

KUeyes : 생물학적 시각 모형에 기반한 컬러 스테레오 헤드아이 시스템

이 상웅, 최 형철, 강 성훈, 이 성환
고려대학교 컴퓨터학과/인공시각연구센터

KUeyes : A biologically motivated color stereo headeye system

Sang-Woong Lee, Hyong-Chol Choi, Seong-Hoon Kang, and Seong-Whan Lee

Dept. of Computer Science and Engineering/Center for Artificial Vision Research,
Korea University

요 약

KUeyes는 3 차원 실세계의 영상처리를 위해 고려대학교 인공시각연구센터에서 개발된 컬러 스테레오 헤드아이 시스템이다. KUeyes는 인간의 시각 시스템을 모델로 하여 다해상도 변환 영상, 갈라 정보와 거리 정보, 움직임 정보를 이용하여 지능적이고 빠르게 객체를 탐지하여 추적한다. 또한 병렬적으로 수행되는 인식기를 통해 탐지된 사람의 얼굴을 인식한다. 다양한 실험 및 분석을 통해 KUeyes가 복잡한 실영상을 대상으로 움직이는 개체를 실시간으로 안정되게 추적하고 인식하는 것을 확인할 수 있었다.

1. 서론

최근 수년간 실세계의 복잡한 영상처리과정의 어려움이 대두되면서 속도나 효율, 정확도면에서 보다 우수한 인간의 시각체계에 대한 연구발표가 많아지고 있다. 이러한 연구들을 검증하기 위해서는 사람의 목 움직임과 눈동자의 움직임 등을 고려하여 영상을 획득할 수 있는 헤드아이 시스템이 필요하며 이를 위해 과거 국내외에서 여러 가지의 헤드아이들이 구현되었다[3-6]. 여기서 소개되는 KUeyes는 10-자유도를 가지고 인간의 시각, 인지 시스템을 기반으로 하여 실세계 영상을 실시간으로 인지하는 것을 목적으로 각각의 하드웨어들을 기능에 맞게 최적화하여 구현되었다.

2. 관련 연구

인간의 시각 시스템을 연구하기 위해 많은 헤드아이 시스템들이 개발되었는데 헤드아이시스템의 선계에서 고려하여야 하는 것은 인간의 시각 시스템과의 유사성이다. 인간의 시각 시스템과의 유사성을 판단하는 요소로서 주로 거론되는 것들은 줌, 눈간 거리, 조리개, 비전스 등과 관련된 자유도이다. 눈간 거리는 양 눈 사이의 거리를 말하며 인간의 경우 대개 6-7 cm[6]을 가지고 고정되어 있으나 실제 카메라의 경우 카메라의 크기 때문에 인간과 똑같이 설계하기는 매우 어려운 실정이다. 최근에 개발된 헤드아이 시스템 중에 비교적 인간과 유사한 국내의 KIST의 HECter[3]는 눈간 거리 10 cm로 설계되었으며, 눈간 거리를 조절할 수 있는 스웨덴의 CVAP의 KTH-Head, 중국의 Northern Jiaotong 대학의 NJU-Head 등도 설계가 되었다[5]. 그러나 인간과 유사하게 눈간 거리를 가깝게 설계한 경우 카메라의 크기가 제한되기 때문에 줌, 조리개, 초점조절 기능을 함께 탑재하기는 힘들다. 따라서 펜실베이니아 대학의 PennEyes, 스페인의 Las Palmas 대학의 DESEO 등처럼 눈간 거리는 인간과 유사하지 않지만 조리개, 초점조절 등 눈동자의 자유도를 가지고 있는 헤드아이 시스템과 인간과는 달리 광학적 특성을 이용한 줌을 이용하거나 인시터과 해상도 문제로 인해 카메라 3 개를 이용한 NIST의 TRICLOPS와 같은

헤드아이 시스템도 개발되었다[3-6]. KUeyes는 눈간 거리 10"를 가지고 있으며 목, 눈의 4-자유도와 눈동자 움직임의 6-자유도를 가지고 있는 BiSight 시스템이다.

3. 시스템 구조

3.1 하드웨어 구조

KUeyes는 다음과 같이 각 목적에 맞게 크게 3-부분으로 나뉘어져 있다. 첫번째는, 영상을 획득하기 위한 카메라와 이를 구동하게 하여주는 모터에 관련된 부분이고, 두번째는 영상을 실시간으로 처리하기 위한 프로세서들이 있는 부분이다. 마지막으로 세번째는, 영상에서 사람의 얼굴을 인식하는 부분이다. 이들은 헤드아이시스템과 PC 두 대안에 포함되어있으며 얼굴인식부분은 계산량의 분산을 위해서 PC 한 대로 분리가 되어있으며 두 PC간 정보교환은 TCP/IP 프로토콜을 이용한다.

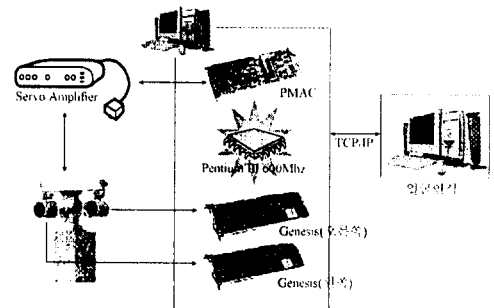


그림 1. KUeyes의 하드웨어 구성도

• 헤드아이

양안 카메라를 장착할 수 있는 헤드아이 시스템으로 Helpmate사의 Unisight 위에 Bisight를 장착한 형태를 가

지고 있다. 이 두 대의 구성으로 4-자유도를 가지며 이 4-자유도는 북의 좌, 우 상, 하 움직임과 좌, 우측 카메라의 독립적인 좌, 우 회전으로 구성된다. KUeyes에 장착된 BiSight 시스템의 움직임은 인간과 대체적으로 유사하거나 뛰어나지만, 눈동자의 움직임이 상하로 되지 않는 점과 최대가속력에서 인간에 비해서 떨어진다는 단점이 있다.

● 카메라

카메라는 획득된 영상의 질에 가장 중요한 영향력을 가지고 있다. 여기서는 실제계에서 인간이 가질 수 있는 칼라 영상을 처리하기 위해 PULNiX사의 TMC-7RGB CCD 카메라에 Fusinon사의 H10×11F-X41 렌즈를 장착하였다. 이 렌즈와 카메라는 진동 모터를 내장하고 있어서 초점조절과 조리개, 줌을 사용자 임의대로 조절할 수 있어서 눈동자 움직임에서 3-자유도를 가진다. 한편, 카메라 제조사 생기기 마련인 양 쪽 영상의 오차를 없애기 위하여 하드웨어에서 제공되는 자동조점과 자동노출기능을 배제하였으며, 대신에 영상의 색상분포와 영상의 기울기 정보를 이용하여 두 카메라에서 동전의 영상이 나오도록 하는 방법을 사용하여 조점과 노출정도를 조정하였다.

● 영상획득 및 처리

KUeyes가 실제계에서 실시간으로 영상을 획득, 처리하기 위해서는 영상처리를 위한 많은 계산량이 요구된다. 주어진 계산량을 실시간으로 구현하기 위해서는 최적화된 하드웨어를 사용하는 것도 필수적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 빠른 영상처리속도를 위하여 Matrox사의 Genesis 보드 두 대와 Pentium III-600MHz PC 두 대를 이용하고 있다. Genesis 보드는 TI사의 TMS320C80 DSP를 이용한, 영상처리에 최적화된 명령어군을 가지고 있어서 영상획득과 영상처리에 뛰어난 성능을 보여주고 있다. Genesis 보드와 PC의 성능을 최대한 발휘하기 위하여 각각의 하드웨어에 맞는 MIL(Matrox Image Library)과 IPL(Intel Image Processing Library)을 사용하였다. 이렇게 구성된 영상처리 시스템은 좌, 우 카메라에서부터 각각의 영상을 동시에 획득하여 Genesis 보드에서 전처리 과정과 정보를 추출하는 과정을 거쳐 그 정보들을 움직임 정보 추출용 PC와 얼굴 인식용 PC에서 분석하여 처리를 하고 있다.

● 모터제어

KUeyes의 8 개의 직류모터들을 제어하기 위해서 Delta Tau사의 PMAC-PC 보드와 속도향상을 위한 선택사항인 DPRAM(Dual-Port RAM)을 이용하고 있다. 이 보드는 자체적으로 Motorola사의 DSP56001을 내장하고 있어서 각 축에 대한 벡터합계산을 해주며, 또한 부분적으로 KUeyes의 각도를 제어하는 프로그램은 다운로드시켜서 주 프로세서와는 별립적으로 수행하는 방법을 사용하여 속도를 향상하였다.

3.2 소프트웨어 구조

● 다해상도 처리

인간의 눈에서는 빛을 감지하는 수용장이 균일하게 분포되어 있는 것이 아니라 관심을 가지고 있는 영상의 중앙에는 조밀한 분포를 가지고 있으며 주변부로 갈수록 밀도가 낮아지는 형태를 지니고 있다. 이러한 형태는 처리해야 하는 영상정보를 감소시켜서 영상처리의 계산량을 줄일 수

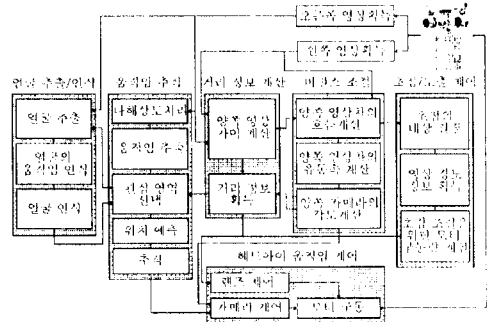


그림 2. KUeyes의 영상처리 흐름도

있다는 장점이 있다. 이러한 인간의 시각시스템에 근거하여 여기서는 log-polar 영상좌표계로 도입한 다해상도를 적용시켜 중앙부에서는 점의 크기를 작게 하여 밀도 있는 영상용을 가지고 오며, 영상의 주변부에서는 점의 크기를 상대적으로 크게 설정하여 영상의 질을 저하시키는 대신 처리해야 하는 시간을 줄이도록 구성하였다. 이러한 방법은 영상좌표계를 변환하는 과정에서 시간이 걸리지만 변환 후 과정에서는 보다 빠른 영상처리를 행할 수 있어 결과적으로 속도향상을 나타낸다[2].

● 얼굴 인식

얼굴 인식은 크게, 입력받은 영상에서 얼굴 영역을 추출하는 기술과 추출된 얼굴 영역을 인식하는 두 가지 기술이 사용된다. 얼굴 영역 추출 기법은 형판 결합 방법을 사용하였으며, 이때 탐색 공간을 축소하기 위해서 칼라정보를 사용하였다. 즉, 칼라 정보를 이용하여 얼굴 영역이 나타날 가능성이 있는 공간만을 탐색하여 계산량을 줄인다. 추출된 얼굴 영상은 인식기를 이용하여 입력 영상에 누가 존재하는지 판별할 수 있게 해준다. 이때 인식기에서 사용되는 기술은 PCA(Principal Component Analysis) 기반 방법과 SVM(Support Vector Machine) 기반 방법의 두 가지를 선별적으로 사용하였다.

● 움직임 추적

움직이는 물체의 추적을 위하여 광류(optical flow) 방법을 사용하였는데 이는 영상의 밝기의 기울기를 1차 차분하여 이용하는 Horn과 Schunk의 방법을 사용하였다[1]. 카메라가 정지한 상태에서는 광류가 측정되는 영역을 추출해 내어 정보로 이용하면 되지만 카메라가 이동하는 능동 시각시스템에서는 배경영상이 함께 움직이게 되므로 전체 광류의 측정치를 실제 움직이는 개체의 움직임 정도에 상응하여 실질적인 움직임 개체의 추적정보를 추출하여 모터 구동 부분으로 넘겨주게 된다.

● 눈동자 움직임 구현

스테레오 헤드아이에서의 눈동자운동은 두 카메라의 움직임이 맞추어진 관심있는 물체까지의 거리를 인식할 수 있도록 해준다. 따라서 우리는 눈동자 운동의 빠르고 정확한 움직임을 위해 각 카메라에서 획득된 영상 간의 disparity flow와 flux를 이용하는 제이 모델을 개발하였다. 이는 두 카메라 중 주요 추적 정보를 가지는 한 카메라가 움직이는 물체를 추적할 때 두 카메라의 각 영상의 disparity flow를 계산한 후 다해상도내의 관심영역을 지나는 disparity flow의

flux를 다시 계산해내어 flux의 값의 부호에 따라서 flux가 0에 가까워질 때까지 나머지 카메라를 flux의 반대 방향으로 이동하여 두 카메라의 응시점이 같아지도록 하는 방법이다.

• KUeyes의 움직임 구현

움직임 추적을 통해 구해진 물체의 움직임정보를 실제 KUeyes의 움직임정보로 변환하기 위해서는 가상 공간상에서 화면의 점 단위를 미터법으로 바꿔주는 작업이 필요한데 이는 실험을 통하여 결정하였다. 실험을 통해 결정된 변환 상수 값과 카메라에서 개체까지의 거리정보를 이용하여 양쪽 카메라의 각도와 목의 움직임 각도의 관계를 삼각함수를 이용하여 구해낼 수 있다. 이것은 복이나 눈 이느 한 쪽이 움직일 때 응시점을 고정시키기 위하여 사용된다. 여기서 거리정보는 disparity, 버전스(vergence) 각도, 초점 조절정보를 이용하여 구할 수 있는데 여기서는 속도와 효율을 고려하여 버전스각도를 이용하였다. 다만 이 방법은 멀리 있는 물체에 대해서는 버전스각의 움직임이 세밀함에 한계가 있어 정확한 거리를 구할 수 없다는 단점이 있다. 목과 눈의 움직임의 각도들이 결정된 후에 눈과 목의 움직임에 대한 일반적인 규칙들을 설정하고 여기에 맞추어 인간의 시각 시스템과 같이 눈과 목의 자연스런 움직임을하도록 하였다.

4. 구현 및 성능 분석

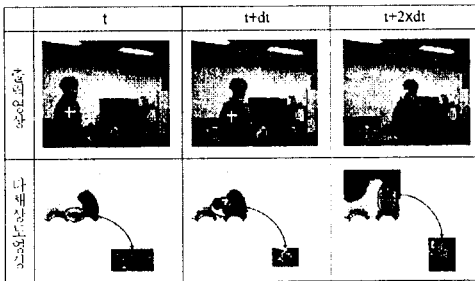


그림 3. 다해상도 영상내의 움직이는 사람 추적

헤드아이의 자연스러운 움직임은 영상 처리의 빠른 속도와 모터 제어의 안정에 의해 구현되는 데, 이를 위하여 실험은 두 가지 실험이 병행되었다. 첫 번째는 헤드아이가 정지된 상태에서, 다해상도 기반으로 사람의 움직임 정보를 광류방법으로 추출하여 추적하는 것이며, 두 번째는 움직이는 헤드아이의 영상에서 움직이는 개체의 칼라 정보와 움직임 정보를 추출하여 헤드아이의 자연스러운 움직임을 구현하는 것이다. 이러한 두 가지 실험을 통해 카메라의 영상 내에서 움직이는 물체를 놓치지 않도록 계속하여 추적한다. 이때 계속적인 움직임을 가지는 물체에 대해서는 움직임 정보를 헤드아이의 움직임 각도로 변환하고, 변환된 각도를 이용하여 헤드아이의 움직임을 제어하여 개체를 계속적으로 추적할 수 있도록 구현되었다. 본 실험은 카메라 해상도의 최대인 640×480 해상도와 320×240 해상도에서 실행되었으며, 각각의 칼라영상을 좌, 우 카메라에서 획득하여 두 대의 Genesis 보드에서 각기 다른 정보들을 추출해내었다. 두 대의 Genesis 보드에서 독립적인 정보를 추출, PC에서 병합하는 과정을 통해 초당 약 10-11장 정도의 빠른 속도로 움직이는 물체를 추적해 내었으며, 추적결과 역시 만족할 만 하였다. 또한 자연스러운 헤드아이의 모터움

직임을 구현하기 위해 사용된 두 번째 실험에서는, 영상 처리 과정을 간략하게 하여 최대 초당 33장 정도로 움직이는 물체를 추적하게 하였다. 그림3 에서는 정지하고 있는 헤드아이의 입력영상을 다해상도로 변환 후 움직임정보를 이용하여 추적할 개체를 찾아내어, 일반 영상좌표계로 역변환하여 추적개체에 십자가를 표시하여 주는 과정을 보여주고 있다. 이 과정에서 얼굴의 영역은 칼라영역 추출방법과 형판 정한 방법을 사용하여 계속적으로 검출이 되며, 만약 정면얼굴이라고 판단이 되면 TCP/IP를 이용하여 얼굴영역을 다른 PC로 전달하여, 가지고 있는 데이터베이스 안에서 얼굴 인식 과정을 거친다. 얼굴 인식에서는 안경 착용 여부, 표정 변화 등과 같은 얼굴의 변화도 고려하여 시행되었으며, 10명의 데이터베이스 안의 사람들로 실험한 경우 약 95-96%의 성능을 보여 주었다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 인간의 시각 시스템처럼 다해상도 기반에서 획득된 영상을 광류방법 등으로 처리하여, 움직임 정보를 추출한 후 인간의 시각 시스템처럼 목, 눈동자 움직임을 하는 KUeyes를 소개하였다. KUeyes의 구현 의미는 인간 시각 시스템의 이해를 돕기 위한 실험 기반이 갖추어졌다는 것이며 이를 이용하여 실세계의 복잡한 영상들을 인지하는 방법에 대하여 연구를 진행할 수 있게 되었다. 현재의 자연스럽지 않은 눈동자 움직임과 속도를 개선하여, 앞으로 영상에 대한 인간의 판단과 반응에 대한 모델을 구현하는 과정으로 KUeyes를 이용하게 될 것이다.

감사의 말씀

본 연구는 과학기술부 창의적연구진흥사업의 연구비 지원에 받았음.

참고 문헌

- [1] 강성훈, 안창, 이성환, “망막-피질 매핑된 동영상에서의 움직임 추정 방법,” 한국정보과학회 봄 학술발표논문집, 목포, 제 26권 제 1호(B), 1999년 4월, pp. 481-483.
- [2] 강성훈, 이성환, “망막의 신경절 세포 특성에 기반한 다해상도 영상 표현 방법,” 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, 제 25권 제 2호, 1998년 10월, pp. 351-353.
- [3] M. Hwang-Bo, B.J. You, S.R. Oh, and C.W. Lee, “Design and Redundant Motion Control of Active Stereo Head-Eye System with Vergence,” Proc. of 7th IEEE Workshop on Robot and Human Communication(ROMAN), Takamatsu Japan, Sept 1998, pp. 135-141.
- [4] B.C. Madden and U.M. Cahn von Seelen, “PennEyes A Binocular Active Vision System,” Technical Report MS-CIS-95-37/GRASP LAB 396, 1995.
- [5] Z.Y. Zhang and B.Z. Yuan, “NJU Head: An Active Head-Eye System,” Proc. of IEEE International Conference on Image Processing, Vol. 2, 1997, pp. 1760-1764.
- [6] J.C. Fiala, R. Lumia, K.J. Roberts, and A.J. Wavering, “TRICLOPS: A Tool for Studying Active Vision,” Internation Journal of Computer Vision, Vol. 12, No. 2-3, 1994, pp. 231-250.