

이동 객체 영역의 검출 성능은 평균 86.31%의 일치율을 보였다. 오검출의 원인은 객체의 운동 속도 변화, 형태의 축소 또는 확대 그리고 알고리즘 상의 전처리과정에서 손실 또는 변형된 정보가 있다고 분석한다.

표 3은 이동 객체의 추적 성능을 나타낸 것으로 동일 객체를 추적함에 있어 검출된 영역의 크기가 급격하게 변한 정보를 기초로 평가하였다.

표 3. 객체 추적의 성능  
Table 3. The performance of object tracking

횟수	1회	2회	3회	4회
전체 frame수	840	840	840	840
성공 frame수	784	763	819	686
실패 frame수	56	77	91	154
성공률%	93.33	90.83	97.50	81.66

표 3에서 4번째의 실험이 주목할 만하다. 4번째 실험은 카메라의 시계에 연구실의 책장 유리가 정면으로 위치하였으며, 실험 당시 유리에 비친 객체의 잔상이 검출 영역에 추가 되는 경우가 많이 발생하였다. 따라서 차영상을 통한 움직임 기반의 추적 기법에서는 객체의 반사 또는 그림자 등이 오검출의 원인이 된다고 사료된다. 나머지의 경우 만족할만한 추적 수준을 보여주었다.

표 4는 본 논문이 제안한 알고리즘으로 WC 시스템으로 객체를 추적하였을 때의 프레임 지연율을 나타낸다. 본 연구는 1초당 30프레임의 영상을 입력 받아 처리하였으며, 이 때 실제 처리된 시간을 조사하였다.

표 4. WC 시스템의 프레임처리 지연율  
Table 4. frame processing latency of the WC system

횟수	1회	2회	3회	4회
전체 frame수	840	840	840	840
입력 시간[sec]	28.00	28.00	28.00	28.00
처리 시간[sec]	28.03	28.04	28.04	28.03
지연율[%]	6.50	4.25	8.00	4.75

실험과 같이 시스템의 프레임처리 지연율이 거의 발생되지 않았다.

표 5는 MC 시스템으로 객체를 추적하였을 때의 프레임지연율을 나타낸다. 본 연구는 1초당 30프레임의 영상을 입력받아 처리하였으며, 이 때 실제 처리된 시간을 조사하였다.

표 5. MC 시스템의 프레임처리 지연율  
Table 5. frame processing latency of the MC system

횟수	1회	2회	3회	4회
전체 frame수	840	840	840	840
입력 시간[sec]	28.00	28.00	28.00	28.00
처리 시간[sec]	28.06	28.07	28.07	28.05
지연율[%]	6.50	4.25	8.00	4.75

실험과 같이 시스템의 프레임처리 지연율이 WC 시스템 프레임처리 지연율보다 더 발생한 이유는 WC에서 MC로 자료 전송 지연 시간이라 판단된다.

실험에 사용하는 움직임 검출 및 추적 방법은 차분영상 방법, 블록정합 기법 그리고 제안하는 방법이다.

기존의 움직임 검출 및 추적 방법에서 움직임 유무를 판단하는 기준은 배경영상과 비교되는 영상에서 배경영상 이외의 객체가 있을 경우 움직임으로 판단하지만, 제안 방법은 객체 감시영역에 유입되는 특정 객체가 검출 되었을 때 움직임 객체가 있는 것으로 판단한다. 실험결과 표 6과 같이 움직임 검출 오류가 적게 나타났다.

표 6. 움직임 검출의 정확성 비교  
Table 6. Comparison of the accuracy of motion detection

방법 NO	차분영상 방법		블록정합기법		제안 시스템	
	빈도수	오류	빈도수	오류	빈도수	오류
1	20	7	20	1	20	1
2	25	2	25	3	25	1
3	30	7	30	6	30	2
4	35	11	35	5	35	1
5	40	15	40	6	40	2
6	45	8	45	7	45	3
7	50	5	50	11	50	3

#### 4.5 제안한 방법의 성능평가 분석

실험 결과 약 86%의 객체 검출 성능(표 2)과 검출된 객체에 대한 90%가량의 추적 능력(표 3)을 보였다. 또한 처리 시간에 있어서 약 5.8%의 지연율(표 4, 표 5)을 보여 자동화된 영상 감시 시스템의 주 관건인 실시간 처리 능력이 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 DC모터에 장착된 능동 카메라를 이용하여 움직이는 객체를 검출하고 추적하는 방법에 대한 실험 결과를 보였다. 배경 보정을 통해 움직이는 객체를 검출하는 두 기법에 대해 구현, 비교 및 융합을 시도하였으며 전체 시스템의 모델링을 실험적으로 구하여 시스템 특성에 맞는 제어기를 설계하고 오버슈트 없이 객체를 추적하는 것에 성공하였다. 모터의 제어 성능은 모의실험과 실제 실험의 결과를 쉽게 비교할 수 있지만, 객체 추적 성능에 대해서는 객체의 움직임 경로가 사전에 정해져 있거나 위치에 대한 지상 보정(ground-truth) 정보가 있지 않기 때문에 객체 위치 검출의 정확성은 실험 영상을 동영상으로 녹화하여 눈으로 확인해야 했다.

객체의 센트로이드는 고정된 카메라에서 오차 없이 정확히 검출되었으며 매 프레임에서 항상 객체의 영역 내부를 센트로이드로 인지하는 것을 확인하였다.

이로써 본 논문에서는 움직임만을 검출하여 관심 있는 객체 추적 시 좀 더 신뢰할 수 있는 움직임 검출 기법과, 제어기 설계에 대하여 보였다. 향후 좀 더 안정된 구동부의 제작을 통하여 시스템 모델링을 함과 동시에 높은 토크를 가진 DC모터를 이용하여 수월한 모터 제어 및 카메라의 회전 구동이 필요할 것이다. 또한 관심 영역의 예측 역시 단순한 선형적인 계산보다도 움직임 패턴과 추가적인 정보를 이용하여 더 작은 범위로 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 또한 처음에는 움직임 기반 검출 기법을 이용하여 움직이는 객체의 위치를 구하였지만 초기 검출 이후 움직임 객체의 패턴을 저장하여 그 이후에는 패턴 매칭(pattern matching)이나 패턴 매칭의 기본 정보들을 이용한 좀 더 정확하고 빠른 객체 위치 검출 기법이 도입될 수 있다.

본 논문에서는 실시간으로 객체를 추적하고, 추적된 객체의 특정영역을 이용하여 확대가 있는 영상에서도 실시간으로 증가 현상을 구현하는 시스템을 제안하고 실험을 통해 그 표현 가능함과 동시에 현실성을 입증하였다.

제안한 방법은 추적에 대한 안전성이 확보된다면 상용화된 감시 시스템과 결합하여 지능형 시스템(침입탐지, 경보, 치안 요원 출동 요구 등)으로 발전될 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- [1] NVIDIA CUDA Compute unified device architecture November - programming guide. © Copyright, NVIDIA Corporation (2007)
- [2] Rita Cucchiara, Andrea Prati, and Roberto Vezzani: Advanced video surveillance with pan tilt zoom cameras. Proc. of Workshop on Visual Surveillance (VS) at ECCV 2006, May (2006)
- [3] Peter I. Corke and Malcolm C. Good: Dynamic effects in visual closed-loop systems. IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol. 12, no. 5, October (1996), pp. 671-683
- [4] L. Jordao, M. Perrone, J. P. Costeira, J. Santos-Victor: Active face and feature tracking. Image Analysis and Processing 1999, (1999) pp. 572-576
- [5] I. D. Reid and D. W. Murray : Active tracking of foveated feature clusters using affine structure. International Journal of Computer Vision, vol. 18, no. 1, 1996
- [6] L. Gu and J. Su : Gaze control on humanoid robot head. IEEE World Congress on Intelligent Control and Automation, pp.9144-9148
- [7] C. Brown and D. Coombs : Real-time binocular smooth pursuit tracking. International Journal of Computer Vision. Vol. 11, no.2, (1993), pp.147-164
- [8] Y. C. Chen, L. W. Chang, and C. T. Hsu: Feature-based object tracking with an active camera, PCMO02, LNCS2532, (2002) pp.1137-1144
- [9] Mutsumi Watanabe, Nobuyuki Takeda, and Kazunori Onoguchi: A moving object recognition method by optical flow analysis. Proceedings of ICPR, 1051-4651/96, (1996) pp.528-533
- [10] Don Murray and Anup Basu: Motion tracking with an active camera. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 16, no. 5, (1994) pp.449-459
- [11] Shoichi Araki, Takashi Matsuoka, Naokazu Yokoya and Haruo Takemura: Real time tracking of multiple moving object contours in a moving camera image sequence. IEICE TRANS. INF. & SYST., vol. E83-D, No. 7, (2000) pp. 1583-1591
- [12] Arindam Biswas, Prithwjit Guha, Amitabha Mukerjee, K.S. Venkatesh: Intrusion detection and tracking with pan-tilt cameras. IET International Conference, (2006) pp. 565-571
- [13] Tamer Inanc, Mario Sznaiar and Octavia Camps: Robust identification and model (in)validation of active-vision systems. Identification and control, © Copyright, Springer London, (2007), pp.167-200
- [14] Petros Maragos: Morphological filtering for image enhancement and feature detection. The image and Video Processing Handbook, 2nd edition, (2004) pp.135-156

### 저 자 소 개



김 학 희

2000 : 충북대학교 컴퓨터교육과 이  
학사.

2008 : 한국기술교육대학교 정보통  
산공학과 공학석사.

2011 : 한국기술교육대학교 컴퓨터  
공학과 공학박사수료

관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, 멀  
티미디어

Email : isaecom@naver.com

