

단일 시각방향 영상에서의 기하 불변량의 특성 비교에 관한 연구

이영재*, 박영태

*신성전문대학 전자과
경희대학교 전자공학과

A Study On the Comparison of the Geometric Invariance From A Single-View Image

*Young Jae Lee, Young Tae Park
*Dept. of Electronic Eng. Shinsung Junior College
Dept. of Electronic Eng. Kyunghee Univ.
*yjlee@avhana.shinsung.ac.kr
ytpark@nms.kyunghee.ac.kr

Abstract : There exist geometrically invariant relations in single-view images under a specific geometrical structure. This invariance may be utilized for 3D object recognition. Two types of invariants are compared in terms of the robustness to the variation of the feature points. Deviation of the invariant relations are measured by adding random noise to the feature point location. Zhu's invariant requires six points on adjacent planes having two sets of four coplanar points, whereas the Kaist method requires four coplanar points and two non-coplanar points. Experimental results show that the latter method has the advantage in choosing feature points while suffering from weak robustness to the noise.

I. 서론

영상인식 분야에서 기하 불변량(Invariant)의 중요성을 인식하기 시작한 것은 1960년 이후의 일이다. 기하 불변량이란 어떤 형태의 변환(transformation) 환경에서도 남아있는 기하학적인 특징을 말한다. 따라서 3차원 공간상에 존재하는 물체는 관찰자의 시각방향에 따라서 다른 형상을 가질 수 있으므로 이를 해결하기 위한 방법으로 기하 불변량을 찾아내는 연구가 활발하게 진행 중이다.^{[4][5]} 물론, 단일시각 방향에서 일정한 제한조건을 만족시키는 3차원 공간상의 점에 대해서 기하 불변량이 존재하지만 임의의 개수를 지닌 모든 3차원 점

집합에 대해서는 일반적인 기하 불변량이 존재하지 않는다는 제약조건에도 불구하고 카메라 보정이 필요 없고, 어떤 투영 변환에서도 영향을 받지 않는다는 강점 등으로 인하여 컴퓨터 비전에서 중요한 역할을 해 왔으며 많은 적용사례가 제안되었다.^{[1][2][3][4][5]} 기하 불변량은 다음과 같은 2가지의 경우^[6]로 대분하여 적용할 수 있는데 첫째는 polyhedral cage 형태로 다면체의 꼭지점에 존재하는 점들과 면들의 제약조건을 수학적 인 근간으로 계산하는 방법이고, 두 번째는 대칭성을 이용하는 것이다. 육면체의 경우 첫 번째 경우를 사용하면 동일평면상의 4개점과 다른 동일 평면상의 3개의 점 등 7개점들이 필요하며, 두 번째인 대칭성을 이용하면 최소 8개의 점이나 4개의 점과 2개의 선 성분이 필요하다. 또 새로운 첫 번째 경우의 방법으로 동일평면상의 4개점과 다른 동일 평면상의 2개의 점 등 6개 점들을 사용한 방법^[1]과 동일평면상의 4개점과 다른 평면상의 2개의 점 등 6개점들을 사용한 방법^[2] 등이 발견되었다.

본 논문에서는 새로운 방법의 기하 불변량을 기하 불변량 I, 기하 불변량 II로 구분하여, 영상의 특징점에 잡음이 섞인 경우 기하 불변량 값과 에러량의 분포 비교를 통하여 그 특성을 비교한다.

II. 단일 시각방향 영상의 기하 불변량

기하 불변량은 모델에 근거한 물체인식방법에서 지표(index)로 사용되어 많은 장점을 제공한다. 그러나 일반적으로 단일시각 방향 영상에서 얻은 3차원 점들의 집합에 대한 기하 불변량은 존재하지 않으나, 제한

된 모양의 물체에서는 기하 불변량을 구할 수 있으며, 이를 통해 물체인식이 가능하다.^{[1][2][3]}

1. 기하 불변량 I^[1]

기하 불변량 I은 서로 이웃한 6개점을 이용하여 기하 불변량을 찾아내는 것으로 이웃한 평면상(평면은 4개의 점들로 구성)에 존재하는 6개의 점들을 사용하거나, 이웃한 3개의 평면 7개의 점들을 사용해 구조화된 3차원 물체를 인식하는 것이다.

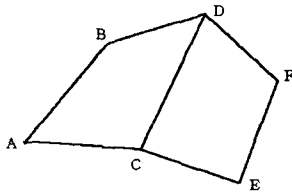


그림 1. 이웃한 2개의 평면에 6개점(동일평면 4개, 다른 동일평면 2개)들이 존재하는 구조

$$I = \frac{P_{ABD} P_{FEC}}{P_{ABC} P_{FED}} = \frac{P_{A'BD'} P_{F'E'C'}}{P_{A'B'C'} P_{F'E'D'}} \quad (1)$$

P_{ABD} : 물체 좌표 평면 $P_{A'B'C'}$: 영상 좌표 평면

2. 기하 불변량 II^[2]

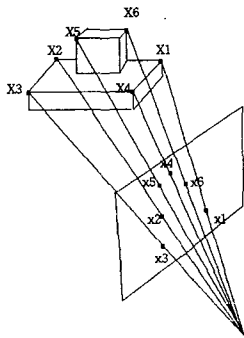


그림 2. 평면에 투영된 6개점 특징점

그림 2에 나타난 점들을 canonical projective coordinates를 사용하여 $\bar{\alpha}, \bar{\beta}, \bar{\gamma}, X, Y, Z$ 의 식으로 식(2), 식(3)과 같이 나타낼 수 있다. 자세한 것은 [2][4]에 잘 나타나있다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\bar{\beta}}{\bar{\alpha}}\right), \quad \varphi = \cos^{-1}(\bar{\gamma}) \quad (2)$$

$$\theta' = \tan^{-1}\left(-\frac{Y}{X}\right), \quad \varphi' = \cos^{-1}(Z) \quad (3)$$

III 기하 불변량 실험

단일 시각방향 영상에서 3차원 인식을 위한 기하 불변량의 모델로 블록모델을 사용한다. 그림 3과 같은 상면, 정면, 측면 방향의 3개 영상을 시각방향 (1, 1, 1)에서 옥트리를 사용해 3차원 영상을 생성하고^[6], 이를 평행 투영과 원근투영의 모델영상과 입력영상으로 사용했다.

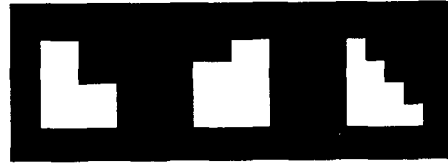


그림 3. 3차원 영상 생성을 위한 상면, 정면, 측면 영상

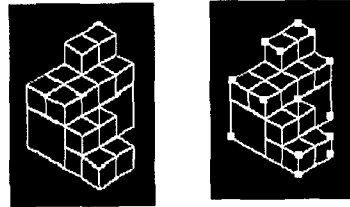


그림 4. 생성된 3차원 평행 투영 모델 영상과 특징점

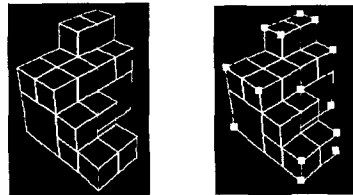


그림 5. 생성된 3차원 원근 투영 모델 영상과 특징점

1. 평행 투영 실험 I

6개의 특징점을 동일위치로 선정하고 영상잡음을 1에서 6 픽셀로 하여 각각의 영상잡음에 따른 기하학적 불변량 값을 50회 반복실험을 통해 기하 불변량 I, 기하 불변량 II, 각각의 데이터 값과 평균값, 분산, 표준편차를 구해 특성을 비교한다.

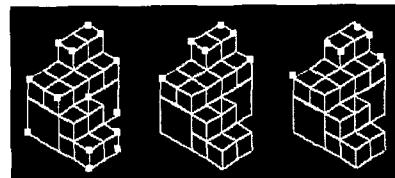


그림 6. 평행 투영 실험 I 영상

그림 6은 투영영상 실험 I에 사용된 영상으로 첫 번째 영상은 입력 모델 영상, 두 번째 영상은 선정된 6개 특징점에 잡음이 없는 경우며, 세 번째 영상은 잡음(2 픽셀)이 첨가된 영상이다. 이들 영상을 사용하여 잡음에 따른 기하 불변량 I 과 기하 불변량 II의 특성을 비교한 실험 결과는 표 1과 같다.

표 1. 평행 투영 실험 I 결과

항 목	기하 불변량 I	기하 불변량 II
특징점 수	6	6
최대값(x, y)	(4, 1)	(4, 1)
최소값(x, y)	(1, 0.025963)	(1, 0.159705)
평균	0.269529	0.581586
표준편차	0.334413	0.271702
분산	0.111832	0.073822

실험 I에서 기하 불변량 I의 특성은 여러 평균값이 작고 데이터의 분포가 기하 불변량 II 보다 우수하다. 그림 7은 기하 불변량 I, II의 데이터 분포를 나타낸 것으로 종축은 y 좌표, 횡축은 x좌표를 나타낸다.

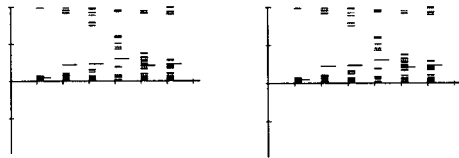


그림 7. 기하 불변량 I, II의 데이터 분포

2. 평행 투영 실험 II

6개의 특징점을 그림 8, 9과 같이 서로 다른 위치로 선정하고 실험 I과 같은 조건에서 실험한다. 그림 8, 9의 첫 번째 영상은 입력모델영상, 두 번째 영상은 선정된 6개의 특징점에 잡음이 없는 경우며, 세 번째 영상은 잡음(2 픽셀)이 첨가된 영상이다. 실험결과는 표 2와 같다.

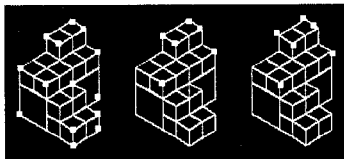


그림 8. 평행 투영 실험 II 영상 1

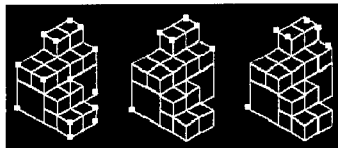


그림 9. 평행 투영 실험 II 영상 2

표 2. 평행 투영 실험 II 결과

항 목	기하 불변량 I	기하 불변량 II
특징점 수	6	6
최대값(x, y)	(4, 1)	(5, 1)
최소값(x, y)	(1, 0.045875)	(1, 0.324359)
평균	0.359176	0.642855
표준편차	0.336153	0.259136
분산	0.112999	0.067151

실험 II에서 최대값은 기하 불변량 II가 우수하나 최소값, 평균값, 여러 분포가 기하 불변량 I 이 더 좋은 특성을 가지고 있으므로 종합적으로 기하 불변량 I이 우수하다.

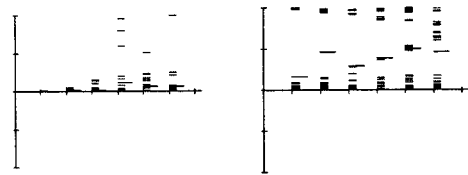


그림 10. 기하 불변량 I, II의 데이터 분포

3. 원근 투영 실험 I

원근 투영영상에서 6개의 특징점을 동일위치로 선정하고 영상잡음을 1에서 6 픽셀, 50회 반복하여 기하 불변량 I, 기하 불변량 II의 데이터 값과 평균값, 분산, 표준편차를 구해 특성을 비교한다.

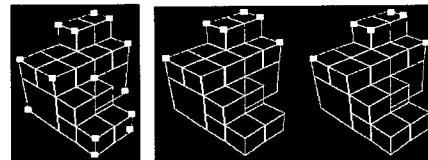


그림 11. 원근 투영 모델 영상과 원근 투영 실험 I 영상

그림 11은 첫 번째는 원근 투영 실험의 모델 영상이며 두 번째 영상은 6개의 특징점에 잡음이 없는 경우, 세 번째 영상은 잡음(2 픽셀)이 첨가된 영상이다. 실험결과는 표 3과 같다.

표 3. 원근 투영 실험 I 결과

항 목	기하 불변량 I	기하 불변량 II
특징점 수	6	6
최대값(x, y)	(6, 1)	(6, 1)
최소값(x, y)	(1, 0.036668)	(1, 0.0563295)
평균	0.282429	0.568219
표준편차	0.326133	0.356301
분산	0.106363	0.126950

원근투영 실험 I에서도 평행 투영 I과 같이 x, y 값이 동일하다. 그러나 최소값, 평균 값 등에서는 기하 불변량

I이 우수하며, 분산과 편차는 비슷하다. 종합하면 기하 불변량 I이 기하 불변량 II보다 우수하다.

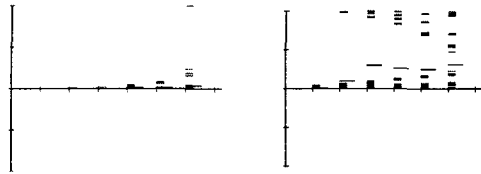
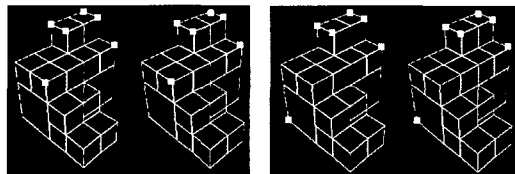


그림 12. 원근 투영에서 기하 불변량 I, II의 데이터 분포

4. 원근 투영 실험 II

원근 투영 영상에서 6개의 특징점을 서로 다른 위치로 원근 투영 실험 I과 같은 조건으로 실험을 한다.



영상 1

영상 2

그림 13. 원근 투영 실험 II 영상

그림 13의 영상 1, 2의 첫 번째 영상은 선정된 6개의 특징점에 잡음이 없는 경우며, 두 번째 영상은 잡음(1 픽셀)이 첨가된 영상이다. 실험 결과는 표 4와 같다.

표 4. 원근 투영 실험 II 결과

항 목	기하 불변량 I	기하 불변량 II
특징점 수	6	6
최대값(x, y)	(5, 1)	(5, 1)
최소값(x, y)	(1, 0.032063)	(1, 0.058565)
평균	0.233533	0.564314
표준편차	0.338979	0.342537
분산	0.114907	0.117332

원근 투영 실험II에서 최대값, 최소값, 평균값 등에서 기하 불변량 I이 우수하며, 분산과 편차는 거의 동일하다. 따라서 기하 불변량 I이 기하 불변량 II보다 우수하다.

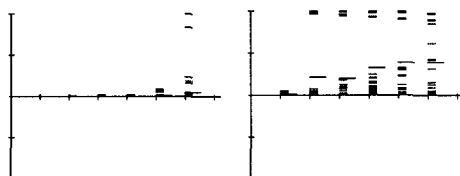


그림 14. 기하 불변량 I, II의 데이터 분포

IV 결론

입력 영상에 랜덤 잡음을 첨가하고 기하 불변량 I, 기하 불변량 II를 사용하여 잡음에 따른 기하 불변량의 변화량을 구해 보았다.

기하 불변량 I은 데이터 변화량이 작은 반면 기하 불변량 II는 상대적으로 큰 변화량을 가지고 있었다. 따라서 이들의 데이터를 1로 표준화하여 급격한 에러 변화량 및 표준 편차, 평균 등의 비교 방법을 사용하여 이들의 값을 비교하였다. 기하 불변량 I은 4개의 동일 평면과, 3개의 다른 동일 평면 등 조건은 까다로운 반면 잡음에 대하여 강인성을 가지고 있으나, 기하 불변량 II의 경우엔 특징점의 선택도는 좋은 반면 잡음에 취약한 단점을 가지고 있음을 알 수 있었다.

따라서 이들 특성을 환경 및 작업체의 종류에 따라 이용한다면 보다 효율적인 3차원 인식 방법으로 사용 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Y. Zhu, L.D. Seneviratne and S.W.E. Earles, "A new structure of invariant for 3D points sets from a single view", Proc. 12th Int. Conf. on Robotics and Automation, Nagoya, Japan, pp.1726-1731, 1995.
- [2] KyungSig Roh, In So Kwon, "3-D Object Recognition Using a New Invariant Relationship by Single view", Proceedings of the 3rd Korea-Japan Joint Workshop on Computer Vision, pp. 145-153, 1997.
- [3] Rothwell, C.A., Forsyth D.A., Zisserman, A. and Mundy, J.L. "Extracting Projective Structure from Single Perspective Views of 3D Point Sets.", Proceedings of the 4th ICCV, Berlin Germany, pp572-582, 1993.
- [4] J. L. Mundy and A. Zisserman, Eds., Geometric Invariance in Computer Vision, MIT Press. Cambridge, Massachusetts, USA, 1992.
- [5] 이영재, 박영태, "Octree 모델에 근거한 고속 3차원 물체 인식", 전자공학회논문지 제34권 C편 9호 pp84-92, 1996.
- [6] Eamon B. Barret, Paul M. Payton, "General method for determining projective invariants in imagery", CVGIP IMAGE UNDERSTANDING Vol.53, NO. 1. January, pp46-65. 1991.