

가상환경기반의 원격작업자 시각지원시스템 개발

송태길, 김성현, 임광목, 박병석, 윤지섭, 이상호*

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

*충북대학교, 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 12번지

tgsong@kaeri.re.kr

사용후핵연료를 취급하는 공정은 작업자에게 해로운 방사선의 차폐가 요구됨으로 핫셀(hot cell)이라는 폐쇄된 환경에서 작업이 수행된다. 이러한 환경에서 원격작업자에게 주어지는 시각적인 정보는 핫셀 내부를 직접 들여다 볼 수 있는 차폐창과 핫셀 내에 설치된 카메라를 통한 2차원 시각정보가 전부이다. 특히 대형 핫셀이 경우에는 차폐창을 통한 작업자의 시각 확보는 제약적일 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 원격작업자에게 좀 더 효과적인 시각정보를 지원하기 위해 가상환경기반의 원격작업자 시각지원 시스템(ROVSS : Remote Operator Visual Support System)을 구축하였다.

개발된 ROVSS는 Visual C++를 이용하여 Windows 기반의 WinAPI함수를 이용하여 프레임을 구성하고 그래픽 툴과 DLL형태로 연결시키는 방법으로 제작되었으며, 내부 기능함수는 그래픽 툴과 연계되는 Axxess Library를 이용하여 개발되었다. 그림 1은 ROVSS의 구성도이다. 조작할 로봇과 구축된 3차원 그래픽 환경 그리고 조작로봇의 영상을 보내오는 카메라와 로봇을 조작하는 마스터 인터페이스와 카메라 영상처리 모듈 등을 개별적으로 개발하여 서로 통합하여 사용하도록 되어있다. 각 개별 모듈은 기능별로 모듈화 시킨 DLL 형태로 제작되어 다른 프로젝트에도 새로 개발할 필요 없이 필요한 기능들의 조합으로 바로 적용할 수 있도록 제작되었다. 그림 2는 개발된 ROVSS와 실제 작업환경과의 관계를 보여준다.

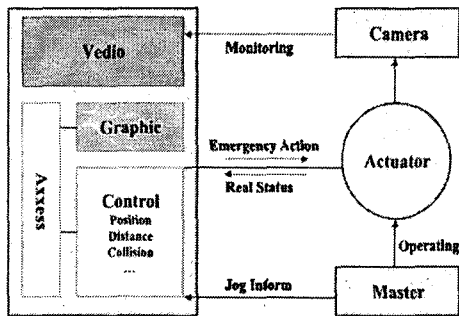


그림 1. 가상환경기반 시각지원 시스템 구성도.

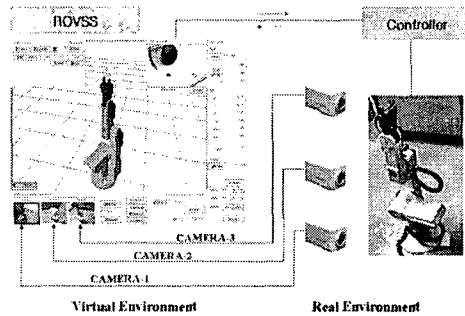


그림 2. 개발된 ROVSS와 작업환경 연계도.

본 연구의 목적은 실제 작업환경과 연계한 가상환경에서 생성되는 가상 이미지(virtual image)가 원격작업자에게 얼마나 효용성이 있는지를 알아보기 위한 것이다. 따라서 구축된 그래픽 가상환경과 연계하여 작업자 지원모듈의 효용성 검증을 위해 개발된 ROVSS를 적용하여 실험을 수행하였다. 작업 환경은 그림 3에서 보는 바와 같이 작업로봇 전면과 옆면 그리고 상부에 3대의 카메라를 설치하여 작업 로봇의 영상정보를 받도록 하였고, 작업 대상 물체는 4개의 원형체와 1개의 원통을 준비하여 그리퍼를 이용하여 물체를 집어 원통에 넣는 방법을 사용하였다.

실험은 시각지원방법에 따라 각각의 실험자에 대해 아래와 같이 4가지 방법으로 수행되었다.

- o M1 - Real View : 실제 환경을 보면서 작업
- o M2 - Camera View : 카메라만을 보면서 작업
- o M3 - Virtual View : 가상환경에서 제공하는 화면만을 보면서 작업
- o M4 - Camera View + Virtual View : M2와 M3을 동시에 지원

1차 실험방법(M1)은 작업로봇을 직접 보면서 조작기를 익히고 로봇의 작업방식을 이해하기 위한 준비실험 단계이다. 2차 실험방법인 M2는 M1을 수행한 후 카메라로부터 영상정보만을 보면서 1차 실험과 같은 작업을 수행하게 하였다. 3차 실험방법인 M3는 그래픽환경만을 가지고 동일한 실험을 수행하며, 4차 방법인 M4는 M2와 M3 방법을 혼합한 것으로 카메라 영상과 그래픽 환경에서 제공하는 화면을 동시에 보면서 작업을 수행한다. 그림 4는 M4에 의한 실험 장면이다.

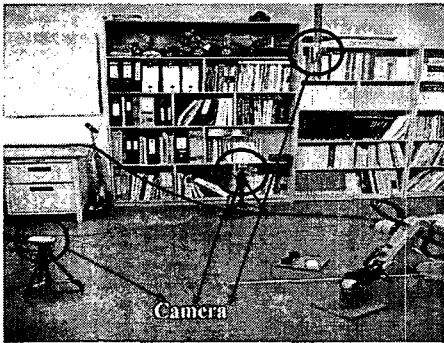


그림 3. ROVSS 적용 실험 환경.

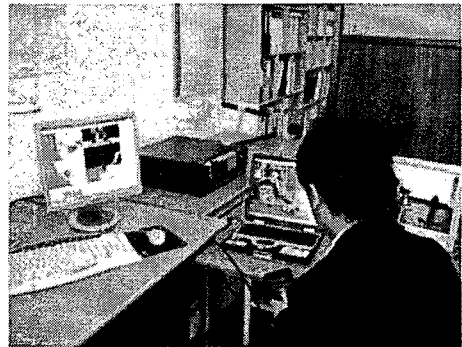


그림 4. 실험모습 (Camera+Virtual View).

상기 4가지 시각제방법별로 19명을 대상으로 실험한 결과, 실제 환경을 보면서 작업을 수행할 경우에는 평균 작업수행시간이 4분 45초이며, 평균 성공률은 96.1 %로 나타났다. 그리고 카메라 영상과 가상화면을 동시에 보면서 작업을 수행할 경우에는 평균 작업수행시간이 6분 48초이며, 평균 성공률은 88.2 %로 나타났다. 시각지원방법별 평균 작업수행시간은 그림 5와 같고, 각 방법별 작업성공률은 그림 6과 같다. 실험결과 3D 가상 환경의 정보 제공은 영상정보와 함께 보이지 않는 작업 상태를 파악하는데 많은 도움을 주었으며 본 실험을 통해 원격작업에 그래픽 지원 모듈이 효과적으로 적용 될 수 있음을 알 수 있었다.

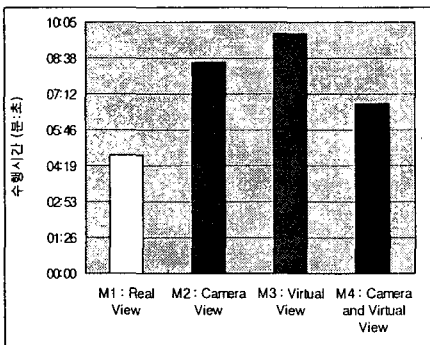


그림 11. 시각지원방법별 작업수행시간.

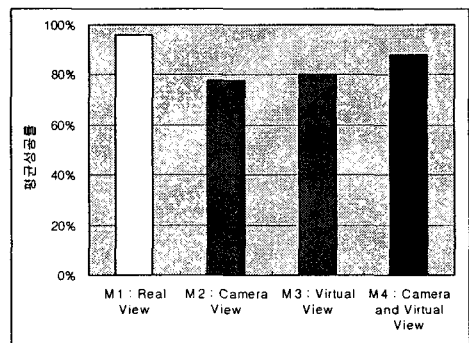


그림 6. 시각지원방법별 작업성공률.