

## 거대한 구조물의 3차원 영상 재구성을 위한 외곽선 길이 정보 추출

전병승, 박정민, 김영중, 고한석, 황인준, 임모택  
고려대학교 전자전기공학전공

### Outer-line measurement for 3D reconstruction of huge structures

Byung-Seung Jeon, Jung-Min Park, Young-Joong Kim, Han-Seok Ko, In-Joon Hwang, Myo-Taeg Lim  
Dept. of Electrical Engineering, Korea University

icsmit@korea.ac.kr, destin11@korea.ac.kr, kyjoong@korea.ac.kr, hsko@korea.ac.kr, ehwang04@korea.ac.kr, mlim@korea.ac.kr

**Abstract** - 본 논문은 큰 구조물의 3차원 영상 재구성을 위해서 획득한 2차원 영상에서 특징점을 찾아 선으로 조합한 후 선 길이 정보를 추출하는 방법을 제안한다. 거대한 구조물의 외곽선 길이 정보 추출을 위해서는 광각 카메라에 의한 영상을 획득한다. 영상에서의 외곽선들은 모델의 기울어진 정보와 형태, 모델의 크기 등을 결정하게 되는데 광각카메라 사용에 의하여 배열왜곡, 원근투영왜곡 등이 발생한다. 외곽선 정보 추출의 순서는 먼저 모델의 2차원영상을 획득하고 이로부터 왜곡이 보정된 그레이영상을 획득한다. 이 그레이영상에서 잡음을 제거하고 특징점을 찾기 위하여 SUSAN 알고리즘을 사용한다. SUSAN알고리즘 기법은 적은 계산량과 잡음에 매우 강한 장점이 있어서 영상에서의 특징점을 얻기 위한 효과적인 기법이다. 특징점을 3차원 벡터공간에서 맵핑시킨 후 X, Y, Z 좌표축으로 점과 선으로 나타내고 시작점과 끝점의 좌표를 이용하여 벡터 길이를 얻는다. 이러한 벡터 데이터와 3차원 영상 재구성을 위한 라이브러리인 OpenGL을 사용하여 3차원 공간에 거대한 구조물들을 재구성하는 소프트웨어를 개발하였다.

**Keywords** : computer vision, 3D reconstruction, outer-line

## 1. 서 론

현대 정보화시대에는 여러 방면에 걸쳐 3차원 영상이 광범위하게 사용되고 있다. 하지만 실제로 사용되고 있는 3차원 영상들은 쉽게 구할 수 있는 3차원영상 프로그램들을 이용하여 사람의 손으로 만들어지므로 상당한 시간과 노력, 고가의 장비와 장소를 필요로 한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여, 2차원 영상을 이용한 3차원 영상 재구성 방법들이 활발히 연구되어지고 있다. 모델링에 있어서 최근 연구 경향은 실제 모델의 이미지로부터 3차원 재구성하는 것과 실제 정확한 정보를 이용하고 하는 것이다. (이미지로부터 3차원 정보를 얻기 위해서는 카메라교정 과정을 사용하는데, 이러한 과정은 의료영상분야나 컴퓨터비전, 산업로봇틱스등의 여러 분야에도 활용되고 있으며, 이에 따른 상당한 연구도 진행되어 오고 있다.) 2차원 영상을 이용한 3차원 재구성 방법은 사람의 양안 시차를 이용하여, 카메라의 위치를 이동시키고, 위치에 따라 인식되는 모델의 모양을 통해서, 정보를 획득하는 것이다. 2차원 스테레오 영상을 통해서 모델의 3차원 정보를 얻기 위해 다음과 같은 과정을 거치게 된다. 첫째, 획득한 이미지로부터 모델과 배경과의 구분을 해야 한다. 2차원 이미지로부터 변위를 측정하고 일정한 변위가 발생한 영역만을 모델로 간주하고, 변위와 카메라와 카메라 사이의 거리, 카메라와 물체와의 거리등을 이용하여 3차원 깊이 정보를 계산한다. 두 번째는, 카메라 교정과정의 필요하다. 이 과정을 통해서 카메라들의 외부 변수를 비교해 봄으로써 동일 직선상에 평행한 축을 갖도록 카메라가 배치되었음을 확인 할 수 있다. 세 번째는, 모델로부터 특징점을 추출하는 과정이 필요하다. 특징점 추출은 윤곽선 검출과 더불어 영상처리분야에서 중요한 기술로서 다루어지고 있다. 추출된 특징점은 3차원 영상 재구성의 기초를 마련해주므로, 적절한 수의 특징점을 추출해 내도록 해야 한다. 네 번째에서는, 특징점을 x-y-z 벡터공간에 맵핑시킨 후 코너부분에 해당하는 특징점을 이용하여 모델의 코너간의 변위를 구하여 모델의 길이와 높이등 정보를 획득한다.

본 논문에서 제안하는 방법은 획득한 2차원 영상에 대하여 정확한 변위를 추출하기 위해 웨이블릿 변환에 LOG필터링을 통하여 변위영상을 획득하고, SUSAN 알고리즘에 의한 특징점을 추출한다. 특징점에 대한 Z좌표를 추출하고 좌표값에 대해 벡터공간에 맵핑시킨 후 외곽선의 길이 정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서는 밝기 값 비교를 이용한 방법으로 SUSAN 알고리즘을 사용하는데 이것은 계산이 빠르고 잡음에 안정적인 장점을 갖는 방법이다. SUSAN 특징점 추출 알고리즘에서 지역적으로 가장 작은 USAN(Unival Segment Assimilation Nucleus) 값을 갖는 방법을 수정하여 좀 더 정확한 외곽선 특징점을 찾는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 특징점 추출 알고리즘의 선행연구인 선의 근사화 기법에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 SUSAN 알고리즘이 2차원영상에서 특징점 추출에 대한 기본 아이디어와 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 이용하여 실험된 결과를 기술한다. 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 소개한다.

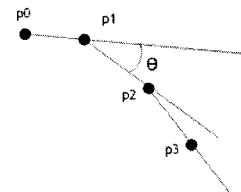
## 2. 선의 근사화 기법

### 2.1 Line Approximation

어떠한 모델을 표현하는데 있어서는 점과 선이 필요하다. 점들은 특징점들이 되겠고, 이들을 이은 것이 선분이 된다. 시작점과 끝점이 만나는 순간 하나의 물체를 이루게 되는 것인데 여기서 특징점 (feature points) 이라는 것이 상당히 중요한 포인트이다. 특징점은 Corner 점이라고 볼 수도 있는데 물체를 표현하는데 있어서 중복되고 중요하지 않으며 불필요한 점들을 제거하여 최소한의 점으로 물체의 특징을 잘 표현한 점들이라고 설명할 수 있다. 특징점을 찾기 위해서 최소한의 선들로 표현하고자 Line Approximation 을 수행하는 것이고, Curvature 에 의한 근사화 방법과 Strip 기법을 이용한 방법이 있다.

#### 2.1.1 Curvature

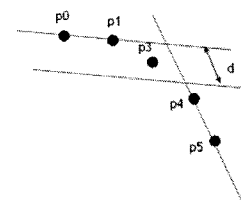
각도를 이용한 법이라고도 할 수 있는데 말 그대로 p0-p1-p2 이렇게 세 점이 이루는 각도를 구하여 사진에 정의된 일정 임계값을 넘지 못하면 p1 점을 제거하고 넘으면 p1 을 시작점(p0)으로 하며 다시 세점씩 검사하여 제거하거나 포함하는 식으로 근사화 하는 방법이다.



<그림 1> Curvature method

#### 2.1.2 Strip Algorithm

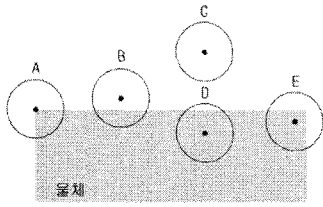
거리를 이용한 방법으로 p0, p1 로 만들어진 선분과 수평으로 거리 d 만큼 이상 떨어진 점을 선택하여 진행해 나가는 방법이다. 거리 d 이하의 점들은 사라지고, 특징점을 찾아내기에는 Curvature 방법보다는 성능이 떨어지는 알고리즘입니다.



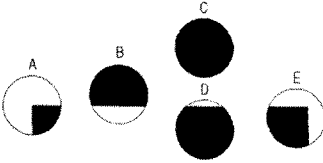
<그림 2> Distance method

## 3. SUSAN 특징점 추출 알고리즘

USAN(Unival Segment Assimilation Nucleus)은 원형마스크의 중심 픽셀과 마스크 내 다른 픽셀들 간 밝기값이 유사한 픽셀들의 집합이다. USAN의 넓이가 지역적으로 가장 작은 픽셀이 특징점이다. 2차원 이미지에 원형마스크를 적용하면 <그림 3>과 같다. 교차성을 평가하는 방법으로 밝기값 비교 방식을 적용하여 USAN 픽셀인지 아닌지를 결정한다. 그러면 <그림 4>에서 검정색으로 표기된 영역이 USAN픽셀이다. USAN 픽셀의 개수를 USAN값이라 하면 A형태는 USAN 값이 마스크 넓이의 1/2보다 작게 되어 특징점 후보가 된다. 그러나 B, C, D, E 지역은 USAN값이 마스크 크기의 1/2 이상 이므로 특징점 후보에서 제외된다. 그리고 특징점 추출은 USAN 값 중에서 지역적으로 가장 작은 USAN 값을 갖는 픽셀이 특징점이 된다.



<그림 3> 원형마스크형태



<그림 4> 검출된 USAN영역

SUSAN 특징점 추출 알고리즘의 수식은 다음과 같다. 식(1)에서 T는 밝기 값의 유사도를 결정하는 임계값이라 하고, A, B는 원형 마스크의 중심 픽셀과 마스크 내 다른 픽셀의 한 점, t는 임계값 보다 작은 점들의 집합, L은 영상의 밝기 값, S는 USAN 픽셀의 합, R은 교차지도에 표기하는 USAN 값의 역치 값, H는 원형마스크의 절반을 나타내는 상수라 한다. 식(1)은 원형마스크가 이미지에 적용 될 때 원형 마스크의 중심 픽셀과 마스크 내 다른 픽셀들 간 밝기 값의 유사도를 편별하는 식인데, 두 픽셀의 밝기 값 차이가 T보다 작으면 X에 1을 저장한다. 식(2)는 X가 1이면 USAN에 해당하는 픽셀로 간주하고 식(3)은 원형마스크내에서 X가 1인 픽셀의 개수로서 USAN값이다. 식(4)는 USAN값이 원형 마스크픽셀 개수의 절반보다 작을 때 상수 H에서 USAN값을 감산하여 USAN 값의 역치값을 만들어서 R에 저장한다. 다음으로 특징점 검출은 R을 검색하여 USAN의 역치값 중 지역적으로 가장 큰 값을 찾는다. 즉 가장 작은 USAN 값을 찾으면 선들이 교차하는 특징점이다.

$$X(A,B) = \begin{cases} 0 & |L(A) - L(B)| \leq T \\ 1 & \text{other} \end{cases} \quad \text{식(1)}$$

$$USAN = \{A \in t \mid X(A,B) = 1\} \quad \text{식(2)}$$

$$S(A) = \sum_{B=t} X(A,B) \quad \text{식(3)}$$

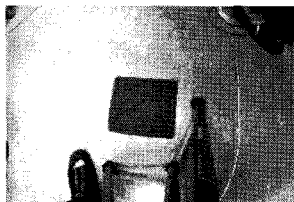
$$R(A) = \begin{cases} H - S(A) & S(A) \leq H \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{식(4)}$$

#### 4. 실험 및 결과 분석

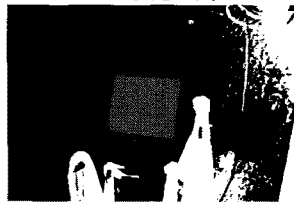
본 장에서는 2장과 3장에서 제안한 선의 근사화 기법과 SUSAN 특징점 추출 알고리즘을 이용하여 거대한 구조물의 윤곽선 추출과 특징점들을 이용하여 구조물의 외곽선길이 정보에 관한 실험결과를 기술한다.

##### 4.1 실험구성도 및 영상

본 실험은 작은 구조물인 [그림 5]의 (a) 사각형패치와 [그림 6] (a) 큰 구조물을 비교대상으로 실험하였다. [그림 5]의 (a)와 [그림 6]의 (a)는 알고리즘이 적용되기 전 영상이며, [그림 5]의 (b)와 [그림 6]의 (b)는 SUSAN 알고리즘을 통하여 추출된 특징점을 통해서 선분으로 변환된 모델의 형태를 보여주고 있다.

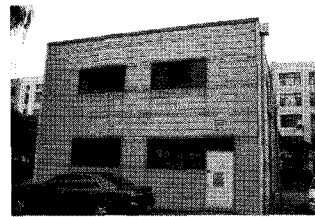


(a) 사각형 패치

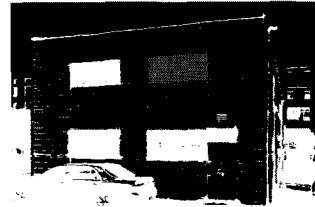


(b) 추출된 사각형 패치

<그림 5> 실험에 사용된 사각형 패치 영상



(a) 구조물



(b) 추출된 구조물 형태

<그림 6> 실험에 사용된 구조물 영상

#### 4.2 측정된 길이정보

구조물의 크기에 따른 길이 오차율에 관한 평가를 하기 위해서 작은 구조물의 길이정보와 큰 구조물에서의 길이정보를 비교하였다. 작은 구조물인 사각형 패치에서는 길이오차가 -2mm정도가 발생하여 2%정도의 오차율을 보였지만 큰 구조물에서는 -139mm정도의 길이오차가 발생하고 7%정도의 오차율을 보여 큰 구조물에 대한 길이 정보 추출에 대한 정확한 알고리즘의 연구가 필요하다.

	가로길이 (mm)	측정된 가로길이(mm)	길이 오차	오차율
(a) 사각형 패치	182	180	-2	2%
(b) 구조물	2030	1891	-139	7%

< 표 1 > 측정된 길이 정보

#### 5. 결론

본 논문에서는 2차원 영상에서 이진화 시킨 이미지를 통해 모델의 윤곽선을 추출하고, SUSAN 알고리즘에서 원형마스크의 중심 픽셀과 마스크 내 다른 픽셀들 간 밝기 값이 유사한 픽셀들의 집합 속에서 USAN의 넓이가 가장 작은 픽셀을 찾아 특징점을 추출하였다. 이미지에 원형 마스크를 적용하고 교차되는 특징점을 밝기 값 비교 방식을 적용하여 USAN 픽셀인지 아닌지를 결정 후 USAN 픽셀의 개수가 기준치 보다 작은 영역을 가지고 있는 마스크내의 영역을 특징점으로 사용하였다. 작은 구조물에 대해서는 왜곡이나 특징점에 대한 추출에서 에러가 적어 오차율이 적게 발생하였지만 구조물이 클 경우 방사형 왜곡에 의해 정확한 수치가 측정되지 않아 방사형 왜곡 보정을 통해 길이 정보를 보정하는 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국전자통신연구원 정보통신연구개발사업의 지원을 통하여 수행되었기에 깊은 감사를 표합니다

#### [참고 문헌]

- [1] Kitchen and A. Rosenfeld, Gray-level Corner Detection, Pattern Recognition Letters, Vol. 1, 95-102, 1982.
- [2] C. Harris and M. Stephens, A Combined Corner and Edge Detector, Proc. 4 th Alvey Vision Conference, 147-151, 1988.
- [3] S. Smith and J. Brady, SUSAN A new approach to low level image processing, International Journal of Computer Vision, Vol.23(1), 45-78, 1997.
- [4] 이대호, 박세제, 박영태, "분할 영역 특성을 이용한 특징점 추적 기법," 한국정보과학회 추계종합학술대회, Vol 28, pp 373-375, 2001
- [5] A.D. Marshall and R.R. Martin, "Computer Vision, Models and Inspection", 1993.
- [6] Z. Zhang and O. Faugeras, 3D Dynamic Scene Analysis, Springer-Verlag, 1992.
- [7] 홍현진, "정지영상 코너검출 알고리즘을 동영상에 효율적으로 적용하는 방법," 상명대학교, 석사학위논문, 2007.
- [8] Stephen M.Smith, "SUSAN-A new approach to low level image processing," International Journal of Computer Vision 23(1), pp.45-78, 1997.
- [9] 노윤형, 고병철, 변혜란, 유지상, " 2단계 하이브리드 방법을 이용한 2D 스테레오 영상의 3D 모델링," 정보과학회논문지, 소프트웨어 및 응용 Vol.28-7, 2001.