

직감형 원격제어 시스템을 이용한 필드 로봇의 건설 자재 설치 대한 연구 Intuitive OCU (Operator Control Unit) of Field Robot for installing Construction Materials

*이정일¹, 이승열¹, 유석종¹, 이상호², #한창수³

*J. I. Lee¹, S. Y. Lee¹, S. J. Yu¹, S. H. Lee², #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)³

¹ 한양대학교 대학원 기계공학과, ²한양대학교 대학원 메카트로닉스공학과, ³한양대학교 기계공학과

Key words : Intuitive, Operator Control Unit (OCU), Field robot, Construction materials

1. 서론

오늘날 로봇의 활용분야는 날로 확장되어 엔터테인먼트, 국방 용등으로 여러 분야의 걸쳐서 사용 중이다. 시장 규모도 점점 커져서 총 로봇 시장 규모는 2003년 1천억 달러에서 2007년 1,500억 달러, 2012년 2,500억 달러로 예상된다.[1]

건설 분야에서도 현장의 기능직 인력 수급 문제와 고령화 문제 등 여러 가지 측면에서 건설 자동화와 로봇의 도입으로 해결책을 찾고 있다.[2] 건설 로봇은 시간에 따라 구조물, 작업자, 장비 등이 변하는 동적인 환경 속을 이동하면서, 지시된 작업을 수행하는 필드 로봇에 속한다. 또한 건설현장은 갑작스런 사고나 예기치 못한 상황같이 작업자에게 위험을 줄 수 있는 요소가 많이 존재한다. 따라서 건설 로봇 개발상에서 원격 제어를 이용한 로봇 제어기술은 건설 로봇의 요소기술 중에 하나이며, 이에 관한 연구가 오래전부터 진행되고 있다.[3]

건설 현장 환경이 실시간으로 변하는 점을 고려할 때, 건설용 필드 로봇의 원격 제어기술이 해결해야 할 문제점이 있다. 즉 원거리의 작업자가 현장에서 일어나는 갑작스런 상황에 대처할 수 있어야 한다. 이를 해결하기 위해 수시로 변하는 현장 작업정보를 작업자가 인지 할 수 있도록 ‘환경 정보 구현 기술’이 필요하다.

본 논문은 작업자가 건설용 필드 로봇을 원격 제어 시 현장 작업정보를 인지할 수 있도록 ‘직감형 OCU(Operator Control Unit)’를 소개한다. 직감형 OCU는 작업자의 작업 환경의 인지를 위하여 ‘힘 방향 조이스틱(촉각정보)’과 필드 로봇 주위의 상황을 파악할 수 있는 ‘모니터링 장치(시각정보)’로 구성된다. 또한 힘 방향을 구현하기 위해 양방향 제어와 임피던스 제어를 적용하였다. 제안된 직감형 OCU의 성능평가 및 검증에 위해 실험실 내부에서 실제 건설현장에서 건설자재를 설치하는 작업의 시뮬레이션이 수행되었다. 필드 로봇을 end effector의 자재 설치를 위한 모듈을 설치하였고, 이용하여 건설자재를 목표지점에 설치하는 실험을 수행하였다. 향후에는 본 논문에서 제안한 시스템의 현장실험이 수행될 예정이며, 원격 제어방식이 아닌 자율주행 기능이 부여된 ‘무인 필드 로봇(Unmanned Field Robot)’으로의 야지 활용 방안이 모색될 것이다.

2. 건설용 필드 로봇

본 연구진에 의하여 건설 자재 설치를 위한 건설용 필드 로봇을 개발한 전례가 있다.[4] 제안된 건설용 필드 로봇은 Fig. 1과 같이 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 우선 작업 공간 상 특정 작업을 수행하기 위한 6 자유도 매니퓰레이터와 원하는 위치로 로봇이 이동하기 위해 3 자유도 이동 장치(mobile platform)로 구성된 ‘기본 시스템’과 특정 작업을 수행하기 위해 필요한 각종 장치로 구성된 ‘추가 모듈’로 구성된다. 특히 개발된 로봇은 건설현장에서 대형 유리 등과 같은 건설용 내장재 설치를 위해 고안되었다. 이 작업은 숙련된 작업자의 기술이 요구되므로 원격 제어방식이 아닌 작업자와 로봇이 협업하여 원하는 작업을 수행하는 ‘인간-로봇 협업 제어(Human-Robot Cooperative Control)’방식을 적용하였다.[5] 따라서 작업자의 명령을 로봇 시스템으로 전달하고, 그 반대로 로봇을 통한 외부환경 정보(반력 등)를 수용하기 위한 ‘인간-로봇 인터페이스(HRI; Human-Robot Interface)’장치가 Fig. 1과 같이 설계되었다. Fig.2는 개발된 건설용 필드 로봇을 적용하여 건설 자재 설치작업을 모사한 실험내용

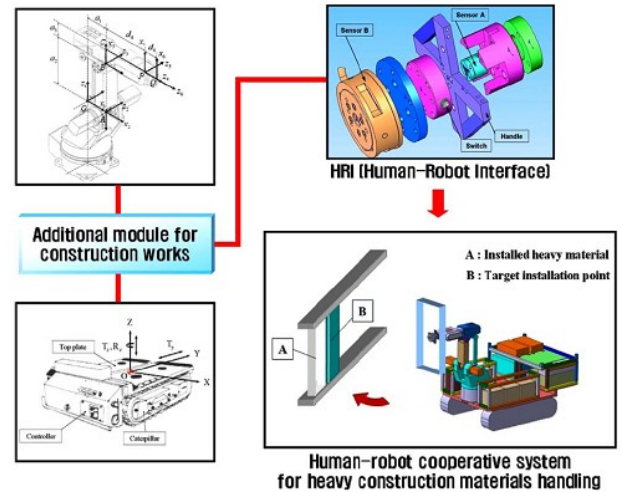


Fig. 1 Field robot for handling construction materials



Fig. 2 Experiment for installing construction materials

을 담고 있다.

개발된 건설용 필드 로봇은 그림에서 보는바와 같이 작업자가 로봇에 인접하여 작업을 수행해야 하는 문제점이 있다. 특히 작업자가 접근하기 어려운 환경이나 위험한 공간상에서는 제안된 로봇을 적용하는데 어려움이 따른다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 기존의 HRI장치를 개선한 직감형 OCU를 다음 장에서 소개하고자 한다.

3. 직감형 OCU

직감형 OCU는 작업자가 원격에서 실시간으로 작업 환경정보를 인지하여 상황에 적절히 대처할 수 있도록 한다. 특히 작업 시 외부환경과 접촉이 발생하는 상황에서 원활히 작업을 수행하기 위한 힘 방향 조이스틱이 필요하고, 원거리 작업자의 육안으로 식별이 어려운 공간이나 사각지대의 정보를 획득하기 위한 모니터링 장치가 구성된다. 각각의 장치에 대한 설명은 아래와 같다.

3.1 힘 방향 조이스틱

힘 방향 조이스틱은 무선으로 작업 명령을 로봇에게 전달하고, 동시에 외부환경과 접촉 시 발생하는 작업정보를 작업자에게 전달한다. 따라서 힘 방향 조이스틱은 로봇의 운동방향과 속도를 제어하기 위한 레버 메커니즘, 작업자에게 촉감 정보를 전달하기 위한 반력 구현 메커니즘, 레버의 회전 각도를 측정하기 위한 퍼텐셜미터, 조이스틱의 모션 제어장치 및 무선 통신모듈 등으로 구성된다. 레버 메커니즘은 6자유도 매니퓰레이터와 3자유도 이동 장치를 제어하기 위한 충분한 운동 자유도를 가지고 있다.

또한 반력 구현 메커니즘은 매니플레이터 끝단에 부착된 6 자유도 힘/토크 센서로부터 전달된 외력정보와 레버의 회전 각도를 기반으로 반력을 발생시킨다. 따라서 힘 방향 조이스틱에 필요한 제어 알고리즘은 Fig. 3과 같이 우선 ‘양방향 통신(Bilateral communication)’과 매니플레이터와 외부환경의 접촉 시 접촉력을 제어할 수 있는 ‘액티브 컴플라이언스 제어(Active compliance control)’이다. 기타 로봇과의 원활한 상호작용을 위해 무선 통신 모듈 및 제어 스위치가 필요하다. Fig. 4는 상용화된 힘 반향 조이스틱을 본 연구에 적합한 형태로 개조된 모습을 나타낸다.

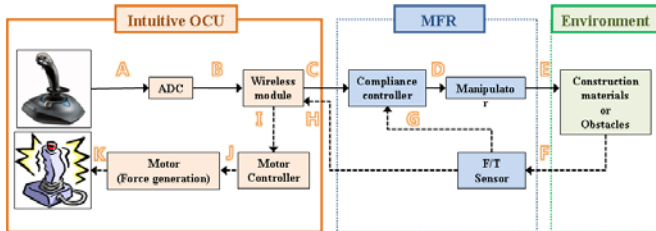


Fig. 3 Control strategy of force feedback joystick

Table 1 Signal description of Fig. 3

Signal	Description
A	Work command
B	Position information
C	Digital signal
D	Remote control signal
E, F	Reflection force information
G	Current motor driven
H	Motor power
I	Force reflection



Fig. 4 Force-feedback joystick of intuitive OCU

3.2 모니터링 장치

시각정보는 원거리의 작업자에게 중요한 작업정보 중에 하나이다. 특히 주변 장애물과 시각지대에 대한 정보는 작업의 안전성과 직결된다. 따라서 적절한 위치에 장착된 비전 시스템은 직감형 OCU의 필수요소이다. Fig. 5는 제안된 OCU를 통해 건설자재 설치작업 시 건설자재의 자세정보를 획득하기 위해 부착된 무선 카메라를 나타낸다. 이 카메라만으로 건설용 필드 로봇의 주행 제어는 불가능하다. 주행 제어를 위해서는 추가의 카메라 장착이 필요하다. 또한 더 넓은 범위의 시각 정보를 획득하기 위해 팬(pan)/틸트(tilt)가 가능한 카메라가 사용될 것이다.



Fig. 5 Wireless camera

4. 실험

본 논문에서는 제안된 직감형 OCU의 실험을 성능 테스트까지로 제한한다. 작업자는 Fig. 6과 같이 매니플레이터 몸체에 부착된 무선 카메라를 통해 설치작업을 위한 로봇의 자세를 제어할 수 있다. 또한, 매니플레이터의 끝단에 부착된 6 자유도 힘/토크 센서를 통해 획득된 외력 정보는 조이스틱 내부의 구동 메커니즘을 통해 작업자에게 DC모터의 최대출력 내에서 일정크기의 반력을 구현하였다. 원격 제어를 통한 건설자재의 설치 시뮬레이션은 성능 평가를 통한 시스템 보완 후 진행될 예정이다.



Fig. 6 Experiment

5. 결론 및 향후 계획

제안된 건설용 필드 로봇은 건설현장에서 대형 건설자재를 설치하기 위해 고안된 시스템이다. 프로토타입으로 개발된 시스템은 작업자와 로봇이 인접하여 협업 방식으로 작업이 수행되었다. 하지만 작업자가 접근하기 어렵거나 위험한 건설 환경에서 협업 방식으로 작업을 수행하기 위해 새로운 HRI장치가 필요하다. 본 논문에서 제안된 직감형 OCU는 원격 제어를 사용하되, 기존의 작업자와 로봇이 인접하여 촉각과 시각정보를 획득하는 방법을 고수한다. 현재 진행상황은 하드웨어 제작이 완료되었고, 성능평가가 수행되었다. 앞으로 실제 건설자재 설치작업을 모사한 실험 시스템을 통해 시스템의 검증 및 보완 작업이 수행될 예정이다.

후기

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원(06첨단융합C01)에 의해 수행되었음.

참고문헌

- 윤종연, “미래 성장 잠재력의 확충: 10대 차세대 성장동력 산업 발전전략”, 나라경제, pp. 6-11, 2003. 10
- 장현승, 우성권, “건설공사의 자동화·기계화의 효과 및 확대 방안”, 한국 건설 산업연구원, 11, pp. 3-15, 2003
- Hirabayashi, T., Akizono, J. Yamamoto, T., Sakai, H. and Yano, H. (2006) Teleoperation of construction machines with haptic information for underwater applications, Automation in Construction, Vol. 15, No. 5 563-570
- Seungyeol Lee, Kyeyoung Lee, Bumseok Park, Changsoo Han. (2007) MFR (Multipurpose Field Robot) for installing construction materials, Autonomous Robots, Vol. 22, No. 3 265-280
- Seungyeol Lee, Kyeyoung Lee, Sangheon Lee, Jinwoo Kim, Changsoo Han (2007) Human-robot cooperation control for installing heavy construction materials, Autonomous Robots, Vol. 22, No. 3 305-319