

머신비전 연구회

# 머신 비전 연구의 동향과 전망

권인소\*, 이왕헌\*\*

\*한국과학기술원, \*\*한국과학기술원/머신비전연구회장

머신비전 기술은 거의 모든 지능형시스템에 필요한 핵심요소기술이다. 본 논문에서는 최근 머신비전기술의 연구 동향을 이론적 관점과 응용의 측면에서 검토하고 앞으로의 발전 방향을 전망해 보고자 한다. 연구동향을 파악하기 위해서 사용된 자료는 비전분야의 저명한 국제학술대회에 발표된 최근 수년 동안의 논문과 관련 분야에서 인정 받고 있는 첨단기술을 중심으로 하였다. 이러한 연구동향을 바탕으로 하여 머신비전 기술의 두 가지 중요한 발전방향으로, “물체인식 분야”와 “비전과 그래픽스의 결합분야”를 예측해 보았다. 머신비전 기술의 응용은 가정자동화(Home automation)와 사회자동화(Social automation)로 예측하였고 그 근거에 대해서도 논의하였다.

**Keywords** : 머신비전 기술, 사회자동화, ITS, 인간기계인터페이스, 물체인식, 지능형주거공간, 실사렌더링, 텍스처 매핑, 복셀 칼라링

## 1. 서론

머신비전기술은 최근 컴퓨터의 비약적 발전과 새로운 광학센서 등의 개발에 힘입어 인간 시각기능을 능가하는 수준으로 발전하고 있다. 머신 비전(Machine Vision) 기술의 첫 산업적 응용의 예는, 1960년대 중반 일본 히타치에서 트랜지스터 조립을 위해 트랜지스터의 표면 반사 특성을 이용해 칩의 위치와 방향을 결정한 것에서 찾을 수 있다. 1980년대까지 머신 비전 기술은 주로 기계부품 조립, PCB 결함 검출 등과 같은 공장자동화(Factory Automation) 분야에 주로 응용되었다. 또한, 사무자동화(Office Automation) 분야에도 확대되어 우편물 분류, 지폐 인식등과 같은 문서 인식 기술(Optical Character Recognition)에도 머신 비전이 응용되었다[1].

1990년대 들어서면서 센서, 프로세서, 알고리즘, 네트워크의 기술적 발전에 힘입어 머신 비전의 응용 분야는 사회자동화(Social Automation) 쪽으로 확대되었다. 그 대표적인 예는 일본에서 개발된 ‘Elevator Eye’가 있다. 엘리베이터 앞을 모니터링하여 사람이 많은 곳부터 효과적으로 서비스를 제공하는 시스템이었다. 이와 같은 영상 인식 기술은 일본 운수성이 1991년부터 시작한 ASV(Advanced Safety Vehicle) 프로젝트를 통하여 교통분야로 확대 적용되기 시작하였다. 최근에는 차량번호판 인식, 교통혼잡도 측정, 불법 주차 검출 등과 같은 종합적인 ITS(Intelligent Transportation System) 기술로 확대 발전 되고 있다. 사회자동화의 또 다른 중요한 응용 분야는 침입자 검출과 인식 등의 감시시스템(Surveillance)과 사용자 인증(Biometrics) 등을 들 수 있다. 이러한 머신 비전 기술은 범죄 예방과 특정 지역 접근 통제 등을 위해 그 중요성이 점점 커지고 있다.

최근 멀티미디어와 네트워크 기술이 점점 발전함에 따

라 머신비전 기술은 인간기계인터페이스(human-machine interface) 혹은 인간컴퓨터 인터페이스(human-computer interface) 쪽으로도 더욱 응용이 확대되고 있다.

본 논문에서는 머신비전 기술의 발전전망을 크게 “기술적 관점”과 “응용분야의 관점”으로 나누어 예측해 보기로 한다. 2장에서는 머신비전 기술의 현황과 발전에 대해서 설명하며, 3장에서는 그 응용의 관점에서 현황과 발전 방향에 대해 고찰해 보도록 한다.

## 2. 머신비전 기술의 연구 동향

머신비전의 관련 기술은 지난 10년간의 비전분야의 획기적인 이론적 발전을 통하여 매우 큰 발전을 이루었다. 이 장에서는 지난 수년간 개최되었던 비전분야의 대표적 국제학술대회인 ICCV, ECCV, CVPR 등에 발표된 논문들을 중심으로 머신비전 기술의 연구현황을 분석한다.

표1은 CVPR(Computer Vision and Pattern Recognition) 학회에 발표된 지난 3년간의 논문을 분야별로 분류한 결과를 보여주고 있다. 가장 많은 논문의 증가가 있는 분야는 물체인식과 관련되어있다. 구체적으로 살펴보면 인간상호작용(Human interaction)을 위한 사람의 चेस्처, 얼굴, 몸통 등의 인식과 바이오메트릭스를 위한 지문, 홍채인식 등이 포함되어있다. 또 다른 활발한 연구분야는 컴퓨터비전과 그래픽스 기술의 결합 및 응용이다. 오랫동안 연구된 전통적인 주제인 모션(Motion), 스테레오(Stereo), 카메라보정 등에 대한 연구도 매우 활발한 것으로 나타났다. 그러나 영상처리(Low level vision) 분야는 논문의 수가 점점 줄어들고 있음을 알 수 있다. 다른 분야들은 논문의 수가 거의 비슷하게 나오고 있다. 3년간의

CVPR 논문에서 BT나 NT, 국방(Military)과 관련된 논문은 한편도 없었으며 의료(Medical) 분야의 논문은 10편 정도로 꾸준하게 나오고 있다.

표 1. 최근 머신비전 기술의 연구 동향 (CVPR학술대회에 발표된 논문편수)

Subjects	1999	2000	2001
Gesture & Face Recognition	26	30	45
Motion (structure, surveillance, tracking)	24	36	34
Vision & Graphics (Color, Illumination)	17	18	31
Segmentation & Grouping	15	19	28
Shape (reconstruction, representation)	19	25	19
Stereo	15	17	18
Geometry (calibration)	14	12	18
Video Libraries (indexing, image retrieval)	10	10	15
Low level vision (Feature extraction, image restoration)	13	10	9
Learning	3	5	9
Medical	10	8	7
Robotics	7	2	7

머신 비전에서 앞으로 활발하게 연구가 될 분야는 인식에 관련된 분야와 그래픽스와 관련된 분야라고 할 수 있다. 임의의 일반물체를 일반환경에서 인식하는 문제는 여전히 그 해결의 실마리가 보이지 않는 문제이다. 이에 반해, 최근 상당한 수준의 인식률을 보이는 여러 방법론들은 모두 모델기반(Model-based)방법이다. 이 모델 기반 방법론은 대부분 물체의 외양 (Appearance)으로 물체 모델을 표현하고 있으며, 국부접근법(local approach)을 적용하여 가려짐 문제를 해결하고 있다.

Lowe[2]가 제안한 SIFT는 인간시각 시스템의 특징량 모델인 DOG(Difference Of Gaussian)에 기반한 것으로 스케일변화, 부분가림, 조명변화 등에 비교적 강인한 방법론이다. 매우 유사한 방법으로 Mikolajczyk[3] 등은 스케일 스페이스(Scale-space)이론을 적용하여 정규화된 미분량이 최대가 되는 특징점을 선택하여 매칭하는 인식기법을 제안하고 있다. Sullivan[4] 등이 제안한 통계적 확률 모델에 기반한 Bayesian방법은 다양한 배경과 물체(손, 얼굴, 사람 등)에 대해 가려짐이나 다양한 3D 자세 변화, 움직이는 비강체(non-rigid body)에 대해서 효과적으로 원하는 물체를 인식하였다. 또한, 물체의 각 부분을 코드(code)로 표현하여 물체 인식을 코드공간(code space)을 분할 하는 문제로 변화시킨 새로운 시도도 보고 되었다 [5]. 가령, 얼굴 인식의 경우 특징 부분을 눈, 코, 입으로 코드(code)화 하여 FERRE database에

대한 인식 결과 PCA 방법이 92.6%의 인식률을 보이고, 제안한 방법은 95.2%의 인식률을 보였다.

본 실험실에서도 최근Zernike moments를 수정하여 새로운 특징량을 정의하고, Bayesian 확률모델에 기반한 확률보팅 (Probabilistic voting)의 물체인식 기법을 제안하였다[6]. 복잡한 일반 실내환경에 대한 실험을 통하여 조명변화, 물체가림, 자세변화 등이 혼재하는 경우에도 물체 인식이 가능함을 보였다. 그림 1은 제안된 방법에 의한 물체인식의 한 예를 보여 주고 있다.

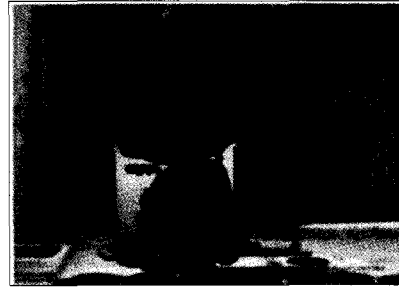


그림 1. 새로운 Zernike moments를 이용한 물체인식 결과[6]

최근 컴퓨터비전 기술을 그래픽스 분야에 접목시켜 응용하는 연구가 매우 빠르게 증가되고 있음을 관련학회에 대한 분석을 통하여 확인할 수 있었다. 특히, 실사 렌더링(Photorealistic Rendering)에 대해서는 다양한 여러 연구결과가 보고 되었다. 이러한 시도 중 개발된 기술의 완성도와 그 규모에 있어서 탁월한 연구는 Ikeuchi[7]에 의한 것이 있다. "Great Buddha"로 명명된 프로젝트에서 상용 레이저스캐너를 이용 하여 다양한 시점에서 얻어진 깊이정보를 통합하여 정확한 기하학적 모델을 추출 하였다(그림2 참조). 또한, 텍스처매핑(Texture mapping)을 위한 효과적인 새로운 방법도 제안하여 매우 큰 규모의 국부급 불상 등에 적용하여 컴퓨터비전 기술에 의한 실사모델링이 가능함을 보였다. 그림 3은 최종적으로 구성된 모델의 예를 보여 주고 있다.

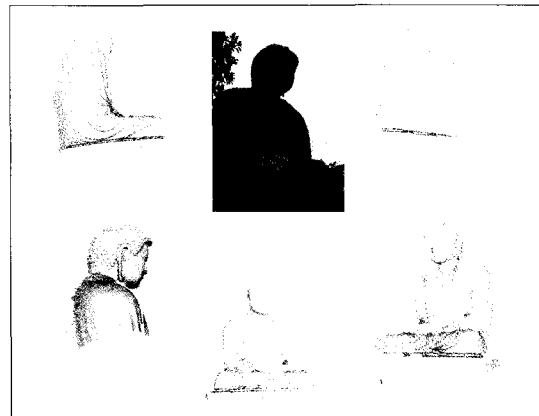


그림 2. 상용 레이저스캐너 (Cyrax2000)로 얻어진 깊이정보



그림 3. 텍스처매핑 등을 거쳐 얻어진 최종 모델

본 연구실에서도 3차원 실사모델링을 위한 효과적인 방법으로 간주되고 있는 복셀칼라링(Voxel coloring)을 확률기반의 기법으로 새롭게 제안하였다[8]. 제안된 방법은 픽셀의 칼라값과 밝기 값을 맥스웰 분포(Maxwell distribution)로 모델링 하여 3차원 기하정보와 텍스처매핑을 동시에 해결 하고 있다. 특히, 복셀(Voxel)의 제거 여부를 영상공간에서 정의된 확률모델의 최대값으로 결정함으로써 문턱치(Threshold)가 필요 없게 되었다.

그림4는 부여의 정립사지 5층석탑에 대한 실사 모델링 결과를 보여 주고 있다. 임의의 위치에서 디지털카메라를 이용하여 얻어진 여러 장의 칼라영상을 이용하여 실사 모델링 이 가능함을 알 수 있다.

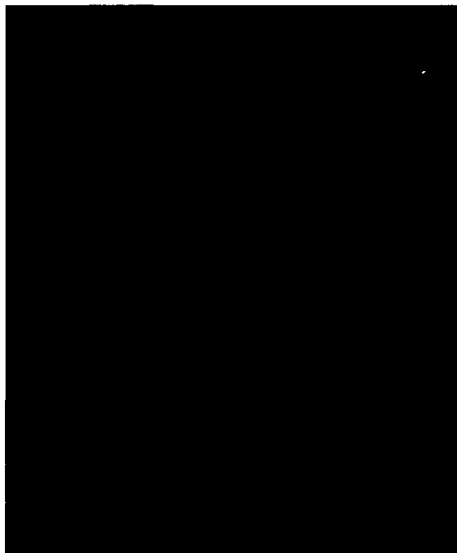


그림 4. 새로운 확률복셀칼라링(Probabilistic voxel coloring) 방법에 의해 복원된 정립사지 5층석탑 [8]

### 3. 머신비전 기술의 응용분야

전통적으로 비전 응용 분야는 로봇틱스(robotics)와 자동검사(inspection) 등으로 표현되는 공장자동화에 한정되어 있었다. 이러한 경향은, 최근 멀티미디어, 그래픽스, HCI (human-computer interaction), 의료영상 진단, 보안, ITS 등이 새로운 응용 분야로 확장되고 있다. 격년제로 개최되는 IAPR Machine Vision Applications(MVA) 학회의 응용분야의 변화를 살펴보면 이 현상은 더욱 뚜렷한 것으로 판단된다. 최근(2000~2002년)의 머신 비전 응용 기술을 MVA 학회를 중심으로 살펴보면, 사회자동화 분야에 대한 연구가 확대되고 점점 지능화되고 있는 추세이다. 2000년에는 침입자 검출 및 추적과 같은 보안 분야, 컬러 영상 분석, 조명에 강인한 얼굴 인식, 몸동작 인식 등의 인터페이스 기술, 내시경 항법 시스템과 같은 의료 영상 분야에 연구 결과가 많았다. 2002년에는 이외에 사람의 척추 자세 추정과 같은 인간(human)관련 기술, 다중개체 추적과 같은 문제, 패턴/물체인식에 있어서 확률적 PCA 기법, 일반도로에서 차량 검출/인식과 같은 지능 관련 머신 비전 분야가 크게 확대되었다.

이런 추세는 더욱 확대되어 머신비전기술은 인간 복지, 의료, 환경 개선 분야 등 사람의 일상생활에 적용되어 그 중요성이 더욱 커질 것으로 기대된다. 가령, 장애인을 위한 재활장비, 수술보조, 호수의 수질개선 등에 응용될 것이다. 또한, 가정자동화(Home Automation)에 적용되어 노약자나 어린이, 주부 등의 일상생활을 도울 수 있는 지능형 공간으로 발전할 것으로 기대된다.

지능형 공간이라는 개념은 가정자동화 산업이 태동한 1940년대 중반에도 있었으나 실제로 각종 센서와 기계 학습 방법을 이용하여 연구되기 시작한 것은 1990년대에 들어서부터이다. 미국 콜로라도 주립대학의 모저 박사 연구팀은 1997년에, 지어진 지 90년 된 학교 건물에 75개의 각종 센서와 구동기를 설치하고 공간 내의 가전 제품 및 주거 공간이 사용자에게 적응하여 동작하도록 공간이 스스로 학습하도록 하는 'Adaptive House' 프로젝트의 실연을 보인 바 있다.

또한 미국 MIT 대학의 AI 연구실에서는 'Intelligent Room' 프로젝트를 수행 중인데, 1995년에 디자인 개념을 발표하여 지능형 공간이 어떤 특성을 가져야 하는지를 분석하였다. 1998년에는 이를 구체화시켜 각 센서의 특성을 분석하고 특히 머신비전기술이 필요함을 강조한 바 있다.

마이크로소프트사의 비전기술 연구그룹은 일반 가정에 응용을 목표로한 'Easyliving' 프로젝트를 수행하고 있다. 'Easyliving' 프로젝트는 비전 기술을 바탕으로 인간과 공간과의 상호 작용을 극대화시키고자 하는 프로젝트로 사용자를 인식하여 각 단말기에 자동으로 사용자 고유의

설정값이 반영된 윈도우를 연다거나, 카메라만으로 각 사용자가 공간 내의 어느 위치에서 어떤 일들을 하려고 하는지에 대한 정보를 얻어내는 등의 실험 결과를 발표하고 있다 [9]. 이와 같은 응용분야에서는 다개체 추적 기술, 3차원 공간 모델링 기술, 모우션 캡처링, 얼굴인식, 표정인식, 몸짓 인식, 수화 인식, 행동 인식 등과 같은 핵심 기술의 개발이 매우 중요하다. 그림 5는 'EasyLiving' 프로젝트에서 개발된 지능형 공간을 보여 주고 있다. 여러 대의 카메라가 공간내의 사람을 자동으로 추적하여 필요한 기능을 자동으로 제공 한다

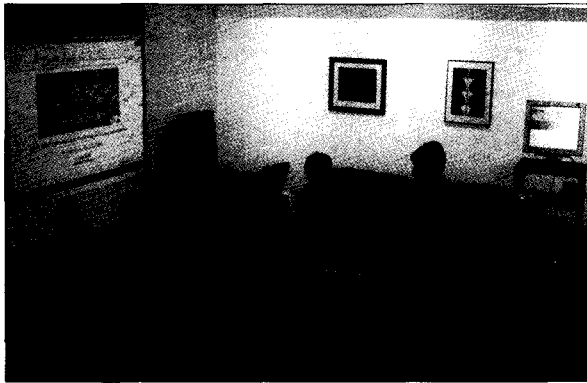


그림 5. 'EasyLiving' 프로젝트에서 개발된 지능형 공간

국내에서는 HWRS-ERC에 의한 지능형 주거 공간(Intelligent Sweet Home) 프로젝트가 있다[10]. 지능형 주거 공간은 노약자나 하지 지체 장애인이 집안에서 혼자 힘으로 생활할 수 있도록 개발된 시스템이다. 전체 시스템은 편안한 자세를 유지시키고 물건을 배달하는 등의 작업을 도와주는 지능형 침대 로봇과 손 동작을 이용하여 집안의 모든 가전 기기를 조종하는 소프트 리모컨, 그리고 각 시스템 간의 정보 교환을 위한 홈 네트워크로 구성되어 있다. 그림 6은 지능형 주거 공간을 보여주고 있다.



그림 6. 지능형침대와 소프트리모컨 등으로 구성된 지능형 주거공간 (Courtesy of HWRS-ERC)

사회자동화와 관련한 연구도 매우 활발한 편이다. 본 논문에서 모든 관련 연구를 다룰 수는 없지만, 이웃 일본에서의 ITS에 대한 집중 연구투자는 매우 의미가 있는 것으로 판단된다. 예를 들면, Ikeuchi 등에 의한 ITS에 대한 최근 연구는 매우 높은 성과를 얻고 있다 [11][12].

#### 4. 결론

본 논문에서는 머신비전기술의 발전방향을 최근 개척되었던 저명 국제학술회의 자료들을 바탕으로 하여 예측해 보았다. 지난 10년간 머신비전기술은 그 수학적 이해의 수준이 성숙되면서 기하학적 비전(Geometrical vision) 분야에서 획기적인 발전을 이루었다. 이러한 발전은 비전과 그래픽스의 결합을 통한 응용에 많은 영향을 끼친 것으로 판단된다.

미래의 머신비전 기술은 실험실을 벗어나 실제 일반환경에 적용될 수 있는 수준의 강인성을 확보하는 방향으로 발전할 것으로 기대된다. 구체적으로 살펴보면, 복잡한 일반 환경에서 적용 가능한 다양한 머신비전 기술들에 물체인식, 물체추적, 3-D 모델링/렌더링, 학습비전 (Visual learning) 대한 발전이 기대된다. 이와 같은 머신비전 기술은 가정자동화(Home automation)와 사회자동화(Social automation) 등과 같이 인간과 상호작용 (Interaction)이 발생하고 지능(Intelligence)이 필요한 모든 응용분야에 활발하게 이용될 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 논문 준비를 위해 관련 자료의 조사와 정리를 도와준 KAIST 로보틱스 및 컴퓨터비전 실험실의 김성호, 김준식, 최욱, 황영배 군에게 감사한다.

#### 참고문헌

1. M. Ejiri, T. Miyatake, H. Sako, A. Nagasaka and S. Nagaya, "Evolution of real-time image processing in practical applications", IAPR Workshop on Machine Vision Application, Nov. 28-30, The University of Tokyo, Japan, 2000.
2. D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features", Proc. of the International Conference on Computer Vision, Corfu, 1999.
3. K. Mikolajczyk, C. Schmid, "Indexing based on scale invariant interest points", International Conference on

- Computer Vision (ICCV), Page(s): 525-531 vol.1, 2001.
4. J. Sullivan, et al., "Bayesian Object Localization in Images", International J. Computer Vision (IJCV), 44, 2, 111-135, 2001.
  5. S. Mahamud, M. Hebert, Jianbo Shi, "Object recognition using boosted discriminants", IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Page(s): 551-558, 2001.
  6. S. H. Kim, I. S. Kweon, I. C. Kim, "Probabilistic model-based object recognition using local Zernike moments", IAPR Workshop on Machine Vision Applications, Nara, Japan, December 2002, pp. 334-337.
  7. K. Ikeuchi, "Modeling from reality", Proc. Third Intern. Conf. 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM), May 2001, Quebec City, Canada, pp117-126
  8. H. Kim, I. Kweon, "A New Optimization-based voxel coloring from multi-view images", in the Proceedings of Workshop on Image Processing and Image Understanding (IPIU), pp. 85-90, 2003.
  9. B. Brumitt, B. Meyers, J. Krumm, A. Kern, S. Shafer, "Easy Living: Technologies for Intelligent Environments", Handheld and Ubiquitous Computing, 2nd Intl. Symposium, September 2000, pp. 12-27.
  10. Z. Zenn Bien, Kwang-Hyun Park, Won-Chul Bang and Dimitar H. Stefanov, "LARES: An Intelligent Sweet Home for Assisting the Elderly and the Handicapped," In Proceedings of the 1st Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology, Cambridge, UK, pages 43-46, 2002.
  11. M. Kagesawa, S. Ueno, K. Ikeuchi, H. Kashiwagi, "Recognizing vehicles in Infra-red images using IMAP parallel vision board," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol.2, No.1, pp. 10-17.
  12. Y. Matsushita, M. Murao, S. Kamijo, K. Ikeuchi, M. Sakauchi, "Visualization of traffic activities at intersections," 8th World Congress on Intelligent Transport Systems (ITSWC 2001).

저자소개



《권인소》

- 1981년 2월 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1983년 2월 서울대학교 기계설계학과 (공학석사)
- 1991년 2월 Carnegie Mellon University, Ph.D. In Robotics
- 1991년 2월~1992년 2월 도시바 R & D Center, 연구원
- 1992년 2월~현재 한국과학기술원 전자전산학과 교수



《이왕현》

- 1985년 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1995년 2월 한국과학기술원 자동차 및 설계 공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 한국과학기술원 자동차 및 설계공학과 (공학박사)
- 2001년 11월~현재 한국과학기술원 전자전산 학과 BK21 연구원
- 주관심분야 : 센서 융합 기반의 이동로봇제어