



위험작업을 위한 원격조종용 로봇 ROBHAZ

윤 승 국, 이 우 섭, 류 동 석, 강 성 철
한국과학기술연구원 지능로봇센터

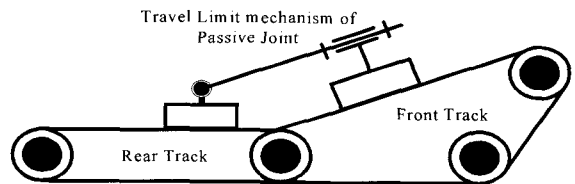
1. 서론

일반적으로 21세기에는 로봇이 기존의 인간이 가지고 있던 작업영역을 대체 할 거라고 말해지고 있으며 가까운 미래에 재난 현장, 인명구조, 지뢰제거, 정찰과 같은 위험 작업 영역에 대해서 먼저 기존 인력을 대체할 수 있는 이러한 로봇의 필요성이 두각 되고 있다. 그러나 이러한 위험 작업 현장에서 운영이 가능한 로봇이 만들어 지기 위해서는 일차적으로 일반적인 위험작업 지역인 계단과 같은 비 평탄 지형에 대한 이동 성능을 보장할 수 있는 로봇 이동 기술의 개발이 필요하다. 일반적으로 이동형 로봇은 Wheel Type, Track Type 그리고 Walking Type으로 구분이 된다. 하지만 비평탄 지역에서 Wheel Type은 Track Type에 비해서 상대적인 주행성능이 떨어진다고 일반적으로 말해지고 있으며 또한 Walking Type은 제어 방식이 복잡하고 제어부의 크기가 커서 앞의 두 방식에 비해 절대적으로 이동속도가 느리다는 단점을 가지고 있다. 이러한 관점에서 Track Type은 효율적 운행이 가능하고 상대적으로 높은 이동속도를 낼 수 있어 위험 작업 지역인 비평탄 지역에서 쉽게 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 Track Type의 장점을 기반으로 여러 가지 경우의 위험 작업 지형에 대해 효과적으로 적용 가능한 Track Type 의 mobile Platform에 대한 연구가 현재 많이 진행되고 있다. Kohler, et. al. 은 4개의 유연한 Track을 가진 이동 방식을 제안했고, Maeda, et. al.은 Track과 Wheel 방식의 장점을 조합한 방식을 제안했으며, Iwamoto와 Yamamoto는 트랙 형상을 변형시켜 효과적인 계단 등판이 가능한 메커니즘을 연구했다. Yoneda, et. al.은 높은 마찰 계수를 가진 물질을 트랙에 사용하는 방식을 제안 했으며 Schempf, et. al. 은 지형에 따라 트랙 형상을 변형 시킬 수 있는 트랙 구조를 가진 로봇을 개발했다. 본 연구팀은 기존의 여러 사람이 만들어 놓은 연구 결과와 기존 우리의 연구를 기반으로 소형이면서 간단한 구조의 Double Track 구조를 설계 및 개발 하였으며, 이를 이용한 2종류의 위험작업용 로봇 ROBHAZ DT2와 DT3를 개발하였다.

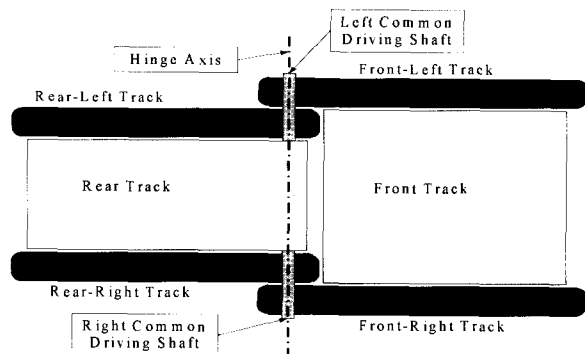
2. ROBHAZ 의 설계 및 구성

2.1. 수동형 조인트를 가진 Double-Track 구조

ROBHAZ 에는 비평탄 지형에서의 주행성능을 높이기 위하여 수동적으로 지형적응이 가능한 독특한 Link구조가 적용되었다. 그림 1은 최근에 새롭게 개발된 Double-Track 구조를 간단하게 보여주고 있다. Double-Track 구조는 좌우에 하나의 모터에 의해서 구동 되는 두개의 트랙으로 각각 구성되어 있다. ROBHAZ 는 앞쪽바디와 트랙, 뒤쪽바디와 트랙 그리고 수동형 조인트의 회전 리미트 장치인 3부분으로 구성 되어 있다. 그림 1(b)에 있는 좌측 또는 우측 면에 있는 앞뒤 트랙은 가운데 부분에 있는 하나의 모터에 의해서 구동 되는 동일한 회전축을 공유하고 있어 모터 하나를 가지고 앞뒤 트랙이 동일한 방향과 속도로 회전이 가능하다.



(a) Side View.



(b) Top View.

그림 1. double-track mechanism 구조도 (특히 출원중).

ROBHAZ에 적용된 수동형 조인트에 의해서 로봇의 앞쪽과 뒤쪽 Body는 추가적인 기구 및 구동부가 없이 지형에 중력 방향으로 자동적으로 접촉을 하게 된다. 이 회전의 중심 축은 그림 1(b)에 표시가 되어 있으면 이 축은 동시에 앞뒤 쪽의 트랙을 동시에 돌려주는 구동축의 역할도 한다. 이 회전축에 의해서 ROBHAZ 는 그림 2와 같은 회전 운동이 가능하다.

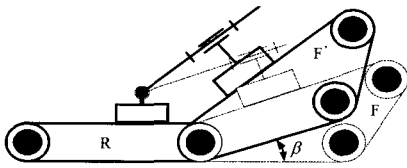
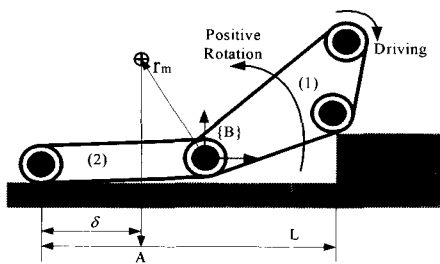


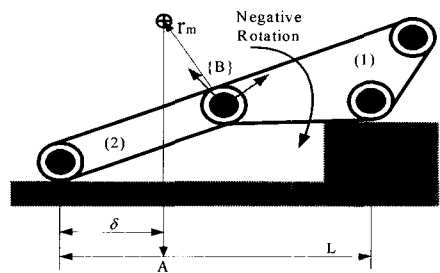
그림 2. double track의 상대운동.

이렇게 회전축에 기준으로 변화되는 형상은 험지와 같은 지형을 이동할 때 주행 안정성에 많은 영향을 주는 무게 중심과 ZMP(Zero Moment Position)를 효과적으로 이동시켜 준다. 그림 3은 계단을 올라갈 때 ROBHAZ가 회전축을 기준으로 회전함으로써 효과적으로 무게 중심과 ZMP가 이동되어 주행 안정성이 확보되는 경우를 보여주고 있다. 그림 3의 그림은 2D 그림으로 ROBHAZ를 간략하게 표현하였다. 그림의 {B}는 로봇에 고정된 좌표계이며, r_m 은 무게 중심의 위치 벡터이다. L은 로봇이 접촉면의 지면에 대한 투영길이이며 점 A는 무게 중심의 위치 벡터가 지면에 투영된 지점을 나타낸다. 또한 δ 은 로봇 자세 안정성의 여유범위를 나타낸다.

계단을 올라가는 동안 그림 3에서는 양의 방향으로의 회전과 음의 방향으로의 회전이 다 보여지고 있다. 이 두 가지 경우를 비교하면 일반적으로 일자형 트랙의 경우 계단을 올라가면서 L의 길이는 짧아지는 반면 Double-Track의 경우를 설명하는 그림 3(b)의 L이 그림 3(a)의 L 보다 긴 것을 알 수 있다. 이것은 Double-Track의 구조가 기존의 일반적인 Single-Track의 구조에 비해서 훨씬 더 무게 중심이 낮고 주행 안정성이 더 높다는 것을 표현해준다. 또한 ROBHAZ에는 이러한 형상 변형을 위해 추가적인 기구부와 구동부 없이 지형과 중력에 의해서 항상 자동으로 변형을 할 수 있다는 것이 중요한 특징이다.



(a) Case of Positive Deflection.



(b) Case of Negative Deflection.

그림 3. 계단등판시 double track의 잇점.

2.2. Dynamic modeling and simulation

Double Track 아이디어의 최적의 설계 형상 값을 찾아내기 위해서 상용 동역학 해석프로그램인 RecurDyn을 사용했다. 이 해석에 사용된 ROBHAZ의 모델은 150개의 작은 Track Link 구조물로 구성되어 있다.

그림 4는 계단을 올라갈 때의 ROBHAZ-DT3를 시뮬레이션 실행 결과 중 일부이다. A, B는 계단 모서리를 표현한 것이다. 로봇이 계단을 올라가는 도중 모서리에서의 미끄러짐을 피하기 위해서는 앞쪽의 Body F나 뒤쪽의 Body R 둘 중 하나가 최소한 계단의 모서리 두개 이상에 접촉을 하고 있어야 한다. 그러므로 바디의 최소 길이는 로봇이 올라가고자 하는 계단의 빗면의 길이 보다는 최소한 더 길어야 한다는 결론이 나온다. 또한 이러한 해석을 통해 로봇의 최적 회전 각도 제한 범위를 찾을 수 있다. 로봇이 처음 계단에 접촉을 해서 위쪽으로 몸체가 들리는 경우 만약 회전 각도 제한 장치가 없다면 앞쪽과 뒤쪽의 몸체가 접히는 현상이 발생할 것이다. 마지막으로 이러한 해석을 통해서 로봇의 모든 기계적인 장치를 포함한 상태에서 로봇이 가질 수 있는 무게와 최적의 무게 분포를 찾을 수 있어 최종적으로 실제로 만들어진 로봇의 주행 안정성을 높일 수 있다.

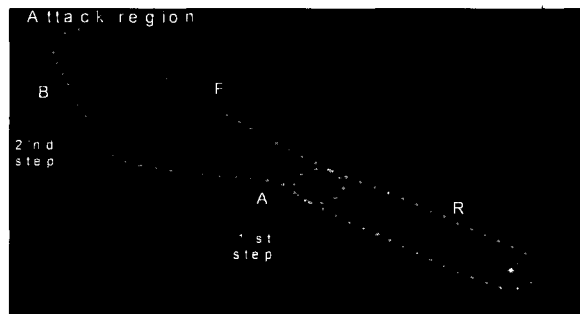


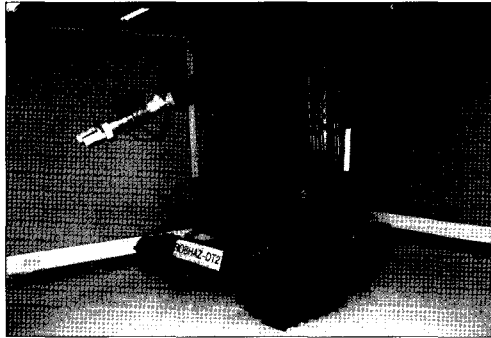
그림 4. 동역학 모의실험 모습.

2.3. ROBHAZ의 구조

그림 5는 이번 연구에서 최종적으로 개발된 ROBHAZ DT2와 DT3의 모습이다. 각 로봇의 앞쪽과 뒤쪽의 Body와 트랙이 만나는 부분에는 충격 흡수용 댐퍼가 장착되어 있어 로봇이 계단과 같은 비평탄 지형을 지날 때 생기는 충격을 흡수할 수 있게 되어 있으며 조정자의 조정 편의를 위하여 주변 지형물 또는 갑작스럽게 나타나는 위험물에 대한 충돌을 피하기 위해 로봇의 둘레에 8개의 초음파 센서를 설치하였다. 각 로봇에는 Pan-Tilt 카메라가 설치되어 있어서 로봇의 주행방향의 상황이나 로봇의 주변 지형 상황을 조정자가 원격지에서 볼 수 있게 해주어 효과적인 주행이 가능하게 한다. 특별히, ROBHAZ-DT3는 실제 위험 현장에서 사용할 것이라는 가정 하에 방수, 방진, 그리고 방충의 기능을 기본적으로 갖추고 있어 대부분의 기후 상황 또는 대부분의 지역에서 운영이 가능하다.



(a) ROBHAZ DT3.



(b) ROBHAZ DT2.

그림 5. ROBHAZ DT2와 DT3.

표 1. Specifications of the ROBHAZ-DT2.

External size (W H L)	690 500 910 mm (manipulator excluded)
Weight (Batteries included)	145 Kg
Max. Velocity	2.78 m/sec (10 Km/h)
Maximum climbing-up angle	32
Passive joint limit	+10 ~ -30
Batteries	Actuators : lead-acid Controllers : Lithium ion
Continuous operation time	1hr

앞에서 설명한 것처럼 ROBHAZ의 장착된 좌우측의 두 개의 트랙은 동일한 모터에 의해서 구동 되는 동일 구동축에 의해서 회전하며 이러한 동력전달 구조 사이에 변속기능을 추가 시켜 저속과 고속의 두 가지 모드로 운전이 가능하다. 저속 주행의 경우 ROBHAZ는 DT2의 경우 35(deg), DT3의 경우 40(deg)의 경사면 또는 계단 지형을 등판할 수 있으며 최대 이동속도는 10km/hr이다. 이러한 변속 시스템을 이용하여 ROBHAZ는 군사용 또는 민간용 임무에 적합한 장비를 장착하여 효과적으로 주어진 임무를 수행할 수 있다는 장점이 있다. ROBHAZ가 적용 가능한 분야는 물포충을 장착한 폭발물 제거 임무, 화학재 탐지 장비 및 방사능 측정 장비를 장착한 화재방 지역 탐지 임무, 고성능 영상 장비를 탑재한 정찰 임무, 로봇 팔을 장착한 위험물 제거 및 오염지역 시료 채취 임무, 구급장비를 탑재한 재난 지역 인명구조 임무 등을 생각할 수 있고 이중 일부는 실제 담당 기관 및 조직과 시연 및 가능성에 대해서 깊은 논의가 진행 중이다.

3. Control System

3.1. Control System : DT3

그림 6은 ROBHAZ-DT3에 사용되고 있는 제어 시스템의 구성을 보여주고 있다. 이 로봇에는 Linux(Kernal 2.4.18-4)를 기본 운영체제로 사용하고 있다. 이 Linux는 기존의 Windows 운영체제에 비해 작은 계산 용량을 요구하면서 Open-Architecture 구조로 구성되어 있어 로봇의 운영체제로 사용하기에 매우 많은 장점을 가지고 있다. 또한 Linux는 효율적인 네트워크 기능을 가지고 있어 사용자가 원할 경우 Telnet과 같은 원격 접속 기능을 이용하여 원거리에서 로봇의 내부 프로그램을 바로 수정할 수 있어 실제 임무 수행 중 갑작스러운 프로그램 오류 및 수정이 필요한 경우 효과적으로 대처할 수 있다는 장점이 있다.

로봇에 장착된 초음파 정보 시스템은 주변 물체에 대한 충돌 회피 기능을 제공해 주며 조정자가 잘못된 판단에 의해서 로봇에 잘못된 이동 명령을 주어도 최소한의 로봇의 안정을 보장해 줄 수 있는 기능을 한다.

이러한 위험 작업용 로봇인 ROBHAZ-DT3가 투입되어야 하는 실제 상황은 로봇이 현장에 가능한 짧은 시간 안에 투입되어야 하는 경우가 대부분이다. 이러한 이유로 로봇도 짧은 초기화 시간이 요구되지만 마찬가지로 조정장치에 대해서도 가능한 빨리 설치가 가능해야 하며 휴대 및 로봇의 조정이 최대한 간편해야 한다는 요구 사항이 붙는다. 이 조건을 만족하기 위해서 이번 연구에서 개발된 ROBHAZ-DT3의 조정장치는 그림 5(a)의 좌측에서 보여지는 것처럼 작고 가벼워 휴대가 간편하며 어떠한 환경에서도 설치 및 운영이 가능하게 개발되었다. 또한 조정 방식도 사용자가 직관적으로 쉽게 이해 할 수 있게 개발되어 짧은 교육시간만으로도 조종자가 쉽게 로봇을 조정할 수 있도록 운영환경을 개발하였다.

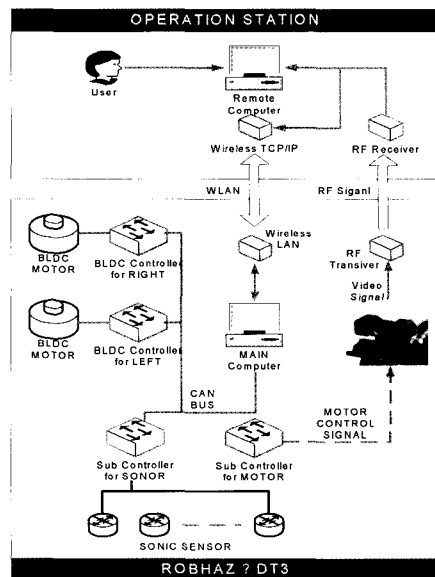


그림 6. ROBHAZ DT3 제어 시스템의 블록선도.

그림 6의 그림과 같이 ROBHAZ-DT3는 Linux를 운영체제로 사용하는 CPU 보드와 두개의 Sub-Controller, 그리고 두개의 BLDC 모터 세트로 구성되어 있다. 두개의 Sub-Controller중 하나는 AVR을 CPU로 가진 2축 모터 제어 및 AD & I/O 기능을 가지고 있어 Pan-Tilt 카메라와 로봇의 전반적인 동작 모드를 제어하는 기능을 한다. 다른 하나의 Sub-Controller는 AVR CPU를 사용하여 8개의 초음파 센서의 거리 값을 측정하여 메인 CPU로 값을 전달해 주는 기능을 한다. 두개의 BLDC 모터와 앰프는 속도제어 방식으로 설정되어 있으며 CPU의 지령에 의해서 최종 Track 회전 속도를 제어한다. 이렇게 구성된 분산제어 시스템은 CAN(Control Area network) 통신 방식을 이용해서 제어가 되고 있다. 이러한 분산제어 시스템을 사용함으로써 계산 시간을 분산시켜 줌으로써 로봇의 전체 운영체제는 빠른 응답성을 가질 수 있게 되었다. 이 로봇과 조정 스테이션간의 데이터 통신은 두 가지 방식을 동시에 사용하고 있다. 기본적인 로봇의 운전 방향 및 속도에 대한 지령 명령의 전달과 로봇 센서 값의 수신은 무선 TCP/IP 방식을 사용하고 있으며 영상 및 음성 자료의 전달은 무선 RF (2.4Ghz) 방식을 사용하고 있다.

3.2. Control System : DT2

그림 7에는 ROBHAZ DT2에 사용된 제어 구조가 나타나 있다. DT2 로봇의 제어부는 1개의 메인 컴퓨터(Pentium III 850Mhz)와 6개의 분산제어기(AVR-micro 프로세서, 모터 드라이버, DIO)로 구성되어 있으며, 영상과 데이터 송신을 위한 무선통신장비 및 센서 장비들이 장착되어 있다. 메인 컴퓨터는 원격 조종부의 컴퓨터와 통신을 수행하면서 장애물 회피 등의 기능이 가능하도록 도움을 준다. 분산제어기는 메인 컴퓨터와 CAN(Control Area Network) 버스를 통해 통신을 수행하면서 고속으로 모터와 다른 센서 정보들을 자체적으로 처리할 수 있다. 이런 제어 구조를 통해서 메인 제어기의 부담을 덜고 원격조종임에도 실시간에 가까운 제어가 가능하도록 해 준다. 메인 컴퓨터와 원격 조종 컴퓨터 간에는 무선 LAN을 통해 통신이 이루어지며 영상 정보를 위해 RF통신도 병행하고 있다. DT3와 달리, 많은 부가 기능이 필요한 DT2는 Microsoft사의 윈도우 운영체제를 사용하고 있다.

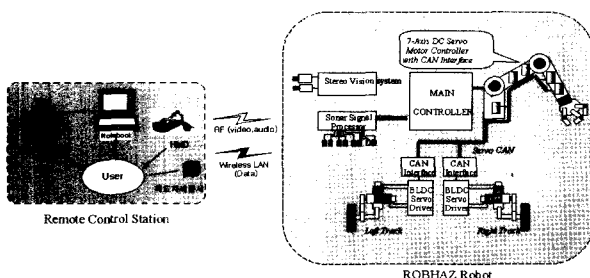


그림 7. ROBHAZ DT2의 제어 시스템.

3.3. Haptic Controller for ROBHAZ DT2

ROBHAZ DT2의 제어를 위해 그림 8과 같은 햅틱 장치가 고안되었다. 이 햅틱장치는 윗부분과 아래부분이 분리되어 설계되었는데 각각 parallel 구조를 취하고 있다. 이런 구조를 통해서 햅틱장치의 강성과 정확도를 향상시킬 수 있기 때문이다. 또한 모든 구동기가 링크부의 하단에 위치함으로써 움직임이 더 효율적이 되고 back drivability가 향상되는 효과도 있다. 아래부분은 3자유도의 평면형 RRR타입 parallel 매니퓰레이터로 설계되었다. Parallel 구조의 경우에는 일반적으로 프리즈매틱 조인트를 사용하는 것이 출력이나 외란에 대한 강성면에서 낫기 때문에 선호가 되지만, back drivability의 중요성을 감안하여 3RRR 타입의 구조를 선택하였다. 햅틱장치의 윗부분 역시 같은 이유로 RRR 타입의 parallel 구조를 선택하였다. 최종적으로 제작된 햅틱장치는 그림 9에 나와 있다.

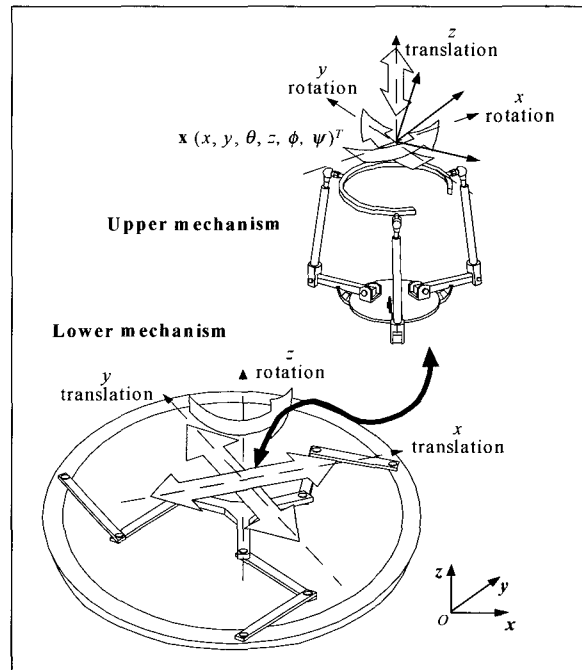


그림 8. ROBHAZ DT2 조종을 위한 햅틱장치 구조도.

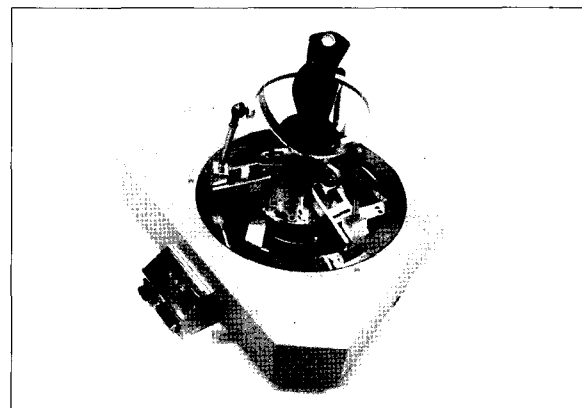


그림 9. 완성된 6자유도 햅틱 조종장치.

3.4. User Interface for ROBHAZ DT2

ROBHAZ DT2의 조종을 위해 조종자는 그림 10과 같이 HMD와 헤드셋을 착용한 상태에서 햅틱장치를 움직인다. 조작의 간편성을 위해 키보드, 마우스, 버튼, 스위치등의 조작장치는 일정 배제하고 직관적인 조종이 가능하게 한다.

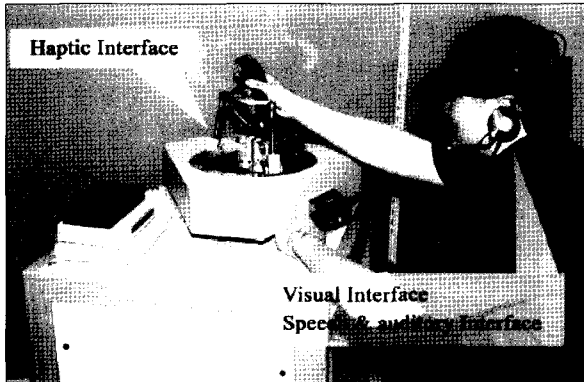
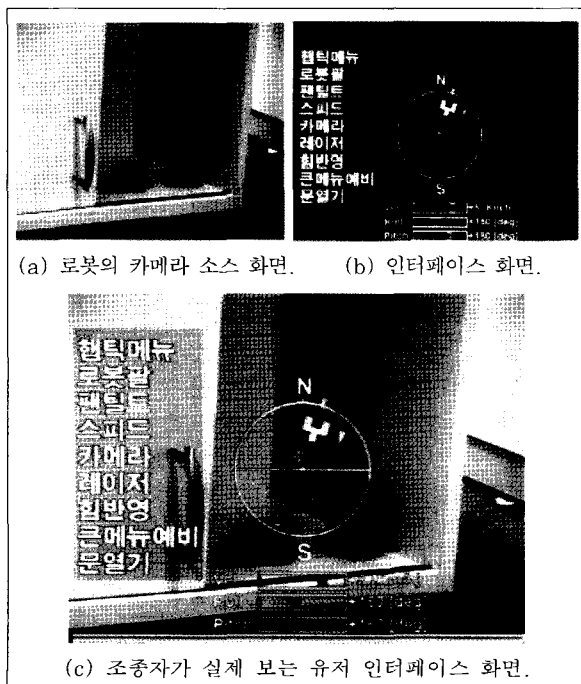


그림 10. ROBHAZ DT2 원격 조종 시스템.

먼저 영상 인터페이스를 보면, 조종자는 HMD를 통해서 현재 로봇이 카메라로 보고 있는 화면과 동시에, 센서들의 측정 데이터와 현재 음성명령의 상태를 확인할 수 있다. HMD에는 자이로 센서가 장착되어 있어서, 조종자가 머리의 각도를 회전시키는 것에 맞추어 로봇의 팬틸트 카메라도 회전되도록 제어가 수행된다. 그리고 무선 LAN을 통해 전송되는 센서 데이터들과 음성명령이 스테레오 영상과 Muxing되어서 그림 11과 같이 최종적으로 조종자에게 보여지게 된다.



(a) 로봇의 카메라 소스 화면. (b) 인터페이스 화면.

(c) 조종자가 실제 보는 유저 인터페이스 화면.

그림 11. ROBHAZ DT2의 유저 인터페이스.

직관적인 조종을 위해 음성 인터페이스도 사용된다. 조종자에게 보이는 메뉴들 중에서 원하는 명령을 말하면, 단어를 인식했음을 보고 있는 화면상에 메뉴의 색을 바꾸어서 표시해 주고조종자의 최종 확인을 기다린다. 사용자가 햅틱장치에 있는 버튼을 통해 자신의 의도를 확인해주면 명령이 최종적으로 수행되게 된다.

4. Experiments and Demonstration

4.1. ROBHAZ DT3

그림 12는 ROBHAZ-DT3가 실제 계단을 올라갈 때 수동형 조인트의 각도 변화에 의해서 효과적으로 계단의 형상에 적응되어서 올라가는 상황을 보여주고 있다. 이 주행 현상은 로봇에 대한 시뮬레이션 결과에서 이미 예측이 되었던 움직임이며 그러한 시뮬레이션 데이터를 기초로 제작된 로봇이기에 계단과 같은 비평탄 지형에서 매우 효과적인 주행성능을 보여주었다. 여러 실험을 통해서 우리는 ROBHAZ-DT3가 국내 건축법에 의해서 명시한 실내와 실외 표준 계단에서 모두 문제없이 주행할 수 있음을 확인하였다.

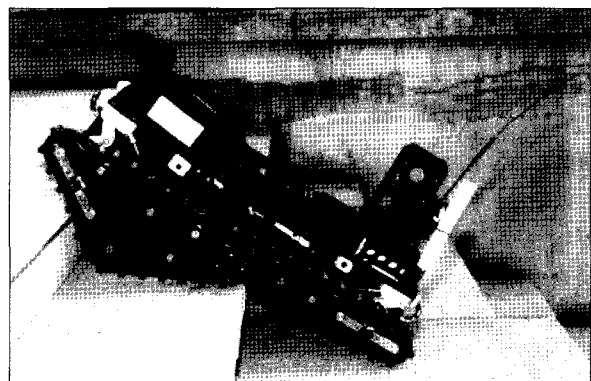


그림 12. 계단 등판 성능 시험 장면.

그림 13은 개발된 ROBHAZ-DT3에 실제로 현재 경찰 특공대 및 군의 EOD미션을 수행하는 폭발물 처리 팀에서 사용하는 29mm 물포총(Water Disrupter)을 장착한 상태를 보여주고 있다. 이렇게 ROBHAZ-DT3에 물포총을 장착하여 위험지역에 보내 폭발물을 처리함으로써 만약의 경우 발생할 수 있는 폭발로부터 인명을 보호 할 수 있는 임무를 수행한다. 이와 같은 상황에 대해 우리는 2003년 11월 서울 경찰청 SWAT 팀의 협조를 받아 가상 훈련을 하였으며 실제로 물포탄을 발사하여 로봇에 의해 원거리 운반 및 정확한 조준과 사격이 가능하며 로봇이 물포총 발사시의 충격을 견딜 수 있다는 것을 실험을 통해서 확인하였다.

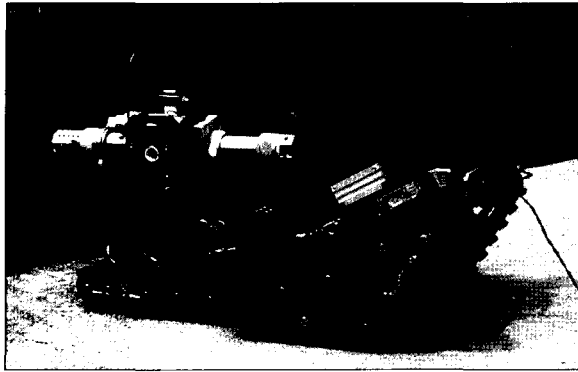


그림 13. 물포총을 장착 발사실험 수행장면.

4.2. Robocup Rescue 관련 실험 내용

일반적으로 어떠한 로봇이 구조로봇으로 사용되기 위해서는 그림 14와 같은 조건을 만족해야 한다. ROBHAZ-DT3는 요구되는 사항 중 기본이 되는 하드웨어&소프트웨어의 신뢰성과 비평탄 지형 주행 성능면에서 이미 그 기능이 검증되었다. 이러한 ROBHAZ-DT3의 검증된 성능을 기반으로 로봇을 Rescue Robot으로 사용하기 위한 Mapping & Localization과 Victim Sensing의 기능을 위해 그림 15와 같은 센서를 부착하였다. Camera는 광각의 카메라로 뒤쪽으로 로봇이 이동하거나 뒤쪽에 있는 희생자의 외형을 판단할 때 사용한다. 2D Laser Scanner는 190°의 각도 범위에서 0-15m까지의 거리값을 측정할 수 있으며 측정된 데이터는 Mapping & Localization 기능에 사용된다. 마지막으로 CO2 센서는 희생자의 호흡상태를 측정하고 비접촉 온도 센서는 희생자의 체온을 측정하여 최종적으로 희생자의 상태를 판단하는 기준으로 사용한다.

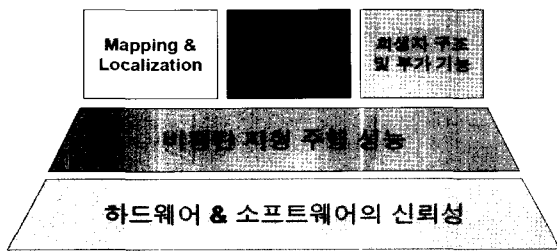


그림 14. Requirement of Rescue Robot.

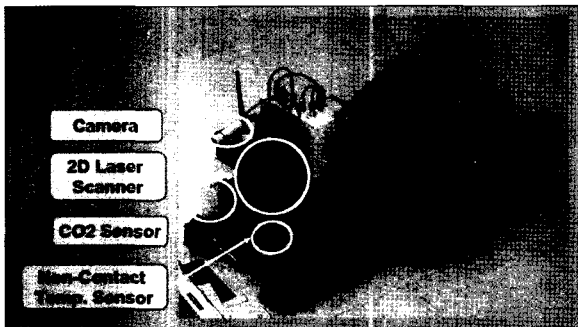


그림 15. ROBHAZ-DT3 with Sensor for Rescue.

구조 로봇에 필요한 여러가지 기능중에서 특히 중요한 기능은 Mapping & Localization이다. 현재의 기술 수준으로 투입된 로봇이 최종적인 희생자의 구조작업까지 수행하기에는 아직 기술적인 어려움이 많다. 그러한 이유로 현재의 구조 로봇에게 있어서 가장 중요한 임무는 희생자의 위치와 주변 지형에 대한 정확한 값을 구조요원에게 제공하여 신속한 구조가 가능하게 해주는 것이라고 볼 수 있다. 기존의 Mapping & Localization 방법은 대부분 수치계산방식 또는 확률론에 의한 자동화 방식이다. 하지만 Rescue Robot을 사용하는 지형은 기존의 방식이 연구되었던 정형화된 실내공간과는 근본적으로 매우 다른 특징을 가지고 있다. 또한 지면상태가 매우 불규칙하기 때문에 자동화된 방법을 사용할 경우 레이저 센서로부터 얻어지는 데이터 값에서부터 신뢰성이 떨어지게 되어 결론적으로 신뢰성 있는 Mapping & Localization을 수행하기가 어렵다.

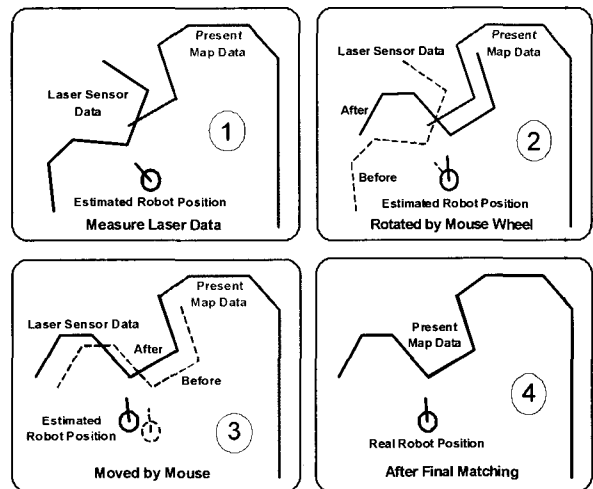
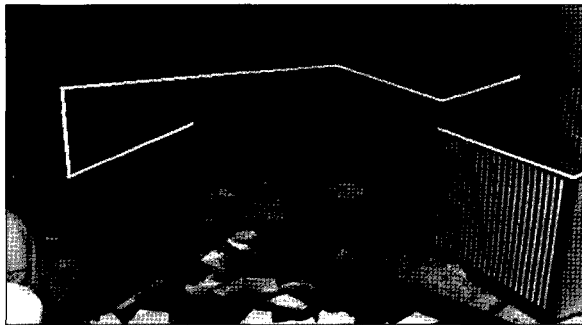


그림 16. Method of Manual Mapping.

이 문제를 해결하기 위해서 우리는 완전자동화 방식이 아닌 일정수준까지 조정자가 관여하는 Manual Mapping 방식을 사용하였다. 즉 그림16의 순서처럼 조정자가 원하는 시점에 레이저 센서의 값을 측정 한 뒤 마우스를 이용하여 회전과 위치 이동을 시켜 기존의 값들과 비교, 수동적으로 매칭을 하여 Mapping과 Localization을 동시에 해결하는 방식이다. 이 방법을 사용함으로써 로봇의 주변환경이 복잡하고 지형 조건이 열악하여 레이저 센서에 대한 신뢰성이 떨어지더라도 그림 17과 같이 결과적으로 신뢰성이 있는 Mapping & Localization을 수행할 수 있었다. 그림 17(a)는 Mapping의 결과이며 그림 17(b)는 실제 경기장의 모습이다. 이때 Mapping 된 라인과 실제 경기장의 벽과 그 형상이 일치되는 것을 알수 있으며 이것을 통해 Mapping & Localization의 신뢰성을 확인할 수 있다.



(a) Result of Mapping.



(b) Real Environment.

그림 17. Result of Mapping & Real Environment.

ROBHAZ-DT3에 Victim Sensing을 위한 센서와 Mapping & Localization을 위한 알고리즘을 추가시킨 후 RoboCup2004 US Open Urban Search and Rescue Robot Competition에 참가하였다. 경기중 모습이 그림 18에 나와 있다.

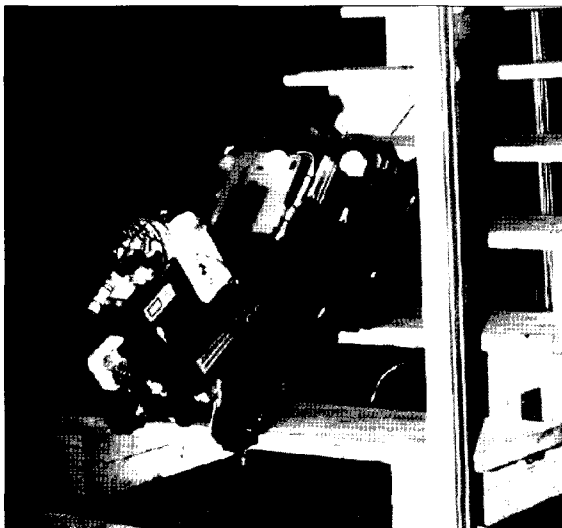


그림 18. Clamming Stairs.

ROBHAZ-DT3의 신뢰성 있는 시스템과 그림 3과 같은 효과적인 험지 주행 능력을 기본으로 만들어진 Rescue Robot은 다른 팀들에 비해 경기장의 모든 지형을 문제없이 주행하였

으며 3일동안 진행된 7번의 대회에서 한번도 문제가 발생하지 않았다. 이렇게 Rescue Robot에서 기본적으로 필요로 하는 요구 조건을 만족하고 신뢰성 있는 Mapping & Localization 기능을 탑재하였기에 ROBHAZ-DT3는 대회에서 역대 최고의 점수로 우승을 하였으며 공인 기관(NIST)에서 지정한 방식으로 그 기능을 검증하였기에 ROBHAZ-DT3는 Rescue Robot으로 효과적으로 응용될 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다

4.3. ROBHAZ DT2

더블트랙 구조를 통한 이동부와 6자유도의 매니플레이터의 구동을 통한 EOD작업의 예시가 그림 14에 보여진다. 그림 10에서 보듯이, 조종자가 원격에서 HMD(Head Mount Device)를 통해 로봇이 처한 상황을 보면서 햅틱장치와 유저 인터페이스를 통해 로봇을 조종하게 된다. 시험 사진에서 보이듯 더블 트랙구조로 인해 ROBHAZ DT2는 불규칙한 지형과 계단을 주행할 수 있으며 주행중에도 팬틸트 스테레오 카메라와 무선통신 장비를 통해 영상의 확보가 가능하다. 로봇팔을 사용하여 차량안에 위치한 모의 위험물을 제거하는 모의 임무를 성공적으로 수행이 가능했다. 조종자가 이동부를 움직여 접근한 후, 위험물을 집어서 안전한 위치로 운반하는 과정으로 모의 임무가 수행되었다.

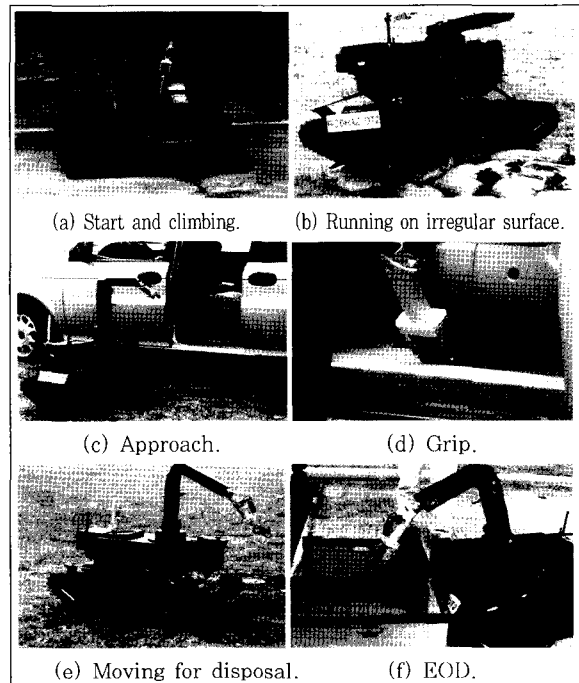


그림 19. 모의 위험물 제거작업 수행 장면.

5. 결론

이 연구를 통해서 우리는 위험 지역환경에서 효율적으로

주행이 가능한 독특한 수동형 지형 적응 Double-Track 매커니즘을 설계, 해석 및 개발 하였다. 또한 효율적인 로봇 조종을 위한 햅틱장치 및 유저 인터페이스를 확보하였다. 이 로봇에 적용된 앞쪽 삼각 트랙의 각도 및 형상, 뒤쪽 트랙의 길이, 전체 로봇의 최소 길이, 로봇 구동용 모터의 토크, 로봇의 무게 분포등과 같은 수치를 컴퓨터 동역학 시뮬레이션 해석을 통해서 구했으며 실제 실험을 통해서 그 값들이 의미가 있고 그것을 기초로 제작된 ROBHAZ-DT3 는 일반적으로 예상되는 위험작업용 지역에서 효과적으로 주행이 가능하다는 것을 확인하였다.

또한 로봇에 각각의 임무에 필요한 장비를 장착하여 그 임무를 효과적으로 수행할 수 있다는 것을 각종 모의실험을 통해서 확인하였으며 앞으로 정찰, 재난 지역 인명구조, 화생방 임무 등과 같은 민간 및 군사용 사용방안에 대한 여러 가지 안을 제시하였다.

참고문헌

1. T. Iwamoto, H. Yamamoto, "Mechanical Design of Variable Configuration Tracked Vehicle," *J. of Mechanical Design*, vol. 112, 289-294, 1990.
2. G. W. Kohler, M. Selig, M. Salaske, "Manipulator Vehicle of the Nuclear Emergency Brigade in the Federal Republic of Germany," *Proc. of 24th conf. On Remote System Technology*, 196-218, 1976.
3. Y. Maeda, S. Tsutani, S. Hagihara, "Prototype of Multifunctional Robot Vehicle," *Proc. of Int. conf. on Advanced Robotics*, 421-428, 1985.
4. T. Iwamoto, H. Yamamoto, "Stairway Travel of a Mobile Robot with Terrain-Adaptable Crawler Mechanism," *J. of Robotic Systems*, vol. 2, no. 1, 125-134, 1985.
5. K. Yoneda, Y. Ota, S. Hirose, "Development of Hi-Grip Crawler using a Deformation of Powder," *JRSJ* vol. 15, no. 8, 1188-1193, 1997.
6. H. Schempf, E. Mutschler, C. Piepgras, J. Warwick, B. Chemel, S. Boehmke, W. Crowley, R. Fuchs, J. Guyot, "Pandora: Autonomous Urban Robotic Reconnaissance System," *Proc. of Int. conf. on Robotics and Automation 1999*, vol. 3, 2315-2321, 1999.
7. Sungchul Kang, Changhyun Cho, Jonghwa Lee, Dongseok Ryu, Changwoo Park, Kyung-Chul Shin, Munsang Kim, "ROBHAZ-DT2 : Design and Integration of Passive Double Tracked Mobile Manipulator System for Explosive Ordnance Disposal," *IROS2003*, pp.2624-2629.

저자약력



《윤 승 국》

- 1977년 10월 13일생.
- 1998년 한국과학기술원 기계공학과 졸업.
- 2000년 동대학원 기계공학과 석사.
- 2000년 7월~2003년1월 기아자동차 상용연구소 연구원.
- 2003년 2월~현재 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 연구원.
- 관심분야 : 고성능 안전형 매니플레이션, 진동 제어 및 강인제어.



《이 우 섭》

- 1976년 3월 10일생.
- 1999년 서강대학교 기계공학과 졸업.
- 2002년 9월~현재 연세대학교 전자공학과 대학원 및 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 학연과정.
- 관심분야 : 모바일 로봇, 임베디드 콘트롤 시스템.



《류 동 석》

- 1974년 12월 18일생.
- 1997년 고려대학교 기계공학과 졸업.
- 2001년 7월 동대학원 기계공학과 석사.
- 2001년 8월~현재 동대학원 기계공학과 박사과정 및 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 학연과정.
- 관심분야 : 햅틱, 메커니즘 설계, 제어 이론 및 실제 구현 알고리즘.



《강 성 철》

- 1967년 8월 4일생.
- 1989년 서울대학교 기계설계학과 졸업.
- 1991년 동대학원 기계설계학과 석사.
- 1998년 동대학원 공학박사.
- 1999년 12월~2000년 11월 일본 기계기술연구소 로봇연구부 박사후 연구원.
- 1991년 2월~1999년 2월 한국과학기술연구원 휴먼로봇연구센터 연구원.
- 1999년 3월~현재 한국과학기술연구원 선임연구원.
- 관심분야 : 협지주행 및 위험작업 로봇, 고응답 안전형 매니플레이션, 실내용 비행선 설계, 제어 및 응용.