

# 직교식 스테레오 비전 시스템에서의 3차원 좌표 변환

윤희주\*, 차선희\*\*, 차의영\*\*  
\*부산대학교 멀티미디어 협동과정  
\*\*부산대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : kidjulia@naver.com

## 3D Coordinates Transformation in Orthogonal Stereo Vision

Hee-Joo Yoon\*, Sun-Hee Cha\*\*, Eui-Young Cha\*\*

\*Inter Disciplinary Research Program of Multimedia, Pusan National University

\*\*Dept of Computer Engineering, Pusan National University

### 요 약

본 시스템은 어항 속의 물고기 움직임을 추적하기 위해 직교식 스테레오 비전 시스템(Orthogonal Stereo Vision System)으로부터 동시에 획득된 영상을 획득하고 획득된 영상을 처리하여 좌표를 얻어내고 3차원 좌표로 생성해내는 시스템이다. 제안하는 방법은 크게 두 대의 카메라로부터 동시에 영상을 획득하는 방법과 획득된 영상에 대한 처리 및 물체 위치 검출, 그리고 3차원 좌표 생성으로 구성된다. Frame Grabber를 사용하여 초당 8-Frame의 두 개의 영상(정면영상, 상면영상)을 획득하며, 실시간으로 갱신하는 배경영상과의 차영상을 통하여 이동객체를 추출하고, Labeling을 이용하여 Clustering한 후, Cluster의 중심좌표를 검출한다. 검출된 각각의 좌표를 직선방정식을 이용하여 3차원 좌표보정을 수행하여 이동객체의 좌표를 생성한다.

### 1. 서론

실시간 영상에서 객체 추적을 위해 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 구현하기란 매우 어려운 일임에도 불구하고, 컴퓨터 성능의 발달로 인해 영상 처리 기법의 발전과 더불어 객체 인식과 객체 추적에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 객체 추적은 카메라로부터 입력된 영상에서 움직임을 보이는 객체를 인식하고, 그 움직임을 추정하여 추적하는 것이다. 객체를 추적하는 방법은 군사, 교통, 의학, 생물학, 공학, 교육, 보안, 제어분야 등 여러 분야에 응용될 수 있다. 특히, 최근 환경문제에 관심이 집중되고 있어, 특정 환경에서의 생물체들의 행동을 분석해 봄으로써 여러 정보들을 추출해내는 연구들이 진행되어 왔다.[1,3]

이런 생물체들의 행동을 분석하기 위해서는 생물체의 움직임을 관찰해야 한다. 물고기와 같이 3차원 공간상에서 움직이는 생물의 경우 2차원 추적만으로는 생물체 행동 데이터의 손실을 가져오므로 3차원

추적이 이루어져야 정확한 데이터를 얻을 수 있다.

카메라로 들어오는 2차원 영상을 3차원 정보로 재구성하기 위해선 특수한 기법이 사용되어야 한다. 그 중 다수의 영상에서 정보를 정합하여 3차원으로 재구성하는 기법을 스테레오 비전(이라 한다. 일반적인 스테레오 비전은 두 대의 카메라를 나란히 두어 동일한 시각 방향을 가지게 한 평행식(Parallel) 스테레오 비전이다. 이러한 평행식 스테레오 비전은 거리정보를 우선으로 하기 때문에, 어항 내 물고기 추적과 같이 입체감이 중요한 경우, 직교식 스테레오 비전(Orthogonal Stereo Vision)을 이용하는 것이 적합하다. 본 논문에서는 직교식 스테레오 비전 시스템을 사용하여 움직이는 물고기의 좌표를 획득하는 방법을 제안하였다.

### 2. 전체 시스템 개요

전체 시스템 개요는 그림1과 같다. 먼저, 직교식 스테레오 비전 시스템을 이용하여 상면 영상과 정면

영상을 획득한다. 획득한 영상을 가지고 영상처리를 통해 이동 물체를 추출 한 후, Labeling을 통해 클러스터의 중심좌표를 획득한다. 이렇게 구해진 좌표를 보정하여, 물고기의 최종 좌표를 획득하게 된다. 그림1은 제안하는 시스템의 구조를 도식화한 것이다.

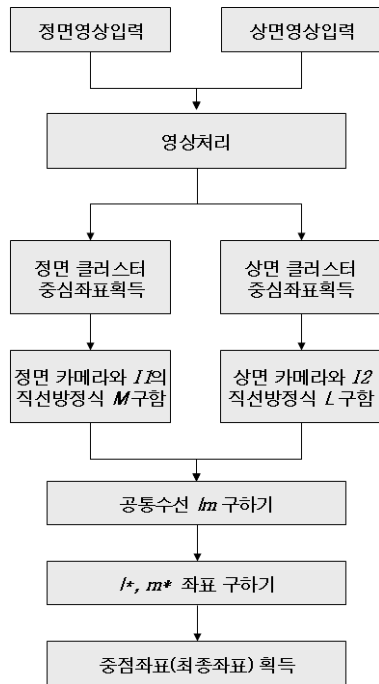


그림 1. 시스템 구조도

### 3. 이동객체 추출

이동 객체를 추출하는 방법에는 차영상 기법 [1,2,3], 이동벡터를 이용한 기법 [4] 등이 있다. 배경이 고정되어 있는 경우, 이미지에서 배경을 이루는 픽셀 값은 연속된 프레임 사이 픽셀 변화가 없고, 움직이는 개체를 이루는 픽셀은 변화가 생긴다. 이러한 사실을 이용하여 이전프레임과 현재프레임 간의 차를 이용한 기법을 차영상 기법이라 한다. 차영상 기법은 배경이 고정되어 있는 경우에는 유용하지만 배경이 고정되어 있지 않은 환경에서는 연속 영상에서 이동벡터를 구하여 이동영역을 추출하는 방법을 이용한다.

#### 3.1 평균영상을 통한 배경영상 획득

연속된 영상에서 이동객체를 추출하기 위해 배경영상과 차영상을 한다. 일반적으로 배경영상은 물체가 없는 상황에서 미리 추출하는 방법을 사용한다. 일반적인 배경영상 방법으로 이동객체를 추출할 경

우, 조명의 변화에 민감하며, 물체가 없는 상황을 미리 획득해야 하는 등의 단점이 있어, 본 논문에서는 평균영상을 통하여 실시간으로 배경영상을 갱신하였다. 배경영상을  $B$  현재 영상을  $C$ 라 할 때,  $n$ 번째 프레임에서의 배경영상  $B_n$ 은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_n(x, y) = \frac{C_n(x, y) + B_{n-1}(x, y)}{n} \quad (1)$$

#### 3.2 이동객체 추출 및 중심좌표 획득

이동객체를 추출하기 위해 현재영상과 식(1)에서 얻은 배경영상의 화소에 대해 차영상을 한다. 현재영상과 배경영상의 차영상  $D(x, y)$ 은 식(2)에 의해 구해진다.

$$D(x, y) = |C(x, y) - B(x, y)| \quad (2)$$

배경영상과 현재영상의 차영상을 구한 뒤 이진화 하여 물체와 배경을 구분 짓는다. 이진화를 통해 획득한 영상에는 추적 대상인 물고기 외에 노이즈가 있을 수 있다. 노이즈를 제거하기 위해 Opening 연산을 수행한다. 픽셀 단위의 정보를 객체로 묶기 위해 Labeling을 수행하여 Cluster를 생성한다. Labeling을 통해 추출한 Cluster들을 이동 물체라 보고, 중심좌표를 획득한다.

### 4. 직교식 스테레오 비전을 이용한 좌표 보정

정면 영상과 상면 영상에서 획득한 Cluster의 중심좌표는 2차원 좌표이다. 3차원 상의 객체가 영상이라는 2차원 평면에 상이 맺히면서 왜곡이 생기게 된다. 카메라 렌즈의 왜곡, 차원 저하에 의한 정보 손실 등의 이유로 객체의 실제 위치를 알 수 없지만, 각 영상에서 추출한 물체의 좌표와 카메라를 잇는 직선의 연장선상에 물체가 있다는 것을 알 수 있다.

물고기 추적에서는 물고기의 입체감이 중요하기 때문에 카메라를 직교식 카메라 설치법을 이용하여 설치하였다.  $C_1$ ,  $C_2$ 는 각각 정면카메라, 상면 카메라의 좌표이고, 각 카메라는 원점  $O$ 를 향하고 있다. 영상에서 물체  $A$ 는  $C_1$  카메라에서  $I_1$ 에,  $C_2$  카메라에서  $I_2$ 에 각각 상이 맺힌다. 각 카메라로 획득한 영상에선 물체  $A$ 의 정확한 좌표를 구할 수가 없다. 하지만 물체  $A$ 는  $C_1$ 과  $I_1$ 을 잇는 직선  $L$ 의 연장선상에 있다. 마찬가지로 물체  $A$ 는  $C_2$ 와  $I_2$ 를 잇는 직선  $M$ 의 연장선상에 있다. 결국 두 직선  $L$ 과  $M$ 의 교점

이 A의 실제 위치가 된다.

하지만, 영상처리를 통해 얻은 물체의 중심좌표가 정확하지 않기 때문에 두 직선이 관찰 영역 내에서 만나지 않을 수도 있다. 그러므로 두 직선을 잇는 가장 짧은 직선을 구하고 그 직선의 중심을 찾는 방법을 이용하여 좌표를 획득한다.

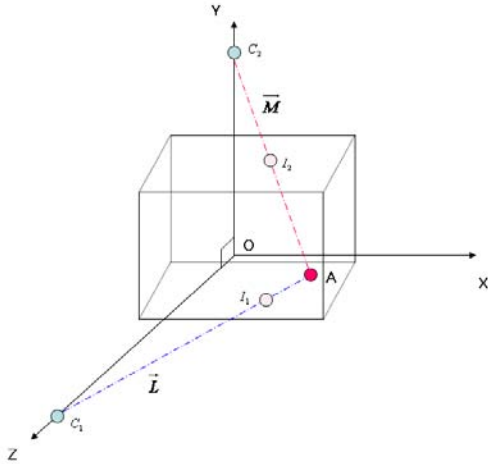


그림 2. 직교식 스테레오 카메라의 구조

- $I_1(a, \beta, \gamma), C_1(0, 0, c_1)$ 을 지나는 직선  $\vec{L}$

$$\frac{x-a}{-a} = \frac{y-\beta}{-\beta} = \frac{z-\gamma}{c_1-\gamma} \quad (3)$$

- $I_2(\delta, \epsilon, \zeta), C_2(0, c_2, 0)$ 을 지나는 직선  $\vec{M}$

$$\frac{x-\delta}{-\delta} = \frac{y-\epsilon}{c_2-\epsilon} = \frac{z-\zeta}{-\zeta} \quad (4)$$

직선 L 상에 존재하는 임의의 한 점을  $l$ 이라 하고, 직선 M상의 임의의 한 점을  $m$ 이라 할 때, 식 (3)과 (4)에 s와 t를 매개변수로 두면, 두 점의 좌표는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$l: (x_L, y_L, z_L)$$

$$\begin{aligned} x_L &= -as + a \\ y_L &= -\beta s + \beta \\ z_L &= (c_1 - \gamma)s + \gamma \end{aligned}$$

$$m: (x_M, y_M, z_M)$$

$$\begin{aligned} x_M &= -\delta t + \delta \\ y_M &= (c_2 - \epsilon)t + \epsilon \\ z_M &= -\zeta t + \zeta \end{aligned}$$

꼬인 위치에 있는 두 직선 L과 M의 양쪽에 수직인 직선  $lm(\vec{N})$ 을 직선 L, M의 공통수선이라 한다.

이 때, 선분  $lm$ 의 길이가 직선 L 위의 점과 직선 M 위의 점을 연결하는 최단거리가 된다. 직선  $lm$ 에 존재하는 임의의 한 점  $n$ 의 좌표는 다음과 같다.

$$n: (x_N, y_N, z_N)$$

$$\begin{aligned} x_N &= \delta(1-t) - a(1-s) \\ y_N &= \epsilon(1-t) + c_2 t - \beta(1-s) \\ z_N &= \zeta(1-t) - \gamma(1-s) - c_1 s \end{aligned}$$

- $\vec{N} \perp L$   

$$-a \cdot x_N - \beta \cdot y_N + (c_1 - \gamma) \cdot z_N = 0 \quad (5)$$

- $\vec{N} \perp M$   

$$-\delta \cdot x_N - (c_2 - \epsilon) \cdot y_N - \zeta \cdot z_N = 0 \quad (6)$$

식(5)와 (6)에  $(x_N, y_N, z_N)$  좌표를 대입하면,

$$\begin{aligned} (1-t)(c_1 \zeta + c_2 \beta - a\delta - \beta\epsilon - \gamma\zeta) \\ + (1-s)(a^2 + \beta^2 + \gamma^2 - 2c_1 \gamma + c_1^2) \\ + c_1^2 + c_1 \gamma - c_2 \beta = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} (1-t)(2c_2 \epsilon - c_2^2 - \delta^2 - \epsilon^2 - \zeta^2) \\ + (1-s)(a\delta + \beta\epsilon + \gamma\zeta - c_1 \beta - c_1 \zeta) \\ + c_2^2 - c_2 \epsilon + \zeta c_1 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

영상에서 획득한  $I_1, I_2, C_1, C_2$ 의 좌표를 대입하여 식(7), (8)을 연립하여 풀면, 매개변수 s와 t를 구할 수 있다. s와 t를 대입하여  $pl$   $m$  좌표에 대입하면, 두 점  $l, m$ 의 거리가 최소가 되는 좌표  $l^*, m^*$ 을 구할 수 있다.

$$l^*: (x_{L^*}, y_{L^*}, z_{L^*})$$

$$m^*: (x_{M^*}, y_{M^*}, z_{M^*}) \text{ 이라 할 때,}$$

객체의 3차원 중심 좌표(A)는 두 점의 중점

$$A = \left( \frac{x_M - x_L}{2}, \frac{y_M - y_L}{2}, \frac{z_M - z_L}{2} \right)$$

이 된다.

## 5. 실험결과

본 논문에서 제안된 방법은 Pentium4 3.0GHz, 512MB RAM의 PC환경에서 Visual C++.NET으로 구현하였으며, Frame Grabber를 통해 초당 8프레임씩 획득한 정면 영상과 상면 영상을 실험에 사용하

였다.

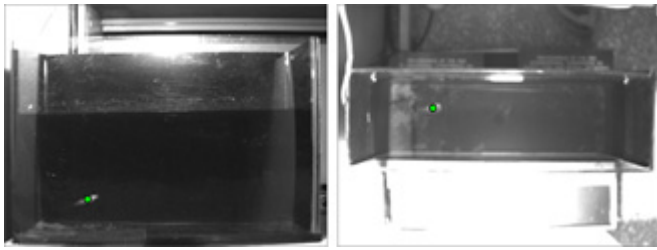


그림 3. 정면과 상면의 입력영상

그림 3은 각각 정면 카메라와 상면 카메라로부터 획득한 영상에서 영상 처리 과정 및 클러스터링 과정을 통해 추출된 물체의 중심 좌표를 나타내고 있다.

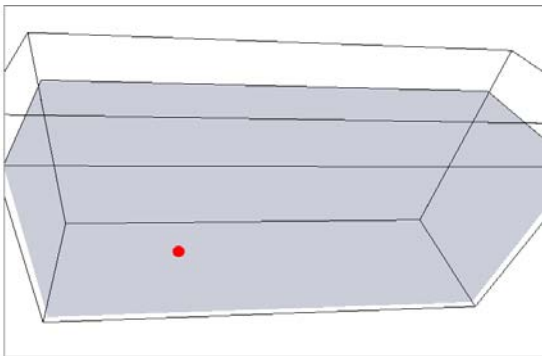


그림 4. 3차원 변환 좌표

그림 4는 상면 영상과 정면 영상으로부터 획득한 각각의 2차원 좌표를 3차원으로 변환된 결과를 OpenGL로 모델링하여 나타내고 있다.

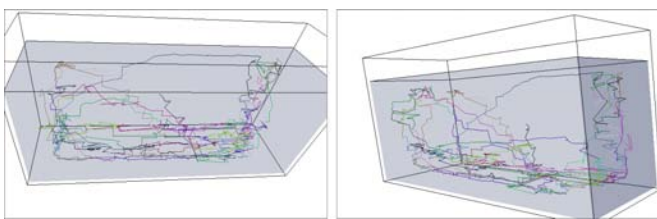


그림 5. 3차원 좌표 변환에 의한 객체 이동 궤적

그림 5는 제안된 3차원 좌표 변환 알고리즘을 실제 응용에 적용한 예이다. 물고기의 행동 분석을 위하여 가로 44.5cm, 세로 14.0cm, 높이 30.5cm의 수조에 물고기를 넣고 30분간 움직임을 관찰, 추적하여 획득한 영상으로부터 추출된 물고기의 3차원 이동 궤적을 표현한 것이다. 물고기와 같은 작은 개체의 움직임은 그 이동 속도 및 가속도 등의 일관성이

미약함에도 불구하고 자연스러운 움직임 궤적을 나타낼 수 있다.

## 6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 직교식 스테레오 비전을 사용하여 움직이는 객체의 3차원 좌표를 획득하는 방법을 제안하였다. 기존의 단순히 한 대의 카메라를 이용하여 2차원 평면상에서 움직임을 추적한 것 보다 더 유용한 정보를 추출할 수 있고, 직선방정식을 이용함으로써 백터계산보다 연산량을 줄일 수 있었다.

배경영상과의 차영상 기법을 이용하여 객체를 추적하는 방법 외에 프레임간의 차영상을 통한 물체 추적 방법도 있다[3]. 배경영상을 사용할 경우, 수면 감소, 빛의 세기 변화에 의해 민감하다는 단점이 있기 때문에, 본 논문에서는 실시간 배경영상 갱신으로 그러한 단점을 보완하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 여러 가지 해결해야 할 문제점이 남아 있다. 먼저, 본 시스템과 같이 수중 생물의 움직임을 분석할 경우, 물의 굴절률에 대한 보정이 필요하다. 또한, 단 개체에서 뿐만 아니라, 다 개체에 대한 추적이 가능하기 위해 겹침 현상을 해결 할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 서영욱, “직교식 스테레오 비전을 이용한 3차원 다개체 추적에 관한 연구”, 부산대학교 컴퓨터공학과 석사학위 논문, 2004
- [2] 김수인, 남궁재찬, “스테레오 비전 시스템에서의 이동객체 추출 및 거리 측정”, 멀티미디어 학회 논문지, Vol.5 No.3, 2002.6
- [3] 이상길, 구경모, 서영욱, 차의영, “다중 카메라를 이용한 3차원 개체 추적 시스템”, 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, Vol.11 No.1, 2004.5
- [4] 조영석, 이주신, “부분 외곽선 정보를 이용한 이동물체의 추적 알고리즘”, 한국정보처리학회논문지 Vol.8-B No.5, 2001.10
- [5] 지정규, 이광형, 김용균, 오해석, “객체 추적을 위한 적응적 배경영상 생성 방법”, 한국정보처리학회 논문지 B, 제10-B권, 제3호, 2003.6