
Omni-directional Image에서의 이동객체 좌표 보정 및 추적

박용민* · 남현정* · 차의영*

Coordinate Calibration and Object Tracking of the ODVS

Yong-Min Park* · Hyun-Jung Nam* · Eui-Young Cha*

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-036-D00385)

요 약

본 논문에서는 Omni-directional Image에서 이동 객체를 추적하고, 이동 객체의 실제 거리 좌표 상에서의 위치를 추정하기 위한 3차원 포물면 좌표 변환 방법을 제안하고 있다. 실시간으로 이동 객체를 추출하기 위해 제안된 색상 정보(Hue) 히스토그램 정합 기법을 사용하였다. 색상 정보 히스토그램 정합 기법에 의해 추출된 이동 객체의 이미지 상의 좌표는 카메라의 높이, 초점 거리 등과 같은 환경 변수와 함께 제안하는 3차원 포물면 좌표 변환 함수에 대입하여 이동 객체의 실제 거리 좌표를 추정한다. 실험 결과를 통해 본 논문에서 제안하는 방법은 빛의 밝기에 비교적 강인하게 이동 객체를 추출할 수 있었고, Omni-directional Image에서 이동 객체의 실제 거리 좌표를 추정할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper presents a technique which extracts a moving object from omni-directional images and estimates a real coordinates of the moving object using 3D parabolic coordinate transformation. To process real-time, a moving object was extracted by proposed Hue Histogram Matching Algorithms. We demonstrate our proposed technique could extract a moving object strongly without effects of light changing and estimate approximation values of real coordinates with theoretical and experimental arguments.

키워드

Omni-directional Image, 3D parabolic coordinate transform, Object Tracking, Hue Histogram Matching

1. 서 론

객체 추적은 카메라로부터 입력된 영상에서 움직임을 보이는 객체를 인식하고, 그 움직임을 추정하여 추적하는 것이다. 이러한 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 영상에서 객체를 추적하는 일은 보안, 의료, 군사, 교통, 제어 분야 등 여러 분야에 응용될 수 있어 그동안 많은 연구와 개발이 이루어지고 있다[1].

객체 추적 시스템의 구현에 사용되는 카메라는 일반적으로 CCD 또는 USB 형태의 일반적인 카메라가 주를 이루었으나 카메라의 시각 범위가 좁으며 3차원 실세계에 대해 2차원으로 획득되는 카메라 자체의 물리적 제약으로 인해 많은 환경적

제약 조건을 가지고 있다. 이런 제약을 탈피하기 위하여 여러 대의 다중 카메라를 결합한 시도들이 이루어져 왔으나 설치 위치의 선정 및 고비용성을 비롯한 실제적인 문제뿐만 아니라 다중 영상 통합(merging) 기술, 객체의 겹침 현상(overlap) 분리 등의 기술적인 문제점들로 인하여 실질적으로 많은 어려움에 처해 있는 실정이다[2].

이에 반해, 최근 들어 각광을 받고 있는 Omni-directional Vision Sensor(ODVS), 일명 Omni Vision은 동시에 360도 전 방향을 볼 수 있어[3], 일반 CCD 또는 USB 카메라가 가지는 환경적 제약 조건을 피할 수 있을 뿐만 아니라, 경제적인 이득도 얻을 수 있다. 이러한 이점을 살리기 위해 제스처 인식, 현재 위치한 영역의 추정, 로봇 네비게이션 등과 같은 ODVS를 실용화하기 위한 다양한 연구 결과가 발표되고 있다[3].

* 부산대학교 2005.10.

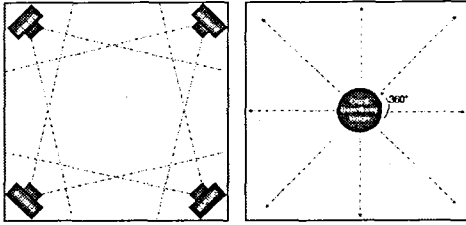


그림 1. Multi-Vision과 Omni Vision의 비교
Fig 1. Comparison of Multi-Vision and Omni-Vision

ODVS의 거울이 가지는 특성에 의하여 왜곡된 영상이 나타나게 되고, 왜곡된 영상 상에 표현된 객체의 위치와 객체의 이동 경로는 실제 거리 공간 상에서 객체의 이동 위치와 이동 경로와 다르게 나타나 신뢰성 있는 객체의 현재 위치 추정 및 이동 경로 추정이 불가능하다.

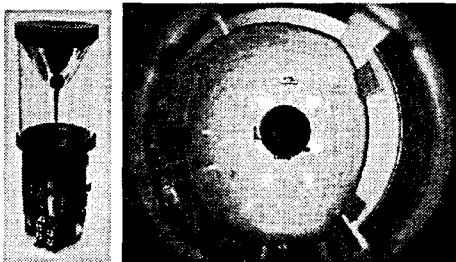


그림 2. ODVS와 Omni-directional image
Fig 2. ODVS and Omni-directional image

따라서 본 연구는 Omni-directional image 상에서 이동 객체의 위치를 추출해내고 실제 거리 공간 상에서 이동 경로에 대한 신뢰성 있는 추적을 보장하기 위한 기하학적 좌표 보정 방법을 제시하고자 한다.

이동 객체의 추출은 빛의 밝기와 채도의 변화에 강인하게 제한한 HSI 컬러 모델 중 H값 정보를 기반으로 한 히스토그램 정합 알고리즘을 사용하였으며, 이미지 상의 이동 객체의 좌표 (x_0, y_0) 는 3차원 포물면 변환 함수에 의해 (x_1, y_1) 로 변환된다.

본 논문의 구성은 2장에서 HSI 컬러 모델에 대하여 기술하였고, 3장에서는 색상 정보 히스토그램 정합 기법을 기반으로 한 이동 객체 추출 방법을 제안하였다. 4장에서는 3차원 포물면 변환 함수를 기술하고, 5장에서는 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위한 실험을 하였고, 6장에서 결론을 맺는다.

II. HSI 컬러 모델

컬러공간은 보통 Color diagram이라고 하며, 컴퓨터가 인지할 수 있는 모델은 여러 종류가 있는 바, 인쇄 시스템의 경우는 CMY 컬러 공간을 사용하고, 컬러 모니터에서 사용되는 컬러 공간은 RGB 모델이다[4]. 이에 반해 HSI 모델은 인간의 색인지에 기반을 둔 사용자 지향성의 색상 모형이다. H는 색상(Hue), S는 채도(Saturation), I는 명도(Intensity)를 각각 나타내며 색상(Hue)는 0-360도 사이의 값으로 표현한다. 이 모형을 사용하면, 어떤 구체적인 컬러를 만들기 위해 색을 조합할 필요가 없다.

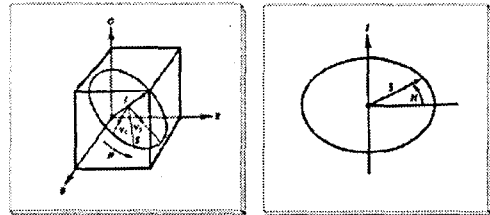


그림 3. HSI 컬러 모델
Fig 3. HSI Color Model

HSI 컬러 모델의 중요한 특성은 컬러 영상의 영역 분리를 시도할 때 H를 사용하면 밝기나 채도에 무관하게, 다시 말하면 조명의 영향을 받지 않고 동일한 영역을 분리할 수 있다. 따라서 이러한 특성을 이용하여 연속된 이미지 상에서 이동 객체를 추출하기 위해 H의 유사도를 이용한다.

III. 색상 정보 히스토그램 정합 기법 기반의 이동객체 추출

일반적으로 카메라가 고정되어 배경영상이 변하지 않는 경우 현재의 입력 영상에서 저장된 배경 영상과의 차를 구하는 차 영상 기법이 많이 이용되지만 조명의 영향 등으로 인해 배경 영상의 변화가 큰 경우에는 적용이 곤란하고 배경 영상의 지속적인 갱신에 따른 어려움이 존재한다.

제한한 방법은 색상 정보(Hue)가 조명의 영향을 받지 않는 HSI 컬러 모델의 특성에 기반으로 하여 조명의 변화가 발생하더라도 객체가 가지고 있는 고유의 색상 정보를 이용해 객체를 추적할 수 있도록 한다. 그림 4는 객체의 색상 정보 히스토그램을 생성하는 알고리즘을 보여주고 있으며 그림 5는 객체 추적을 위한 전처리 과정인 표준

색상 정보 히스토그램의 생성 및 탐색 영역 설정 과정을 보여주고 있다.

```

· 후보 이동 객체의 히스토그램 초기화
InitHistogram(H')

· 후보 이동 객체의 모든 픽셀값을 Hue 값으로 변환 한 후
· 해당 히스토그램의 index에 대응하는 값을 증가시킨다
for i:= newObject.top to i < newObject.bottom step 1
  for j:= newObject.left to j < newObject.right step 1
    H'[Hue(image[i][j])] += 1
    
```

그림 4. 색상(Hue) 정보 히스토그램 알고리즘
Fig 4. Hue Histogram Generation Algorithms

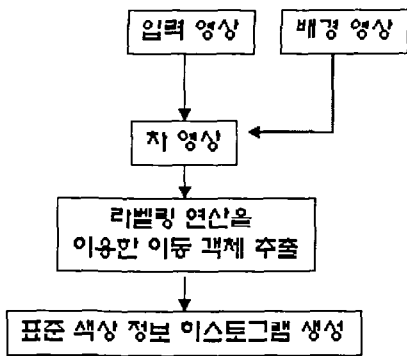


그림 5. 표준 색상 정보 히스토그램 생성 및 탐색 영역 설정
Fig 5. Generates the Standard Hue Histogram and Search Area

객체의 색상 정보 히스토그램 알고리즘을 이용하여 객체 추출 및 추적을 하는 과정은 다음과 같다.

우선 첫 프레임에서 미리 저장된 배경 영상과 입력 영상과의 차 영상을 한 후, 이미지 라벨링(Image Labeling) 연산을 통해 이동 객체를 찾고, 이 객체의 색상 정보 히스토그램을 생성하여 표준 색상 정보 히스토그램으로 저장해 둔다. 이동 객체의 정합은 각 프레임에서 가장 정합율(Matching Ratio)이 좋은 이동 객체 후보로 결정하고, 효율적인 탐색을 위하여 정합된 이동 객체 후보 영역을 다음 프레임에 위한 새로운 탐색 영역으로 저장한다. 이 때 이동 객체의 정합율은 표준 색상 정보 히스토그램과 이동 객체 후보의 색상 정보 히스토그램 간의 유사도로 평가하는데, 그 알고리즘은 다음과 같다.

$$M = \frac{\sum_{i=0}^{359} (H_i - H'_i)}{S}$$

H : 표준 색상 정보 히스토그램
 H' : 후보 객체의 색상 정보 히스토그램
 S : 이동 객체의 크기(width*height)

그리고 다음 프레임에서는 이전 프레임에서 찾은 이동 객체의 영역을 중심으로 이동 객체를 탐색할 영역을 확장하고, 탐색을 하도록 함으로써 불필요한 영역에서의 탐색 시간을 줄일 수 있게 하였다. 이동 객체의 추출은 탐색 영역 내의 후보 객체의 색상 정보 히스토그램을 계산해 표준 색상 정보 히스토그램과의 정합율을 계산하여 가장 좋은 정합율을 보이는 객체를 이동 객체로 결정하고, 표준 색상 정보 히스토그램과 이동 객체의 영역을 탐색 영역으로 확장하여, 다음 프레임에서 이동 객체를 추적할 수 있도록 한다.

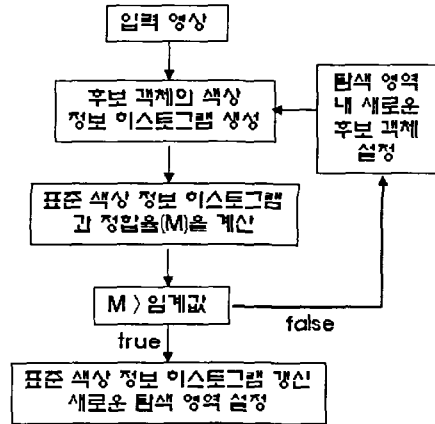


그림 6. 이동 객체 추출 및 추적
Fig 6. Object Extracting & Tracking

IV. 포물면 좌표 변환 함수를 이용한 이동 객체 좌표의 실제 좌표로의 변환

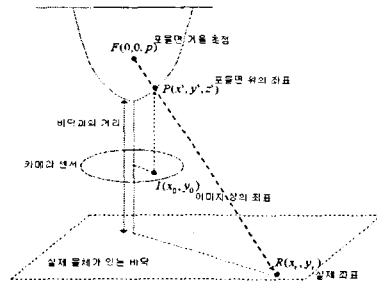


그림 7. 3차원 포물면 좌표 변환
Fig 7. 3D Parabolic Coordinate Transform

포물면 거울로 구성된 ODVS를 이용하여 이미지 상의 이동 객체의 좌표(x_0, y_0)에 대응하는 실제 좌표(x_r, y_r)를 구하는 포물면 좌표 변환 함수는 다음과 같다.

먼저 이미지 상의 이동 객체의 좌표(x_0, y_0)에서 포물면 거울 위로 투영시킨 3차원 점(x', y', z')을 구한다. 포물면 거울 초점 $F(0, 0, p)$ 에서 포물면 거울 위의 점(x', y', z')의 방향으로 직선 벡터를 구한 후, 이 직선 벡터를 실제 물체가 있는 바닥으로 투영시킨 교점이 구하고자 하는 실제 좌표(x_r, y_r)이다.

포물면 좌표 변환 함수는 다음과 같이 계산한다.

가. 이미지의 중심을 원점으로 하여 이미지 상의 이동 객체의 좌표(x_0, y_0)를 입력

나. 이미지 상의 이동 객체의 좌표(x_0, y_0)에서 포물면 거울 위의 점(x', y', z')으로 투영

포물면 거울에서의 실제 거리 계산을 위해 식 (3)과 같이 실제 픽셀 당 거리 비율(T)를 계산한다. 여기서, R 은 포물면 거울의 반지름, r 은 이미지 상의 반지름이다.

$$T = R/r \quad (3)$$

구해진 실제 픽셀 당 거리 비율을 이용하여 이미지 상의 좌표에 비율이 반영된 좌표가 포물면 거울에서 어디에 맺히는지 포물면 거울 위로 투영시킨 3차원 점을 포물선 방정식을 이용하여 식 (4)와 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} x' &: x_0 \times T \\ y' &: y_0 \times T \\ z' &: \sqrt{(x')^2 + (y')^2} / 4 \times p \end{aligned} \quad (4)$$

다. 포물면 거울 초점 $F(0, 0, p)$ 과 포물면 거울 위의 점(x', y', z')을 잇는 직선 벡터 설정

직선 벡터는 3차원 상의 두 점을 지나는 포물면 거울 초점 $F(0, 0, p)$ 으로부터 포물면 거울 위의 3차원 점(x', y', z')의 방향으로의 벡터로써 우리가 구하고자 하는 실제 좌표는 t 를 매개변수로 하는 직선 식으로 구할 수 있다.

$$x_r = a \times t + \alpha \quad (5)$$

$$y_r = b \times t + \beta \quad (6)$$

$$z_r = c \times t + \gamma \quad (7)$$

여기서, a, b, c 는 포물면 거울 초점에서 포물면 거울 위의 3차원 점으로 가는 방향(기울기) 벡터이고, α, β, γ 는 두 점 중 어느 한 점을 사용하면 되고, 포물면 위의 점(x', y', z')을 지난다고 설정할 경우 각각 x', y', z' 가 된다.

라. 직선 벡터와 실제 물체가 있는 바닥과의 교점인 실제 좌표(x_r, y_r)

실제 좌표는 직선 벡터와 실제 물체가 있는 바닥(x, y 평면)과의 교점이다. 실제 좌표의 z 축의 좌표(z_r)는 사전에 조사된 포물면 거울과 바닥과의 높이이므로 식 (7)에서 t 를 구할 수 있다. 구해진 매개변수 t 를 식 (5), (6)에 대입하여 변환된 실제 좌표(x_r, y_r)를 구한다.

V. 실험 및 결과

제안한 방법에 대한 실험에 사용된 ODVS는 Remote Reality 사의 OneShot360TM Immersive System이었으며, 실내 환경에서 촬영한 녹화 영상을 기반으로 처리하였다. Pentium IV PC 2.4GHz, 512MB에서 Visual Studio.NET으로 구현한 시스템으로 진행하였다. 실험에 사용된 이동 객체는 지면과 높이가 거의 차이가 나지 않는 50cm 길이의 리모트 컨트롤 자동차이다. 리모트 컨트롤 자동차를 이용한 이유는 지면과 높이 차이가 나는 이동 객체, 예를 들어 사람을 대상으로 하는 경우, 사람의 머리 위치와 발의 위치는 실제 거리 좌표로 많은 차이가 있어, 좌표 변환을 적용한 후 실험값과 실제 측정값의 정확한 비교가 힘들기 때문이다.

1. 이동 객체 추적 평가

실험에 쓰인 입력 영상은 해상도 640×480 이었으며, 초당 30 frame을 받았고, 밝은 조명과 어두운 조명에서 각각 촬영한 영상을 사용하였으며 카메라의 높이는 1.05m 였다.

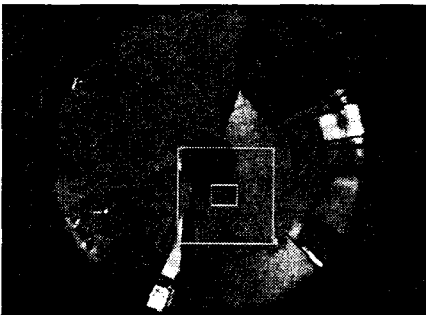
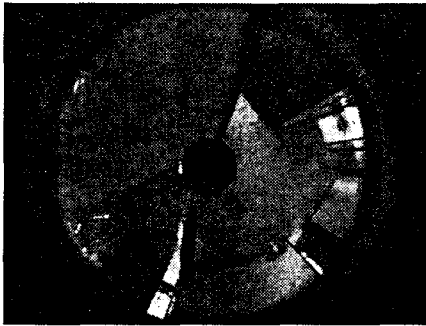


그림 8. 어두운 조명에서 촬영한 영상
Fig 8. Input Image From Dark Scene

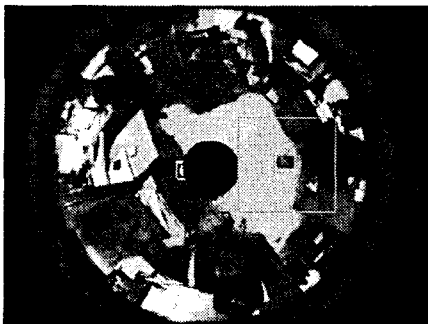
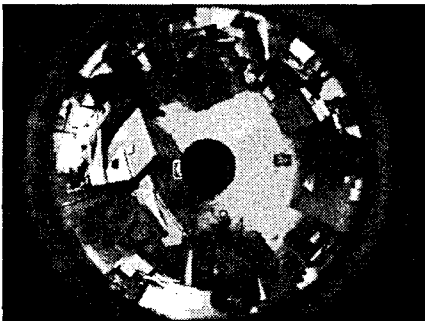


그림 9. 밝은 조명에서 촬영한 영상
Fig 9. Input Image From Light Scene

그림 8과 그림 9는 각각 어두운 조명과 밝은

조명 아래에서 각각 촬영한 영상들이며, 위 영상은 원본 영상, 그리고 아래 영상은 처리된 영상이다. 처리된 영상에 나타난 2개의 사각 영역에서 큰 사각 영역은 이전 프레임의 이동 객체 영역으로부터 확장한 탐색 영역이며, 작은 사각 영역은 추출된 이동 객체의 위치를 보여주고 있다. 탐색 영역의 확장 크기는 물체의 이동 속도를 실험적으로 측정해 결정하였으며 실험에서는 30px(픽셀)로 입력값을 주었다.

실험 결과, 밝은 영상과 어두운 영상의 구분 없이 물체를 잘 추적하는 것을 알 수 있었으며 ODVS의 입력 영상 특징 상 렌즈의 중심과 이동 객체 간의 거리에 따라 이동 객체의 크기가 가변적임에도 뛰어난 이동 객체 추적 능력을 보여주었다.

2. 좌표 변환 성능 평가

좌표 변환 성능 평가는 1. 이동 객체 추적 성능 평가와 동일한 환경에서 진행되었다. 실제 측정 좌표와 변환 좌표와의 오차 측정을 위해 기준이 되는 위치들을 지정한 후 실험을 하였으며, 표1에서 실제 측정 좌표의 값과 3차원 포물면 좌표 변환 함수에 의해 변환된 값의 오차를 비교하였다.

오차의 발생 이유는 렌즈 자체의 곡률, 카메라의 위치, 렌즈의 초점 거리 설정 값, 이동 객체와 지면과의 높이 차 등 다양한 환경적 요인에 영향을 받은 결과로 볼 수 있다.

표 1. 좌표 변환 오차
Table 1 Coordinates Transform Error

	실제 측정 좌표와 변환 좌표의 오차(mm)	
	dx	dy
최대	171.0	149.0
평균	82.1	74.7

VI. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 ODVS로부터 받은 입력 영상으로부터 색상 정보 히스토그램 알고리즘을 이용해 이동 객체를 추적하고, 이동 객체의 좌표를 3차원 포물면 변환 함수를 이용해 실제 거리 좌표로 변환하는 기법을 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 확인하기 위하여 실험한 결과 이동 객체를 추적함에 있어 색상 정보 히스토그램 정합이 조명의 밝

기에 강인함을 보임을 알 수 있었으며, 3차원 포물면 좌표 변환 함수를 통해 실제 거리 좌표로 변환한 값이 실제 측정값에 근사한 것을 확인하였다. 향후 연구 과제로는 변환 좌표가 실제 측정값과의 오차를 감소시킬 수 있는 연구와 다 개체 추적에 적용할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 한 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 이희영, 최재영, 강동구, 김홍수, 차의영, 전태수, "배경영상을 이용한 목표물 추적에 관한 연구", 한국멀티미디어학회 1999년도 춘계학술발표논문집(학술발표), Vol.2, No.1 pp.386-390, 1999.
- [2] 김도현, 박용민, 차의영, "Delta-bar-Delta 알고리즘을 이용한 ODVS의 좌표 교정", 한국해양정보통신학회 제9권 제3호 pp.669-675, 2005.
- [3] Mituyosi T, Yagi Y, Yachida M, "Real-time human feature acquisition and human tracking by omnidirectional image sensor", Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, MFI2003. Proceedings of IEEE International Conference on 30 July-1 Aug. 2003 pp.258-263.
- [4] 김윤호, "압축공격에 강인한 칼라영상의 워터마킹", 한국해양정보통신학회 제9권 제3호 pp.616-621