

물체의 3-D 형상 복원을 위한 삼각측량 시스템

김국세* · 이정기* · 조애리* · 배일호* · 이준***

*조선대학교 컴퓨터공학과

***조선대학교 컴퓨터공학부

A Study on the 3-D Information Abstraction of object using Triangulation System

Kuk-se Kim* · Jeong-ki Lee* · Ai-Ri Cho* · Il-ho Ba* · Joon Lee***

*Dept. of Computer Eng., Graduate School, Chosun Univ.

***Dept. of Computer Eng., Chosun Univ.

ABSTRACT

The 3-D shape use to effect of movie, animation, industrial design, medical treatment service, education, engineering etc... But it is not easy to make 3-D shape from the information of 2-D image.

There are two methods in restoring 3-D video image through 2-D image; First the method of using a laser; Second, the method of acquiring 3-D image through stereo vision. Instead of doing two methods with many difficulties, I study the method of simple 3-D image in this research paper. We present here a simple and efficient method, called direct calibration, which does not require any equations at all. The direct calibration procedure builds a lookup table(LUT) linking image and 3-D coordinates by a real 3-D triangulation system.

The LUT is built by measuring the image coordinates of a grid of known 3-D points, and recording both image and world coordinates for each point; the depth values of all other visible points are obtained by interpolation.

제 1 장 서 론

시각 기술은 산업현장에서 가장 근본이 되는 기술중의 하나이다. 인간이 느낄 수 있는 주변 환경을 얼마나 근접하게 컴퓨터가 측정 할 수 있도록 하는가에 대한 연구는 컴퓨터 비전이라는 학문을 낳게 하였다. 물체의 3-D 정보란 임의의 3-D 점에 좌표 상에서 물체의 각 점에 대한 위치 혹은 거리 정보를 말한다¹⁾. 이러한 3-D 정보는 방법론적으로 여러 가지가 있다. Structured Light 기법, 대상물체에 형성된 실루엣을 시각센서로 3-D 정보를 추출하는 방식이 있다. 이러한 기법은 외부 환경의 변화에 덜 지배적이고 굴곡이 심한 형상의 물체에 대해서도 용이하게 3-D 정보를 구할 수 있으나 패턴 투사가 주사 방식에 의해 이루어지므로 정보 획득이 느리다. 또한 거울 면과 같이 매끈한 표면을 가진 대상물체에는 적용이 어렵고, 구조화되지 않은 작업환경에 대해서는 사람에게 치명적인 시각 장애를 초래할 수 있다. 이런 어려운 점을 감안하여 손쉽게 3-D 영상 이미지를 얻는 방법으로 3-D 정보를 얻기 위해 본 논문에서는 삼각측량 시스템을 만들어 Lookup 테이블을 만든다. 삼각측량 시스템은 물체를 놓을 수 있는 실험 판과, 샘플링 물체, 카메라 한 대, 스트라이프 제네레이터로 구성된다. 3-D 영상을 얻기 위해 샘플링 물체를 삼각측량 시스템 위에 놓고 스

트라이프 제네레이터를 통해 라이트 플랜을 물체에 영사 시켜 물체 위의 빛 굴곡을 통해 샘플링 데이터의 실질적 3-D 좌표 점을 만든다. 이것을 Lookup 테이블(Lookup table, LUT)라 한다²⁾.

제 2 장 3-D 영상 획득을 위한 삼각측량 시스템

2.1 3-D 영상 획득을 위한 삼각측량 시스템 구성

본 연구논문에서는 3-D 영상획득을 위한 Lookup테이블 작성을 위해 삼각측량 시스템을 제안한다. 삼각측량 시스템 측면도 구성은 그림 2.1에 보이는 것과 같다. 실험대 위로 일정한 높이 δ 를 갖는 몇 개의 사각 홈 블록을 사용한다. 사각 홈 블록(G 라 부른다)은 병렬로 나열되어 있다. 스트라이프 제네레이터는 일정 간격으로 자동 이동하게 되어 있다. 사각 홈 블록 위로 수직으로 스트라이프 제네레이터를 설치하여 빔을 물체 위로 투영시키고 카메라의 위치는 사각 홈 블록으로부터 일정한 거리 위에 설치한다. 카메라로부터 얻어지는 이미지 크기를 $X_{max} \times Y_{max}$ 라 가정한다. 처음으로 물체가 없는 실험대 위를 제네레이터 스프라이터를 수평으로 자동 이동시키면서 이미지가 $y = y_{max} - 1$ 까지 투영시켜 $Z = 0$ (배경과 평행)인지 확인한다.

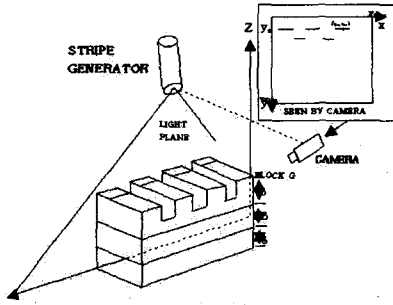


그림 2.1 직접 칼리브레이션을 위한 단순 범위 측정 측정도

2.2 삼각측량 시스템을 이용한 룩업 테이블 작성

본 연구 논문에서 제시한 삼각측량 시스템 구성은 그림2.1과 같다. 크기 x, y 가 150mm이고 홈 깊이와 간격이 5mm이다. δ 의 높이는 10mm이다. 직접 칼리브레이션을 위해 칼리브레이션 격자를 만들고 74단계의 칼리브레이션 블록을 구성하여 만들고 디자인한다.(그림2.4) 각각의 길이는 150mm로 하고 깊이는 5mm로 한다. Y방향에서 칼리브레이션 점들을 찾기 위해(그림 2.1), 블록은 74 장면의 평행적인 규칙적 간격을 형성한다. 스트라이프 제네레이터가 더 낮은 단계의 최고의 표면에 잘 떨어질 수 있게, 필요한 오퍼레이터 간섭은 스트라이프 제네레이터의 플랫폼 위에 수직으로 블록을 놓는 것이다. 스트라이프가 74 단계들의 각각 위에 카메라로 관찰할 수 있게, 스트라이프는 2mm정도 자동적으로 y방향으로 이동한다. 각 위치를 위해 스트라이프는 구분들의 선의 연속으로서 나타난다. 그리고 구분들의 센터들의 위치는 서브픽셀을 자동적으로 정확히 찾게 되고, 기록된다. 블록들의 크기는 스트라이프 표면에 나타나는 모든 점들이 z축으로 1mm y축으로 2mm가 벗어나지 않도록 디자인되었다. 블록의 경사는 감지 장치의 카메라에서 일어나는 칼리브레이션을 허용한다.

74단계에서 측정되는 교정 점들의 결과로서 생기는 격자의 예는 그림2.4 에 나타나 있다. 이것은 스트라이프에 의해 블록의 일정 높이 위에서 칼리브레이션의 이미지 위치 점들을 가리키는 x축을 보여 주고있다. y축은 주안점의 이미지 y 위치를 보여준다.

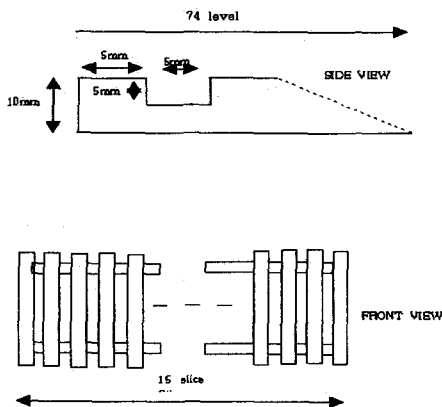


그림 2.3 칼리브레이션 블록

측정된 (x, y) 에 있어서, 우리는 이미지에서 스트라이프 점들을 확인해야 한다. 이 작업을 용이하게 하기 위해, 우리는 스트라이프를 이미지에서 두드러지게 하여 레이저의 밝은 빛을 이용하였다. 제네레이터 스트라이프에서 기본 센서들을 3-D 라이트 스캐너라 부른다.

완전한 Lookup table을 카메라에 얻게 하기 위해 칼리브레이션 격자들은 역 변환 되어 삽입된다. 15개의 점들과 정방형의 선을 사용하고, 각 이미지 픽셀은 칼리브레이션 워크스페이스 안에서 3-D 점들에 결합시키게 된다.

직접 칼리브레이션은 간단하고, 자동적이며 빠르다. 이것은 간단한 range 측정 알고리즘을 따른다. 알고리즘은 아래와 같다.

가. RANGE_CAL 알고리즘

① 스트라이프 수평면에서 틸 수직으로 스트라이프 아래에 블록 G를 놓는다.

② G 위에 떨어지고 있는 스트라이프의 이미지를 얻는다. 이미지 칼럼들을 조사하는 것에 의해 G의 더 높은 표면 위에 떨어지고 있는 스트라이프 점들의 y 좌표 점들을 찾는다.(즉, 홈 안은 아니다)

③ 스캔라인 $y = yz$ 안 부분의 구해지는 중앙에 의해서 G의 top 표면 줄무늬 마디의 중앙의 좌표 $[x_i, y_i]^T, i = 1, \dots, n$ 을 계산한다. 테이블 T안에서 각각의 이미지 포인트 $[x_i, y_i]^T$ 그리고 이것과 유사한 3-D 포인트 $[X, Y]^T$ 를 기록한다.

④ 또다른 블록을 G위에 놓는다. δ 만큼 G의 표면이 높아진다. 스텝 1의 상태가

아직 적용되는지 확인한다. X Y Z 참조 프레임이 움직이지 않도록 조심해야 한다.

⑤ G의 탑 표면 이미지가 $y = 0$ 에 가까워질 때까지 step 2,3,4를 반복한다.

⑥ x와 0사이 $x_{max} - 1$, 그리고 y와 0 사이 $y_{max} - 1$, 그리고 $[X, Z]^T$ 를 되돌림으로써 T를 2-D의 룩업 테이블 L로 바꾸고, 이미지 좌표점 $[x, y]^T$ 에 의해 조정된다.

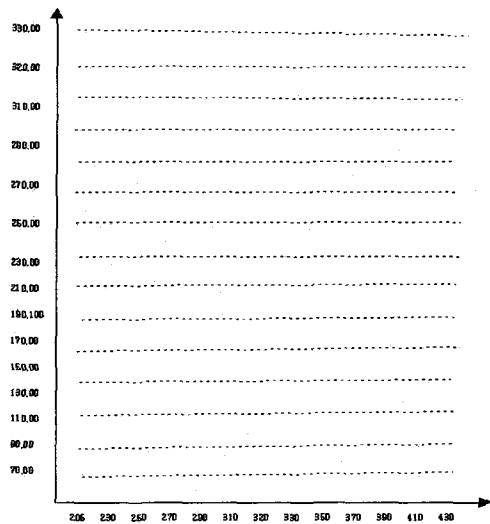


그림 2.4 74단계의 직접 칼리브레이션 격자표

삼각측량 시스템 위에서 직접 칼리브레이션 격자 표에 따른 룩업 테이블 좌표 점 예는 아래와 같다.

x	y	z	x	y	z
207	34.3	10	211.9	238.9	10
207.3	54.74	10	211.9	259.4	10
207.5	75.43	10	211.9	280.2	10
207.6	95.63	10	212	300.4	10
207.8	116.1	10	212.1	321	10
208.1	136.3	10	213.4	34.68	10
208.2	156.9	10	213.6	55.11	10
208.4	177.3	10	213.8	75.68	10
208.4	197.8	10	214.1	95.68	10
208.5	218	10	214.2	116.3	10
208.9	238.7	10	214.5	136.6	10
208.8	259.5	10	214.6	156.8	10
208.8	280.2	10	214.7	177.3	10
208.9	300.5	10	214.9	198	10
209	321.3	10	214.9	218.1	10
210.3	34.39	10	215.1	239	10
208.6	57.72	10	215.1	259.4	10
210.7	75.55	10	215.1	280.2	10
210.8	95.75	10	215.2	300.4	10
211	116.1	10	215.4	321	10
209.4	139	10	216.6	34.98	10
211.4	156.9	10	216.8	55.32	10
211.5	177.2	10	217.1	75.88	10
211.6	198.1	10	217.2	95.85	10
211.7	218.1	10	217.3	116.4	10

표 2.1 첫 번째 샘플링 블록에 대한 록업 테이블 작성표

제 3 장 삼각측량 시스템을 이용한 물체의 3-D 정보 추출

3.1 영상 정보 획득

삼각측량 시스템을 이용해 직접 칼리브레이션을 통해 획득한 록업테이블을 이용해 획득한 영상 좌표 정보를 일대일 대응시키면서 3-D 형상 복원을 한다. 실 영상 정보 획득은 다음과 같다. 삼각측량 시스템에 놓여있는 샘플링 오브젝트를 제거하고 그 자리 위에 오브젝트를 위치시킨다(그림3.1). 오브젝트위로 스트라이프 제네레이터를 통해 수직으로 물체위로 라이트 플랜을 투영시킨다. 획득한 이미지 정보를 미리 작성된 록업 테이블에 일대일 대응시켜 3-D 정보를 추출해 형상복원한다. 아래에서 록업 테이블을 이용하여 레인지 프로필을 획득하는 알고리즘 RANGE_ACQ을 보여준다.

1. 알고리즘 RANGE_ACQ

- ① 획득하고자 하는 물체를 스트라이프 밑에 수직으로 놓고 스트라이프 G를 투영시켜 이미지 정보를 획득한다.
- ② 스케닝된 각각의 이미지 칼럼으로부터 스트라이프의 이미지 좌표 $[x, y]^T$ 를 계산한다.
- ③ 록업 테이블을 이용하여 얻고자하는 스트라이프 점들 $[X, Z]^T$ 를 (x, y) 에 대응시킨다.

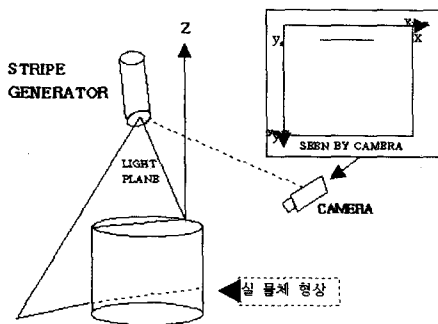


그림 3.1 삼각측량 시스템 위에서 실 물체 영상 정보 획득 측면도

출력은 이미지 스트라이프 점들에 대응하고 있는 유사한 3-D 좌표들의 집합이다.

제 4 장 실험 결과

본 논문에서 제안된 삼각측량 시스템 위에서 10mm의 δ 를 갖고 x, y가 150mm인 샘플링 물체를 통해 록업 테이블을 작성하여 얻고자 하는 물체의 3-D 정보는 삼각측량 시스템 위에서 물체를 통해 얻어지는 좌표 점들을 미리 작성된 록업 테이블과 대응시키면서 대응되는 좌표 점을 찾아 깊이정보 및 3-D 데이터를 획득하여 3-D 데이터를 이용하여 형상복원을 한다. 본 논문에서 제안한 삼각측량 시스템의 하드웨어적 구성은 다음 그림4.1과 같다.



그림4.1 형상복원을 위한 3-D 삼각측량 시스템

형상복원을 위한 실 3차원 삼각측량 시스템을 통하여 록업 테이블을 작성하고 실 영상을 획득하고 획득된 영상으로부터 RANGE_CAL 과 RANGE_ACQ 알고리즘을 이용하여 록업 테이블을 작성하고 대응점을 검출한 뒤 이를 이용하여 깊이 정보를 추출하여 깊이지도(Depth map) 및 3-D 좌표를 구하는 것을 주된 기능으로 볼 수 있다. 실 영상을 얻기 위해 삼각측량 시스템 위에서 라인 스캔을 통해서 에지 검출을 하였다(그림4.5). 그림으로써 얻어지는 에지 검출을 통해서 픽셀 단위로 좌표 점을 자동 검출한 다음 록업테이블에 대응시켜 이를 통하여 3-D 형상복원을 하였다.

X	Y	X	Y	X	Y
235.6	34.41	245.8	258.8	254.6	135.3
237.8	52.45	245.9	279.7	254.8	155.6
238	72.67	246	300.3	254.9	176.2
238.2	93.45	246	321.2	255.1	197
238.3	114.1	245.4	34.79	255.2	217.4
238.6	134.7	245.1	56.19	255.5	238
238.8	155.3	247.6	73.31	255.4	259.1
238.9	176	247.8	94.03	255.4	279.5
239	196.8	248	114.4	255.6	300.4
239.2	217.5	248.2	135.1	255.6	320.9
239.4	238.2	248.3	155.6	256.7	32.8
239.2	259.1	248.5	176.3	257	53.31
239.4	279.8	248.6	196.9	257.2	73.78
239.6	300.4	247.6	219.3	257.4	94.3
239.6	321.1	249.1	238.2	257.5	114.7
240.8	31.79	242.2	249.5	257.8	135.3
241	52.51	248.9	259	258	155.8
241.2	73.01	249.1	279.6	258.1	176.3
241.4	93.76	242.4	291.2	258.2	197.1
241.6	114.2	249.2	300.4	258.5	217.6
241.7	134.7	249.2	321.1	258.7	238.2
242	155.3	250.5	32.39	258.6	258.8
242	176.1	250.6	52.97	258.6	279.6
242.2	196.9	250.8	73.46	258.7	300.2
242.4	217.4	251	94.06	258.8	320.9
242.6	238.1	251.1	114.5	260	32.92

표 3.1 삼각측량 시스템 위에서 획득한 실 영상 좌표점

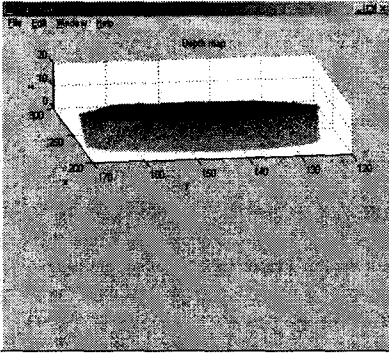


그림4.2 획득된 영상의 대응점 데이터로부터 1차 영상 형상 복원

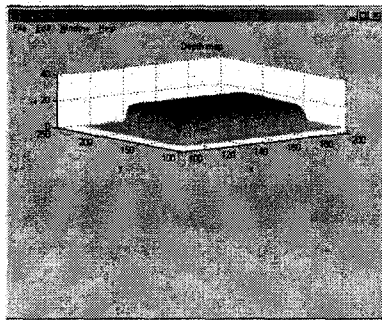


그림4.3 획득된 영상의 대응점 데이터로부터 2차 영상 형상 복원

제 5 장 결 론

본 논문에서는 특업 테이블 작성을 위한 삼각측량 시스템을 개발하고 한 대의 카메라를 이용하여 직접 캘리브레이션을 하는 3-D형상복원을 위한 삼각측량 시스템 개발을 제안한다. 본 연구에서 제안한 3-D 형상복원을 위한 삼각측량 시스템은 직접 캘리브레이션을 통한 특업 테이블을 작성하기 때문에 복잡한 수식 사용이 없고, 저 비용으로 시스템을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 로봇의 활용, 형상복원 및 3-D 정보를 이용한 컴퓨터 비전의 응용에 있어서, 본 논문에서 제안한 시스템에 대한 많은 활용이 있을 것으로 예상된다.

본 논문에서 제안된 시스템의 발전을 위해서 계속 연구되어야 할 분야로는 좀더 세밀한 특업 테이블을 작성할 수 있는 삼각측량 시스템 개발과 알고리즘 개발, 날씨의 변화나 조명의 변화에도 민감하지 않는 Range 센서의 개발에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 박광일 : 스테레오 카메라의 미소 병진운동을 이용한 거리추출 알고리즘에 관한 연구, 한국과학기술원 1994.12
 [2] E. Trucco and R. B. Fisher, *Acquisition of Consistent Range Data Using Direct Calibration*, Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, San Diego, (1994), pp. 3410-3415.
 [3] P. J. Besl, *Active, Optical Imaging Sensors*, Machine Vision and Applications, (1988), Vol. 1, pp 127-152.
 [4] A. Blake, H. R. Lo, D. McCowen and P. Lindsey, *Trinocular Active Range Sensing*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and

Machine Intelligence, (1993), Vol. 15, pp. 477-483.
 [5] R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, Addison - Wesley, Reading, Mass (1965).
 [6] A. V. Oppenheim, A. S. Willsky and I. T. Young, *Signals and Systems*, Prentice - Hall International Editions (1983).
 [7] T. Wohlers, *3-D Digitizers*, Computer Graphics World, July (1992).
 [8] E. Trucco and R. Fisher : Experiments in Curvature-Based Segmentation of Range Data, to appear in IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., 1993.
 [9] J. Shamma and D. Whitney : A Method for Inverse Robot Calibration, ASME Journ. of DynSyst., Meas., Control(109), March 1987, pp. 36-43.