

FlowNet을 활용한 텐세그리티 평면 기반 시촉각 센서 알고리즘 개선

윤영로, 성민창, 홍근영, 최영진*

한양대학교 전자공학과

yyy5153@hanyang.ac.kr, tjaldskd@gmail.com, geunyoung@hanyang.ac.kr cyj@hanyang.ac.kr

Improvement of Visual-Tactile Sensor Algorithm Based on Tensegrity Plane Using FlowNet

Youngro Yun, Minchang Sung, Geun Young Hong, Youngjin Choi*

Hanyang Univ.

요약

본 연구에서는 텐세그리티 구조를 기반으로 한 시촉각 센서를 통해 시각과 촉각 정보를 동시에 활용하는 방법을 제안한다. 특히, FlowNet 알고리즘을 시촉각 센서에 접목하여 외부에 위치한 물체를 시각적으로 감지하고 물체와의 접촉 여부를 효과적으로 확인할 수 있다. 실험 결과에서는 FlowNet의 적용으로 센서의 정확도와 속도가 향상되었으나, 정지 상태에서의 대상 물체 감지에 한계가 있었다. 향후 연구에서는 센서의 움직임 중에도 정확한 대상 물체 감지를 위한 새로운 알고리즘 개발이 필요하며, 이를 통한 물체 감지 및 상호작용의 향상을 목표로 할 예정이다.

I. 서론

로봇은 외부환경을 인식하고, 스스로 상황을 판단한 후, 행동하는 기계를 뜻한다. 이중, 외부 환경을 인식하기 위해 많은 센서들이 오랜 기간 동안 연구되어 왔다. 로봇이 외부 환경을 인식하기 위해서 대표적으로 사용되어 왔던 센서들은 촉각, 비전 센서 등이 있다. 앞선 연구에서는 텐세그리티 구조의 개념이 적용된 시촉각 센서가 있다.[1] 해당 연구에서는 optical flow 알고리즘을 이용하였다. 텐세그리티 구조는 강체와 유연한 선으로만 이루어진 구조를 뜻하며, 동시에 구성된 강체와 강체는 접촉하지 않은 구조를 말한다. 해당 센서는 텐세그리티 평면의 특성을 이용하여, 텐세그리티 평면에 물체가 접촉 시, 발생하는 텐세그리티 평면의 변화를 내부에 적용된 카메라를 이용하여 시각적으로 관찰 후 변화 여부에 따라 센서와 임의의 물체와의 접촉 여부를 판단하는 센서이다. 이 센서의 장점으로는 촉각 센서 부분이 텐세그리티 구조로 되어있어, 텐세그리티 평면 너머의 공간을 촬영할 수 있어 시각 센서로도 활용할 수 있다는 점이다.

본 연구는 기존에 제시된 텐세그리티 구조의 시촉각 센서에서 FlowNet 알고리즘을 접목시켜 시각 센서로 외부에 잡고자 하는 임의의 물체를 인식할 수 있고, 접촉했을 시 텐세그리티 구조를 통해 물체가 시촉각 센서에 접촉했는지에 대한 여부를 확인할 수 있다.[2]

II. 본론

1. 시촉각 센서의 구조

본 논문에서 사용된 시촉각 센서의 구조는 그림 1과 같이 카메라와, 거울, 텐세그리티 평면으로 이루어져 있다. 카메라는 거울을 통해 텐세그리티 평면과 임의의 오브젝트를 이미지 데이터로 받아들일 수 있다. 이때 텐세그리티 평면은 촉각 센서 역할로서 텐세그리티 평면과 임의의 오브젝트가 맞닿았을 때 텐세그리티 평면이 변화에 따른 움직임을 통해 촉각 여부 및 접촉 정도를 판단할 수 있다.



그림 1. 텐세그리티 시촉각 센서

텐세그리티 구조의 시촉각 센서의 이점 중 하나는 그림2와 같이 카메라의 초점 변화를 통해 시각 정보를 얻을 수 있다는 점이다.

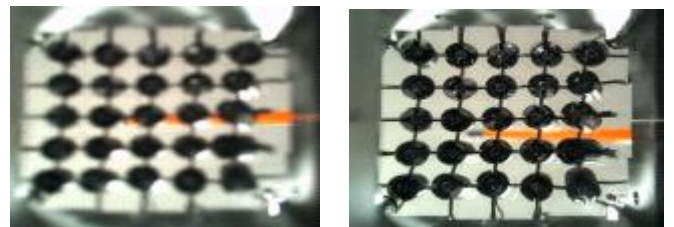


그림 2 카메라의 초점 변경 (좌: 오브젝트 중심, 우: 텐세그리티 평면 중심)

물체를 찾거나, 판단하고자 할 때는 초점을 멀리 두어 임의의 물체의 이미지를 얻을 수 있다. 초점을 가까이했을 때는 텐세그리티 평면에 초점을 두었기 때문에 오브젝트에 대한 이미지는 흐릿하게 나오지만 텐세그리티 평면에 대한 이미지는 명확하게 얻어올 수 있다.

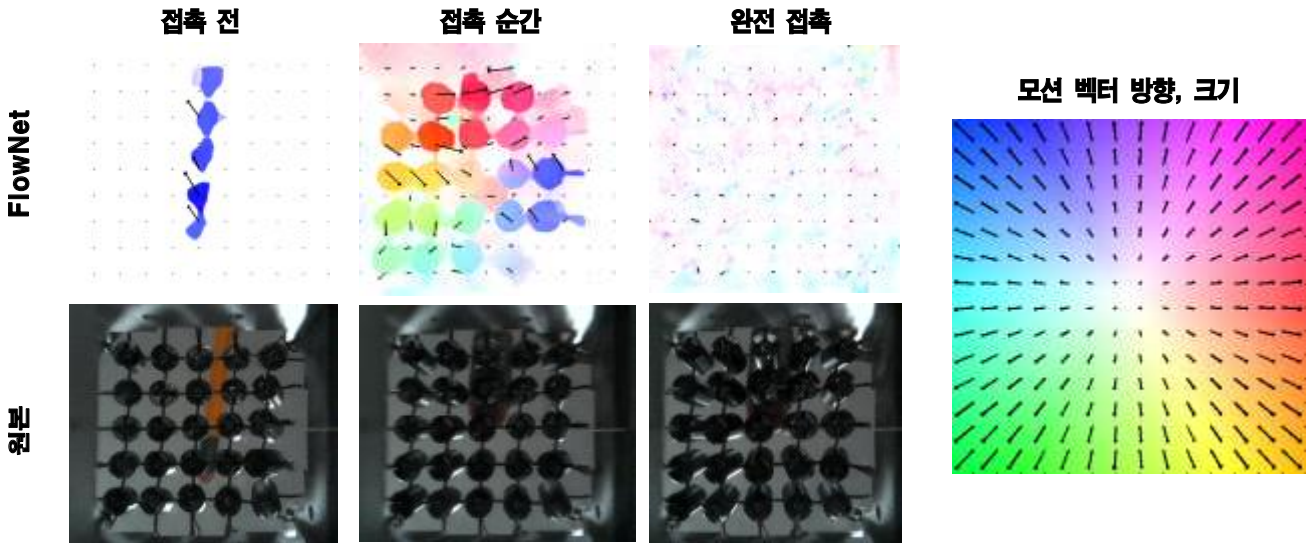


그림 3. 원본 이미지 데이터에 FlowNet 알고리즘 적용 결과 및 모션 벡터 방향과 크기

2. FlowNet 알고리즘 적용

FlowNet 알고리즘은 Optical Flow 알고리즘을 활용한 딥러닝 알고리즘이다. 이때 Optical Flow는 연속하는 두 이미지(frame)간의 차이를 통해 움직이고 있는 객체를 추정하는 알고리즘이다.[3] FlowNet은 Optical Flow 알고리즘의 단점을 개선하여 나온 deep neural network 모델이다. 따라서 본 논문에서는 이미 연구 되어진 FlowNet 알고리즘을 시속각 센서에서 얻어온 이미지에 적용하여 접촉 여부를 판단하고자 한다. FlowNet에서는 HSV 컬러 정보를 이용하여 모션 크기와 방향을 정해준다. HSV에서 Hue는 색상 정보를 나타내며 결과에서 모션의 방향을 나타낸다. Saturation은 채도 정보를 나타내며 결과에서 모션의 크기를 나타낸다. Hue값과 Saturation값을 통해 나타낸 모션의 크기와 방향 정보는 그림 3의 모션 벡터 방향, 크기와 같이 나타내어 진다.

그림 3의 접촉 전 FlowNet 이미지는 임의의 오브젝트가 텐세그리티 평면과 닿지 않고 위에서 움직이고 있을 때 FlowNet 네트워크를 활용해 얻은 결과 이미지와 카메라에 찍히고 있는 이미지이다. 센서를 통해 받아온 이미지 데이터를 활용하여 움직이고 있는 임의의 오브젝트를 추정하여 찾아내고 있다. 이미지를 통해 오브젝트의 방향과 속도를 추정할 수 있다.

그림 3의 접촉 순간 FlowNet 이미지는 임의의 오브젝트와 텐세그리티 평면과 접촉하였을 때 결과이다. 텐세그리티 평면과 오브젝트가 접촉하게 되면 텐세그리티 평면에 움직임 변화가 생기고 이를 FlowNet 알고리즘에서 변화를 추정하여 접촉하였음을 알 수 있다. 모션 벡터의 방향과 크기를 통해 접촉점과 접촉 강도를 예측할 수 있다.

그림 3의 완전 접촉 순간은 오브젝트와 텐세그리티 평면이 완전히 닿았을 때 FlowNet 알고리즘 결과를 나타낸다. 텐세그리티 평면이 오브젝트와 완전히 접촉하였을 때는 더 이상의 텐세그리티 평면과 오브젝트의 움직임 변화가 없기 때문에 이미지 결과가 흰 배경으로 나오고 완전히 접촉하였음을 알 수 있다. 이를 통해 센서와 오브젝트 사이에 힘이 가해지고 있다면, 접촉 되는 힘을 조절하며 접촉 상태를 유지하고 있을 수 있다. 이는 잘 깨질 수 있는 계란과 같은 물체를 잡는데 용이할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 선행으로 연구 되어진 텐세그리티 시속각 센서를 활용하여 이미지를 얻어온 후 FlowNet 네트워크 모델에 적용시켜 나온 결과를 통해 시속각 센서에 대한 알고리즘을 개선하였다. FlowNet 네트워크를 적용 시킨 결과 속도와 정확도 측면에서 이점을 가져왔으나, Optical Flow 알고리즘의 한계로써 센서가 움직이고, 오브젝트가 멈추어져 있을 때는 FlowNet을 통한 오브젝트 검출에 문제가 있었다. 따라서 추후 진행될 연구에서는 센서가 움직일 때 오브젝트를 탐지하는 새로운 알고리즘에 대해 연구하고 이를 본 연구와 연결하여 물체를 시속각 센서를 통해 찾아냄과 동시에 파지를 완료하는 것을 목적으로 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 교육부 및 한국연구재단의 4단계 두뇌한국21사업(4단계 BK21사업)의 결과물입니다.

참 고 문 헌

- [1] 홍근영, 성민창, 조서남, 최영진. (2023). 텐세그리티 어레이 평면을 적용한 시속각 센서. 로봇학회 논문지, (출판 예정)
- [2] Ilg, Eddy, et al. "FlowNet 2.0: Evolution of optical flow estimation with deep networks." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017.
- [3] Horn, Berthold KP, and Brian G. Schunck. "Determining optical flow." Artificial intelligence 17.1-3 (1981): 185-203.