

石油生産施設防災로보트

Disaster Prevention Robot at Petroleum Production Facilities

鶴 谷 三 郎*

1. 머리말(Introduction)

通商産業省工業技術院 프로젝트「極限作業로보트의 研究開發」의 일환으로서 防災로보트를 1985년에서 1989년까지의 예정으로 연구개발하고 있다.

본 로보트는 近年의 都市構造·建築構造의 변화, 위험물의 증가, 생활양식의 변화등에 의해 대규모 그리고 복잡다양화하는 재해에 대응할 수 있도록 검토되며, 특히 위험물의 集積度가 높은 石油코비나트를 대상으로 개념이 확립하였다. 이하, 概念 및 개념실현에 필요한 要素技術에 대하여 보고한다.

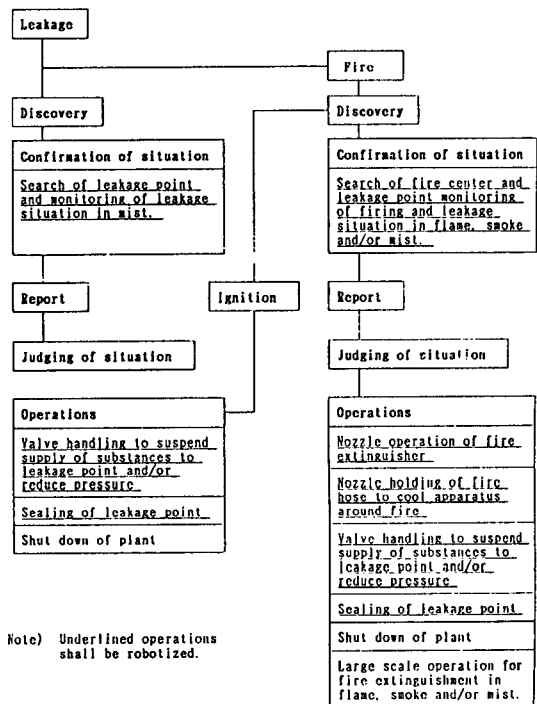
2. 防災로보트의 概念(Concept of Disaster preventing Robots)

石油코비나트에는 법령등을 기초로 방재조직이 정비되어 있으며, 防災資機材가 설치되어 있는데, 재해의 다양화, 대규모화에 대처하여 방재활동중의 상태의 급변에 의한 방재용원에 대한 위험성 회피를 위하여, 보다 높은 방재기술개발이 요구되고 있다. 消防白書(1985년)에 의하면 재해형태로서는 위험물누설과 화재가 많으며, 많은 대부분의 화재는 누설이 원인이며, 이에 대처하는 로보트로서 개념이 책정되었다.

그림1에 對處작업과정과 로보트작업화를 해야할

** 本稿는 1989. 7. 23 日本요코하마 國際都市防災會議에서 發表되었음. (譯: 원광대학교 金承濟 教授)
* 極限作業로보트技術研究組合

Fig. 1 Flow Diagram of Preventing Disaster and Operations to be Robotized



Note) Underlined operations shall be robotized.

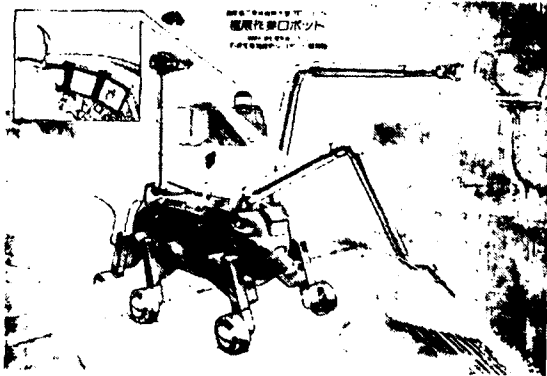
작업을 나타냈다. 이는 누설사고와 누설에 기인하는 事故의 事例報告¹²⁾를 참고로 對處작업을 분석하여 로보트작업을 유출한 것으로, 본 로보트가 수행하여야 할 役割을 밑줄선으로 나타냈다. 표1은 상기의 작업을 실행할때의 환경조건이며, 화재실험 결과¹³⁾를 참고로 결정하였다.

그림2는 본 로보트의 개념을 나타내고 있다. 시스템은 Support Vehicle과 로보트로 구성된다.

Table 1. Environmental Condition of Disaster Preventing Robots

Robots	
Temperature/Exposure duration	400℃×30min. and 800℃×3min.
Radiation	Max. 20,000Kcal/m ² h. Ave. 800Kcal/m ² h
Humidity	Max. 95% RH
Atmosphere	Poisonous gas, flammable and explosive gas, corrosive gas, smoke, flame, mist of various substances

Fig. 2 Image of Disaster Preventing Robot



서포트비히클은 통상적인 도로위를 주행하며, 로봇본체를 현장 가까이까지 고속운반함과 동시에 로봇트조작용 조정실을 갖는다. 서포트비히클과 로봇트는 耐熱 케이블로 연결되어 통신 및 동력공급을 실행한다. 서포트비히클과 방재센타는 무선통신으로 정보교환한다.

로봇트는 표2와 같은 기능을 갖는다. 현재, 방재로봇트로서 耐熱 기술, 6脚/Wheel hybrid, 매니퓰레이터(Manipulator)용 가스壓Servo actuator, 레이저 中距離, 超音波近距離의 兩視覺시스템을 개발하고 있다. 以下, 그 상황을 기술한다. 한편 이외의 要素 기술에 대해서는 極限作業로봇트외의 개발성과⁴⁾ 및 기존기술을 활용한다.

3. 要素技術의 研究開發狀況(Present R&D Status of Elementary Technology)

3-1 耐熱技術

표1과 같은 환경조건內에서 종래의 기술로는 대응할 수 없는 耐熱性에 대하여 각종방법을 熱解

Table 2 Outline of Specifications and Functions of the Robot

Dimensions :	
Width	850mm
Height	1,000-1,750mm (variable)
Length	1,700mm
Weight :	Approx. 600kg (total)
Monitoring functions :	Search for leakage point Search for fire points Environment monitoring Operation monitoring, etc.
Operating functions :	Extinguishment of fire Operation fo valves Emergency repair work, etc.
Control functions :	Remote control by master-slave Automatic control of fixed operations Automatic tool changing, etc.
Equipment mounted :	Stereoscopic color visual sensors Thermal image sensor Small size ITY Valve operators Fire extinguishers, etc.

《Main component equipment under development》

Manipulators :	
Number	2 manipulators
Type	Vertical articulated type of 6 degrees of freedom
Length	Approx. 3,000mm
Reaction	30 Kgf, 15 Kg-m
Mobile :	
Number	6 legs
Type	Ambulation wheel arive hybrid type
Speed	Max. 10km/h
Stride-over	Approx. 500mm in height Approx. 450mm in width
Laser sensor :	
Number	1 set(on telescopic arm)
Type	Scanning CO ₂ laser radar
Range	3-30 m
Ultrasonic sensor :	
Number	2 sets (on front of robot and on manipulator)
Type	Electronic scanning pulse echo
Range	0.1-2.0m

析的으로 검토한 결과, 물의 蒸發潛熱을 이용한 트랜스퓨레이숀냉각이 바람직하다고 판명되었다. 그림3은 매니퓰레이터에 적용한 경우는 개념도를 나타내고 있다. 펌프도 加壓된 물은 給水層으로 순환되며, 流量制御板을 통하여 그 일부가 多孔質

Fig. 3 Conceptual View of Cooling System by Transpiration

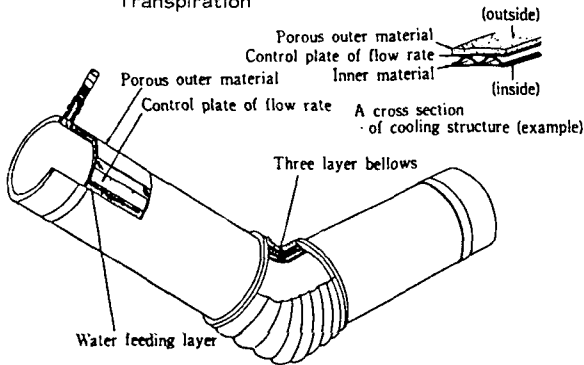
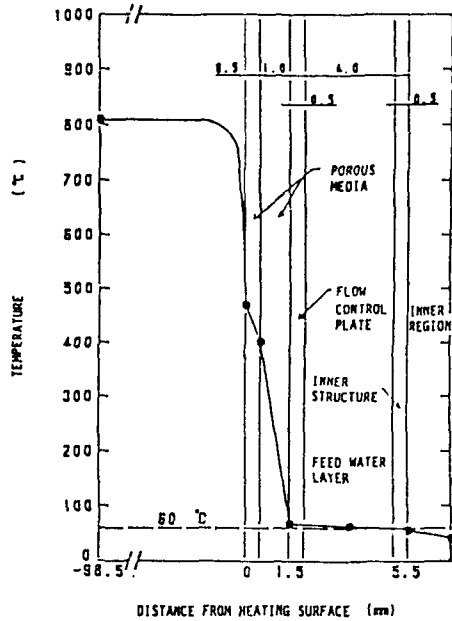


Fig. 4 Heating Test Result by Gas Burner



재료 구성된外皮로 스며나와, 그 가운데에서 물이 증발하여 표면에 수증기막을 형성한다.

그림4는 試作耐熱外皮의 실험결과의 例로, 800°C 이상의 表面加熱에 대하여, 流量制御板内部는 60°C 이하로 보존되어 있다. 전체두께는 10mm 이하로, 内面材는 로보트의 표면구조재를 겸하며, 輕量, 콤팩트화가 가능하게 되었다. 내열시간은 로보트적재의 冷却水量으로 결정한다.

3-2. 가스壓서브액츄에이터(Gas-Pressure Servo Actuator)

매니퓰레이터는 6自由度垂直多關節型으로 산업용로보트로 많이 이용되고 있다. 防災로보트用으로

Fig. 5 Configuration of Actuator

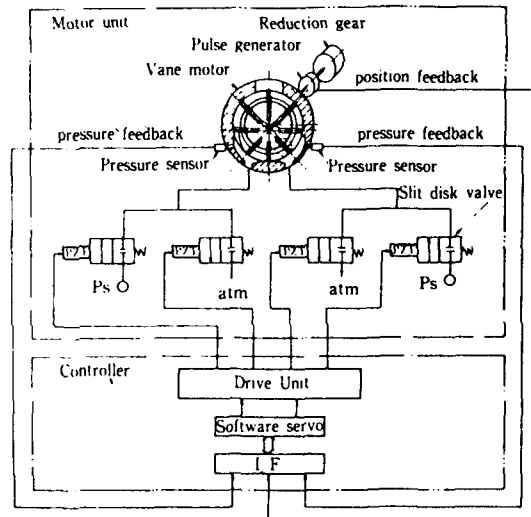
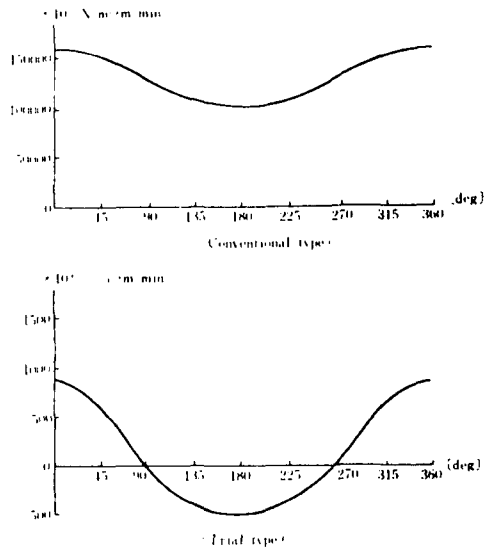


Fig. 6 PV-value of Vane Motor



서의 과제는, 輕量小型, 高出力, 防爆容易한 액츄에이터와 경량의 長尺매니퓰레이터의 制振制御이며, 지금까지는 액츄에이터 開發에 주력하여 왔다. 그림5는 액츄에이터 구성을 나타내고 있다.

定格回轉數 10,000RPM, 出力500W의 벤모터와, 슬리트디스크 slitdisk를 壓電素子로 高速驅動시켜 가스압을 制御하는 制御弁과, 감속비 1/1,000, 出力torque478-m의 摩擦傳達式遊星減速機, 가스압축성을 고려한 콘트롤러로 구성된다.

그림6은 모터의 벤摺動部에 있어서 摺動面壓과

접동속도의 수량을 나타내고 있다. 종래에 비교하여 1/150로 低減가능하며, 고속응답, 경량소형화가 가능하게 되었다. 그외에 制御弁, 감속기, 콘트롤러의 試作을 완료하였으며, 시스템의 성능평가결과를 制振制御기술개발에 반영하여 간다.

3-3 6脚/車輪하이브리드 移動機構 (six - leg/wheel Hybrid Motive Mechanism)

不整地나 개천, 地上배관등이 있는 災患현장을 신속이동하며, 좁고 막힌(狹隘部)부분에서 spin turns등이 가능한 機構로서 6脚6輪하이브리드를 채용하였다. 各脚은 脚기구에 2자유도를 갖는다.

Fig. 7 View of Motive Mechanism

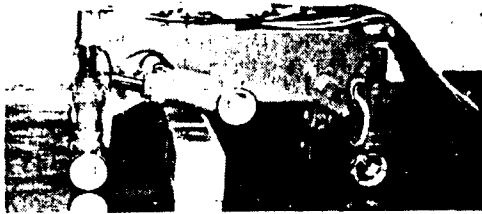
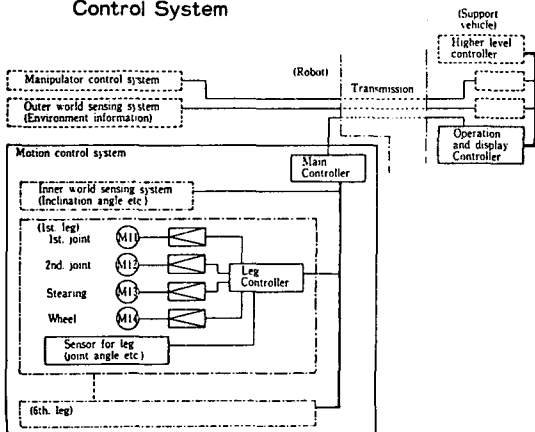


그림7은 障害物을 넘었을때의 사진이다. 사진의 이동기구는 다리의 길이가 최종목표의 1/2이었기 때문에, 넘어 건너는 목표치수의 절반을 약20초에 넘어섰다. 실제의 기계규모의 설계결과에서는, 목표치수를 10초이내에 넘어설수 있는 전망을 얻을 수 있었다. 중량은 現況으로는 550kg인데, 실제 기계규모설계에서 중량 300kg, 耐荷重 300kg을 달성하였다. 그림8은 制御블럭을 나타낸다. 앞으로

Fig. 8 Hardware Configuration of Motive-mechanism Control System



는 조작용이한 맨머신인터페이스 등의 개발에 주력한다.

3-4 레이저中距離視覺시프템(Mid-range visual Laser System)

연기나 불꽃을 투과하여 주변상황을 파악할 필요에서, CO₂레이저를 이용한 시각을 개발하고 있다. 그림9는 이러한 구성을 나타내고 있다. 레이저光을 振幅을 변조하여 照射하여, 반사광의 位相差異로부터 거리를 구하는 방법으로, 레이저를 2차원 走査하여, 3차원의 畫像을 얻은 것이다.

Fig. 9 Mid-range Visual Laser Sensor

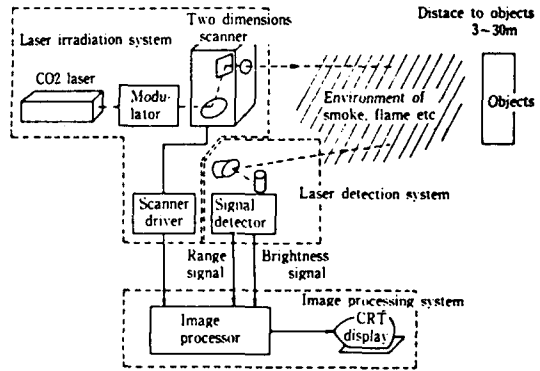


그림10은 연기환경에서의 관측예를 나타낸다. 可視光에서는 관측불가능하지만, 본 視覺에 의해서 畫像化를 충분히 할 수 있으며, 연기에 의해서 畫像이 약해지지 않는다는 점이 판명되었다. 今後 소형경량화, 畫質의 향상등을 꾀한다.

3-5 超音波近距離 視覺시프템(Ultrasonic Short-range Visual Sensor System)

연기등을 투과하여 장애물을 검출하며, 작업대상을 관찰할 필요에서, 초음파를 이용한 시각을 개발하고 있다. 이 視覺은 그림11에서와 같이 超音波素子를 아레이(arrays)化하여 各素子の 勵振位相을 제어하여 超音波빔(beam)을 形成·走査하며, 同種의 素子로 受波한 신호를 開口合成포커싱(focusing)에 의해 畫像化한다.

그림12는 빔의 走査例를 나타내고 있다. 各素子에 부여되는 勵振신호의 시간차에 대응하여 빔의 射出방향이 변화하고 있다. 素子어레이(arrays)의

Fig. 10 Visual Laser Image under Smoke Condition

- (a) Visible-light transmission: 100%
- (b) Equivalent to 0.1% visible-light transmission
- (c) Equivalent to 0.001% visible-light transmission

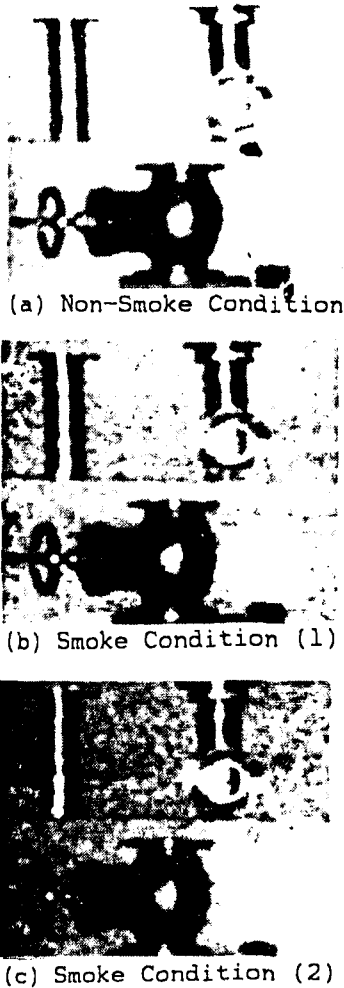
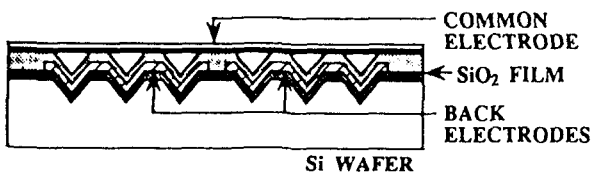
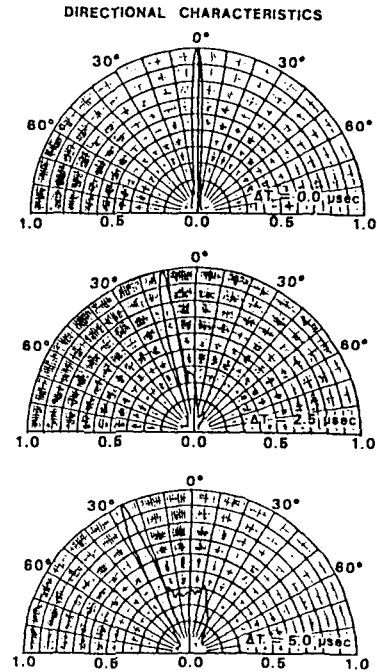


Fig. 11 Schematic Sectional View of Supersonic Element



최적화, 송파·受波受信回路, 畫像再生回路 등, 소형화, 고성능화에 대하여 금후 추진한다.

Fig. 12 Characteristics of Supersonic-array Sector Scanning



4. 마지막으로(Conclusion)

이상, 防災로봇의 개념과 연구개발상황에 대하여 언급하였다. 금후에는 要素기술의 완성을 계속 도모하며, 토달시스템으로 그 결과를 반영하기 위한 검토를 진행해 갈 예정에 있다.

參 考 文 獻

- 1) 『最近の化學工場の事故事例特集』, 高壓Gas, Vol. 11, No2(1974)
- 2) 石油精製工業, 石油化學工業火災爆發事故例集(1963-1976年版, 1977-1981年版, 東京海上火災保險(株)發行)
- 3) 石油燃燒實驗報告書(1981年12月, 安全工學協會發行)
- 4) 極限作業로호트研究開發成果發表會豫告集(1986年度, 1987年度, 極限作業로호트技術研究組合發行)
- 5) 『特集-極限作業로호트』로호트, No.62(1989)