

原子力發電所와 로봇트

高 丙 俊

韓國에너지研究所
原子爐 第1專門委員(工博)

I. 序 論

産業革命 이후 계속 發達을 거듭해 온 機械工業과 最近 더욱 急速度로 發達하고 있는 電子工業과의 結合으로 革命的 産業인 로봇트産業이 急進的으로 成長함에 따라 그 利用度도 溶接, 塗裝, 搬送, 組立 등 多樣해지고 있다.

初期에 開發된 로봇트의 大部分은 人間의 指示에 따라 單純反復作業을 하는데에 불과하였지만, 점차 獨自의 判斷力에 의해 로봇트 自身이 作業의 順序를 決定하고 그것에 따라 作業을 遂行하는데 까지 發達되고 있다.

이와 같은 狀況에서 장차 로봇트産業이 활기있게 進行될 것으로 예상되는 分野를 살펴보면 다음과 같다.

즉, 海底의 廣大한 資源을 探索할 수 있는 海底로봇트, 人間 代身 放射能을 맞아가며 作業을 遂行하는 原子爐用로봇트, 宇宙 空間에서 自由롭게 活動할 수 있는 宇宙로봇트, 地下의 깊은 炭鑛에서 作業을 遂行하는 炭鑛用 로봇트, 事務處理用 로봇트 및 軍事用 로봇트 등이 있다.

本 稿에서는 原子爐에 利用되는 로봇트에 대하여 重點的으로 기술하고자 한다.

原子力發電所는 原理的으로는 중래의 火力發電所 보 일터를 原子爐로 代替한 것에 不過하지만, 莫大한 에너지를 發生할 수 있는 強烈한 核反應 物質에 의한 反應熱 및 放射性 物質이 同時에 生成되고 있으므로 여하한 일이 있어도 이러한 放射性 物質이 외부로 放出되어 公衆 및 環境에 영향을 미치는 일이 없도록 安全性의 確保를 최우선으로 고려하고 있으며 이를 위하여 各種 原子爐 保護裝置 및 工學的 安全設備을 設置하고 이를 엄격히 運營하고 있다.

특히 原子力發電所內의 좁은 장소나 配管 또는 容器 内部等의 空間的인 制約이 많은 場所에서 定期點檢

또는 隨時點檢을 실시하게 될 경우, 人間을 대신하여 作業을 遂行하는 로봇트 開發의 必要性이 더욱 증대되고 있으며, 正常運轉中 原子力發電所內의 運轉員이 직접 감시할 수 없는 場所에서 運轉員을 대신하여 業務를 遂行하기 위한 知能 로봇트의 開發은 原子力發電所用 로봇트 開發의 頂點으로 인식되고 있다.

한편 國家的으로는 原子力 施設에 대하여 더욱 엄격한 規制를 해나가고 있는 現實이며, 이에 부응하여 安全性을 向上시키기 위한 原子力 施設用 로봇트의 開發은 原子力 産業界의 큰 課題로 대두되어 왔다.

이에 따라, 近年에 와서 最新의 各種 센서 (sensor) 및 自動制御用 裝置를 이용한 로봇트 工業의 成果는 原子力發電所에도 반영되어 運轉員의 부담을 輕減시켜 주고 있으며, 安全性을 向上시키는 데에도 일부 기여를 하고 있다.

여기에서는 現在 實用化되기 시작하고 있는 해외의 原子力 施設用 로봇트의 開發 現況을 紹介하고자 한다.

II. 點檢, 檢査用 로봇트

原子力發電所의 運營期間中 壓力容器 및 配管等의 健全성을 確認하기 위하여 各種 超音波探傷裝置가 開發되고 있다. 例를들어 美國의 General Electric 社가 개발하여 實用化되고 있는 음향방출장치(acoustic emission)는 原子爐 壓力容器 内部를 磁石으로 附着하여 走行하면서 内部 點檢을 하고 있다.

本 裝置는 容器의 内外面의 어느 쪽이든 走行이 可能하고 自己의 位置를 容器의 側面に 附設한 超音波發信機로부터 發生한 容器表面 超音波를 受信하며 動作되는 장치이다.

本 장치는 探觸子を 軌道로부터 解放시켰기 때문에 探傷範圍를 비약적으로 擴大시켰다는 點에서 높게 評價될만한 로봇트라고 할 수 있다.

다음에 容器의 內側을 探查하는 ロボ트의 代表的인 例로서 西獨의 Messer Griesheim社에서 開發된 pipe mouse 라는 ロボ트를 살펴보기로 한다.

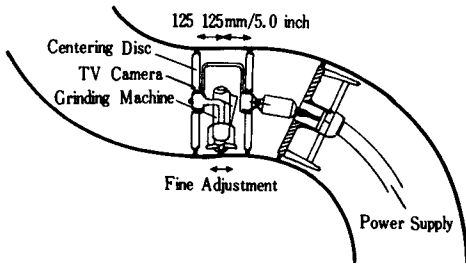


그림 1. Pipe mouse

그림 1에서 表示된 바와 같이 一種의 벌레와 같은 동작으로써, 搬送機構部라고 부르는 伸縮裝置에 의하여 前進 또는 後進 走行을 하며 配管의 결함 여부를 檢出하는 장치이다.

垂直昇降은 물론, 管內部를 자유자재로 움직이는 이러한 動作을 통하여 工具運搬部에 필요한 工具를 搭載하고 管內面의 檢査나 溶接, 鍊磨, 腐蝕部의 加工 및 淸淨作業 등이 遂行可能하다.

Ⅲ. 作業用 로봇

作業用 로봇은 作業을 위하여 必要한 方向으로의 走行機能을 갖춘 머니플레이션 시스템 로봇 (manipulation system robot)라고 볼 수 있다.

이러한 作業用 로봇은 다음과 같은 例를 들 수 있다.

첫째 例로써, 西獨의 Kern Forschungszentrum Karlsruhe (KFK) 國立原子力研究所에서 開發된 MF

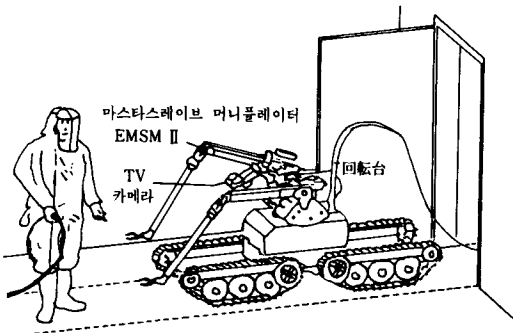


그림 2. MF 3

3 라는 ロボ트를 들 수 있으며 그림 2에 나타난 바와 같다.

이 로봇은 雙腕電動式 마스터 스테이브 머니플레이터를 4輪 獨立驅動方式의 4개의 운반기구에 搭載한 完成度가 비교적 높은 作業用 로봇이다. TV 카메라, 마이크로폰, Y線의 線量測定用 計數裝置도 設備되어 있다.

走行車는 階段을 오르내리는 것은 물론, 不規則한 바닥面에서도 자유롭게 활동할 수 있다.

四輪의 운반기구는 各其 獨自의으로 움직일 수 있도록 設計되어 있어, 좁은 공간에서의 회전등이 가능하도록 전체적인 伸縮性을 발휘할 수 있다.

또한 복잡한 3次元 曲面上에서 머니플레이터에 부하가 크게 걸려도 넘어지지 않는 구조로 되어 있다.

두번째 例로써는, 西獨의 Kleinwächtel 研究所에서 開發된 Syntelmann을 들 수 있다.

이것은 雙腕마스터스레이브 머니플레이터와 立体TV 카메라를 구비한 무한궤도차이다. 무한궤도 자체는 後述하는 PaR (Programmed and Kemote System Corporation)社의 製品을 使用하고 있다.

세번째 例로써, 英國의 Harwell 研究所에서 開發한 Roman 이 있다.

本 로봇은 同 研究所內에서 放射性 物質의 取扱用으로 使用되고 있는 무한궤도차이며, 머니플레이터는 7방향의 自由度를 갖고 動作할 수 있다.

네번째 例로써는, 美國의 Rockwell社의 製品인 머니플레이터 차량인 WORM을 들 수 있다.

이 장치는 美國의 Rocky Flats Plant의 再處理 施設에 이용되고 있으며, 信號의 傳送은 無線式인 것이 特徵으로 되어 있다.

다섯번째 例는, 美國의 PaR社에서 開發된 PaR-1 이라 稱하는 무한궤도의 로봇이다.

本 로봇은 作業用 power 머니플레이터 1台와 입체 TV카메라를 갖추고 信號傳送 및 作業을 遂行할 수 있으며, 美國의 原子力發電所 事故時 格納容器 內部로 들어가서 作業할 수 있도록 된 것이다.

마지막 例로써, 美國의 GE社에서 開發한 BEETLE를 紹介하고자 한다.

本 製品은 原子力 施設에 있어서 緊急時 非常對策用으로 開發된 것으로써 大形의 雙腕머니플레이터를 구비하고 있으며, 自動車와 같이 人間이 직접 로봇속에 들어가서 操縱할 수 있는 것이 特長으로 되어 있다.

原子力 作業用 로봇인 配管用 溶接로봇과, 燃料 自動交換機를 좀더 상세히 소개하면 다음과 같다.

原子力 配管用 溶接로봇은 그림 3과 같이, TIG溶接部와 心線送給裝置 및 驅動裝置로 구성된 配管溶接部가 主要機能을 수행하게 되며, 同 配管溶接部(head)에는 溶接現場으로 부터 떨어진 場所에서 溶接 狀況을 감시하기 위한 小型 TV카메라 및 光學系로 구성된 視覺裝置, 溶接할 部分의 精確한 位置를 檢出하는 觸覺裝置가 附着되어 있다.

溶接헤드 가까이에는, 케이블을 保持하고 分配하는 機能을 가진 中繼裝置, 溶接用 arc를 發生하는 高周波發生裝置, 調整用 원격조절 상자가 設置되어 있으며 조금 떨어진 곳에 溶接電源이 있다.

이들 裝置 모두는 格納容器內에 들어가게 되어 있다.

格納容器的 밖에는 溶接의 條件을 設定하고, 溶接헤드를 서어보(servo) 驅動하는 主制御裝置, 溶接狀況을 監視하기 위한 모니터, 畫面과 視覺裝置의 調整을 하는 視覺制御裝置가 있으며, 溶接헤드의 條件을 記錄하는 記錄計가 있다. 이러한 制御裝置는 溶接 헤드와 거리 60m의 케이블로 연결되어 있다.

이외에, 計算機를 使用하여 더욱 精密한 溶接條件의 制御와 溶接에 필요한 熱을 管理하는 등의 複雜한 制御를 하는 總括制御裝置, 溶接헤드의 面을 平坦하게 깎는 研削裝置, 溶接缺陷을 찾아내는 超音波探傷裝置, 溶接部의 溫度管理를 위한 冷却裝置등이 준비되어 必要時 언제나 利用될 수 있게 되어 있다.

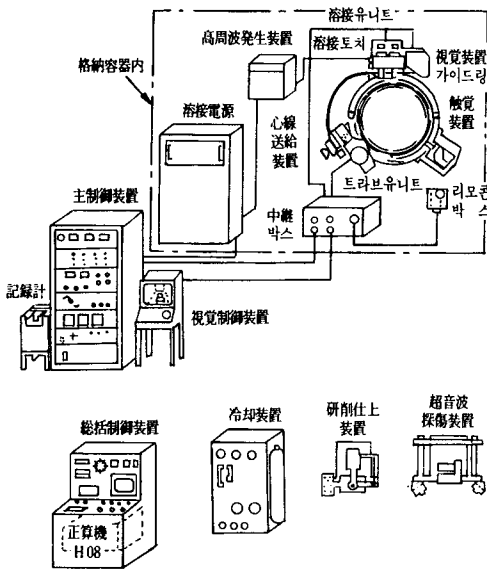


그림 3. 原子力 配管用 溶接 로봇의 構成

燃料 自動交換機는 그림 4와 같이 燃料 自動交換機 本体와 燃料取扱裝置 그리고 驅動制御裝置 및 計算機 system 등으로 구성되어 있다.

燃料 自動交換機는 原子爐의 最上段 마루에 설치되고, 燃料 pool, 原子爐 pool 및 機器 pool에 걸친 레일 위를 走行하는 bridge, bridge를 橫行하는 trolley, 驅動制御裝置로서의 relay-sequence盤, master thyristor leonard盤 및 各種 驅動用 電動機가 積載되어 있다.

이러한 機器들을 自動制御하는 計算 system은 遠隔 操作室內에 설치된다.

本 裝置를 使用함으로써 作業時間이 燃料取扱時의 1 cycle 運轉에서, 15分에서 11分으로 短縮이 될 수 있으며, 作業人員도 從來의 4~5명이 操作하던 것을 2명이 충분히 操作할 수 있게 되어 이 결과 作業員의 被曝量도 低減되었다.

또한 運轉操作이 畫一的으로 되어 正確한 位置制御가 가능하고, 운전이 容易하여 作業 安全性을 向上시키게 되었다.

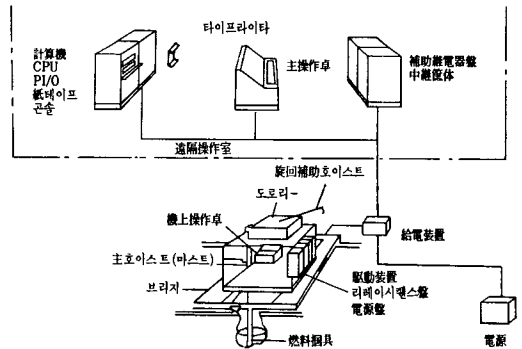


그림 4.

IV. 今後的 動向

原子力施設用 로봇의 今後的 動向은 一般 産業用 로봇의 開發狀況에 따라 크게 影響을 받을 것으로 豫想되나 다음과 같은 몇 가지 事項에 對하여는 特別한 考慮가 必要하다고 본다.

- 1) 原子力施設用 로봇은 放射性 物質을 取扱할 業務가 大部分이므로 耐放射線性を 保有하고 있어야 하며 遠隔操作이 必要하다.
- 2) 作業工程이 特殊하고 매우 複雜하기 때문에 作業을 一般化하기가 매우 어렵다.
- 3) 作業空間이 固定的이며 特히 狹小部에서의 作業이

많은 것이 特徵이다. 이에따라 最初의 設計時부터 로보트의 活用을 考慮한 機器의 配置가 必要하다. 더우기 安全性 信賴性等이 다른 分野보다 特히 要求되므로 作業의 精密度 向上이 必要하다. 即 로보트의 適用場所로서는 한층 제한이 많은 곳에서 高度의 作業精密度를 유지하며 作動이 가능한 로보트를 開發해 내는 것은 今後 原子力 施設用 로보트産業界의 큰 課題라고 할 수 있다.

原子力施設에서의 作業의 安全性 및 信賴性的 確保와 作業員의 被曝低減은 絶對的인 課題이며 國家的인 次元에서 에너지 효율을 改善하고 熟練作業員 不足現象을 打開해 나가는 것도 큰 課題이다. 後般 原子爐施設用 로보트가 활약할 수 있는 分野는 다음과 같이 볼 수 있다.

- 1) 放射性流体를 포함하고 있는 主要機器 및 容器의 除染作業
- 2) 原子力施設에 使用되는 pump, valve等 各種 機器

의 補修 및 保수를 위한 分解, 組立作業

3) 主要機器의 健全性を 확인하고, 프로세스 計測 및 環境計測을 위한 檢査, 計測作業

4) 放射性 廢棄物의 運搬, 輸送作業

5) 各種 機器의 異常時 이를 交替하거나 修理하기 위한 補修 交換作業等이다.

結論的으로 볼때 原子力施設에 使用되는 로보트는 ① 狹小한 場所, ② 配管内部, 容器内部等 空間的 制約이 많은 場所, ③ 運轉員이 직접 감시할 수 없는 場所 등에서 作業이 可能해야 하며 또 이에 要求되는 性能으로서 가볍고 柔軟한 走行, 계단이나 불규칙한 바닥면에서의 安定된 走行, 方向轉換의 容易性 및 自律的인 走行能力 等을 갖추어야 된다.

以外에도 檢出機能, 操作機能을 一層 向上시킨다면 原子爐 施設의 安全性 確保에 더 많은 기여가 될 것이다.*

◆ Data Base의 구성요소도 ◆

