

원격 로봇 조작을 위한 비전 시스템

윤병현, 최강선*

*한국기술교육대학교 전기전자통신공학부
{dqg0602, ks.choi}@koreatech.ac.kr

A Vision System for Robotic Teleoperation

Byung-Hyun Yun, Kang-Sun Choi*

*Dept. of E.E.C.E., KOREATECH

요 약

원격지의 로봇을 조작함에 있어, 원격지의 상황을 정확히 인식하는 것이 우선적으로 필요하다. 본 연구에서는 로봇에 설치된 스테레오 카메라를 통해 입력된 비디오를 네트워크를 통해 전달하고, 조작 공간에 있는 사용자가 Head Mounted Display(HMD) 기기를 통해 원격지의 상황을 현장감 있게 파악할 수 있는 비전 시스템을 구현했다. 로봇 내 S/W의 효과적인 통합을 위해 카메라 입력 처리 및 비디오 스트리밍은 Ubuntu의 ROS를 이용하여 구현됐으며, 조작 공간의 HMD 기기 및 관련 조작 센서 통합은 Windows 상에 구현하여, 실험을 통해 원격지의 상황을 25fps 수준의 HD 해상도 비디오로 확인할 수 있었다.

1. 서론

최근 로봇을 원격으로 조종하게 되면서, 다양한 컴퓨터 비전 응용 분야에서는 로봇의 시야를 사람이 어떻게 받아들일 것인가에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있다. 로봇이 보는 영상을 처리하여 가상의 3D 환경을 VR로 구현하기도 하고, 단순하게 모니터에 디스플레이 하기도 한다.

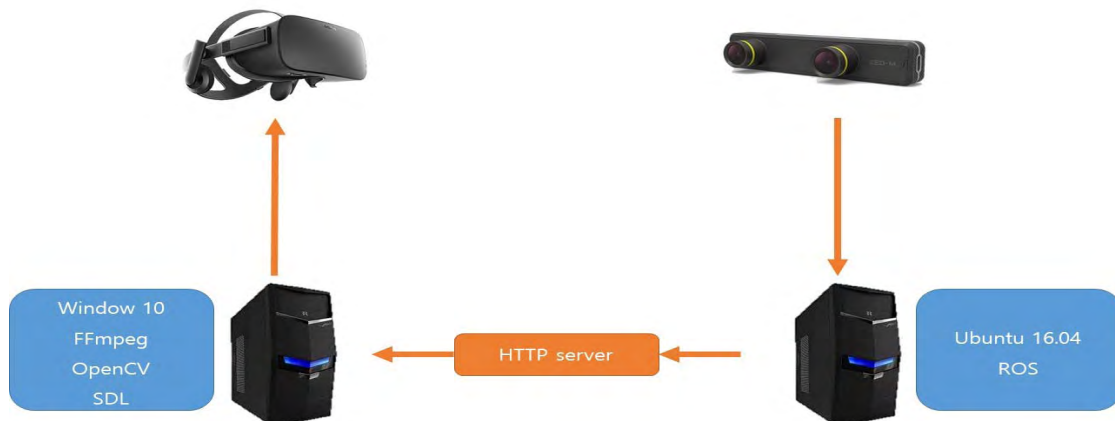
가상의 환경을 VR로 만드는 기술은 추가 연산작업이 많으며, 단순하게 모니터에 디스플레이하는 기술은 사용자가 영상으로부터 얻을 수 있는 정보량을 제한한다.

본 논문에서는 Robot Operating System(ROS)와 Oculus Rift를 사용하여, 로봇이 받아들인 현장의 Stereo image를 입체감 있게 받아들이는 방법에 대하여 연구하였

다. 이는 추후 휴머노이드형 로봇이나 원격으로 수행되는 여러 로봇에 있어 Robot Vision 개발에 유용한 정보를 제공할 것이라 기대한다.

2. Vision System for Robotic Teleoperation

구현한 Vision System은 그림 1과 같이 원격지(Remote site)의 로봇에서 동작하는 ROS part와 조작 공간(Operation room)의 사용자가 이용하는 HMD part로 나뉜다. ROS part에서는 Stereolabs 社의 ZED camera를 이용, 스테레오 영상을 획득하여 웹서버를 통해 스트리밍한다. HMD part에서는 ROS part에서 스트리밍하는 http server에 접속하여 스테레오 비디오를 읽고 HMD에 맞게 처리하여 스테레오 영상을 디스플레이한다.



(그림 1) Vision System for Robotic Teleoperation 전체 구성도

사용한 외부 라이브러리는 http server에서 가져온 stereo image를 처리하기 위해 FFmpeg을 사용하였고, Oculus Rift로의 이미지 처리 속도를 높이기 위해 CUDA가 포함된 OpenCV 4.0.1 버전을 사용하였다. 그리고 Oculus Rift로 영상 데이터가 제대로 전달되는지 모니터에서 확인하기 위해 SDL 라이브러리를 사용하여 모니터에 전송 데이터를 표시하였다.

3. ROS part

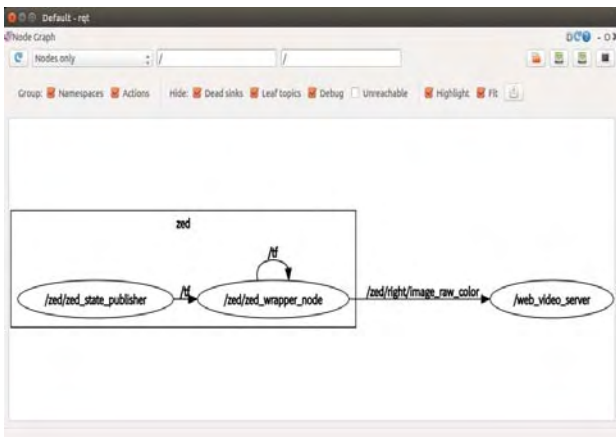
ROS는 로봇 응용 프로그램을 개발할 때 사용하는 로봇 플랫폼이다. 하드웨어 플랫폼을 하드웨어 추상화로 포함하고 있으며, 로봇 응용 소프트웨어 개발을 지원하기 위한 여러 기능을 갖추고 있다.

ROS part는 실행된 node들을 조율하기 위한 roscore를 먼저 실행해야하며, 그림 2와 같이 크게 stereo image를 획득하기 위한 wrapper node와 획득한 stereo image를 http server에 streaming 수행하기 위한 video server node로 나뉜다.

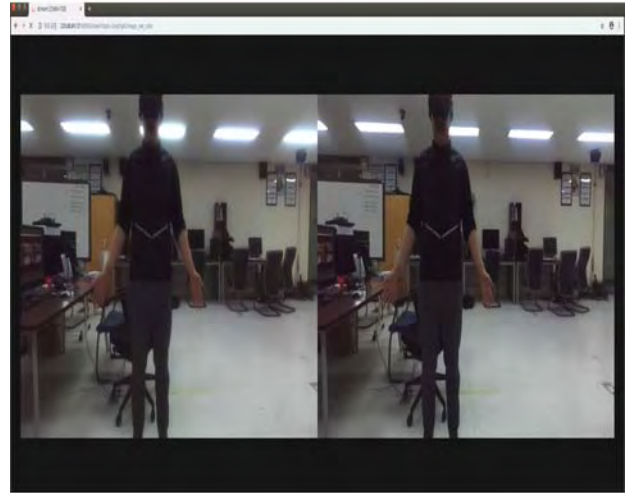
wrapper node에서는 컴퓨터에 연결된 ZED camera를 열고 초기화를 한다. 그 후 roscore에 stereo image를 전송할 수 있는 topic을 등록하여 publisher가 되며, 등록된 topic의 subscriber가 나타나면 stereo image를 subscriber에게 전송한다.

video server node에서는 영상 데이터를 publish하는 node가 생기면 roscore로부터 해당 노드의 주소를 받아와 자신을 publishing하는 node의 subscriber로 등록한다. 그 후 http server를 생성하고, 받은 영상 데이터를 jpeg format으로 http server로 streaming한다. 이때 영상 데이터를 jpeg format으로 압축했기 때문에 영상 데이터 수신측은 jpeg format을 decode하는 codec이 필요하게 된다.

제공되는 동영상은 표준 스트리밍 방식을 이용하기 때문에 그림 3과 같이 일반 웹 브라우저를 통해서도 실시간 상황을 확인할 수 있다.



(그림 2) ROS node graph



(그림 3) http server에 streaming 한 영상

4. HMD part

HMD part의 프로그램을 실행시키면, SDL과 Oculus Rift의 초기화를 먼저 진행한 후 CUDA를 사용하여 그래픽 카드에서 Texture를 연산하기 위한 초기화를 진행한다. 스테레오 영상의 해상도에 맞춰 FOV를 설정하고 image shading을 위한 설정을 진행한다.

Oculus Rift의 효율적인 동작을 위해서는 불필요한 메모리 복사 과정을 효과적으로 줄여야 한다. 본 연구에서는 스트리밍되는 스테레오 영상을 RAM을 거치지 않고, CUDA가 빌드된 OpenCV를 사용하여 바로 GPU 메모리로 올리도록 구현됐다. 이후 GPU memory에서 읽어 Oculus Rift로 전송하고, 확인을 위해 그림 4와 같이 SDL로 실행한 화면에 출력한다.

Oculus Rift에는 HMD 외에 2개의 controller와 2개의 position sensor가 있으며 추후에 position sensor는 head tracking에 이용하고자 한다.



(그림 4) SDL로 확인한 Oculus로 전송되는 영상

5. Robot Tele-Vision System 개발 환경

System 개발에 2대의 컴퓨터를 사용하였다. 한 대에는 Window 10에서 Oculus Rift를 구동시켰으며, 나머지 한 대에는 Ubuntu 16.04에서 ROS를 구동시켰다.

Window 10을 설치한 컴퓨터의 사양은 CPU가 Intel-i7, RAM은 16G, GPU는 GTX 1080 TI이며, Ubuntu를 설치한 컴퓨터의 사양은 CPU가 Intel-i7, RAM은 32G, GPU는 TITAN V이다.

또한, Oculus Rift를 사용하였고, ZED camera는 ZED mini를 사용하였으며, stereolabs 社의 다른 stereo camera 도 사용 가능하다.

6. Robot Tele-Vision System 성능지표

ZED camera는 1280x720 해상도의 프레임을 60fps로 획득하고, video server node에서는 해당 데이터를 http server로 1280x720해상도와 25fps 속도로 streaming 한다. Oculus Rift part에서는 해당 데이터를 1280x720 해상도와 25fps 속도로 가져오며, 연결된 Oculus Rift도 같은 해상도와 속도로 영상 데이터를 갱신한다.

ZED camera의 해상도인 1280x720 해상도는 V FOV로 42°, H FOV로 69°를 갖으며, Oculus Rift는 V FOV로 57°, H FOV로 54°를 갖는다.

7. 결론

원격 로봇에 이더넷을 연결할 수 있다면 아무리 먼 거리에 있어도 원격 로봇이 입력받는 영상을 Oculus Rift를 통해 입체감 있게 볼 수 있다.

일반적으로 1개의 카메라로부터 2D 이미지를 받는 것보다 2장의 이미지를 사용하여 좌안과 우안으로 다른 이미지를 전송하면 2D 이미지에서는 느낄 수 없는 입체감을 느낄 수 있다.

또한 Oculus Rift에는 head tracking 기능을 지원하고 있어, Oculus Rift가 연결된 컴퓨터에서 head tracking 데이터를 원격 로봇에게 전송하여, 원격 로봇의 카메라를 원하는 데로 회전하도록 조작할 수도 있다. 이렇게 Oculus Rift는 여러 기능을 제공하므로 이들을 사용하여 여러 기능을 구현 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Davis, Bradley Austin, Bryla, Karen, Benton, Philips Alexander, "Oculus Rift in Action", O'Reilly & Associates Inc.
- [2] 표윤석, 조한철, 정려운, 임태훈, "ROS 로봇 프로그래밍", 루비펄이퍼.
- [3] 로버트 라가니에, "OpenCV를 활용한 컴퓨터 비전 프로그래밍", 에이콘출판.
- [4] ROS.org. "zed-ros-wrapper". <https://github.com/stereolabs/zed-ros-wrapper>. (2019년 2월 20일)
- [5] ROS.org, "web_video_server". http://wiki.ros.org/web_video_server. (2019년 3월 4일)
- [6] GitHub, "zed-oculus". <https://github.com/stereolabs/zed-oculus>. (2019년 2월 14일)