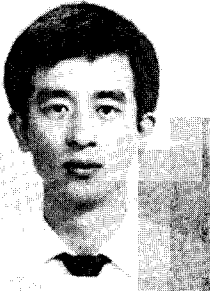


원격 지능로봇 시스템 기술과 연구개발 동향



김 두 형
(로봇공학실 연구원)

'82.2 서울대학교 공과대학 기계설계학과 졸업
'82.3- 現 한국기계연구소 연구원



최 동 엽
(로봇공학실 연구원)

'81.2 서울대학교 공과대학 기계공학과 졸업
'82.3- 現 한국기계연구소 연구원

I. 개 요

인간은 원시시대 이래 여러 형태의 작업제한을 극복하기 위해 도구를 개발·사용하여 왔다. 개발된 도구는 인간의 작업범위를 확대시켜 왔고 작업능률 및 적응도를 향상시켜 왔다. 이러한 인간과 도구의 상호 밀접성은 물리적 접촉에 의한 작업범위의 확대 제한성을 극복하여 이제 遠隔制御 조작 도구의 개발을 통하여 새로운 장을 열고있다.

원격제어 조작기의 특징은 모든 작업에 대한 인식 판단을 조작자의 능력에 의존하며 조작기는 환경 및 작업정보들을 감지하여 작업상황을 직접 체험할 수 없는 조작자에게 전달함으로써 조작자로 하여금 인식·판단 및 결정하여 작업을 수행하도록 하는 것이다.

원격 조작기의 기본적 기능과는 달리 인간의 초보적 단순 조작기능을 대신하기 위한 또 하나의 도구로서 산업용 로봇트가 개발되어 최근 활발히 적용되고 있다. 산업용 로봇트는 고정된 작업환경 아래 컴퓨터 프로그램화된 단순 작업내용을 일정하게 반복 수행함으로써 인간의 초보적 조작기능을 대체하는 기능으로부터 시작하였다. 최근에는 각종 감지기를 이용하여 환경의 변화에 대응하고 操作用력을 확대시키려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

원격 조작기와 산업용 로봇트는 적용분야의 차이로 인하여 독립적으로 연구개발되어 왔다. 최근 부각되고 있는 Telerobot System(원격 지능로봇트 시스템)은 원격제어 조작기술과 산업용 로봇트 기술을 이용한 복합 시스템으로써 산업용 로봇트의 단순 자동조작 기능과 원격 조작기의 인간을 매체로한 복잡한 조작 기능의 수행을 위

해서 컴퓨터를 이용한 인간의 작업 범위와 기능을 확대하고 효과적으로 대체하려는 시스템이다. 여기서 컴퓨터의 역할은 산업용 로봇 시스템의 제어, 그리고 원격 조작기의 정보 교환이라는 개별적 주기능외에 두 시스템의 기능을 통합하여 인간의 지능을 분담토록 하는 것이다.

II. 원격 조작시스템의 개발과 변천

1. 원격 조작기

위험한 작업을 원격에서 수행하기 위해 이용되어 왔던 도구들이 단순한 형태에서 점점 발전하여 오늘날의 원격 조작기의 형태를 갖추게 된 것은 1948년 미국의 ANL(Argonne National Lab.)에서 개발된 기계식 Master-Slave(M/S) M1 조작기이다. 그 이후 전기로 구동되는 M/S 조작기가 개발되었고 동력원을 탑재한 원격리이동 매니플레이터까지 등장하였다. 현재 이들 원격 조작기에 대한 연구개발은 원자력 플랜트의 보수·유지 및 해저, 우주의 탐사와 개발에 따라 활성화 되고 있는 것이 세계적인 추세이다.

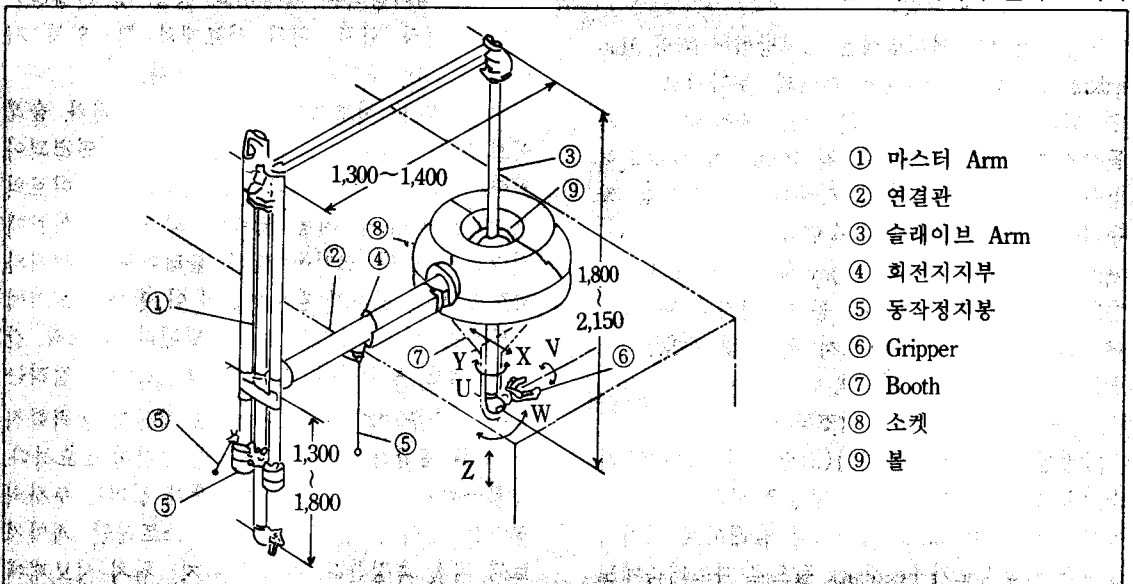
가. 기계식 원격 조작기

기계식 원격 조작기는 주로 원자력 플랜트에서 試料의 처리에 사용되며 작업자가 있는 조작실(Cold Room)에는 마스터를 두고 벽으로 분리된 방사능 영향하의 실험실(Hot Room)에는 슬레이브를 두어 기계적으로 동력을 전달하고 작업자는 벽에 설치된 납유리를 통하여 슬레이브의 추종 동작을 주시하면서 마스터를 조작하여 작업을 행한다.

마스터와 슬레이브는 비슷한 구조로 되어 있으나 마스터는 작업자의 조작성을 양호하게 하기 위하여 Gripper의 구조를 개조하고, 매니플레이터의 자체중량에 의한 작업자의 조작시의 피로를 경감시키기 위하여 중력평형을 유지하며 작업대상물의 실중량을 작업자가 감지할 수 있도록 하고 있다. 슬레이브의 구조는 실험실내의 기계장치에 의해 착탈이 용이하도록 가능한한 모듈화하여 슬레이브의 보수와 정기 점검작업시 실험실내에서 원격으로 분해가 가능하도록 한다.

기계식 마스터-슬레이브 매니플레이터의 동력 전달 방식은 기본 3축과 Gripper의 2가지로 나눌 수 있다. 기본 3축의 동력전달은 평행링크, Rotary Shaft, Rod 및 체인과 케이블등이 이용되고 Gripper의 동력전달에 있어서는 케이블, 강철테이프

그림. 1) 기계식 원격 조작기



- ① 마스터 Arm
- ② 연결관
- ③ 슬레이브 Arm
- ④ 회전지지부
- ⑤ 동작정지봉
- ⑥ Gripper
- ⑦ Booth
- ⑧ 소켓
- ⑨ 볼

또는 기어가 이용되고있다. 특히 앞에서 언급한 슬래ιβ의 모듈화를 위해서 기어류가 다량 사용되고있다. 한편 케이블과 테이프의 사용시에는關節의 회전각도에 따라 풀리에 감기는 양이 변하고 케이블 및 테이프의 길이가 변화하므로 이를 보정하는 방법이 기구적으로 고려되어있다.

나. 서보식 원격 조작기

작업자의 힘이 기구적으로 전달되는 기계식과는 달리 서보식 원격 조작기는 전기 및 유압등의 서보모타에 의해 구동된다.

기계식 매니플레이터는 동력이 기계요소로 전달되므로 마스터와 슬래ιβ간의 간격이 고정되어 작업공간이 작은 반면 서보식 매니플레이터는 동력 및 신호가 케이블등을 통하여 전달되어 슬래ιβ의 이동장치(다리, Vehicle, Transporter 등)에 의해 넓은 영역의 작업공간을 확보할 수 있다. 서보식 원격 조작기는 제어방식에 따라 단방향(Unilateral) 서보 원격 조작기와 雙方向(Bilateral) 서보 원격 조작기로 나눈다.

1) 단방향 서보 원격조작기

Key Board 나 Joy Stick 을 이용하여 슬래ιβ의 위치 및 속도를 제어하는 방식으로 작업자가 슬래ιβ의 동작상태(주로 속도와 힘)를 감각적으로 느낄 수 없기 때문에 산업용 로봇과 비슷한 조작방식으로 되어있다.

단방향서보의 제어방식은 조작방법에 따라 Analytical 제어와 Integrated 제어의 두가지로 나눌 수 있다. Analytical 제어방식은 조작기 각축의 동작지령과 Key Board 의 각 Button 이 대응되어 임의의 위치를 잡기위해 각축이 순차적으로 작동되어야하므로 조작자의 숙련을 요하게 된다. Integrated 제어방식은 2개의 Joy Stick 으로 조작기의 주 3축과 손목 3축을 각각 동작시키거나 또는 뼈대만으로 구성된 마스터로서 위치 및 속도를 지령하는 서보 제어방식이다.

2) 쌍방향 서보 원격조작기

쌍방향 서보 원격조작기(그림 2)에 있어서 마스터와 슬래ιβ의 크기와 형상은 주로 기하학적 비례관계로 되어있다. 마스터와 슬래ιβ 각각이 감지한 力覺정보가 Feedback 됨으로 마스터측에도

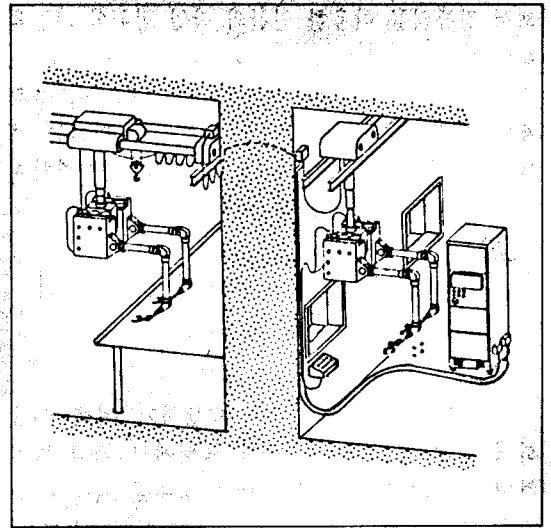


그림.2) 쌍방향 서보원격조작기

서보 모타가 설치되는것이 단방향 서보와 다른 점이다. 제작비용 및 조작의 간편화를 위하여 전혀 다른 형상으로 제작되는 경우, 마스터와 슬래ιβ간의 위치, 속도 및 힘정보의 좌표 Matching을 위해서 복잡한 계산이 요구된다. 마스터의 重力補償은 주로 구동모타의 적절한 배치로서 해결하나 슬래ιβ는 분해, 조립이 용이한 Module화를 고려하여 Balance Weight 를 설치하는 경우가 많다.

서보 제어방식은 힘정보의 검출 및 반영하는 방법에 따라 위치-위치 서보계와 힘-위치 서보계로 크게 두가지로 나눌 수있다.

위치-위치 서보계에 있어서는 마스터와 슬래ιβ간에 대칭되는 2대의 서보모타가 연결되어 있다. 마스터측의 위치와 속도신호는 슬래ιβ의 위치 및 속도의 지령 입력이 되고 슬래ιβ에 걸리는 부하의 크기에 따라 슬래ιβ의 위치와 속도의 서보 편차가 발생하는데 이 편차의 크기에 해당하는 힘이 마스터쪽에 전달된다. 비교적 간단한 서보 방식이나 슬래ιβ의 모터에 걸리는 부하가 순수 작업력과 슬래ιβ 자신의 동력학적 Force 를 포함하므로 이의 적절한 보상이 필요하다.

힘-위치 서보계는 슬래ιβ측에 걸리는 부하의 크기를 모타의 전류치나 또는 스트레인 게이지 로써 직접 측정한다. 비교적 위치-위치 서보계에

비해 구성이 복잡하나 작업력의 정확한 검출이 가능하다.

위치-위치 서보계는 비교적 경량물 취급의 조작기나 손목 3관절에 적용되고 힘-위치 서보계는 중량물 취급조작기나 주 3관절의 Force 제어에 사용된다.

2. 이동장치

앞 절에서는 인간의 팔과 손에 해당하는 즉, 실제 대상물을 조작하여 작업을 수행하는 매니플레이터에 대하여 기술하였다. 대부분의 원격조작(Teleoperating) 시스템에서는 넓은 작업공간의 특성과 작업장의 불확실성으로 인하여 이동기능이 필요하게 된다. 이러한 이동기능은 인간의 다리에 해당하는 광역이동을 위한 Vehicle과 몸통의 기능, 즉 팔의 적정위치를 결정해 주는 역할로서의 중간 Transporter로 나눌 수 있다. 일반적으로 대상 작업에 따라

- Vehicle - Transporter - Manipulator
- Vehicle - Manipulator
- Transporter - Manipulator의 형태로 구성된다.

가. Transporter

Transporter의 구조는 작업공간 및 특성에 따라 다양한 자유도를 가지며 주로 직교좌표형(Gantry), 실린더형(Column), 다관절형(Articulated) 등의 형태로 분류된다.

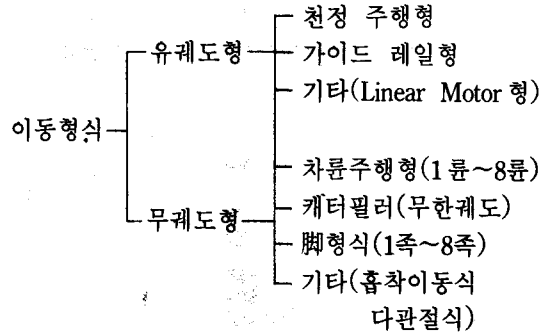
이러한 Transporter는 매니플레이터가 갖는 작업상의 한계를 극복하기 위하여 사용된다. 매니플레이터를 독립적으로 사용하는 경우 작업영역이 한정되고 구동부의 동작 범위가 기구적으로 제한되므로 효과적 조장이 어렵다. 또한 장애물 회피의 경우 복잡한 經路制御 알고리즘이 필요하게 된다.

중간 Transporter는 시스템의 자유도를 높여서 작업영역을 쉽게 변경하며 작업기능을 향상시킨다.

나. Vehicle

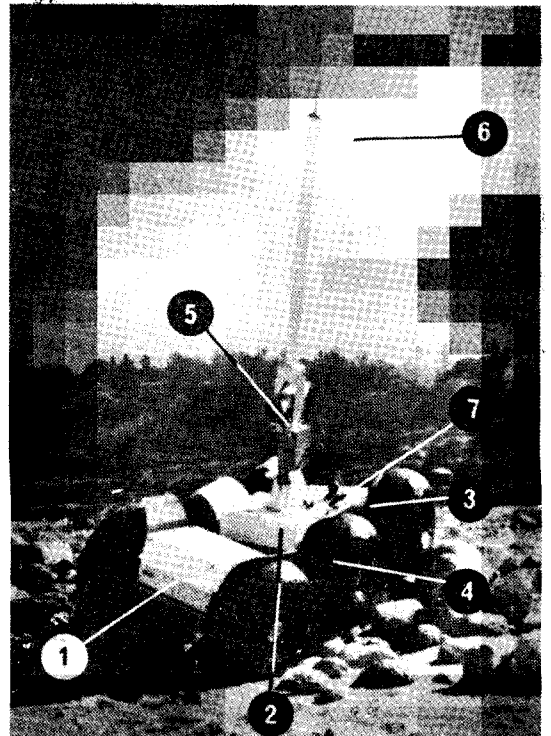
Transporter에 의한 매니플레이터의 이동은 Transporter의 기구적인 구조(형상 및 크기)에 의해 한정된 영역의 작업공간을 가지나 Vehicle은 통신

및 동력전달 계통이 문제되지 않는 한 이동기구에 적합한 공간을 조작자의 원격조종에 의해 정해진 또는 미지의 경로를 따라 탐색하며 매니플레이터를 이동시킨다. Vehicle은 이동공간의 환경에 적합하도록 이동형식에 따라 다음과 같은 종류가 개발되었다.



유궤도형의 이동형식은 일반적으로 그 이동이 궤도에 의해서 제약을 받으나 가장 먼저 원자력

그림.3) 차륜형 이동기구



플랜트등에 사용되었다. 이동과 작업을 위한 동력도 Guide Rail 등과 같은 라인으로 공급하여 작업의 효율성이 좋다. 한편 작업대상의 변경에 대한 유연성의 필요성에 의해 연구개발된 것이 무궤도형의 이동형식이다. 무궤도형식중 에너지효율이 가장 좋은 차륜주행식이 1륜에서 8륜(Defence Advanced Research Projects Agency)까지 개발되었고 또한 요철지형에서 이동가능한 무한궤도식과 지형에의 적응성이 뛰어난 보행식 이동장치가 개발되었다.

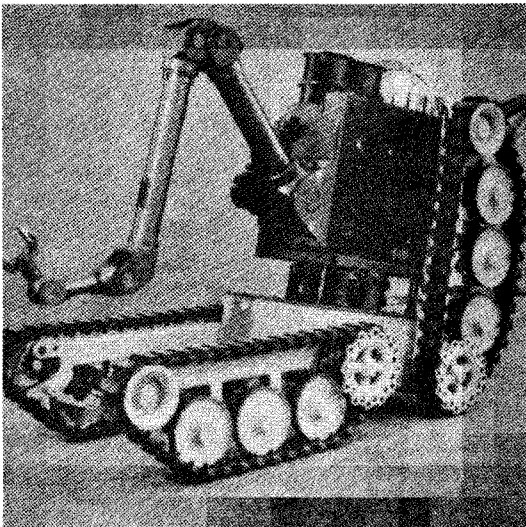


그림.4) 무한궤도식 이동기구

기구적 기능에 따른 이동장치의 구분외에 매니플레이터를 원하는 목표지점까지 이동시키는 경로의 선택방법, 매니플레이터의 Navigation을 위한 유도제어 방법에는 다음의 두 종류가 있다.

- 1) 内在型 감지기에 의한 유도제어
- 2) 외부환경 인식감지기에 의한 유도제어

1)은 이동장치내에 설치된 Gyro와 회전구동축의 Encoder 출력에서 현재의 매니플레이터의 위치, 자세를 계산, 추정하면서 이동하는 것으로 미끄럼등에 의한 오차가 축적되고 精度가 떨어지며 경로상의 장애물 출현에 대한 대처방법이 없다.

2)의 방법은 1)보다 제어가 복잡하나 외부환경을 인식하기 위한 ITV 카메라등의 감지기를 가지고

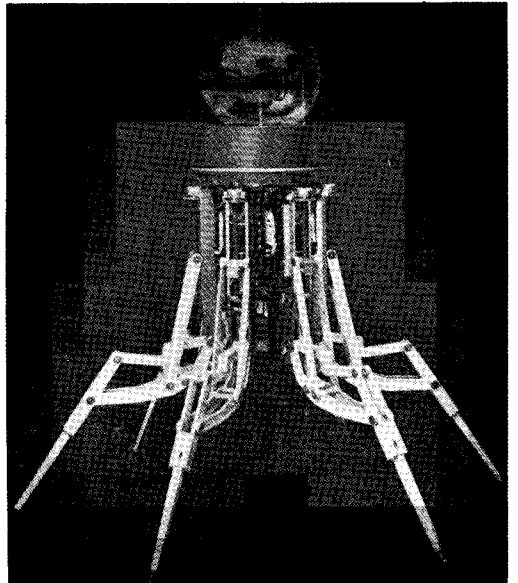


그림.5) 다각식 보행기구

외부환경 인식감지기의 출력을 제환한다. 따라서 경로상에 출현한 장애물에 대처할 수 있고 유도 제어중인 매니플레이터자신의 위치와 자세의 교정을 항상 수행하므로 오차가 축적되지 않으며 경로를 임의로 변경할 수 있는 유연성을 가지고 있다. 이러한 이동장치에 있어서는 매니플레이터의 경로 선택방법, Navigation 방법도 유도제어방식과 동시에 조작자의 개입 정도를 고려하여 연구되고 있다.

III. 컴퓨터이용 Man-Manipulator Teleoperation

종래의 기계식이나 전기식 서보원격 조작기는 각각 그 단점을 내포하고 있어서 응용에 여러 가지 제약이 따랐다. 기계식에서는 Master Arm 과 Slave Arm 사이의 거리가 제한되고 전기식에서는 Slave System 의 환경을 Operator, 즉 인간이 직접 감지할 수 없는 제약때문에 원격조작 System 의 일반적 성능 저하의 가능성이 컸다.

이를 보완하기 위하여 두번째의 Operator 로써 인공지능을 가진 Computer 가 제안 되었으며, 이는

Slave 환경으로 부터의 정보처리를 Computer 에게 분담시키는, 즉 인공지능을 부여하여 작업 수행 및 보정을 도와주는 시스템이다. 대상작업에 익숙한 작업자가 그의 지식, 경험, 독창력 등을 이용하여 대상작업에 필요한 모든 조작을 수행하는 고전적인 원격조작기의 개념과는 달리, 그림 6 에서 보듯이 Master 와 Slave System 사이에 작업자와 Computer 가 정보 수집 및 처리 기능을 상호 분담하고 보완하여 원격조작 System 의 성능을 향상시키는 것이다.

Computer 를 이용한 원격조작 System 에서 Computer 의 역할은 작업 代替 기능과 작업 보조 기능으로 나눌 수 있다. 우선 작업 대체 기능은 크게 세 종류로 나누어 진다.

첫째는 작업자의 필요에 의해서 특정 Subtask 를 Computer 에게 수행하게 하는 것으로서, 작업자의 직접 조작에 의한 작업 수행이 어려운 경우이다. 즉 원격조작에서는 Gripper 의 작업 공간상 정밀 위치결정이 곤란하여 물건의 파지, 정밀물체추적, 정밀 조립 등의 작업을 수행하기 어렵다. 이 경우 작업자에 의한 근사 조작이 수행되고, 보다 정밀한 Subtask 는 Computer 가 수행하게 된다. 이를 위

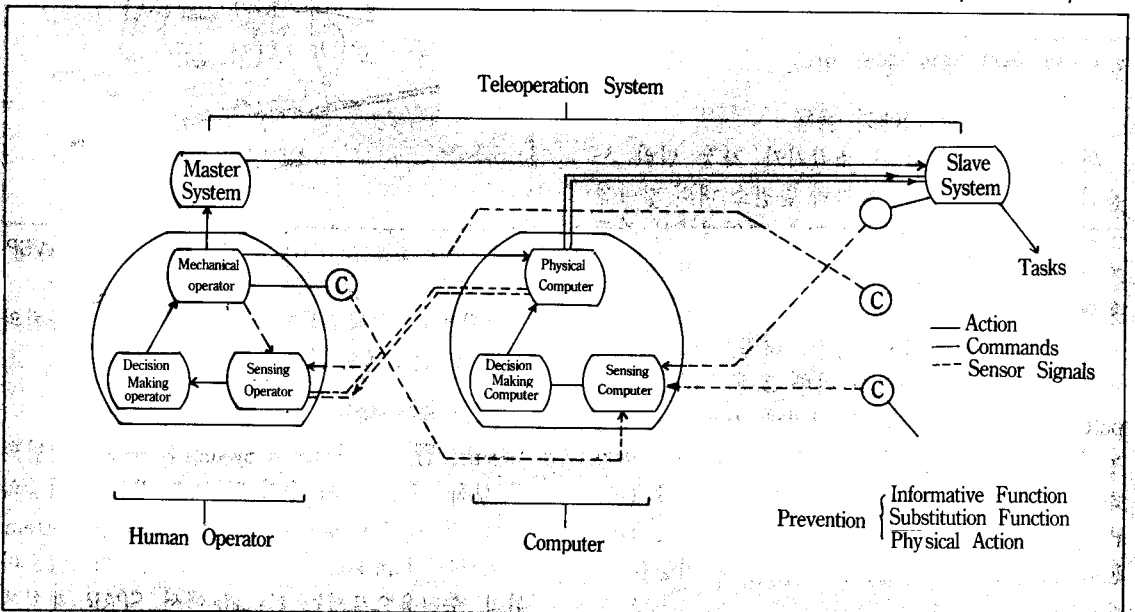
해서 Slave System 은 주변 환경을 감지할 외부 센서를 갖추고 있어야 한다.

둘째는 작업자와 Computer 가 상이한 2개 이상의 Subtask 를 동시에 협조하여 수행하는 경우이다. 이 경우, Computer 는 작업상황에 효율적으로 대처하도록 조작자가 속해 있는 Master System 과 작업 대상이 있는 Slave System 의 요소들을 제어한다. 예로써 Transporter 의 제어를 통한 Slave Arm 의 적정 위치 결정, Conveyor 의 제어를 통한 작업 대상의 위치 결정, 그리고 Slave 환경을 추적하는 Camera 와 같은 원격 센서의 제어 등이다.

셋째, Master 와 Slave 사이에 교환되는 정보들 (위치, 속도, 힘 등)을 Computer 가 부분적으로 보완, 수정하여 작업을 효율적으로 수행하게 한다. Master 와 Slave 의 자유도가 다른 경우, 조작자가 제어하는 關節의에는 Computer 가 조작하고, Slave 가 방해물이나 작업한계에 접근하는 경우, 軌跡을 변경시키며, 작업자가 작업수행에 적절하지 못한 Force 를 작용시키는 경우 적정 Force 를 생성하여 조작자에게 전달 시킨다.

컴퓨터의 작업보조기능이 요구되는, 즉 작업자가 작업을 수행하여 나갈때 다음 동작을 위한 Data를

그림.6) The Functions of the Computer in the Teleoperation System



필요로 하면서도 Slave System의 상황, Data의 특성 등으로 인하여 Data의 수집이 곤란한 경우가 있다. 이 때, Computer는 작업자를 보조하기 위한 Data를 생성하며 다음과 같은 역할을 한다.

- 촉각, 力覺 Data의 재구성
- System의 비정상상태 발생에 대한 정보
- Slave 환경의 영상 재구성
- Data를 도면, 화상, Text 등으로 재구성

Computer가 처리하는 Data는 작업 상태별로 보면, 작업 순간의 상태를 알기 위한 위치 및 역각 정보, 작업 계획 수립을 위한 작업 환경 정보, 그리고 작업의 계속적 수행에 관련된 전체 System의 정보 등이다.

이와 같이 Computer의 작업자 대체 및 보조 기능은 작업계획 수립 및 수행, 보정등을 통하여 System의 성능을 향상시키고, 전체 System의 안정성을 높여 준다.

IV. Telerobot의 응용 및 연구 현황

1. Telerobot의 응용

Telerobot System은 주로 인간이 수행하기에는 불가능한 또는 매우 위험한 極限 환경을 내포하고 있는 작업들에 이용된다. 대표적인 것으로서 핵 관련 발전소의 보수 유지 및 폐기물 처리, 우주해저 탐사 및 자원 개발 등이 있다.

가. 원자력 분야에의 응용

원자력 분야는 M/S 조작기가 가장 널리 사용되는 분야이다. 주로 원자력 발전소 내의 방사선 구역등 인간이 접근하기 어려운 영역내에서 각종 기기의 동작상태 점검 및 수리등의 목적으로 사용된다.

독일의 VERMAAT는 발전소내의 D-tube 증기 발생기의 검사 및 수리를 위한 조작기로서, Computer에 의하여 제어되고, 다리와 Arm으로 구성된다. Eddy Current, Ultrasonic, Vision등을 이용하여 검사작업을 수행하며, 보수작업으로써 Tube Plugging, Tube Plug Removal, Tube Sleaving, Tube End 보수 그리고 Tube Pulling 등의 기능을 수행한다.

Maintenance Spider는 원자력 분야의, 다른 응용으로써 증기 발생기의 내부에서 Visual Monitoring, Tube의 Eddy Current 검사, 그리고 Hole Maching 등의 작업을 수행한다.

나. 해저작업에의 응용

해저용 Telerobot System은 작업 목적에 따라 탐사용, 물체회수용, 작업용으로 구분되며 Transporter의 역할을 겸한 Vehicle의 조작과 관련하여 有人, 無人으로 나누어 진다. 특히 무인 조작의 경우 주시스템과의 정보 교환 방법에 따라 유선, 무선으로 구분된다. 대표적으로 다음과 같은 시스템들이 개발되어 있다.

- 탐사용 : SCORPI, RCVI50, AUSS(미국)
- 물체 회수용 : SNOOPY, SCAT, CURV, MNV, NP, RUWS, WSP
- 작업용 : PLA2(미국), TIM, ERIC2, VELPO (France)

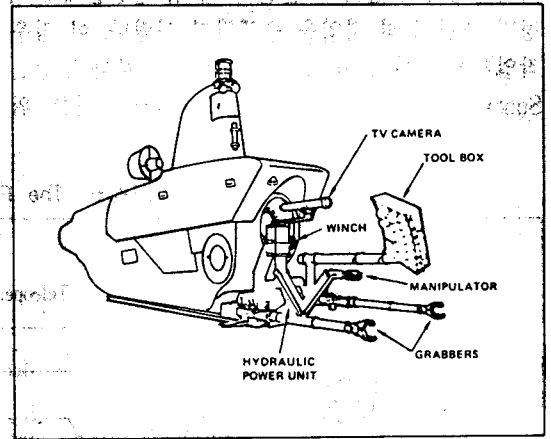


그림.7) The WSP

이외에도 원격조작기는 심해에서 광산자원의 채굴 및 建造에도 응용된다.

다. 우주분야의 이용

宇宙分野에서 원격조작 System은 주로 행성탐험 및 실험, 인공위성의 수리 및 보수, 우주 정거장의 조립 및 유지에 응용된다. 행성 탐험용 System으로서는 Lunakod, Viking, Venera 등이 있으며 위성 수리용으로는 Canada에서 SPAR 계획에

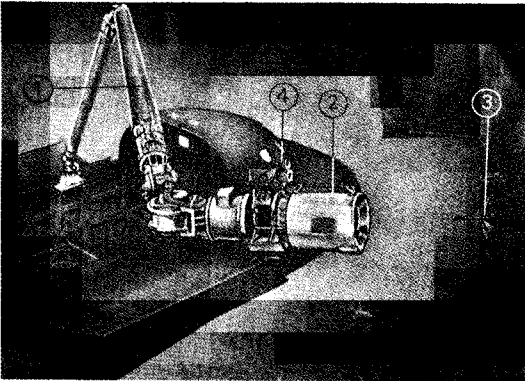


그림.8) The Remote Manipulator System (RMS) for the American Space Shuttle (SPAR, Canada, 1980)

- ① 15m long articulated arm;
- ② end effector ensuring that prehension is achieved by cable tightening on
- ③ docking part on the satellite being handled;
- ④ camera mounted on the end effector

의하여 제작된 Remote Manipulator System(RMS)이 있다. 현재 NASA에서 계획하고 있는 우주 정거장의 개발 계획에서 그 조립 및 보수 유지를 위한 Telerobot System의 개발, 이용을 추진하고 있다.

라. 일반 산업에의 응용

원격조작 시스템은 일반 산업에도 응용되고 있다. ManMate System은 Free Forging 작업에, MA23은 채광 작업에 응용되기도 하였다. 미국의 MBA 회사에서는 실험적으로 유인 원격조작 Vehicle을 개발하였으며, 프랑스의 RAM 계획에서는 석탄 광산에 적용하기 위한 Advanced Robot을 연구중에 있다.

2. 연구 현황

구미제국 및 일본 등의 선진공업국에서는 우주, 원자력, 해양 등의 극한 작업에 적용할 수 있는 원격조작 기술에 관한 연구를 국가 차원에서 지원하며 수행하고 있다.

그 대표적인 것이 NASA(미국 항공우주국)에서 수행하고 있는 Space Station(그림 9) 건설과 관련된 원격조작자의 개발 계획이다. Space Station의 Telerobot의 용도는 승무원의 우주선의 활동의 생산성을 높이기 위한 것이다. 이 연구의 근본 목적은 인간에 의한 원격조작기의 직접 수동 조작의 개념으로부터 Telerobot, 즉 원격조작기의 감시적, 혹은 특정 작업 Level의 제어라는 개념으로 원격조작 기술을 발전시키기 위한 것이다. 궁극적으로는 지능적, 자동적, 그리고 자율에 의한

그림.9) Proposed Space Station Concept.

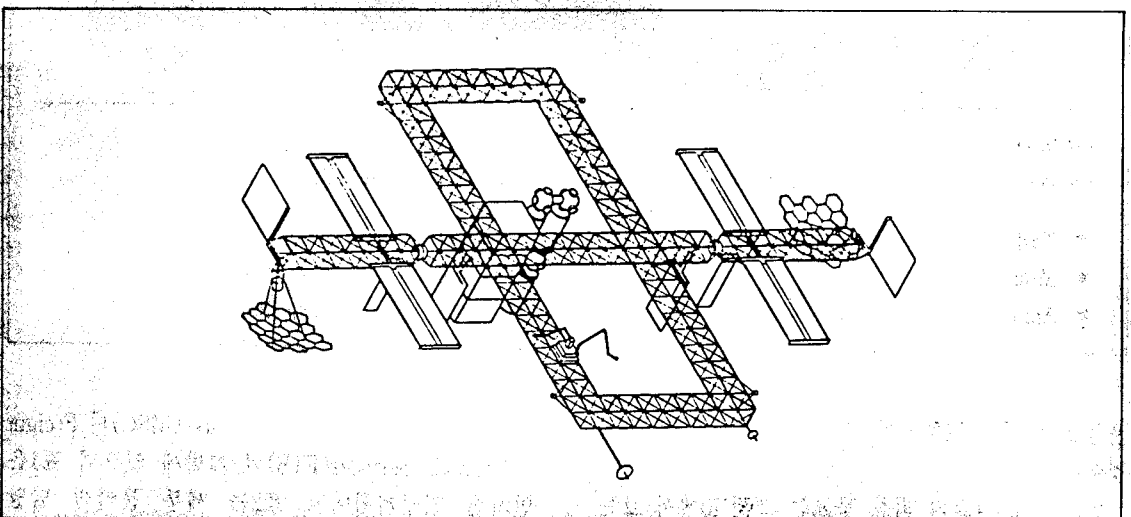


표.1) Laboratory Demonstration Sequence of NASA Space Telerobot

<p><u>1987 - Simple Spacecraft Servicing</u></p> <p>Performs Known Simple Tasks on Coop S/C Using Hand, Power Tools</p> <ul style="list-style-type: none"> * Dual Cooperative Arms * Robot Fixed Relative to Spacecraft * Interactive Perception Monitoring * Automatic Visual Frame Acquisition, Tracking * Preplanned Command Sequences * Handles Flexible Materials 	<p><u>1990 - Simple Spacecraft Servicing, Retrieval</u></p> <p>Performs Known Simple Tasks on Cooperative S/C. Interactively Acquires Tumbling S/C</p> <ul style="list-style-type: none"> * Multiple Cooperating Arms * Robot Mobile Relative to Spacecraft * Depth Mapping, Spatial Modelling * Automatic Object Acquisition, Tracking * Tactile Perception * Automatic Sequence Planning * Dexterous, Limber Manipulation
<p><u>1993 - Space Servicing, Assembly</u></p> <p>Performs Known Moderately Complex Servicing and Assembly Tasks with Multiple Elements</p> <ul style="list-style-type: none"> * Task-level Commands * Automatic Planning with Verification * Real-time Spatial Work Modelling * CAD Data Base * Automatic Task-level Execution Monitoring * Replanning for Error Conditions * Object Recognition 	<p><u>1996 - Space Servicing, Assembly Repair</u></p> <p>Inspects, Tests, and Repairs Damaged Elements Involving Disassembly, Cutting Fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> * Task Level Commands * Interactive Planning * Recognition of Distorted Objects * Flexible Mounting Platform Control * Multilevel Expectation Prediction * Self-protection Reflexes
<p><u>2000 - Cooperative Space Servicing, Repair</u></p>	
<p>Cooperating Telerobots Perform Complex and Permanent Repairs of Damaged Elements Using Auxiliary Supports, Guides, Clamps and Power Tools</p> <ul style="list-style-type: none"> * Task Level Commands * Multiple Agent Reasoning * Automatic Error Recovery * Detailed Automatic Planning * Automatic Inspection, Diagnosis * Extensive CAD Data Base. 	

운동로봇을 위한 기술적인 토대를 구축하는 것이다.

Telerobot 개발의 최종 목표는 그림 10에서 보는

것과 같은 Mobile Servicing Center(MSC)와 Freight Telerobotic Services(FTS)의 개발에 있으며 표1은 연차별 연구계획이고, 표2는 세부 분야별 담당

표.2) Telerotics Research Thrusts of NASA Centers

Center	ARC	GSFC	JPL	JSC	LaRC	MSFC
Sensing & Perception	◦ Optical Processors		◦ Computer vision ◦ Sensor Fusion	◦ Laser3-D Sensing	◦ Laser3-D Sensing ◦ Smart Sensors	
Task Planning & Reasoning		◦ CAD for Robots Spatial Planning	◦ Automated Planning ◦ Error Diagnosis			
Operator Interface	◦ Workstation Design ◦ 3-D Displays		◦ Full DOF Teleoperations ◦ Supervisory Control Language	◦ Redundant Work Station MGMT.		◦ Human-machine VF Requirements ◦ Teleoperations
Control Execution	◦ Flexible Manipulator Control		◦ UCCS ◦ Multi-arm Cooperation ◦ Generic Smart End Effector	◦ Multi-arm Dynamic Control ◦ End-effector Design	◦ Manipulator Control ◦ Flight-qualifiable Manipulator	
System Architecture & Integration		◦ Taskboards	◦ Run Time Hierarchical Control ◦ Traded Control ◦ Integrated Sensing / Control	◦ Flight Experiments ◦ Performance Evaluation	◦ Teleoperations 7-DOF Control	

표.3) 일본의 업체별 Telerobotics 연구내용

Telerobot	연구기관	연구내용
원자력 발전시설 작업 Robot	도사바(주)	시각정보처리 기술의 연구개발
	FANUC	다각보행기구
	미쓰비시중공업	역각, 촉각 내장 多本指 Manipulator
	후지전기	역각, 촉각 센서
해저석유 생산지원 Robot	히다찌	평면이동기술
	미쓰비시전기	제어 및 화상 정보의 빛에 의한 무선통신 기술
	日揮	벽면 이동 기술
석유생산 시설 防災 Robot	가와사키중공업	3차원 推進조종 시스템
	마쓰이조선	固差, 差座 기술
	가와사키중공업	海中작업용 Manipulator
	오끼전기공업	음향영상 System
	고마쓰제작소	筋力型 Actuator
Robot	마쓰시다	정보 可視化 센서
	고베제작소	Wheel을 이용한 고속이동기술
	IHI	耐熱 Manipulator
	NEC	초음파를 이용한 근접각 센서

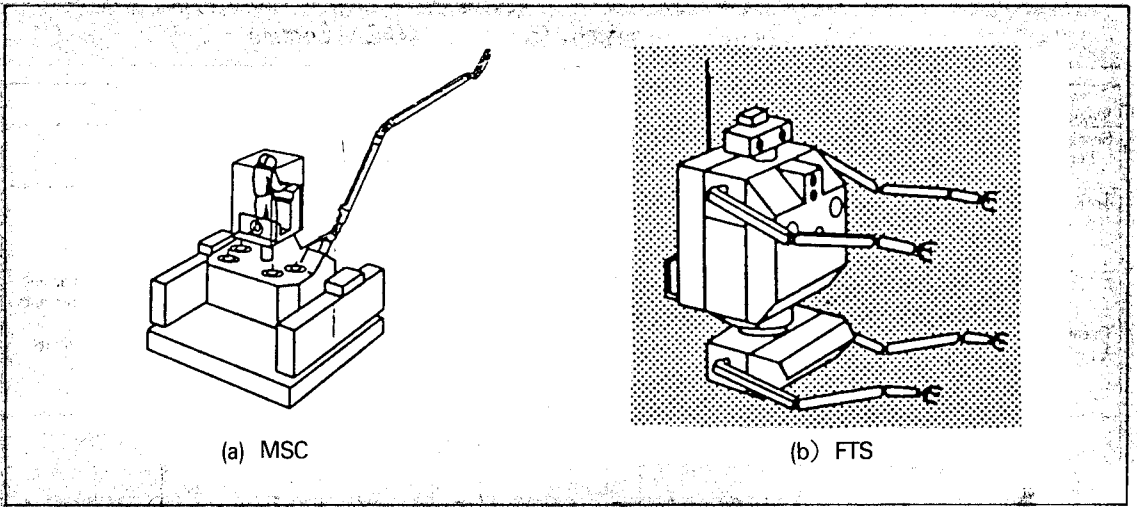


그림.10) Example of Telerobot.

연구기관 및 연구내용이다.

일본의 경우에는 1984년 18개 업체 및 2개 단체로 구성되어 설립된 극한작업 로봇 기술 연구조합(Advanced Robot Technology Research Association)에서 통상 산업성 공업기술원의 대형과제 “극한 작업 로봇”를 수행하고 있다. 이것은 방사선(원자력 발전소), 고수압(해양), 고온(화재) 등의 환경에서 점검, 보수, 구원 등을 행하기 위한 Telerobot 시스템의 연구를 위한 것으로 1983년부터 1988년 까지는 요소기술의 개발, 1986년 부터 1990년까지는 시스템기술 개발에 관한 연구를 수행한다. 표3은 각종 Telerobot System에 대한 업체별 연구내용이다.

유럽의 경우에는 프랑스가 주도가 되어 국제 협력 차원의 연구계획을 통하여 Telerobot에 관한 연구가 수행되고 있다. 유럽제국의 하이테크 분야에 대한 민간프로젝트 추진 국제 협력 계획인 유레카 계획을 통한 과제로서, 스페인, 프랑스, 이탈리아가 참가하고, CEA(프랑스 원자력 에너지청)를 중심으로 한 Advanced Mobile Robot (AMR) 개발 과제와 프랑스, 이탈리아가 참여하는 MITHRA 과제가 있다. AMR은 災害 및 테러 대책용 고속이동 Robot이며 MITHRA는 Remote Inspection 이동 Robot 개발을 위한 연구이다. 그리고 해저작업용 보수 로봇, 해저 토목작업 Robot에

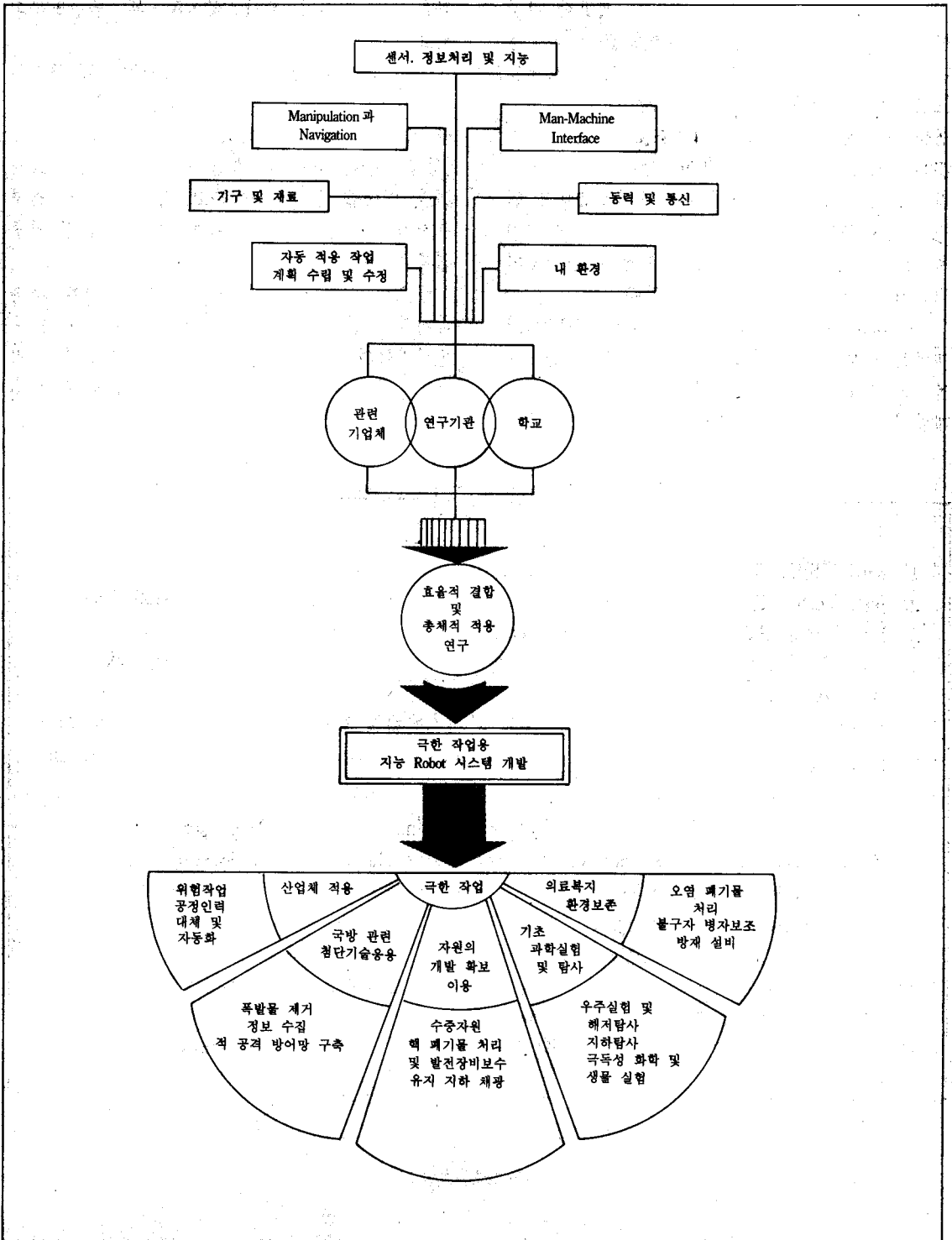
관한 과제도 계속 연구·개발되고 있다. 독일에서는 DFVLR에서 1992년 D-2 Mission에 탑재하여, 조종사 혹은 무선 통신에 의하여 조종할 수 있는 원격 조지기 실험을 위한 Robot Technology Experiment (ROTEX)를 수행 중에 있다. 영국의 BAE에서는 Columbus 계획의 일환으로 極軌道, 共軌道용 Platform Manipulator System(PMS)에 대한 연구를 제안하고 있다.

V. 국내의 실정 및 연구개발을 위한 제안

앞에서 기술된 바와 같이 각종 극한 작업에 응용될 수 있는 Telerobot System 기술은 이미 수십년의 연구개발을 거쳐 오면서 국가 차원의 지원에 힘입어 날로 그 성장을 더해 가고 있다.

그러나 자원의 개발 확보 및 이용, 국방관련 첨단 기술의 응용, 우주·해저에서의 기초과학 실험 및 탐사, 산업체의 위험 작업 공정의 자동화 등, 국가적으로 추진하여야 할 전략사업이 허다함에도 불구하고, 국내의 연구 실정은 상대적으로 미비한 실정이다. 구체적으로 KIMM에서 원자력 발전 설비의 보수·유지 및 핵 폐기물 처리를 목적으로하는 원격 조작기와 관련하여 1984년,

그림.11) Telerobotics 연구추진체계



1987-88년의 2차에 걸쳐, 국내 개발의 타당성 조사와 기초연구, 그리고 Module화 개발과 쌍방향성 확보에 관한 연구가 수행되었을 뿐 아직 적용 단계의 수준까지는 미치지 못하고 있고, 해저용으로 해저 광식물 채취, 해저 지진탐사와 수중 생물 구조물의 관찰과 검사용으로 1986년 해저 250m까지 잠수 가능한 유인 잠수정을 개발한 정도에 불과하다. KAIST에서는 보행로봇의 연구를 수행하여 거의 완성단계에 있으며, 에너지 연구소에서는 핵 폐기물 처리를 위한 Telerobot의 적용에 관한 연구를 수행하고 있다.

Telerobot System(원격 지능 로봇 시스템)의 개발은 로봇 관련 첨단기술의 종합적 구현으로 볼 수 있고 과제의 특수성, 규모 그리고 연구 개발에 따른 기술적 재정적 지원에 비추어 체계

적인 국가주도의 수행이 필수적이며, 능력 및 효과를 증대시키기 위해 産·學·研 공동연구의 필요성이 크다.

그림11은 이러한 필요성을 효율적으로 만족시키기 위한 하나의 연구 추진 방법을 제시한 것으로, 각 요소 기술에 관련하여 학교 및 관련 기업체(항공, 선박, 전기)와 출연 연구소가 각 모듈의 개발 연구를 분담, 수행하고 정부 주도의 연구 추진기구 구성을 통하여 단계적으로 도출된 연구 결과를 통합, 연계 적용하는 방식이다.

끝으로 이와 같은 첨단 로봇 기술에 대한 국가적 차원의 지원과 아울러 로봇 분야 연구 종사자들의 힘찬 매진을 기대하며, 본고가 우리나라의 "원격 지능 로봇 시스템 (Telerobot System) 개발"을 추진하는데 도움이 되었으면 한다.

[참고문헌]

- 1) 福田, "極限 作業用 知能ロボット", McGraw-Hill Japan, pp. 24-47, 1986.
- 2) Jean Vertut, Philippe Coiffet "Robot Technology Vol. 3A", Prentice-Hall, pp.53-259, 1986.
- 3) Jean Vertut, Philippe Coiffet "Robot Technology Vol. 3B", Prentice-Hall, 1986.
- 4) 成田, "原子力用 マスタスレーブ・マニプレータと パワーマニプレーダ, Robot No. 26, pp.58-66, 1985.
- 5) 狼嘉彰, "宇宙ロボットプロジェクト" 日本ロボット學會誌 Vol. 7. No. 1 pp. 78-86 Feb. 1989.
- 6) Jean Vertut et al, "The MA23 Bilateral Servomanipulator System", Proc. of 24th Conference on Remote Systems Technology American Nuclear Society 1976.
- 7) R. L. Wernli, "Robotics Undersea" Mechanical Engineering ASME Aug. 1982.
- 8) R. L. Wernli, "Experience with an Unmanned Vehicle Based Recovery System" Marine Technology Jan. 1983.
- 9) Sam Walters, "Synergy in Space -Man -Robot Cooperation" Mechanical Engineering, ASME. Jan. 1985.
- 10) R. L. Smith, D. J. Gillan, "Telerobotics in Space : Some Human Factors Considerations" Proc. of ROBEXS '87. 1987.
- 11) 日本通商産業省 工業技術院大型 プロジェクト "極限作業ロボット" Brochure.