

# 건설기계 원격제어 기술 개발

## Development Trend of Remote Control Technology of Construction Machinery

정영만 · 양순용

Y. M. Jeong and S. Y. Yang

### 1. 서 론

최근 건설기계에 대한 원격제어 기술 적용사례가 많이 대두되고 있는 실정이다. 특히 국제전시회를 보면 중요한 한 부분으로 건설기계의 무인화 혹은 원격제어의 섹션을 볼 수가 있다. 일본의 원전사고가 났을 때 활약을 한 것이 스웨덴사의 제품이고, 이와 유사하게 재난 로봇에 대해서도 메카니즘은 다르지만 조종을 한다는 측면에서 보면 다 유사한 기술임을 알 수 있다. 어느 정도 떨어진 공간에서 작업 할 것을 보면서 인간이 조작을 하고 있는 실정이다. 물론 로봇 혹은 건설기계의 지능이 뛰어나 자율적으로 작업을 하면 좋겠지만 현실적으로 어려운 현실이다. 원격제어를 인간이 잘 조작하게 하는 것도 쉬운 작업이 아니며 조작성을 높이는 연구가 지속적으로 이루어지고 있다<sup>1-2)</sup>.

이러한 기술을 이용하여 많은 작업이 이루어지고 있는 곳이 일본의 화산지역과 원전사고 지역이다. 이곳에 사용되는 개념은 무인시공 작업으로 국가 대형프로젝트로 하여 많은 대학과 연구소, 그리고 건설기계 업체와 대형 시공업체가 주축이 되어 많은 연구가 시작되어 다양한 결과물이 나타나고 있다.(참고문헌 일본이 것 적당하게)

이러한 것들의 핵심기술이 원격제어기술이다. 본 주제에 대해 원격제어 기술의 역사적인 배경을 찾아보고 이러한 기술로 건설기계에 접목하고 있는지에 대해 일본을 중심으로 조사하여 정리하고 국내에 유사한 연구와 과제들을 찾아보고 결론적으로 향후 어떠한 방향으로 나아갈 것인가를 검토해 보고자 한다<sup>3-5)</sup>.

### 2. 원격 조정기술

원격조종로봇이란 사람의 센싱과 작업능력을 사람이 존재하는 공간에서 멀리 떨어진 공간까지 확대시킬 수 있는 것을 의미한다, 원자력 발전소처럼 사람

이 들어갈 수 없는 곳의 작업을 위해 시도된 기술이며 원격조종 혹은 원격제어라고 한다.

구체적으로 나타내면, 작업환경 파악을 위한 센서, 작업자와의 정보교환을 위한 통신채널, 작업자 의도 파악 및 작업자에게 환경정보를 표현하기 위한 마스터 시스템 및 원격지에서 물리적인 작업을 위한 슬레이브(팔/핸드) 메카니즘으로 이루어져 있고 마스트-슬레이브 방식이라 한다.

원격 현장감이란 작업자가 마치 물리적으로 원격지에서 자신이 환경을 직접 조작하는 것과 같이 충분한 정보를 자연스럽게 전달받을 수 있다는 것을 의미한다<sup>6-7)</sup>. 기존의 방식에 현장감을 부여하여 조작성을 좋게 한 방식이다.

원격조종로봇의 개요와 구성요소를 나타내면 그림 1과 같다.

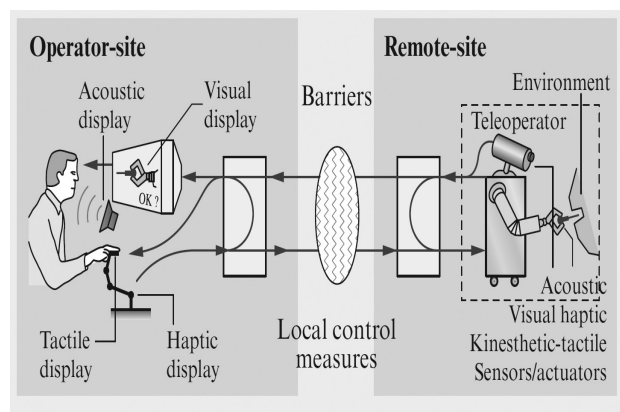


그림 1 원격조종로봇의 개요 및 구성요소

이러한 기술이 지속적으로 발전이 이루어지고 있다. 이동성과 작업성이 뛰어난 로봇들이 많이 개발되고 있지만 로봇의 지능의 부족으로 정형화되지 않은 환경에서 사람을 대신하여 작업을 수행하기에는 아직 어려운 실정이다.

따라서 로봇이 부족한 지능(인지/판단)을 인간이 원격지에서 보완하여 줄 수 있는 원격제어기술이 개발된다면 여러 가지 작업이 가능하게 될 것이다.

본 해설도 이러한 기술을 어디까지 연구가 되고 있으며 건설기계에 초점을 맞추어 개발동향을 나타낸다.

본 기술에 대한 연구동향은 Ray Goertz가 처음으로 기계적 링크로 구성된 원격조종로봇을 제안한 이후로 60년 넘게 원격조종로봇이 개발되었고 다양한 분야로 응용이 확대되어 왔다.

이러한 연구동향을 나타내면 그림 2와 같다.

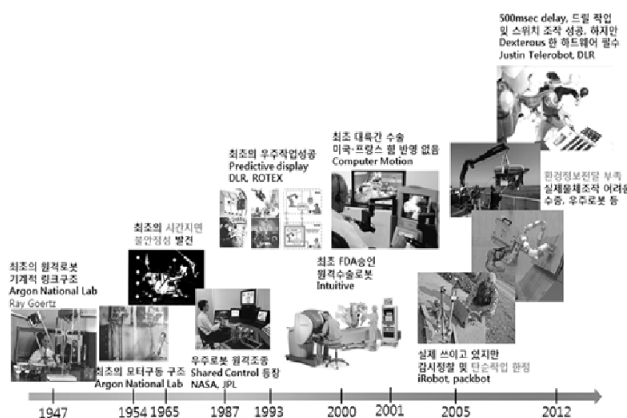


그림 2 원격조종로봇의 기술개발의 흐름

이러한 기술은 원격 감시/정찰 등 원격지 모니터링 기능은 현재의 직접 원격제어기술로도 활용 가능하지만 원격지 물체 조작을 방법에는 다음과 같은 문제점이 있다.

- 시간지연에 의한 원격조종의 어려움
- 실제 물체를 작업하기에는 작업성이 부족함
- 원격지에 대한 정보전달 부족

원격조종로봇의 제어기술은 작업자와 슬레이브 로봇의 협업 정도 또는 슬레이브 로봇의 자율도 정도에 따라 그림 3과 표 1과 같이 세단계로 구분된다.

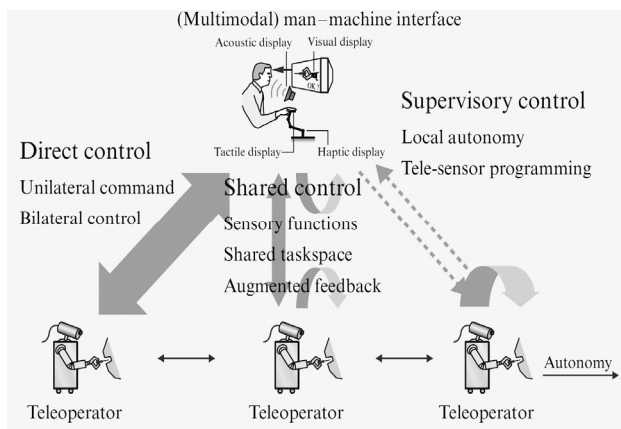


그림 3 원격조종로봇 제어기술의 분류

표 1 원격조종로봇 제어기술의 발전단계

구분	1단계 : Direct Teleoperation	2단계 : Shared Teleoperation	3단계 : Supervised Teleoperation
정의	• 임무 수행을 위해 원격지 로봇의 모션을 처음부터 끝까지 사람이 입력장치를 통하여 제어	• 원격지 로봇과 조작자가 역할을 분담하여 임무를 수행	• 사람은 로봇이 하기 어려운 인지 및 판단만을 하고, 로봇은 실제 작업을 수행하는 기술
예제	• 조작자가 입력장치를 통하여 직교 좌표의 명령을 보내고, 조작자는 로봇의 입장에서 보고, 힘을 느끼고	• 원격지 로봇은 일정거리 유지 및 장애물 회피 등 리액티브한 역할을 담당하고, 조작자는 전역 경로 등의 글로벌한 명령을 조작기를 통하여 전달함. (beating heart surgery에서 로봇이 심장의 모션과 동기화 되어 움직이도록, 의사로 하여금 일반수술처럼 쉽게 할 수 있도록 도와줌)	• 조작자가 원격지 로봇이 감아야 하는 물체의 위치 및 posture 정보를 입력장치를 통하여 주면, 원격지 로봇은 이를 local에서 계획하여 작업을 수행
장/단점	• 로봇의 지능이 전혀 필요 없으나, 작업자의 높은 숙련도가 요구되며, 작업자의 피로도가 크다. 사람이 모든 것을 직접 조작하므로 조작자의 숙련도에 따라 작업 성능 및 안전성이 달라짐	• 작업자의 피로도가 적으며, 숙련도가 적게 요구됨. 원격지 로봇과 작업자의 상호 역할분담이 적절하게 이루어질 수 있는 프래임워크가 완성된다면, 현재 로봇기를 수준에서 최상의 단계로 판단됨	• 로봇에게 가장 어려운 인지 및 판단 부분을 조작자가 담당하고, 모션을 로봇이 담당하는 구조로서 상호간에 최적의 조합으로 보이나, 인지 및 판단된 정보를 로봇에게 전달하여 오차없이 수행하게 하는 방법 및 작업자가 인지 및 판단을 올바르게 하기 위해 원격지 정보를 전달하여주는 방법 등에 대한 연구가 필요함
작업 가능 분야	• 한 사람 이상의 숙련된 조작자가 한 대의 원격로봇을 활용하여 작업을 수행할 때 전체 작업 시간 동안 계속 로봇을 조종하는 것을 허용할 수 있는 분야	• 한 사람의 조작자가 한 대의 원격로봇을 활용하여 작업을 수행할 때 전체 작업시간 동안 계속 로봇을 조종하는 것을 허용할 수 있는 분야	• 인력이 중요하여 한 사람의 조작자가 여러 대의 원격지 로봇을 동시에 제어해야 되는 분야 또는 여러 사람이 여러 대를 동시에 조작하여 생산성을 높여야 되는 분야

## 2.1 일본의 원격 제어 기술 동향

앞 절에서 설명한 원격조종의 기술이 건설기계에 접목된 것은 적당하게 떨어진 곳에서 눈으로 보면서 조종하는 것으로부터 사용되었다.

원격조작기술이 본격적으로 사용된 것은 일본의 경우 화산이 발생한 지역에서 적용되었다. 무인화공의 역사는 의외로 오래되었다.

1970년 경 일본은 라디콘의 기술을 다양한 건설기계에 적용을 시도하였다. 히타치 건기는 그림 4와 같이 수중 불도저에 적용하였다.(작업가능 수심깊이 60미터)



그림 4 원격 수중 불도저

한편 유압굴삭기에 적용한 것은 1972년이고 모습은 그림 5와 같다.



그림 5 원격조종을 적용한 굴삭기

이와 같은 기술은 현재의 무선 원격조작에도 사용되고 있다<sup>3-4)</sup>.

## 2.2 현재의 무선 원격조작 기술

무선원격조작을 하는 경우 그림 5의 유압굴삭기와 같이 눈으로 보면서 행하는 경우와 모니터 화면을 보면서 원격조작을 하는 방법으로 나눌 수 있다.

### 1) 육안 조작(무선기 단독시스템)

무인화시공은 눈으로 보면서 무선기 단독으로 원격 조작하는 경우가 일반적이고, 이 경우 중요한 내용은 다음과 같다.

- 노이즈에 의한 영향으로 무선이 중단되지 않는 대책이 필요하다.
- 송신기는 가볍고 조작성이 좋아야 한다.
- 통신거리는 충분한 여유가 있어야 하며, 전망이 좋고 안전한 장소에서 조작할 것.

### 2) 모니터 화면 조작(화상전송시스템)

안전한 장소에서 위험한 현장에서 가동하는 기계를 원격조종하고 있는 개략도는 그림 6과 같다



그림 6 안전한 장소에서 원격조종하는 모습

무인화 시공의 화상전송에는 지향성이 강한 주파수대역(50GHz대)의 전파를 사용하고 있어 선명한 영상을 보기 위해서는 송신 수신안테나를 정확하게 대향시켜야 하는 자동선 회대라고 하는 추종 장치가 필요하지만 다음과 같은 문제가 있다.

광자이로, 제어장치 등 고가 기기가 필요하고 정밀 기계이므로 장착, 설정에 전문기술자가 필요하다. 시공 작업 중에 운전자에 의한 오차보정도 필요하다.

무인화 시공 시스템의 개략도는 그림 7과 같고 시공방식에 따른 분류와 각 특성은 표 2와 같다.

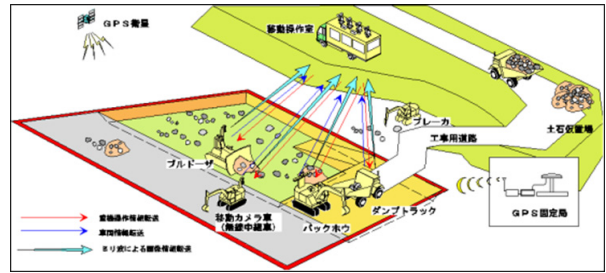


그림 7 무인화 시공 시스템의 구성

표 2 무인화 시공 시스템의 시공 방식

시공방식	직접 눈으로 보면서 조작 직접 조작방식	영상전송시스템을 이용한 조작	
		모니터 조작방식	네트워크형 조작방식
개요	운전자가 원격조작식 건설기계를 직접 눈으로 보면서 원격조작함	운전자가 원격조작식 건설기계의 장착된 카메라 영상 모니터를 보면서 원격 조작함	
시스템 이미지			
적용 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 조작거리가 0-50m</li> <li>직접 눈으로 보면서 조작이 가능한 거리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 직접방식의 경우               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조작거리가 50-300m</li> <li>- 장애물이 없을 때</li> </ul> </li> <li>● 송계방식의 경우               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조작거리 0-50m</li> <li>직접 눈으로 보면서 조작 불가능</li> <li>- 조작거리가 50-300m</li> <li>장애물이 있음</li> <li>- 조작거리가 300-600m</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 조작거리가 600m 이상</li> <li>● 수10km에도 대응가능</li> </ul>
주요조작 전파 및 면허	특정소전력무선 ● 무선국면허증 불필요 ● 무선면허증사자면허 불필요		50GHz휴대용무선 LAN (IEEE802.11) ● 조작신호와 영상신호를 하나의 전파로 송신 ● 무선국면허 필요(무선등록) ● 무선송수신면허 필요 (3급육상특수무선면허기사 이상)
주요영상전파 및 면허		50GHz 간무선 (현재 제초중지) ● 무선국면허증 필요 ● 무선면허증사자면허 필요	25GHz 휴대용무선 LAN (IEEE 802.3준급) ● 조작신호와 영상신호를 하나의 전파로 송신 지향성이 강하므로 고정간 통신에 이용 전송거리 : 최대 9.5km 전송속도 : 최대 56Mbps ● 무선국면허 불필요 ● 무선송수신면허 불필요

일본의 경우 유사한 기술에 각 메이커별 약간의 차이를 가지고 있으나 현재 무인시공기술에 필요한 원격제어기술에 필요한 기본구성과 무선통신에 대한 기본 개략도는 그림 8과 그림 9와 같다<sup>5-7)</sup>.

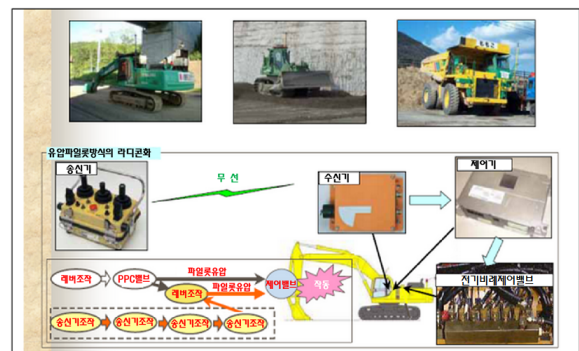


그림 8 원격조작부 건설기계의 구성



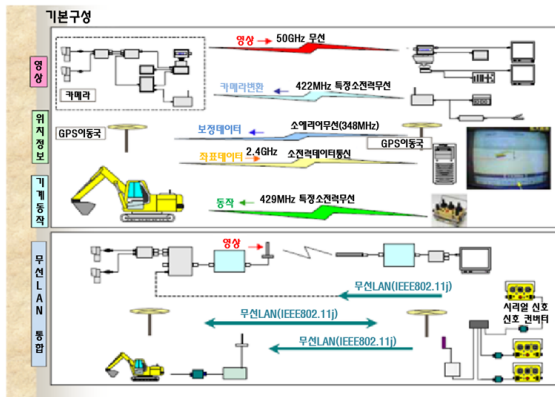


그림 9 무선통신의 기본구성

### 2.3 국내 원격 제어 기술 동향

국내의 경우 원격제어 기술이 적용된 것은 콘크리트 펌프카에 적용되었다. 이는 많은 유선을 가지고 떨어진 장소에 이동하기 어려워 라디콘 방식의 제품이 적용되었고 1980년대에 국산화 개발이 이루어졌다.

이런 기술이 굴삭기에 적용하는 시도가 이루어졌고 위험한 장소에 일부 사용되기도 하였고 현대도 사용되어지고 있다.

두산인프라코어에서 지능형굴삭시스템 개발(2007년-2013년)의 과제를 통해 원격제어기술에 대한 유사한 기술이 개발되었다. 그 외에 현대 중공업 볼보도 유사한 원격제어기술을 개발하여 적용한 사례는 있다.

이와 유사하게 본 연구실에서 개발한 원격제어 시스템을 간략하게 소개한다.

굴삭기 작업장치의 제어를 위해 별도의 원격 제어 시스템의 개발이 필요하고 원격 통신 방법은 XBee를 통한 IEEE 802.15.4의 통신 네트워크 규격을 이용하여 원격 통신 모듈을 개발하였다. 그림 10은 원격 제어 시스템의 개략도이고 그림 11은 원격 제어 시스템이다.

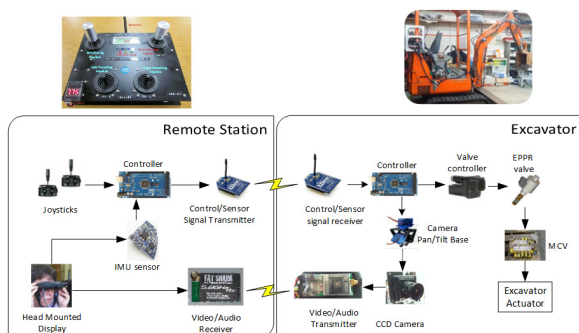


그림 10 원격 제어 시스템 개략도

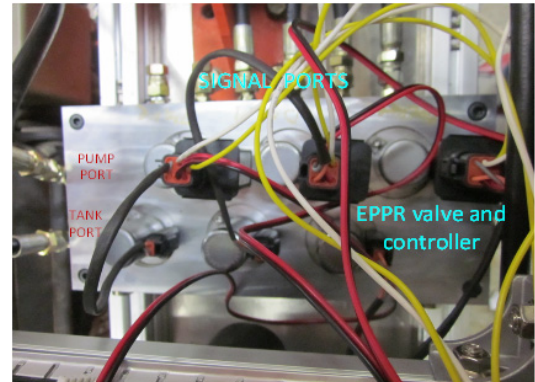
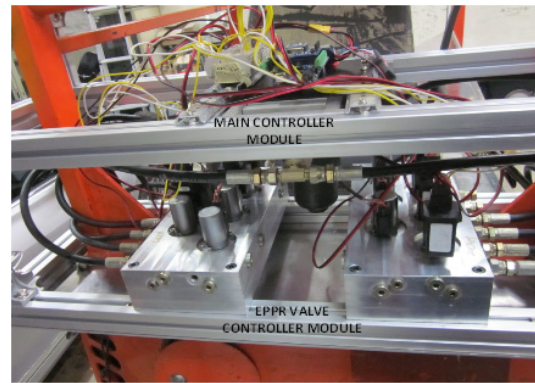


그림 11 원격 제어 시스템

운전자가 고글을 착용하여 머리의 움직임을 상하 좌우에 따라 카메라가 움직이도록 설계하여 굴삭기의 작업환경을 인식하였다.

그림 12는 굴삭기에 장착된 영상 송수신 장치를 나타낸 것이다



그림 12 원격 영상 송신 시스템

개발된 원격 제어 굴삭기의 조작성을 향상시키기 위해 필드 테스트를 수행하였고 운전자가 직접 운전하는 것과 유사하게 감도를 구현하기 위해 전자비례 제어 밸브를 튜닝하여 조작성을 향상시켰다.

그림 13은 원격 제어 굴삭기의 필드 테스트를 나타낸 것이다.



그림 13 원격 제어 굴삭기 필드 테스트

### 3. 결 론

건설기계의 미래는 매우 다양한 형태로 발전할 것으로 기대된다. 그 중에서도 편리한 조작성을 고려하면 본 주제인 원격제어기술이 필수적으로 활용된 것으로 기대된다. 다양하고 원천적인 것을 언급하고자 하였으나 필자의 정보와 능력부족으로 다 기술하지 못한 것이 유감으로 생각된다.

건설기계의 자동화 혹은 로봇화 된 제품 또는 그것을 필드로봇이라고 명명하고 있다. 따라서 많은 로봇의 기술들이 건설기계에 적용되어 지고 있으며 많은 문헌으로 알 수가 있지만 우리에게 필요한 것을 알기가 어려워 약간의 입문서의 성격을 가지고 원격조종 로봇의 역사와 이 기술을 건설기계에 많이 적용하여 현장에서 활약하고 있는 일본의 사례를 중심으로 설

명을 하였고 미흡하지만 본 연구실에서 유사한 개발 내용을 간략하게 설명하였다.

향후 원격제어의 기술을 접목하고자 할 때 약간의 참고가 되면 좋을 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

- 1) <http://www.hitachi-c-m.com/global/jp>
- 2) [http://www.ihico.jp/ihico/all\\_news/2014/press](http://www.ihico.jp/ihico/all_news/2014/press)
- 3) [http://www.kenmukyou.gr.jp/souti\\_1.htm](http://www.kenmukyou.gr.jp/souti_1.htm)
- 4) <http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/knp/news>
- 5) [https://www.shimz.co.jp/tw/tech\\_sheet/rn0200](https://www.shimz.co.jp/tw/tech_sheet/rn0200)
- 6) B. S. Thomas, Telerobotics, Automation, And Human Supervisory Control, MIT press, 1992.
- 7) [http://www.wikipedia.org/Wikipedia encyclopedia](http://www.wikipedia.org/Wikipedia%20encyclopedia)

### [저자 소개]

양순용(책임저자)

E-mail : soonyy@ulsan.ac.kr

Tel : 052-259-2820



1979년 부산대학교 기계공학과 졸업, 1987년 동경대학교 정밀기계학과 석사 졸업, 1997년 동경대학교 공과대학 박사과정 졸업, 1985-1985년 에너지 연구원, 1992-1998.2 삼성중공업 수석연구원, 1998년~현재 울산대학교 교수. 건설장비의 무인화 기술과 무인차량 기술에 대한 연구에 종사, 대한기계학회, 한국자동차공학회의 회원, 유공압건설기계학회부회장, 공학박사

정영만

E-mail : messria@nate.com

Tel : 052-259-2731



2008년 울산대학교 기계자동차공학과 석사 졸업. 2011년~현재 울산대학교 기계자동차공학과 박사과정. 유공압부품의 연구에 종사. 유공압건설기계학회 회원.