

## 이동 물체를 실시간으로 추적하기 위한 Sensory-Motor System 설계

이상희\*, 동성수\*\*, 이종호\*

\*인하대학교 정보통신공학과, \*\*용인송담대학 디지털전자정보과

### The Design of the Sensory-Motor System for Real Time Object Tracking

Sang Hee Lee\*, Sung Soo Dong\*\*, Chong Ho Lee\*

\*Dept. of Information & Communication Eng. Inha Univ.,

\*\*Dept. of Digital Electronics & Information, Yong-In Songdam College.,

**Abstract** - In this paper, Valentino Braitenberg structure based sensory motor model for object tracking control system was proposed. Conventional model based control schemes are require highly non-linear mathematical models, which require long computational time to solve complex high order equations. Contrast to conventional models, proposed system simply link signal data from camera directly to the inputs of neural network, and outputs of network are directly fed into input of motor driver of camera. With simple structure of sensory motor model, real time tracking control system for dynamic object was realized successfully, and the implementation of sensory motor model can overcome the limitation of model-based control schemes.

#### 1. 서 론

인간의 뇌 및 신경계통의 기능성 연구를 바탕으로 신체의 동작 명령 체계를 탐구, 모방하고 활용하기 위해 다양한 모델과 시스템들을 구현되고 있다. 그 중에서도 인간의 즉각 반응에 대한 모델로서, Sensor-actuator간의 협응(cooperation)을 위한 직접연결모델(direct connectionist-model)은 미래 정보화 시대의 가정에서의 다양하고 세심하고 민감한 일과를 도와주고 처리하는 지능형 정보 제공체 및 이동형 도우미의 개발에 필요한 필수적인 기술로서 종래의 모델기반(model-based)제어의 한계를 극복하는 접근 방식이다. 이는 기본적으로 인식과 반응의 직감적 결합을 실현하는 공학적 시스템으로서 향후 많은 기술 발전과 보편적 시장성이 예견되는 가정용 pet robot의 개발에서 기술적 도약을 제공하는 기술이 될 수 있다. 또한, 생물체를 유사하게 모방하는 다양하고 실용적인 소형로봇의 두뇌 및 신경계로서 고성능 지능시스템의 하나의 핵심 요소가 될 수 있다. 결론적으로 뇌와 신경계에 의한 인체의 운동 감각을 이해하는대 기본지식을 제공할 것이다. 본 논문에서는 카메라로 들어오는 영상을 입력으로 하여 팬/틸트(Pan/Tilt)를 조정하여 움직이는 물체를 추적(tracking)하는 Sensory Motor 모델[1]을 구현하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 움직이는 물체 추적을 위한 시스템 모델

이 모델은 입력영상의 크기가 320×240 pixel이며, 이 영상 입력을 모터에 연결하여 카메라의 팬/틸트(Pan/Tilt)를 조정한다. Braitenberg에 의해 연구된 Vehicle모델[3]에서 기초하여 Sensory Motor 개념을 적용하였다. 감각,인지적인 동작을 위해 신경망을 통해 학습시켰다.

##### 2.1.1 Sensory Motor 모델

Sensor와 actuator간의 직접연결모델은 1984년에 Valentino Braitenberg의 간단한 운동생물을 모방한 구조에서 볼 수 있다.[3] Britenberg는 Vehicle에 Photodetector를 이용하여 Vehicle에 모터(Motor)를 작동시켰다. 본 논문에서는 카메라를 통해 들어오는 영상을 입력으로, 물체를 카메라에 중앙에 위치하도록 카메라의 팬/틸트(Pan/Tilt)를 조정하게 하였다. 사용된 알고리즘은 다음과 그림과 같다.

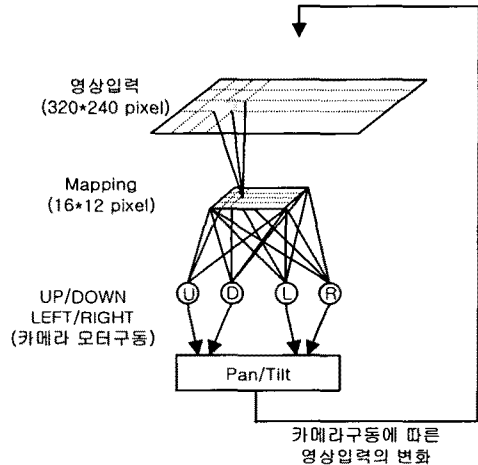


그림 1 Sensory-Motor Model

검은색 배경에 흰공이 움직이며 입력되는 영상은 320×240 pixel크기이며, 이 영상을 20×20 pixel크기의 sub-block을 통해 16×12 pixel 크기의 mapping 하게 된다. 16×12 pixel의 map은 신경망의 입력이 되며, 출력으로는 U(up), D(down), L(left), R(right)신호로 카메라 각도를 조정하게 된다. 여기서, mapping은 입력영상을 Neural Network에 보내기전에 전처리같은 역할을 해준다. 이 동작은 흰공 부분만 걸러지게 되고, 이 mapping후에 값은 0에서 1사이에 값이 나오도록 조정하였다. 영상입력은 pixel단위로 받게 되므로, 20×20 pixel 크기의 sub-block 16개를 사용하여, 한 frame영상을 모두 받은 후에 처리하지 않고, 영상입력을 들어오는대로 처리 할 수 있게 하였다. 결국 16개의 sub-block이 12번 실행되게 되는것이다.

##### 2.1.2 Neural Network

NN(Neural Network)은 Sensory Motor모델을 학습시켜, 물체의 다양한 움직임에 적응하여 추적 할 수 있도록한다. 본 논문에서 사용된 NN 구조는 그림 2와 같다.

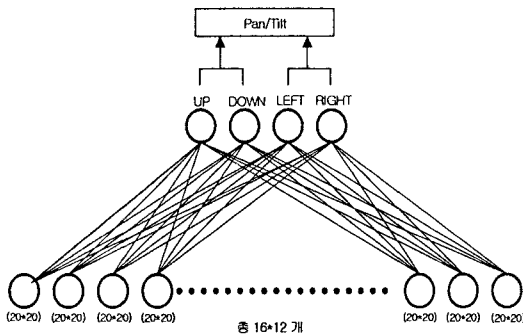


그림 2 실험에 사용된 Neural Network 구조

입력값수는 mapping한 후에 나온 값들로  $16 \times 12 = 192$ 개이며, 출력은 상하좌우 방향의 작동을 위해 4개가 존재한다. 학습 패턴으로는 그림 3와 같은 검은 배경에 흰공이 들어간 영상을 사용하였다. 공의 크기는 지름이 40 pixel인 공을 사용하였다.

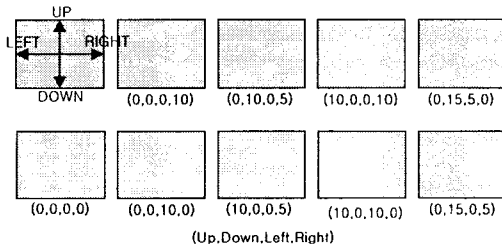


그림 3 신경망 학습 패턴

각 영상아래의 수치는 상하좌우방향에 대해 움직여야 할 단위거리(10 pixel)를 의미한다. 즉, 중심에서 떨어진 만큼의 수치이다. 50개의 학습 패턴을 이용하여 신경망을 학습시켰다. 신경망의 출력은 위에서 말한 것처럼 Up, Down, Left, Right로 4개이며, RS485제어방식의 프로토콜 형식(format)에 맞추어 내보내게 된다. 또한, 모터제어를 좀더 쉽게 하기 위해 실수가 아닌 자연수값으로 나오도록 조정하였다. 즉, 정해진 수치만큼 조금씩 움직여서 원하는 위치까지 움직여가는 것이다. 예를 들어, 움직여야 할 위치가 (10,0,0,0)이라면, Up신호를 10번 연속적으로 주어 10만큼의 단위거리(10 pixel)로 이동하게 된다.

### 2.1.3 물체 추적 시스템 구조

물체가 중앙에 위치하지 않거나 위치한 영상 50개를 학습패턴을 통해 신경망 학습을 하였으나, 실제 수행시에는 Vision보드로부터 들어오는 프레임(frame)을 가지고 처리하였다. 사용된 장비는 카메라와 Pan/Tilt가 일체형인 Network Korea의 AEWC-2000(CCD타입)을 사용하고, PC의 PCI 슬롯에 장착하여 외부 카메라로부터 이미지를 받아 사용자가 원하는 메모리 버퍼로 실시간으로 전송 시켜주는 마이크로로봇의 Vision Board인 MyVision99를 사용하였다. 또한, AEWC-2000 모델은 RS485제어를 할 수 있도록 설계되어 있고, PC에서는 RS232(시리얼)제어용 포트만을 제공하므로, 두 제어방식을 연결해 주어야 하는 컨버터가 필요하다. 따라서, 별빛텔레콤의 무전원 방식 통신용 레벨컨버터(BLC-2010)를 사용하여 카메라의 Pan/Tilt를 제어하였다. 그림 4는 전체 시스템 구조를 나타내고 있다.

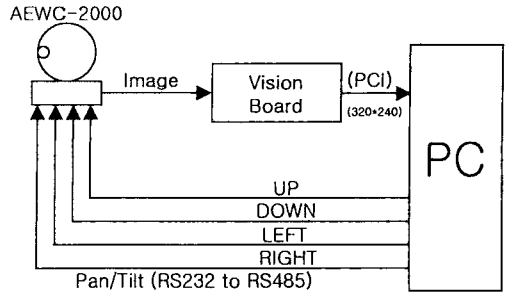
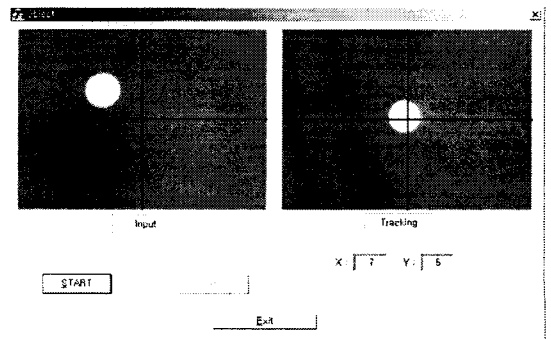


그림 4 전체 시스템 구조

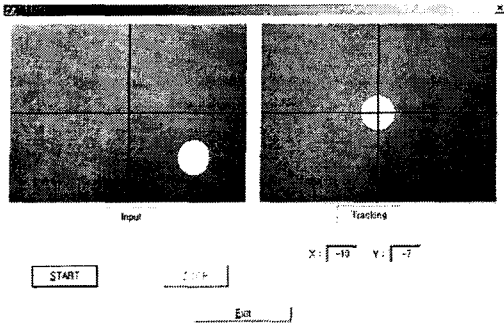
전체 시스템 작동을 보면, 카메라가 동작하고 카메라의 렌즈를 통해 영상이 Vision 보드로 들어오게 된다. Vision 보드는 초당 30frame로 영상을 획득한다. 이것을 PCI를 통해 PC에 전달하게 된다. PC에는 신경망을 통해 학습된 Sensory Motor 모델이 구현되어 있으며, 이 모델에 의해 PC에서 카메라의 Pan/Tilt를 조정하게 된다. 즉 상하좌우로 카메라를 이동시키게 된다. 이동된 카메라에 의해 입력영상에서 보여지는 물체의 위치가 달라지게 되고, 물체의 위치가 카메라의 중앙에 위치할때까지 계속적으로 카메라가 이동된다. 카메라의 제어를 위한 사용된 RS485의 프로토콜에서 Data length는 1Byte(8bit), Start/Stop Bit는 1Bit, Parity Bit는 None, Baud rate는 9600bps로 셋팅하였고, 프로토콜 포맷은 제조사의 포맷을 사용하였다.

### 2.2 실험결과

Vision보드로부터 메모리버퍼로 들어오는 영상frame을 처리하는데 있어서, 30frame/sec 영상을 모두 처리하지 않고, 삼중버퍼를 사용하여 10 frame/sec 영상을 받아들었다. 실제 공을 움직이는 것을 대신하여 검은 종이위에 흰색 원을 그린 후, 이 종이를 카메라앞에서 조금씩 움직여가면서 실험하였다. 카메라의 Pan/Tilt 최고 속도는 80도/sec정도이며, RS485방식에 의해 제어된다. RS485제어를 PC에서 하기위해 RS485 to RS232 컨버터를 사용하여, PC의 시리얼포트에 연결하였으며, 전체 시스템은 Microsoft사의 Visual C++ 6.0에 의해 프로그래밍하였다. 그림 5는 실험결과를 비주얼하게 보여주는 실험영상들이다. 보여지는 영상의 "+"는 물체가 중앙에 위치하도록 카메라가 움직였는지를 알아보기 위해 표시한 부분이다. 그림 5의 동작상태를 보면, 'START' 버튼을 누르면 설계한 구조모델이 동작을 시작하게 되며, 왼쪽 화면에 움직이는 영상을 보여주게 되고, 오른쪽 화면에는 추적(tracking)을 한 후에 영상을 보여주게 된다.



a) set-up(1)



b) set-up(2)

그림 5 실험 영상

그림 5의 a)에서는 오른쪽에 보이는 영상은 공이 위쪽으로 잡힌 영상이고, 왼쪽은 카메라가 그 방향으로 이동하여 움직여서 잡힌 영상이다. 왼쪽 영상 아래의 X,Y좌표는 카메라가 움직인 단위거리(10pixel)이다. 그림 5에서 각 a), b)의 왼쪽 영상 아래의 좌표값 (X:7, Y:5), (X:-10, Y:-7)는 카메라가 이동한 좌표이다. 모터제어를 쉽게 하기 위해 NN의 출력이 자연수형으로 처리한 결과 a)그림처럼 중심축에 완전히 일치하지 않는 경우가 생기게 되었다. 하지만, 카메라는 물체를 항상 중심점(“+”표시한 중심점)에서  $\pm 20$ pixel 정도의 오차범위 안에서 중앙쪽에 위치하도록 움직였다. b)그림은 완전히 일치하는 경우이다. 또한 왼쪽 영상은 대상 물체가 연속적으로 움직이기 때문에, 수시로 바뀌게 된다. 여기서 보인 그림 5는 추적(tracking)중에 한 순간의 영상이다. 처리 속도는 카메라의 팬/틸트(Pan/Tilt) 속도인 최대 80도/초의 속도를 충분히 낼 수 있을 정도였다. 정확하게 속도를 측정해 본 결과, 초당 180도 정도의 팬/틸트(Pan/Tilt)속도의 카메라를 구동 시킬만큼의 속도로 처리되었다.

### 3. 결론 및 향후연구방향

본 논문에서는 영상을 일종의 Sensor처럼 사용하여 Pan/Tilt 제어를 하여 Sensory Motor model을 구현하였다. 이는 model-based 제어가 아닌 sensor와 actuator가 직접 연결되어 순간적인 반응과 수식에 의한 계산 없이 간편하게 동작되는 장점이 있다. 이 실험을 바탕으로 3차원 이동물체를 대상으로 이동카메라(좌표 및 앵글의 변화가 존재)에 의한 Sensory-Motor 시스템의 설계로 확장할 것이다. 또한 이동물체의 공간상 좌표 및 예정경로를 추정할 수 있게 할 것이다. 실험에서는 카메라의 Pan/Tilt의 상하좌우 움직임만을 보였지만, 로봇팔과도 직결하여 일종의 캐처로봇이나 팔기퍼와 같은 model을 만들 수 있다. 또한, 2족 보행로봇등과 같은 움직이는 로봇에 탑재하여 고성능 지능시스템의 하나의 핵심요소가 될 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Namiki, A.; Nakabo, Y.; Ishii, I.; Ishikawa, M. "1-ms Sensory-Motor Fusion System", Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on, Volume: 5 Issue: 3, 244-252, Sept. 2000
- [2] Koball, B.R.; Wharton, J.H. "A test vehicle for Braitenberg control structures", Compcon Spring '88, Thirty-Third IEEE Computer Society International Conference, Digest of Papers, 394-398, 1988
- [3] Valentino Braitenberg, "Vehicles: Experiments in

Synthetic Psychology". MIT Press, 1984

[4] 이상엽, "Visual C++ Programming Bible Ver. 6.x", 영진출판사, 1999