

객체 영상의 3D 모델링을 위한 특징점 인식에 관한 연구

정윤수*, 이해원*, 김진석*

*한국전자통신연구원 우정기술연구부

e-mail:{yoonsu, hewlee, kimjs@etri.re.kr

A Study on Feature Point Recognition for 3D Modeling of object image

Yun-Su Chung*, Hae-Won Lee*, Jin-Suk Kim*

*Postal Technology Development Department, ETRI

요약

본 논문에서는 영상 처리 방법을 이용하여 주어진 객체의 실세계 좌표를 나타내는 특징점을 인식하는 한 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 육면체 형상의 객체를 대상으로 하며, 이러한 객체 영상의 주요한 특징점은 육면체를 결정짓는 꼭지점들로 이루어진다. 제안된 방법은 CCD 카메라로부터 영상을 획득하는 영상 획득 모듈, 획득된 영상에 대하여 관심 영역을 찾는 영상 분할 모듈, 분할된 관심 영역에 대하여 sobel operator등을 이용하여 경계 정보를 검출하는 영상 처리 모듈, 그리고 세션화, line fitting과정을 통하여 직선 벡터들을 검출한 후에 객체의 주요한 특징점을 인식하는 모듈로 구성된다.

1. 서론

본 논문에서는 실 세계의 3D 물체에 대한 modeling을 수행하기 위한 한 방법을 제안한다. 본 연구에서 사용한 3D 물체는 육면체의 형태로 되어 있으며, 이러한 물체에서의 특징점은 물체의 형태를 결정짓는 꼭지점들이 되며 본 논문에서는 이러한 꼭지점들의 실세계 좌표를 인식하여 물체의 3D 모델을 생성할 수 있는 한 방법을 제안한다. 이러한 3D 물체의 꼭지점은 영상의 특징점으로, 이러한 특징점을 인식하기 위해 본 논문에서는 스테레오 영상 인식 기술을 이용하며, 다음과 같은 처리 과정을 통해 물체의 특징점을 인식한다. 먼저, 두 대의 CCD 카

메라를 이용하여 영상을 캡처하는 모듈, 그리고, 캡처된 영상으로부터 영상개선, 영역분할, 경계 검출등을 수행하는 영상처리 모듈, 경계 검출된 영상으로부터 선분근사화등의 과정을 통하여 직선벡터 추출 및 교차점을 추출하는 모듈, 마지막으로 두 개의 영상으로부터 교차점에 대한 대응점 매칭등을 통해 특징점의 실 좌표를 인식하는 모듈로 구성된다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 3D 객체의 특징점 인식 시스템 구현을 위한 세부 알고리즘에 대해 설명하며, 3장에서는 실험에 대한 결과 분석 및 결론을 나타낸다.

2. 3D 물체의 모델 링을 위한 특징점 인식

본 논문에서 3D 객체의 특징 점을 인식하기 위한 과정은 다음과 같다. 의 시스템 구성은 다음과 같다. 먼저, 영상의 획득을 위해 본 실험에서는 Matrox meteor II Image grabber 와 삼성 SF CCD 카메라를 이용하였다. ROI(region of interest)의 추출을 위해서는 배경 영상과 물체가 있는 영상 사이의 변화 영역을 고려하여 수행하였으며, 경계 검출 연산자로서는 기존의 sobel operator를 또한, 특징 점의 추출을 위한 모듈에서는 세선화(thinning), 다각형 근사화(polygonal approximation), and Line clustering 등의 방법을 통해 만들어진 직선 벡터들로부터 특징 점을 추출하고 이러한 특징 점의 후보들로부터 실제의 객체 모델의 특징 점을 인식하는 방법을 사용하였다.

2.1 영상 캡처 모듈

본 연구에서 사용한 영상 캡처 장치는 두 대의 CCD카메라(삼성 SFA-410ED)와 Matrox Meteor II/Multi-Channel Image grabber를 사용하였다. 이와 함께 영상의 획득은 물체의 전방 대각선위로부터 영상을 획득하는 방법을 사용하였다. 이 때 획득된 영상의 크기는 640 x 480크기의 해상도와 256크기의 밝기를 가진다.

2.2 영상 처리 모듈

영상 캡처 장치를 이용하여 획득된 영상은 각각 다음과 같은 독립적인 처리과정이 수행된다. 먼저, 입력된 영상에 대하여 객체 영역이 존재하는 관심영역(Region of Interest: ROI)의 분할이 수행된다. 영상의 크기가 커질수록 처리시간이 기하 급수적으로 늘어나는 부담을 극복하기 위하여 본 연구에서는 획득된 영상으로부터 물체가 있는 부분을 검출하여 검출된 영역에 대해서만 이후의 계산 집약적인 처리를 수행함으로써 전체적인 소요 시간을 감소시키는 방법을 사용한다.

본 연구에서 사용하고 있는 영역 추출 과정은 미리 취해져 있는 배경 이미지를 이용하게 된다. 배경 이미지는 처리 이미지와 동일한 조

명 조건 및 기타 동일한 환경 조건에서 획득된 영상이라고 가정한다. 우선 영역 추출을 위한 기본 영상을 얻어내기 위해 입력 이미지와 설정된 배경 이미지 사이의 차 이미지를 구한다. 이상적인 배경이미지가 설정된 경우에는 정확히 물체가 있는 부분에만 값이 존재하는 차 이미지가 얻어지게 되겠지만, 실제 영상에 대해 적용한 결과에서는 잡음 영상 및 여러 방해요소가 작용하므로 이상적인 차 이미지를 얻는다는 것은 불가능하다. 특히 조명이 물체에 반사되어 생기는 반사광은 물체 주위에 상당히 큰 잡음성분으로 작용하게 된다. 그러므로 이러한 잡음 성분에 대해 강인한 영역 검출 방식이 필요하다.

이 문제에 대해 본 연구에서는 위에서 얻은 차 이미지에서 물체 영역이 전체 차 이미지에서는 상당히 큰 값이 연속적으로 나타나는 패턴을 가진다는 점에 주목하여 이미지 X-Y 방향에 대한 투사 히스토그램 분석을 통하여 영역 추출을 수행하고 있다. 각 방향에 대한 투사 히스토그램(식 1)은 차 이미지를 각 축에 투사하여 전역적인 언덕 형태가 나타나는 영역을 취하는 방식이다. 영역은 식 2와 같은 조건에 포함되는 영역을 물체가 있는 영역으로 간주한다.

$$PH(x) = \sum_y I(x, y) \quad (1)$$

$$Area(a, b) = \int_a^b PH(x) dx \quad (2)$$

위 조건 영역을 얻어내기 미리 설정한 하한 이상의 값을 가지는 구간 a, b를 결정하여 이 부분 구간을 물체의 영역으로 간주한다. 이 과정을 X-Y 축에 대해 독립적으로 수행하면 직사각형 영역을 얻게 되는데 이를 물체의 영역으로 간주한다. 이 방법은 그리 큰 계산 부담 없이 처리 이미지의 크기를 대폭 감소시켜 이후의 계산 집약적 과정에서 처리 시간을 크게 감소시킬 수 있다.

이 방법이 가지고 있는 한계점은 앞에서 언급한 배경 이미지의 가정으로부터 비롯되는데 배경이미지가 처리 이미지와 항상 같은 조건에서 촬영된 것이라는 조건이 성립하지 않는 경우 영역 추출이 제대로 이루어지지 않게 된다. 이는 동적으로 변하는 조명 상황이나 주변에 움직이는 물체가 많은 경우에는 성립하기 힘든 조건이므로 이 같은 상황에 대처하기 위한 추가적인

연구가 필요하다.

물체의 영역이 추출되면 ROI 영역에 대하여 경계 검출이 수행된다. 본 연구에서는 일반적인 경계 검출 연산자로 많이 사용되는 Sobel 연산자를 이용하여 경계 영역을 검출하였다^[1].

2.3 직선 벡터 추출 모듈

영상 처리과정을 통해 ROI에 대한 경계 검출이 수행되면 Chen-Hsu^[2]의 세선화 알고리즘을 이용하여 물체의 골격 선을 검출한다. Chen-Hsu의 세선화 알고리즘은 2개의 부루프(sub-loop)를 가지는 병렬 알고리즘으로, 완벽한 8-방향 세선화 결과를 보인다.

세선화가 끝난 골격 선을 벡터화 하기 위해 최대 허용 오차법(ME : Maximum Error)^[3]을 이용하는데 이는 골격선의 선분 근사화 알고리즘으로 매우 간단하며, 그 적용이 용이하다. 이 방법을 이용하여 선분 벡터를 추출하기 위한 알고리즘은 다음과 같다. 첫 번째 단계로 세선화된 ROI의 골격선을 따라 3×3 윈도우를 쉼겨가며 윈도우의 8-이웃 화소 중 흑화소의 개수를 헤아려 본다. 8-이웃 화소 중 흑화소가 하나 뿐인 화소는 선분의 끝점인 최종점(end point)으로, 8-이웃 화소 중 흑화소가 3개 이상인 화소는 선분과 선분이 만나는 분기점(branch point)으로 표시해 둔다. 그런 다음 최종점 또는 분기점과 다른 최종점 또는 분기점 사이의 화소들의 체인을 구해 이 체인의 시작과 끝을 연결하는 벡터를 생성한다. 두 번째로 체인 상의 각 점과 벡터 사이의 거리를 구해 벡터로부터 가장 멀리 떨어져 있는 점을 구한다. 세 번째로 그 거리가 미리 정해진 하한값 보다 크면, 벡터는 그 점에서 두 개로 분리된다. 만약 거리가 문턱값보다 작거나 같으면, 벡터는 세선화된 영상을 근사화한 결과라 간주한다. 모든 영상 체인에 대해 위의 과정을 반복함으로써 선분 벡터의 추출을 완료한다. 이상의 반복적인 선근사화 과정을 그림 1에서 보여주고 있다.

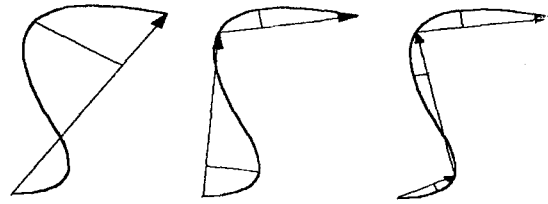


그림 1. 최대 허용 오차 법을 이용한 선분 벡터화

Fig. 1. Vectorization of line using ME.

이 때, 직선 벡터들은 동일 선상에 있는 직선임에도 불구하고 몇 화소 정도가 떨어진 일련의 벡터들로 되는 경우가 생기므로 벡터 결합(clustering)과정을 통해 최소, 최적의 선분 벡터로 추출해야 한다^[4]. 그림 2와 같이 인접한 선분 벡터들의 각도(θ_1, θ_2), 길이(L_1, L_2), 그리고 선분 벡터간의 거리 D 를 구하여 각도 차와 길이비, 그리고 거리 D 가 문턱 값보다 작으면 두 벡터를 결합하여 준다. 더 이상의 결합될 벡터가 없을 때까지 이러한 과정을 반복 수행함으로써 벡터 결합을 완료한다.

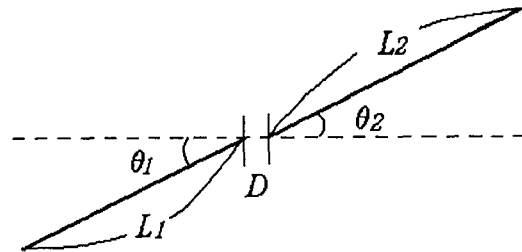


그림 2. 인접한 두 선분 벡터

Fig. 2. Adjacent two line-vectors.

그리고, 이러한 직선 벡터의 결합은 직선 벡터의 기울기별로 클래스를 구분하여 이루어진다. 이것은 직육면체라는 조건에 의해 선분 기울기가 연속적으로 나타나는 것이 아니라 이산적인 분포를 가진다는 특성을 이용해 정한다.

2.4 특징점 인식 모듈

서로 다른 집합간에 교점을 구하고자 할 때 이 경우에 필요한 교점의 조건은 구해진 교점이 각 선분의 끝점에 근접해 있어야 한다는 것과 극히 인접한 교점은 하나의 점이라는 것이다. 여기서 두 번째 조건은 세 개의 직선이 만나는 교점이 하나로 정해지기 위해서는 반드시 필요한 조건이다. 여기서 점 간 거리는 불필요한 실수 계산을 없애기 위해 city-block 거리(식 3)를 도입하여 사용하고 있으며

$$D_4(x, y, s, t) = |x - s| + |y - t| \quad (3)$$

인접 교점은 교점의 계산이 끝난 직후 바로 계산되어 불필요한 탐색 시간을 줄이는 방법이 사용된다.

두장의 영상 각각에 대해 교차점이 검출되고 나면, 대응점 탐색은 앞에서 구한 꼭지점을 이용해 두 영상에 같이 나타난 대응되는 점을 탐색하는 과정이다. 본 연구의 경우 카메라 보정이 완전하게 이루어져 있다고 가정하기 때문에 영상간의 대응점은 스테레오 카메라의 다른 영상에서 에피폴라 선상에 존재하게 된다^[5]. 이러한 제한 사항을 이용하여 왼쪽 카메라로부터 얻은 꼭지점에 대한 오른쪽 영상에서의 에피폴라 선을 계산하여 이 선상에 꼭지점이 나타나면 대응점으로 선택한다. 그러나 카메라 보정 오차 및 동일 선상에 우연히 다른 꼭지점이 나타나는 경우가 많으므로 최종적인 결정은 다음과 같은(식 4)을 최소로 하는 점을 선택하게 된다.

$$F = rd + (1 - r)C \quad (4)$$

이 때, r 은 두 조건 사이의 적용 도를 나타내며 실험적으로 0.6으로 결정된다. 이때, 판단 조건인 d 는 꼭지점과 에피폴라 선간의 거리, C 는 부분 영상간 상호 상관을 나타낸다. I_l, I_r 은 각각 좌 우측 영상의 밝기 값을 의미한다. 그리고, 좌, 우측 영상의 부분 평균값 \bar{I}_l 과 \bar{I}_r 은 카메라 사이에 나타나는 조명의 차이를 보상하기 위해 사용되어진다.

마지막으로 특징점 인식을 통해 획득된 2장의 영상 각각에 대응되는 두점을 이용하여 3차원 유클리디안 공간의 좌표 값을 역으로 계산하고,

이 값이 3D 물체의 특징점으로써 실 세계의 좌표 값을 나타낸다.

3. 실험 결과 및 분석

본 연구에서 Pentium III 500Mhz, RAM 256MB의 시스템 환경에서 실험을 수행하였으며, 본 실험에서 사용한 실험 영상의 예가 아래에 나타난다. 그림 3은 각각 우측카메라(A)와 좌측 카메라(B)로 부터의 획득된 영상을 나타내며, 그림 B의 경우 경계 검출후의 선분 벡터 및 교차점 검출 등을 통해 획득된 특징 점들의 후보를 나타내고 있다. 최종적인 특징 점의 인식은 A영상의 한 점에 대한 에피폴라선상의 한 점 B가 특징 점으로 인식되는 것이다.

본 실험을 통해서 제안된 방법이 효과적으로 3D 물체의 특징 점을 찾아 낼 수 있음을 알 수 있었다. 하지만, 배경 영상에서 많은 변화가 있는 경우에는 ROI의 추출을 위한 새로운 방법들이 필요할 것으로 여겨진다.

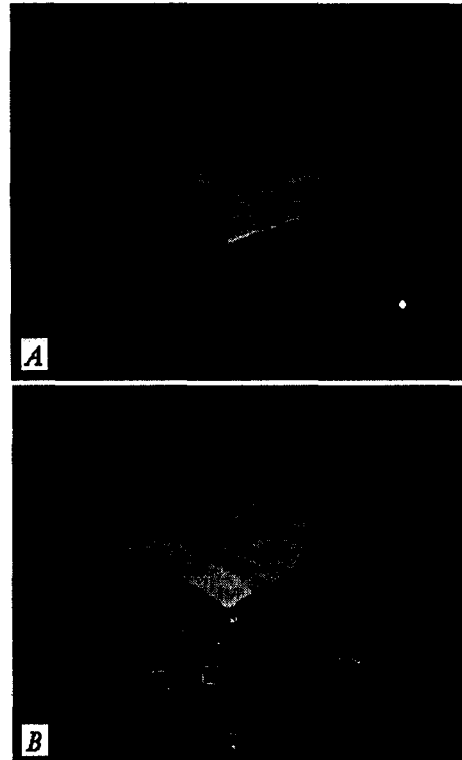


그림 3. 실험의 한 예
Fig. 3. An example of example

<참고문헌>

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", 1992.
- [2] Y. S. Chen and W. H. Hsu, "A modified fast parallel algorithm for thinning digital patterns," *Pattern Recognition Letters*, vol. 7, no. 2, pp. 99-106, 1988.
- [3] R. Jain, R. Kasturi and B.G. Schunck, *Machine Vision*, McGraw Hill, 1995
- [4] A. Jonk and A. W. M. Smeulders, "An axiomatic approach to clustering line-segments," *Proceedings of the Third ICDAR*, pp. 386-389.1995
- [5] G. Xu and Z. Zhang, "Epipolar Geometry in Stereo, Motion and Object Recognition", Kluwer Academic Publishers, 1996