

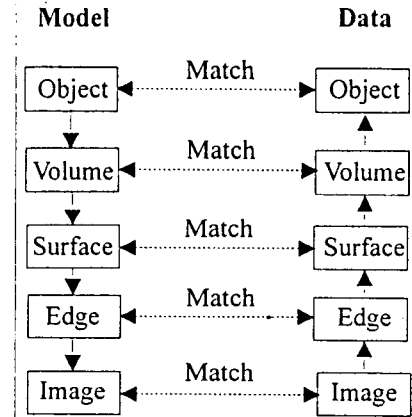
거리 영상을 이용한 3차원 물체 인식기술

李炳旭

梨花女子大學校 電子工學科

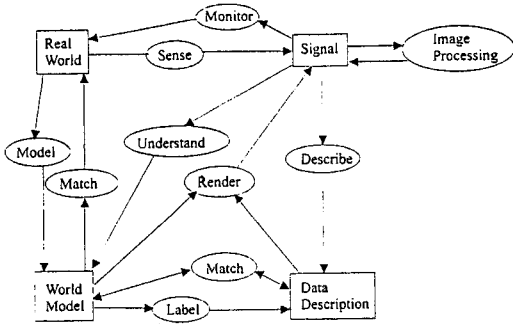
I. 서론

영상인식(image understanding, computer vision 혹은 machine vision)은 컴퓨터를 사용하여 2차원 영상신호 데이터로부터 3차원 물체를 인식하고 기호적으로 묘사(symbolic description) 하려는 것을 목표로 한다. 이와 같은 인식을 위하여 3차원 물체를 표현하기 위한 모델을 컴퓨터가 가지고 있어야 하고 입력 신호로부터 추론된 물체로부터 그 표면의 곡률이나 경계선을 계산하여 입력신호에서 추출된 정보와 비교할 필요성이 생긴다. <그림 1>에서 모델에 준거한 영상인식(model based vision)의 개념을 보이고 있다^[1,2,3].



<그림 1> 모델에 준거한 영상인식의 개념
(model based vision)

영상처리(image processing)에서는 2차원 영상 신호를 처리하여 경계선을 두드러지게 보이게 하거나 다른 원하는 특징들을 강조할 수 있고 영상 획득 과정에서 발생한 전달 함수의 영향을 상쇄시키고 잡음의 영향을 줄이는 것이 주된 역할이다. Computer graphics에서는 3차원 모델로부터 2차원 영상을 만들어 내는 것이 주된 목적이므로 영상 인식은 이의 역과정을 추구하고 있다고 할 수 있다. 영상 신호 처리의 일부 기법들이 영상 인식을 위한 전 처리 과정에서 사용되고 있고 computer



〈그림 2〉 영상 인식 시스템의 구조

graphics는 영상인식에서 생성된 3차원 물체에서 영상을 재현하여 입력 영상과 비교하는 데에 적용할 수 있다 〈그림 2〉.

이차원 밝기 영상에서 삼차원 물체를 인식하는 것은 방정식의 숫자보다 미지수의 수가 더 많은 연립방정식의 해를 구하는 경우와 같이 무수히 많은 해가 존재할 수 있다. 따라서 유일한 삼차원 형상을 구하지 못하고, 영상으로부터 추론 가능한 3차원 세계에 대한 제약조건(constraint)들을 제시하는 데에 그칠 수도 있다. 명암 영상에서 물체를 인식하는 과정은 다음과 같은 단계로 나눌 수 있다. 우선 명암이 급격히 변하는 경계선(edge)을 찾고 이를 근거로 하여 배경과 물체, 물체의 면들 사이의 영역 구분(segmentation)을 할 수 있고 여기에서 추론된 면들로 둘러싸인 3차원 물체를 구성할 수 있다.

밝기 영상에서 물체 표면의 방향 정보를 알아내기 위한 방법으로는 shape from shading, shape from texture, shape from specularities 등의 여러 연구 방향이 있다. 그러나 shape from shading은 동일한 물체에 대하여 조명 방향만 바꾸어서 촬영한 영상이 필요하다는 등의 제약조건이 있다. Shape from texture의 경우에도 texture element의 모양이 동일하다는 가정 하에서 그 표면의 방향을 계산할 수 있다. 이와 같은 연구는 제한된 경우에서만 3차원 물체표면의 방향을 알 수 있고 측정 오차가 큰 경우가 대부분이어서 실용적인 응용에는 어려움이 많다. 영상 데이터로부터 3차원 모델

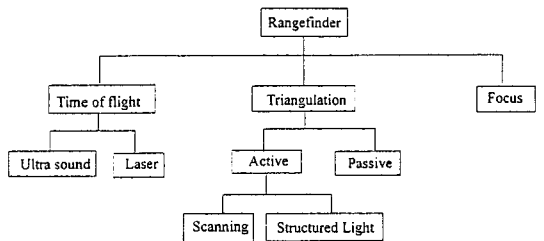
을 생성하는 데에는 복잡한 계산이 필요하고, 잡음에 의하여 오류가 발생하는 경우가 많아서 2차원 신호에서 3차원 모델을 생성하는 bottom up 방향의 추론이 완벽하기를 기대하기는 어렵다^[5]. 따라서 3차원 모델로부터 2차원 영상을 계산하여 비교하는 top down 과정과 병행하여 입력 데이터로부터 생성된 가설을 검증하고 확인하여야 한다.

밝기 영상의 각 화소(picture element, pixel)는 그에 대응되는 위치에서의 영상 입력 센서의 명암 정보를 나타내지만, 거리 영상(range data 혹은 depth map)은 센서에서 물체까지의 거리를 나타낸다. 따라서 밝기 영상이 조명 조건이나 표면의 반사도 등에 따라서 많이 변하나 거리영상은 이에 영향을 받지 않고 물체 형태에 관한 기하학적인 정보를 많이 지니고 있다. 그러므로 이를 이용하여 물체와 배경간의 영역분할, 물체의 위치와 표면의 방향 측정이 상대적으로 훨씬 더 용이하고 정확하다.

여기에서는 거리영상을 획득하는 방법들에 대하여 고찰하고 동일한 물체를 다른 시점에서 측정된 거리영상들에서 물체를 인식하는 방법의 연구 진행 상황 및 그 응용분야에 대하여 기술한다.

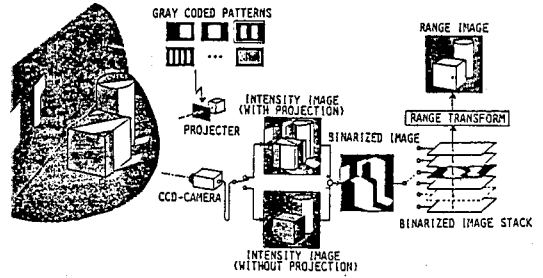
II. 거리영상의 획득 방법^[6]

거리를 측정하는 방법을 크게 3 가지로 나눌 수 있다 〈그림 3〉. 삼각측량의 원리(triangulation)를 이용하여 근접한 위치에 있는 좌우 두개의 카메라



〈그림 3〉 거리 측정 방법

라로부터 얻은 영상에서 3차원 상의 좌표를 구할 수 있다. 이때 왼쪽 영상의 특정한 점이 오른쪽 영상의 어느 점에 대응되는 지를 결정해야 되는 문제 (correspondence problem)가 발생한다 (그림 4). 이러한 문제점을 피하기 위하여 레이저 광원을 회전 거울에 반사시켜서 주사하면서 영상을 얻으면 그 영상을 획득하는 순간의 레이저 광원의 방향을 알고 있으므로 이를 이용하여 거리를 구할 수 있다 (그림 5). 또 이와 유사한 방법으로 2진수로 부호화된 패턴을 투영하여 N장의 영상을 얻으면, 레이저 빛의 방향을 2^N 번 바꾸면서 영상을 얻은 것과 동일한 효과를 가져오므로 영상 획득 시간을 획기



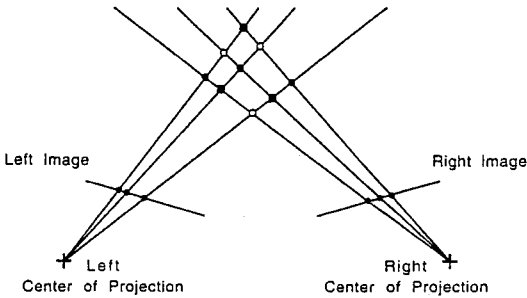
(그림 6) 그레이 부호 패턴을 이용한 거리 측정

적으로 줄일 수 있다^[7]. 공간을 2진수로 변환하는 과정에서 오차가 발생할 수 있으므로 그레이 부호 (Gray code)의 패턴을 투영하면 공간부호화 과정에서의 오차를 줄일 수 있다 (그림 6)^[8]. 이러한 방법을 structured light 방식이라고 한다.

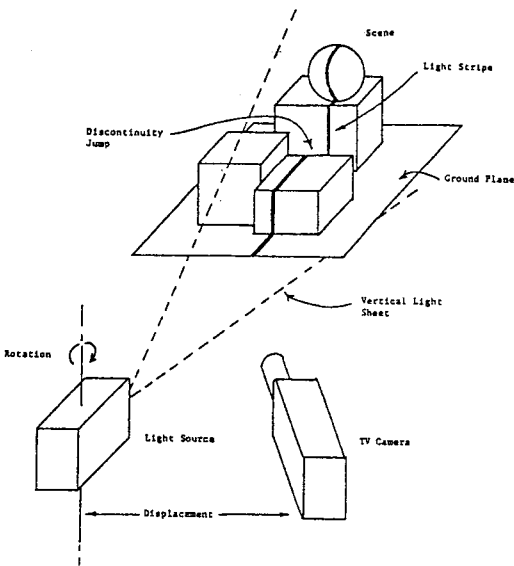
거리영상을 획득하기 위한 전용 장치 (range finder)로서는 레이저 광을 진폭 변조 시켜서 보내고 그 반사파와의 위상 차이를 검출하는 방법 (time of flight)이 있다. 이때 레이저 광을 주사하면서 각 화소의 거리 값을 측정하므로 측정시간이 길어지나 측정오차를 상당히 줄일 수 있다. 초음파를 사용하여 거리를 측정하는 방법이 있으나 공간 분해능이 나쁘고 측정오차가 커서 이동 로봇의 장애물 검출에 적용되는 정도이다. 이외에도 영상의 초점이 정확하게 맞는 카메라 렌즈의 위치에서 거리를 구하는 방법도 있다^[9].

III. Registration

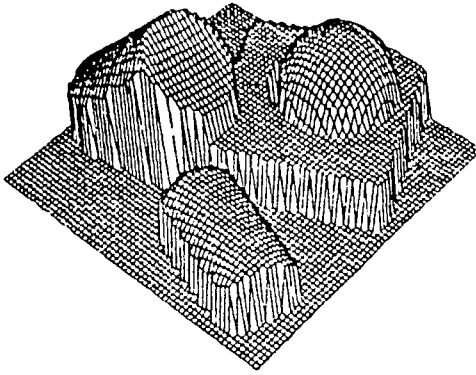
거리영상으로부터 3차원 모델을 생성하는 경우, 한 장의 거리영상에서 가려진 부분의 정보가 전혀 없기 때문에 서로 다른 방향에서 획득한 여러 장의 거리 영상이 필요하고, 이들간의 좌표변환을 알아내어 여러 장의 거리영상 데이터를 조합하여야 한다. 이러한 작업을 등록(registration)이라고 부른다^[10,11]. 이미 알고 있는 모델을 이용하여 거리영상의 피사체의 위치와 방향을 알아내는 자세 측정



(그림 4) 스테레오 영상에서의 정합 문제



(그림 5) 레이저 광원을 이용한 거리 측정



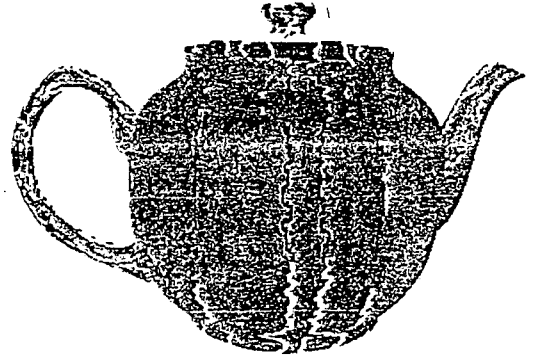
〈그림 7〉 거리 영상

(pose estimation)이나^[12] 움직임 검출^[13]의 경우에도 등록과 유사한 과정이 필요하다. 이러한 문제들은 등록의 적합함을 나타내는 cost function을 정의하고 이를 최적화 시키는 문제로 나타낼 수 있다^[14].

변형이 없는 물체(rigid body)의 위치를 3차원 공간에서 나타내는데 3 개의 자유도가 필요하고 회전을 표시하는데 에 3 개의 자유도가 필요하므로 합계 6 자유도를 갖는다. 이를 구하기 위한 단순한 방법은 두개의 거리 영상에서 대응되는 동일한 특징(feature)을 찾아내어 서로 정합 시켜서 6 개의 변수를 구하는 것이다. 이때 사용될 수 있는 특징은 다면체의 경우 꼭지점, 경계선, 또는 면의 방향 등이다. 곡면체인 경우에는 평균 곡률 이나 가우스 곡률 등을 정합 대상으로 사용할 수 있다^[15]. 또한 볼록한(convex) 형태의 물체에서는 각 면의 방향에 해당되는 가우스 구면(Gaussian sphere)에 그 면적만큼의 가중치를 둔 extended gaussian image를 구하여 정합 시키면 그 물체의 회전 각도를 구할 수 있다^[17]. 이때 이동 거리는 물체 중심간의 거리를 구하면 된다. 물체 면의 방향을 알기 위하여, 이차원 평면에서 직선을 찾아내는 Hough transform을 일반화시킨 방법을 적용하기도 한다^[18]. 특징 정합(feature matching)을 보다 더 일반화시킨 것으로서는 데이터를 모델 상의 점들이나 선, 면 등에 일반적으로 정합 시킬 수 있는 iterative closest point (ICP)를 사용한 방법이 제안되었다^[19]. 두 개의 영상에서 동일한 특징을



〈그림 8〉 측정 위치가 다른 두 개의 거리영상



〈그림 9〉 거리영상으로 부터 생성된 모델

찾아서 정합 시키는 문제를 피하기 위하여 모멘트를 사용하거나 eigen vector를 이용하는 방법도 있다^[20].

이러한 등록 과정에서 물체의 위치나 방향 또는 움직임을 알 수 있고, 등록 정보를 이용하여 여러장의 거리영상을 결합하여 물체의 표면을 모델할 수 있다^[21].

IV. 결 론

지금까지 거리 영상을 얻는 방법과 등록 방식에 대하여 현재의 연구 방향과 그 성과들을 살펴보았다. 산업계에서 부품 검사, 자동 조립, 용접을 할 때에 물체의 위치나 자세를 정확히 알아야할 때 거리 영상을 이용한 방법들을 적용되고 있다. 또한 computer graphics와 animation에서 거리 영상을 이용한 3차원 모델의 생성과 움직임 입력 장치가

실용화되고 있다. 또한 무인 자동차에서 장애물 검출이나 의학적인 용도로 응용될 수 있다^[22]. 거리 영상의 정확도가 좋아지면서 앞으로는 실용적인 응용이 다양한 분야에서 이루어 질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] V.S. Nalwa, A Guided Tour of Computer Vision, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1993.
- [2] R.M. Haralick and L.G. Shapiro, Computer and Robot Vision, Vol. I and II, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1992.
- [3] O. Faugeras, Three-Dimensional Computer Vision, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993.
- [4] P.J. Besl, "Geometric Modeling and Computer Vision," Proceedings of IEEE, Vol. 76, No. 8, pp. 936-958, August 1988.
- [5] T.O. Binford, "Survey of Model-Based Image Analysis Systems," The International Journal of Robotics Research, Vol. 1, No. 1, pp. 18-64, Spring 1982.
- [6] R.A. Jarvis, "A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 5, No. 2, pp. 122-139, March 1983.
- [7] M.D. Altschuler, B.R. Altschuler and J. Taboada, "Laser Electro-Optic System for Rapid Three-Dimensional Topographic Mapping of Surfaces," Optical Engineering, Vol. 20, No. 6, pp. 953-961, Nov/Dec 1981.
- [8] S. Inoguchi, K. Sato and F. Matsuda, "Range-Imaging System for 3-D Object Recognition," Proceedings of the 7th International Conference on Pattern Recognition (Montreal, Canada), pp. 806-808, July 1984.
- [9] A.P. Pentland, "A New Sense for Depth of Field," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 9, No. 4, pp. 523-531, July 1987.
- [10] Y. Chen and G. Medioni, "Object Modeling by Registration of Multiple Range Images," Proc. of the IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, pp. 2724-2729, April 1991.
- [11] C. Dorai, J. Weng, and A.K. Jain, "Optimal Registration of Multiple Range Views," Proc. on Intl. Conference on Pattern Recognition, pp. 569-571, 1994.
- [12] R.C. Bolles and P. Horaud, "3DPO : A Three Dimensional Part Orientation System," The International Journal of Robotics Research, Vol. 5, No. 3, pp. 3-26, Fall 1986.
- [13] N. Kehtarnavaz and S. Mohan, "A Framework for Estimation of Motion Parameters from Range Images," Computer Vision Graphics and Image Processing, Vol. 45, pp. 88-105, 1989.
- [14] G. Blais and M.D. Levine, "Registering Multiview Range Data to Create 3D Computer Objects," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 17, No. 8, pp. 820-824, August 1995.
- [15] P.J. Besl and R.C. Jain, "Invariant Surface Characteristics for 3D Object Recognition in Range Images," Computer Vision Graphics and Image Processing, pp. 33-80, 1986.
- [16] F. Quek, R. Jain, and T.E. Weymouth, "An Abstraction-Based Approach to 3-D Pose Determination from Range Images,"

- IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 7, pp. 722-736, July 1993.
- [17] B.K.P. Horn, "Extended Gaussian Images," Proceedings of IEEE, Vol. 72, No. 12, pp. 1656-1678, Dec. 1984.
- [18] R. Krishnapuram and D. Casasent, "Determination of Three Dimensional Object Location and Orientation from Range Images," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 11, No. 11, pp. 1158-1167, November 1989.
- [19] P.J. Besl and N.D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 2, pp. 239-256, February 1992.
- [20] S. Sclaroff and A.P. Pentland, "Modal Matching for Correspondence and Recognition," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 17, No. 6, pp. 545-561, June 1995.
- [21] M. Soucy and D. Laurendeau, "A General Surface Approach to the Integration of a Set of Range Views," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 17, No. 4, pp. 344-358, April 1995.
- [22] S. Lavalley and R. Szeliski, "Recovering the Position and Orientation of Free-Form Objects from Image Contours Using 3D Distance Maps," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 17, No. 4, pp. 378-390, April 1995.

저 자 소 개



李 炳 旭

1957年 1月 14日生

1975年 3月~1979年 2月 서울 대학교 전자 공학과 학사

1979年 3月~1981年 8月 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 석사

1985年 8月~1991年 6月 Stanford University Electrical Eng. 박사

1981年 8月~1983年 4月 대한전선 Video개발부

1983年 5月~1985年 8月 대우전자 중앙연구소 Video개발부

1991年 7月~1995年 8月 대우전자 영상연구소 수석연구원

1995年 9月~현재 이화여자대학교 전자공학과 조교수

주관심 분야: 영상인식, 영상신호처리, 영상신호압축 및 복원