

# 수염 촉각 센서를 이용한 물체 위치 판별 그리고 이에 따른 로봇의 상대적 위치 제어 방법

<sup>1</sup>김대은, <sup>2</sup>랄프 몰러

<sup>1</sup>연세대학교 전기전자공학과, <sup>2</sup>독일 빌레펠드 대학

e-mail : daeun@yonsei.ac.kr

## Tactile localization Using Whisker Tactile Sensors

<sup>1</sup>DaeEun Kim & <sup>2</sup>Ralf Moeller

<sup>1</sup>School of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Bielefeld University, Germany

### Abstract

Rodents demonstrate an outstanding capability for tactile perceptions using their whiskers. The mechanoreceptors in the whisker follicles are responsive to the deflections or vibrations of the whisker beams. It is believed that the sensor processing can determine the location of an object in touch, that is, the angular position and direction of the object. We designed artificial whiskers modelling the real whiskers and tested tactile localization. The robotic system needs to adjust its position against an object to help the shape recognition. We show a robotic adjustment of position based on tactile localization. The behaviour uses deflection curves of the whisker sensors for every sweep of whiskers and estimates the location of a target object.

### I. 서론

쥐는 시각을 사용할 수 없는 밤에 쥐 수염 촉각센서를 이용하여 주변 물체를 인식하는 능력을 갖고 있다. 쥐는 여러 쌍의 쥐 수염을 능동적으로 앞뒤로 움직이며 물체를 인식하는데, 쥐 수염을 통하여 물체의 표면의 패턴(texture), 거칠기 뿐 아니라 물체의 모양을 해독

할 수 있다고 보고 있다. 쥐 수염의 뿌리 부근에 있는 모낭에는 수많은 반응 센서가 있는데, 이 센서는 수염의 움직임, 진동 등에 예민하게 반응한다. 센서가 쥐 수염의 휘어짐에 비례하여 센서 반응도가 증가한다는 것이 보고되어 있고 [1], 수염이 물체에 닿을때 형성되는 각도의 시계열 분석에 의해서 물체의 위치와 거리가 판독도 가능하다 [2]. 여기서는 하나의 빔에 자석을 부착하고, 주변에 자기 센서를 배치함으로써 쥐 수염에 해당하는 빔이 휘어지는 것을 측정할 수 있도록 하였고, DC 모터를 이용하여 능동적으로 수염을 좌우로 움직이도록 하였다.

이러한 능동적 센싱을 통하여 물체의 위치를 판별하고, 해당 로봇의 적절한 위치를 제어하는 문제를 여기서는 다루려고 한다.

### II. 본론

사실 주변 물체를 인식하는 과정은 여러 모듈로 이루어질 수 있다. 첫 단계로는 공간 내에서 로봇이 물체를 탐색하는 단계, 그 다음 임의의 물체가 발견되면 능동적인 수염 움직임을 통하여 물체의 위치를 파악하는 단계, 물체에 대한 모양 등의 정보를 기억하는 단계로 나누어질 수 있다. 그 중 물체에 대한 로봇의 상대적 위치를 결정하여 테스트하면, 임의의 물체에 대한 분류를 용이하게 할 수 있다.

여기서는 수염의 좌우 움직임을 이용하여 물체의 위치

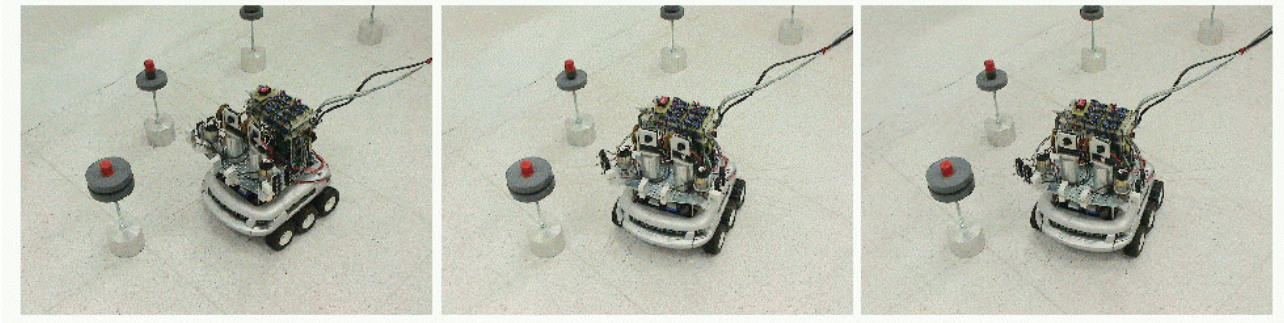


그림 1. 물체 위치 판별을 이용한 로봇의 위치 조정

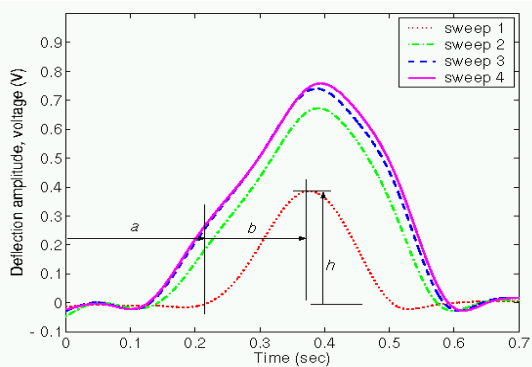


그림 2. 능동적 좌우 스위핑을 통한 수염 센서의 값

를 판별한 다음, 이미 설정된 로봇의 상대적 위치를 얻도록 로봇을 움직이도록 프로그램하고 있다. 이 과정은 일련의 센서와 모터의 상호작용을 통하여 이루어지고 있는데, 그림 2에 보이는 것처럼 수염 센서는 목표 물체의 위치와 거리 정보를 제공한다. 수염의 전방 움직임 동안 수염 센서 정보로부터 물체와 접촉하는 시간  $a$ 와 비접촉 시간  $b$ 를 측정할 수 있다. 이는 접촉이 이루어지는 시점, 수염의 전방 움직임이 시작하는 시점, 끝나는 시점을 알 때, 수염이 움직이는 평면 상에서 물체의 각 위치, 즉  $R=a/(a+b)$ 를 예측할 수 있다. 그리고 빔의 휘어지는 정도는 수염 센서의 진폭  $H$ 로 결정될 수 있는데, 이를 통해 목표 물체의 상대적 거리를 예측할 수 있다. 수염 움직임의 사이클마다 이미 설정한 목표  $R', H'$ 와 센서로부터 얻어지는  $R, H$ 를 비교하여 로봇의 움직임을 제어한다. 해당 로봇 행동 제어는 다음과 같다.

$E_R = a/(a+b) - R'$ ,  $E_H = h - H'$   
 If  $|E_R| < T_R$  and  $|E_H| < T_H$ , then 정지  
 Else if  $E_R < 0$  and  $E_H \geq 0$ , then 오른쪽, 그리고 뒤쪽으로 움직인다.  
 Else if  $E_R \geq 0$  and  $E_H < 0$ , then 왼쪽, 그리고 앞쪽으로 움직인다.  
 Else if  $E_R \geq 0$  and  $E_H \geq 0$ , then 왼쪽, 그리고 뒤쪽으로 움직인다.

$T_R$ 은  $E_R$ 에 대한 기준점, and  $T_H$ 은  $E_H$ 에 대한 기준점, 그리고, 회전각은  $c_1 * E_R$ , 앞뒤 움직임은  $c_2 * E_H$ 로 결정이 된다. ( $c_1, c_2$ 는 상수)

위 제어 규칙에 따르면 로봇은 3-5 단계 내에 목표 위치로 움직일 수 있다. 그림1은 위의 위치 제어 방식에 따른 로봇의 위치 조정 과정을 보여준다.

#### IV. 결론 및 향후 연구 방향

쥐 수염을 모델로 하는 촉각 센서를 통하여 목표 물체의 위치를 판별할 수 있다. 그리고 이를 이용하여 이미 설정된 로봇의 상대적 위치를 얻도록 로봇의 움직임을 제어할 수 있다. 이는 빔의 휘어짐에 비례하여 나타나는 수염 센서의 값을 통하여 물체의 각도 위치와 거리를 판별할 수 있기 때문에 가능하다. 로봇이 측정한 수염 센서의 값은 목표 물체의 각 위치, 거리, 상대적 위치, 모양 등 여러 요인이 결합되어 나타나기 때문에, 위의 방법을 사용하여 목표 물체에 대하여 일정한 상대적 위치를 얻음으로써 임의의 물체에 대한 모양 등을 구별하는 기준을 얻을 수 있다. 현재 단순한 규칙을 사용하여 로봇이 목표 위치로 이동하지만, 1-2번 정도의 최소한 이동만으로도 목표 위치를 얻는 것도 가능하다고 본다. 이에 대한 최적 알고리즘을 구현하는 것은 다음 연구로 남겨둔다.

#### 참고문헌

[1] M. Szwed, K. Bagdararian, E. Ahissar, "Encoding of vibrissal active touch", Neuron 40, pp.621-630, 2003  
 [2] DaeEun Kim and Ralf Moeller, "A Biomimetic Whisker for Texture Discrimination and Distance Estimation", From Animals to Animats 8, 2004, MIT press