인터넷기반 원격 매니퓰레이션 : 일본의 연구개발 사례를 중심으로

강 성 철*, 정 낙 영**
* 한국과학기술연구원 휴먼로봇 연구센터 ** 일본기계기술연구소 로봇공학부 바이오로보틱스연구실

1. 서론

최근 전세계적으로 대중화되고 있는 인터넷 기술은 다양한 분야에 파급되어 새로운 기술을 창출하고 있다. 특히, 인터넷 보급이 본격적으로 시작된 약 5년 전부터 인터넷 기술을 로보틱스에 이용하고자 하는 연구가 시작되었다. 최초의 연구로서 1995년 버클리대의 Goldberg[1]는 tele-garden 이라 명명된 프로젝트에서, 그림 1과 같이 인터넷상에서 원격지의 로봇을 조작하여 흙 속에 묻혀진 여러가지 물체를 찾거나, 정원에 물을 주는 간단한 로봇시스템을 개발하였다. 이것이 인터넷 로보틱스의 효시로서 그 이후 전세계적으로 많은 관련 연구가 진행되고 있다.

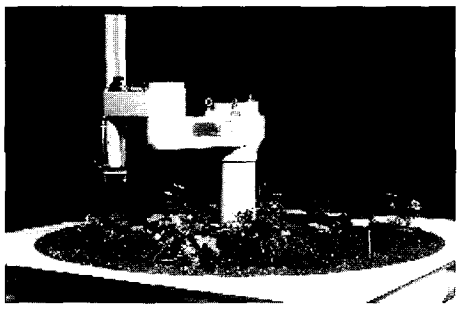

그림 1. Tele-garden project.
(http://www.ieor.berkeley.edu/~goldberg)

University of weston Austrailia 의 Taylor[2]도 Goldberg와 거의 같은 시기에 인터넷 로봇 연구를 시작하였는데, 산업용 로봇을 사용한 블록쌓기 작업을 인터넷을 통해 실험하였다. 여기서 그는 인터넷 로봇 기술에서 해결해야 할 주요 이슈를 제안하였고, 또한 다수의 사용자 접속 환경에서 로봇의 원활한 원격조작을 위한 인터넷 로봇용 통신체제[3]를 제안하였다. 스위스 EPFL 에서는 자체 개발한 초소형 이동로봇인 Khepera 로봇을 웹에 접속하여 전세계 어느 곳에서도 접속하여 조작이 가능한 시스템을 개발하였다.[4] 또한 Schulz등[5]은 자동모드 뿐 아니라 웹에서 조작도 가능한 이동로봇 Minerva를 개발하여, 실제로 박물관에 투입하여 사람들을 안내하는 작업을 성공적으로 수행하였다.

초기 인터넷 로봇기술의 목적은 고가의 실험장비를 원격지의 사용자에도 공유하게하는 연구 및 교육적인 분야를 적용대상으로 하였으나, 최근에는 원격제어를 기반으로 하는 다양한 서비스 분야 즉, 보안, 경비, 청소, 오락 등에까지 그 적용분야가 확대되고 있다. 그런데 인터넷 로봇기술이 다양한 적용분야에 실질적으로 이용되기 위해서는 몇 가지 기술적 문제에 대한 해결이 필요하다. 첫째는 통신의 신뢰성(reliability) 문제이다. 컴퓨터간의 통신과는 달리 컴퓨터와 로봇간의 통신에 있어서 예기치 않은 통신단절이 발생하는 경우, 로봇의 오동작으로 인한 의한 위험한 상황이 초래될 수 있다. 산업용 필드버스 통신방식과는 달리 불특정 다수의 접속자가 사용하여 통신의 트래픽을 정확히 예측할 수 없는 인터넷 TCP/IP 기반의 통신방식에서, 통신두절이 발생하더라도 로봇의 오동작을 방지하고, 사용자에게 편리한 모니터링 기능을 제공하는 것이 필요하다. 이를 위하여 Slotine 등[6]은 힘과 속도성분을 하나의 파형변수(wave variable)로 정의하여, 예측할 수 없는 시간지연이나 통신두절의 경우의 접촉작업에 있어서도 로봇의 동적안정성을 보장하는 파형변수 모델기법을 제시하였다. 두번째 이슈로는 시간지연의 문제로서 이는 현재 인터넷의 대역폭에 크게 좌우된다. 인터넷 사용시의 응답시간 t_r 은 다음과 같이 모델링된다.

$$t_r = t_p + \frac{(Ds + Dr)}{v_l} + t_c \qquad (1)$$

식 (1)에서, t_p 는 통신요구처리시간, t_c 는 통신초기화시간, Ds 는 데이터 전송시간, Dr 은 데이터 반송시간, v_l 는 회선의 통신 속도이다. 응답시간을 결정하는 요인은 하드웨어/소프트웨적으로 구분되는데 통신서버, 로봇 및 주변장치, 통신회선의 성능에 크게 의존하는 하드웨어적 요인보다는 소프트웨어요인을 개선하는 것이 상대적으로 유리하다고 할 수 있다. 예를 들어, 웹 인터페이스에서 서버의 성능에 크게 의존하는 CGI 방식보다는 실행화일이 클라이언트에 전송되어 실행되는 JAVA 프로그램방식이 유

리하다. 또한 원격 모니터링용 음성, 동화상 정보의 실시간 전송을 위한 압축기술이 요구된다. 현재의 동화상 압축 기술수준은 국가간의 원거리 실시간 통신용으로는 부족한 상태이나 빠른 기술발전 속도로 미루어 근시일 안에 상용화가 가능하리라 본다. 마지막으로는 사용자 인터페이스 기술이다. 대표적인 인터페이스인 웹브라우저는 2차원적인 정보를 표시하지만, 로봇의 작업환경은 3차원 공간이므로 이에 대한 불일치를 어떻게 해결하느냐가 중요한 이슈이다. 최근 JAVA3D 라이브러리[7]가 발표되어 자바 애플릿상에서 3차원 모델링이 가능하게 되어 VRML 모델과 연계된 3차원 웹 인터페이스 프로그래밍 기술이 발전하리라 생각된다.

일본에서는 위에 소개한 인터넷 로봇기술을 바탕으로 새로운 응용분야에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들은 대부분 기존의 극한작업용 로봇 원격제어 연구의 연장선 상에서 진행되고 있으며, 또한 인간공존형 로봇 개발을 목표로 하여 이동로봇에 매니퓰레이터를 탑재한 이동 매니퓰레이터(mobile manipulator)를 플랫폼으로 하는 연구가 수행중이다. 쯔꾸바대학의 Yuta[8]는 웹에서 조작가능한 이동로봇을 개발하여 CMU의 Minerva와 유사한 박물관 안내용 로봇으로 적용하는 연구를 진행중이다. 동경대학의 Inaba[9]는 차륜부를 갖는 휴머노이드 로봇의 웹기반 원격제어 연구를 수행하고 있으며 이를 위한 제어 소프트웨어를 개발하고 있다. 본고에서는 현재 일본 기계기술연구소(MEL)에서 진행되고 이는 두가지의 인터넷 기반 원격 매니퓰레이션 연구를 소개하고자 한다. 2 절에서는 MEL의 감각제어연구실(Cybernetics division)에서 수행되고 있는 웹기반 이동 매니퓰레이션을, 3 절에서는 바이오로보틱스 연구실(Biorobotics division)에서 진행되고 있는ISDN 을 이용한 원격협조형 로봇기술을 소개한다.

2. 웹기반 이동 매니퓰레이션

이동 매니퓰레이션은 이동 매니퓰레이터의 이동성(mobility)과 매니퓰레이터의 조작성(manipulability)를 동시에 활용하는 작업을 말한다. 매니퓰레이터를 갖는 이동로봇이 인간과 공존하는 공간에서 원활한 작업을 수행하기 위해서는 인간 또는 환경과의 안전한 접촉을 허용하는 컴플라이언스 제어가 필요하다. 따라서 본절에서는 이동 매니퓰레이터의 컴플라이언스 제어기술을 소개하고 그 응용사례로서 웹기반의 원격조작을 기술한다.

2.1 이동 매니퓰레이션 기술

매니퓰레이터 말단의 동특성을 설계할 수 있는 임피던스제어기를 기반으로 하여 이동 매니퓰레이터가 갖는 여유자유도를 활용하는 널-모션제어를 통하여 선택적으로 말단부의 관성효과를 조절하는 연구가 수행중이다. 그림 2의 이동 매니퓰레이터는 이동부 3자유도, 매니퓰레이터부 7자유도로 총 10자유도

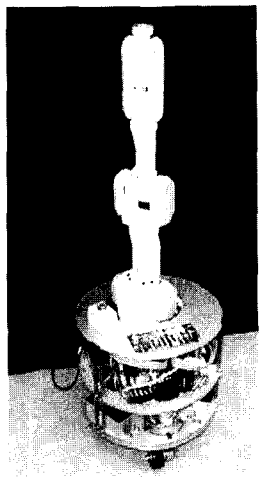

그림 2. MEL mobile manipulator.

를가지므로 4개의 여유자유도를 가지고 있다. 컴플라이언스 제어기로 널리 쓰이는 임피던스제어기법은 로봇의 동적효과를 정확히 보상하지 못하는 경우, 목적하는 컴플라이언스와 접촉안정성을 만족하기 어렵다. 따라서 말단부의 위치와 방향은 유지하며, 널-모션을 이용하여 팔의 자세를 조절함으로써 관성효과를 최소화할 수 있다. 기존의 연구는 널-모션 계수로서 관절제한 조건을 주로 고려하였으나[10], 본 연구에서는 작업에 따라 관성효과를 최소화하는 것을 목적함수로 하여 컴플라이언스 성능 및 접촉안정성능을 향상시키는 것이 주요 아이디어이다. 개략적인 블록선도는 그림 3과 같다.

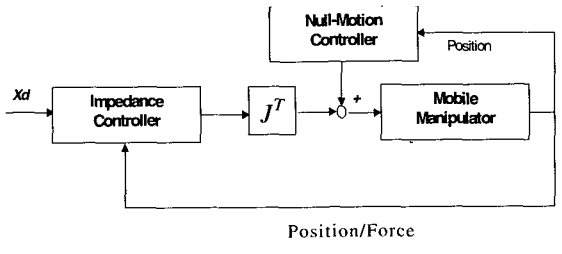

그림 3. Control block diagram for mobile manipulation.

2.2 웹기반의 원격조작 작업

전술한 이동 매니퓰레이션 기능을 효과적으로 활용하는 작업으로서 일반적인 인간의 생활공간에서 일어나는 작업을 선정하였다. 그림 4와 같이 테이블에 놓인 병을 잡고 이를 냉장고의 선반에 끼워넣는 작업으로서, 작업 도중 컴플라이언스 효과를 필요로 하는 접촉이 빈번히 일어난다. 이를 원격제어로 수

행할 경우, 로봇의 감각 및 지능에 크게 의존하는 자동수행 모드(autonomous mode)보다 환경을 인식할 정보량이 줄어들고 인간의 감각과 지능의 도움으로 쉽게 작업이 가능하다. 환경을 인식할 최소한의 센서로서 말단부에 카메라를 장착하여 원격지의 웹으로 전송하고, 작업위치에서 물체의 파지위치를 파악하기 위한 근접위치센서를 장착한다.

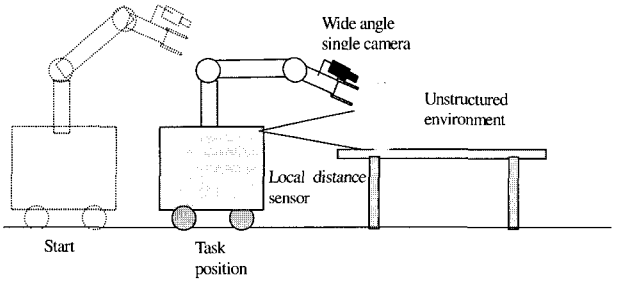

그림 4. Mobile manipulation task.

웹상에서의 조작은 실시간으로 보내오는 화상정보를 보면서 이미지상의 좌표를 클릭함으로써 로봇을 이동시키는 것이 가능하다. 로봇에 부착된 근접위치센서 정보로부터 사용자는 작업위치에 접근했음을 알 수 있고, 웹상의 다양한 인터페이스 기능을 통하여 마우스만을 이용한 조작이 가능하도록 하였다. 이 작업은 인터넷 전송속도의 한계를 고려해 동일 건물 내에서의 LAN 환경을 전제로 한다.

3. ISDN을 이용한 원격 협조형 로봇기술

그림 5와 같이 통신망이 연결된 작업장에 투입되는 로봇의 수를 증가시킴으로써, 공간적으로 떨어져 있는 다수의 조작자들에 의한 다양한 협조작업의 실현도 가능해 질 수 있다. 이러한 통신망을 활용한 다수로봇의 원격조작기술은 작업자의 직접적인 현장 투입을 최소화하고 시간 및 공간적제약을 넘어 제한된 노동력을 효율적으로 활용하게 함으로써 미래의 고령화사회에 있어서의 부족한 노동력 및 전문기술을 적절히 배분할 수 있는 중요한 원천기술의 하나로 고려되고 있다.

이 절에서는 ISDN (Integrated Services Digital Network)을 이용한 두 대의 로봇의 원격협조 플랜트 유지보수작업을 대상으로 1998년 11월부터 2000년 3월까지 일본 통상산업성 산하의 신에너지· 산업기술 총합개발기구(NEDO)의 연구프로젝트의 일환으로 쯔꾸바시에 위치한 통상산업성 공업기술원 기계기술연구소(MEL)와 카와사키시에 위치한 토시바(주) 연구개발센터(TMSL)간에 수행되었던 공동 연구개발 내용을 소개하고자 한다. [11]

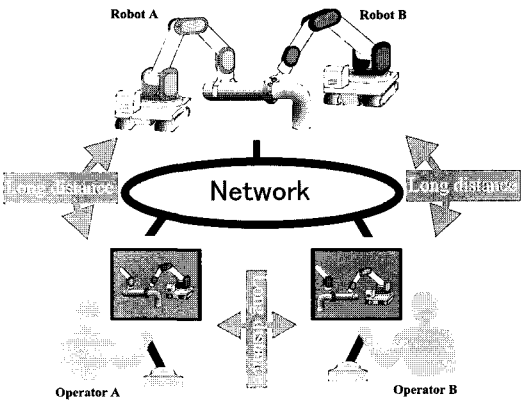

그림 5. Network-based tele-collaborative system.

에너지플랜트 등의 정기검사는 다수의 작업자들이 현장에 나가 넓은 범위를 모니터링하고 특정 손상부위의 검사와 이에 따른 밸브분해작업 등의 보수작업이 동시에 진행된다. 이러한 상황을 원격작업으로 대체하기 위하여 본 연구에서는 원격지에 있는 조작자가 작업공간을 공유하는 다수의 로봇을 정보통신망을 통하여 원격조작하여 협조작업을 수행하는 시스템을 개발하여 다수의 작업자의 협조를 필요로 하는 플랜트보수작업에 적용하였다. 구체적으로 협조작업형 원격조작 로봇시스템의 하드웨어개발, 협조작업을 위한 조작지원방식의 연구 및 플랜트 유지보

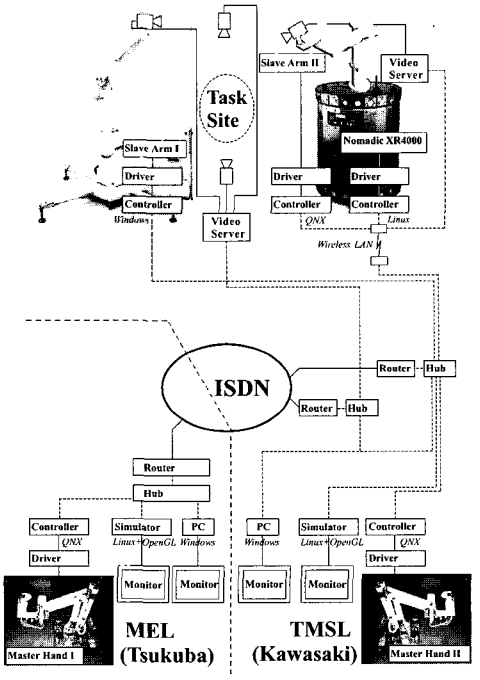

그림 6. Overall experimental test bed for tele- ollaborative system in MEL and TMSL.

수작업을 상정한 모의구조물 협조작업의 검증실험 등을 실시하였다.

3.1 실험 테스트베드의 구성

그림 7. Local master control station in MEL.

MEL에서 약90Km 떨어진 TMSL에 2대의 로봇과 플랜트 모의구조물을 설치한 작업공간을 구축하였다. 그림 6에 전체 테스트베드의 구성을 나타내었다. 1대의 7자유도 매니퓰레이터 고정로봇은 MEL에서 원격조작하고 6자유도 매니퓰레이터를 장착한 다른 1대의 이동로봇은 TMSL 작업현장의 주변에서 원격조작한다. TMSL과 MEL을 연결하는 통신회선은 일반에 보급되어 있는 ISDN과 ISDN루터(router)를 이용한다. 작업현장의 상부와 측면부, 그리고 로봇그리퍼의 위에 각각 카메라를 설치하고 동화상서버에 연결함으로써 조작자에게 작업현장의 영상을 전달한다. 동화상서버의 영상은 PC상에서 범용의 웹브라우저를 통하여 보여진다. 또한, 한정적인 카메라영상을 보조하기 위하여 2대의 로봇의 전체적인 작업상황이 손쉽게 관찰될 수 있는 시점의 그래픽스영상이 별도의 시뮬레이터상에 나타난다.[12] 조작자는 그림 7에서와 같이 작업현장의 카메라영상과 그래픽스 시뮬레이터의 영상을 함께 관찰하면서 마스터기구를 조작한다.

(1) 마스터기구

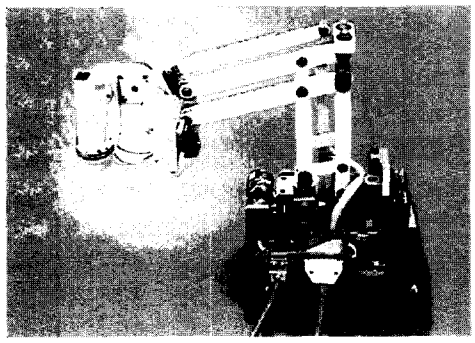

그림 8. 6-axis force reflecting master arm.

마스터기구는 자체적으로 제작된 힘궤환기능이 있는 6자유도 탁상형기구로서 팬토그래프기구와 짐발기구를 조합한 구성으로 위치 3자유도와 자세 3자유도를 분해하고 소형화를 실현하였다 (그림 8). 마스터기구의 위치와 자세가 그대로 로봇그리퍼의 위치와 자세로 대응되는 마스터슬레이브조작모드 및 마스터 중심점으로부터의 변위 또는 고정된 마스터에 가해지는 힘에 대응하는 속도지령을 생성하는 조이스틱모드의 두가지 모드를 적절히 선택하여 사용한다.

(2) 동화상 서버

인터넷상에서 비디오화상의 실시간 스트리밍이 가능한 동화상 서버를 이용하여 1개의 카메라채널을 사용할 경우 최대 30 fps의 비디오레이트로 작업장의 동화상을 조작자측에 전송한다 (그림 9). 각각의 조작자는 별도의 카메라와 마이크를 동화상서버에 연결하여 작업전 카메라의 앵글이나 줌을 조정하고 작업의 시작, 종료 및 위험상황 등을 상대방에게 알린다.

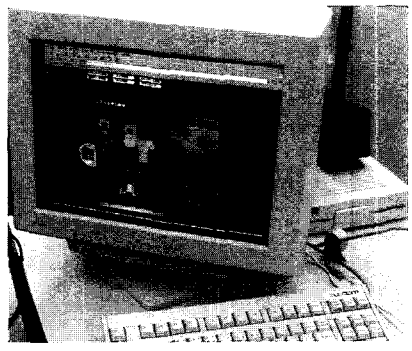

그림 9. Visual image feedback through video server.

(3) 통신회선

MEL과 TMSL는 각각 광케이블을 사용하여 1,536Kbps의 전송속도를 갖는 NTT(Nippon Telegraph and Telephone East Corporation)의 INS-Net 1500에 가입하여 필요한 통신을 수행한다. 이 ISDN회선은 64Kbps 베어러채널 23개와 64Kbps 데이터채널로1개로 구성된다. 베어러채널은 음성, 데이터, 화상 등의 사용자정보를 하나의 전화선으로 전달하고 데이터채널은 통신제어신호의 전달 및 패킷전송에 사용된다. 채널의 수는 정보량에 따라 가변되지만 적절히 고정될 수도 있다. INS-Net 1500은 계약자전용 통신회선으로 일단 연결이 되면 통신중 부하에 따른 시간지연의 변동이 발생하지 않고 적절한 지연보상을 통하여 안정된 응답을 얻을 수 있다.

(4) 온라인 그래픽 시뮬레이터

실제로 통신회선을 이용하여 여러가지 고화질의 동화상을 원격지로부터 고속으로 동시에 전송받는 경우 통신회선의 용량이나 클라이언트 PC의 성능 및 화상을 압축하고 전개하는 서버의 소프트웨어적인 문제 등에 의해 영상의 지연 및 간헐적인 불연속성이 나타나기 쉽다. 이러한 현상은 작업현장이 동

적으로 변하는 협조작업의 경우 특히 작업자에게 불안감을 조성하고 작업의 원활한 진행을 어렵게 만든다. 따라서 본 연구에서는 동화상 궤환과는 별도로 그래픽 시뮬레이터를 개발하여 마스터제어지령에 대한 원격지의 응답을 조작자가 시간지연 없이 확인할 수 있도록 하였다 (그림 10). 시뮬레이터는 편의에 의하여 자유롭게 시점을 바꿀 수 있으므로 원격지의 카메라영상으로 확인이 어려운 부분이나 작업을 파악하는데 중요한 시점을 우선적으로 제공할 수 있다. 그 외에 작업대상물 또는 근접한 두 로봇 상호간의 충돌 등을 경고음 및 충돌부위의 색의 변화 등으로 사전에 알려주는 역할을 수행한다.

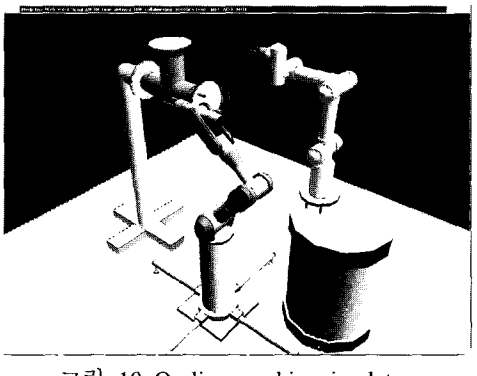

그림 10. On-line graphics simulator.

3.2 통신시간지연의 처리

통신시간의 지연은 영상전송의 지연 외에도 그래픽 시뮬레이터를 통한 작업상황의 예측에도 영향을 미친다. 구체적으로 상대방 조작자의 의도 및 마스터제어지령에 대한 예측의 어려움으로 두 로봇간 그래픽스 갱신의 불일치가 발생하게 된다. 이는 로봇 상호간의 충돌을 포함하여 작업에 적지않은 지장을 초래하게 되는데 통신시간지연에 맞추어 시뮬레이터상에서 다음과 같은 방법을 적절히 선택하여 조정한다. [13]

1) 지연시간동안 이동할 수 있는 상대방 로봇의 위치를 감안하여 로봇의 치수를 확대한다. 2) 지난 일정시간 동안 움직인 평균속도로 예측한 지연시간후의 이미지를 중첩시킨다. 3) 두 로봇의 접근거리에 따라 마스터제어지령을 로봇지령으로 매핑하는 스케일을 가변적으로 조정하거나 마스터에 부가적인 임피던스를 발생시킨다. 또한 로봇의 그리퍼와 주작업 대상물간의 상대좌표를 계산하여 그리퍼가 정해진 공차내에 위치할 경우 특정음 발생 및 색의 변화를 작업자에게 알림으로써 시간지연 및 작업자의 시력에 의한 미세조정의 불편함을 개선하였다.

3.3 원격 유지보수작업의 실험

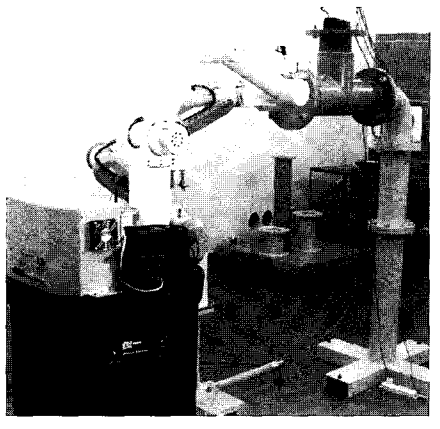

그림 11. Slave robots and mock-up in TMSL work site.

산업현장에서 발생할 수 있는 유지보수작업의 한 예로서 밸브유닛의 유지보수용 해체조립작업을 상정하였다. 모의 밸브구조물을 대상으로 공간적으로 떨어져서 2대의 로봇을 각각 원격조작하는 조작자가 직접적인 통신을 통하지 않고 서로 협력하여 작업을 수행하는 실험을 실시하였다. 구체적으로는 그림 11의 밸브유닛에 체결된 볼트를 풀고 철거용 손잡이를 붙잡고 밸브뚜껑을 들어내는 일련의 해체작업이다. 단순하지만 마지막 볼트를 풀기 전에 상대방의 로봇이 손잡이를 잡아 지지하지 않으면 무리한 힘이 볼트에 가해져 볼트가 풀어지기 힘들게 되고 풀어진 직후에도 중력에 의하여 뚜껑이 떨어지게 되는 2대의 로봇의 적절한 협조가 요구되는 작업이다. 작업 전반부의 2대의 로봇이 독립적으로 동시에 볼트를 푸는 부분에서는 단독의 로봇보다 작업능률을 향상시킬 수 있었고 후반부에서는 1대의 로봇의 단독작업으로 수행되기 어려운 작업을 수행할 수 있었다. 전체의 작업시간을 작업성의 지표로 평가하면 숙련된 작업자들에 의한 작업은 3분 이내에 완료되어 실용적인 수준에 도달되었다고 사료되었고 초심자들의 경우에는 최초에 5분 정도에 작업이 완료되었으나 6회 정도의 반복작업을 통하여 3분 정도에 모든 작업이 완료될 수 있었다.

4. 맺음말

현재의 인터넷 로봇기술은 구성하는 각 요소기술에 있어서 아직 성숙된 상태는 아니며, 인터넷 전송의 대역폭 향상, 다중 접속 처리기술, 동화상 압축, 불규칙 시간지연 문제, 웹 인터페이스를 이용한 로봇 매니퓰레이션 기술, 저가형 3차원 햅틱 인터페이스 장치, 웹 3차원 모델링 및 동적 웹기술등 많은 과제를 남겨놓고 있다. 그러나 현재의 인터넷 발전 속도를 고려할 때, 근시일안에 대부분의 기술들이 상용화 수준에 도달할 것으로 예상된다. 이에 따라

현재의 로봇 원격제어기술은 보편화된 인터넷을 미디어로 하여 보다 저비용으로 손쉽게 개발되고 발전되리라 기대된다. 또한 인터넷 로봇 기술과 밀접한 관련이 있는 웹 가상현실 기술, 원격존재(telepresence) 기술과 연계되어 그 발전의 폭이 확대되리라 생각된다.

참고문헌

[1] K. Goldberg, M. Mascha, S. Gentner, N. Rothenberg, Desktop teleoperation via the World wide web, IEEE int. conf. Robotics and automation, 1995, pp.654-659

[2] Kenneth Taylor and Barney Dalton, Internet Robotics : A New Robotcs Niche, IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol.7, No.1, March 2000, pp27-34

[3] B. Dalton and K. Taylor, A Framework for interent robotics, Internet Robotics Workshop notebook of IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems, 1998

[4] Patrick Saucy and Francesco Mondada, Khp-OnTheWeb: Open Access to a Mobile Robot on the internet, IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol.7, No.1, March 2000, pp.41-47

[5] D. Schulz, W. Burgard, Dieter Fox, S. Thrun, and A. Cremers, Web interfaces for mobile Robots in public places, IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol.7, No.1, March 2000, pp48-56

[6] G. Niemeyer and J. Slotine, Towards Force-reflecting teleoperation over the internet, Internet Robotics Workshop notebook of IEEE int. conf. Robotics and automation, 1999

[7] http://java.sun.com/products/javamdia/3D/collateral/presentation/

[8] S. Maeyama, S. Yuta, H. Igarashi and A. Harada, Effect of Map indication on remote control of a mobile robot, IEEE international workshop on robot and human interaction, Pisa, Italy, 1999, pp.98-103

[9] http://www.jsk.t.u-tokyo.ac.jp/index-j.html

[10] Khatib, O., Inertial properties in robotic manipulation : an object level framework, Int. J. Robotics Research, 13(1), 1995, pp.19-36

[11] N. Y. Chong, T. Kotoku, K. Ohba, K. Komoriya, F. Ozaki, H. Hashimoto, J. Oaki, K. Maeda, N. Matsuhira, K. Tanie, Development of a Multi-telerobot System for Remote Collaboration, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Takamatsu, Japan, pp. 1002-1009, 2000.

[12] N. Y. Chong, T. Kotoku, K. Ohba, H. Sasaki, K. Komoriya, K. Tanie, Audio-visual Guided Predictive Simulator in Multi-telerobot Coordination, Proc. IEEE Int. Conf. on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, Nagoya, Japan, pp. 614-619, 2000.

[13] N. Y. Chong, T. Kotoku, K. Ohba, H. Sasaki, K. Komoriya, K. Tanie, Use of Coordinated On-line Graphics Simulator in Collaborative Multi-robot Teleoperation with Time Delay, Proc. IEEE Int. Workshop on Robot-Human Interactive Communication, pp. 167-172, Osaka, Japan, 2000.

강 성 철

1967년 8월4일생, 1989년 서울대학교 기계설계학과 (공학사), 1991년 서울대학교 기계설계학과 (공학석사), 1998년 서울대학교 기계설계학과 (공학박사), 1991년~1999년 한국과학기술연구원(KIST) 휴먼-로봇 연구센터 연구원. 1999년 3월 – 현재 한국과학기술연구원(KIST) 휴먼-로봇 연구센터 선임연구원, 1999년 12월 – 현재 일본 통상산업성 기계기술연구소(MEL) 박사후 연구원. 관심분야는인터넷 로보틱스, 이동 매니퓰레이션, 컴플라이언트 제어, 조립 자동화.

Email: kasch@mel.go.jp

정 낙 영

1965년 4월19일생, 1987년 한양대학교 기계공학과 (공학사), 1989년 한양대학교 기계설계학과 (공학석사), 1994년 한양대학교 기계설계학과 (공학박사), 1994년 1998년 대우중공업(주) 선임연구원, 1995년 1996년 일본통상산업성 기계기술연구소 박사후연구원, 1998년 한국과학기술연구원 지능제어연구센터 박사후연구원, 1998년 2000년 일본신에너지산업기술총합개발기구 연구원, 1998년 현재 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원, 1998년 현재 일본통상산업성 기계기술연구소(MEL) 연구펠로우 및 재단법인 제조과학기술센터 HRP추진실 연구원. 관심분야는 원격조작시스템, 휴머노이드로봇, 우주 및 수중로봇.

Email: chong@mel.go.jp, nychong@ieee.org