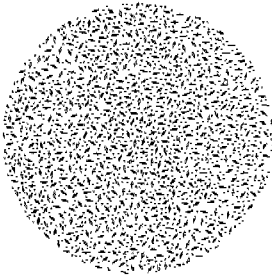


産業用ロボット導入과 시스템工學

Introduction of Industrial
Robots and Systems
Engineering



高明三

서울대 工大 制御計測工學科 教授

1. 緒論

최근 국내에서도 제법 산업로봇의 개발내지 도입에 관한 논의가 활발히 진행되고 있다. 앞으로 로봇공학자체의 이론적인 측면보다 산업용로봇의 도입에 따른 System Engineering에 관한 諸問題와 사고 방식의 일부를 소개하고자 한다.

기업이 生産性向上을 위한 유력한 도구로서 산업용로봇의 도입을 고려할 경우 비싼 설비투자가 되도록 유효하게 쓰이도록 배려할 필요가 있다. 산업용로봇의 도입에 있어서 도입에 수반되는 效果에 대한 계산, 경영, 관리면에 대한 파급효과와 推定과 對策, 對象作業의 결정과 機種의 선정, 生産시스템의 설계등 소위 시스템工學적인 諸問題를 계획 추진시킴으로써 충분한 生産성향상을 기대할 수 있다고 생각된다. 앞으로 이러한 사고방식의 절차와 문제점에 대하여 해설한다.

2. 産業用로봇 導入을 위한 接近方式

산업용로봇을 도입함에 있어 도입결정에 앞서 우선 다음 사항에 대하여 검토할 필요가 있다.

(1) 生産시스템의 生産性向上을 위한 수단으로서 自動化에 들어가기 전에 우선 Soft-System에 대한 改善 여지의 유무를 확인한다. 그리고 나서 현재 가지고 있는 設備를 되도록 活用하여 그 Layout 또는 人員配置를 연구한다던가 生産計劃, 工程管理, 品質管理를 한다든가, 作業者の 能力開發, 作業研究 혹은 정신자세의 向上등을 꾀하면서 經營工學과 人間工學側面에서의 改善를 추진시킨다. 이것은 設備投資를 수반하지 않은 改善法이고 금후 산업체의 生産공정의 自動化를 위한 준비단계로서 매우 중요한 사항이 된다.

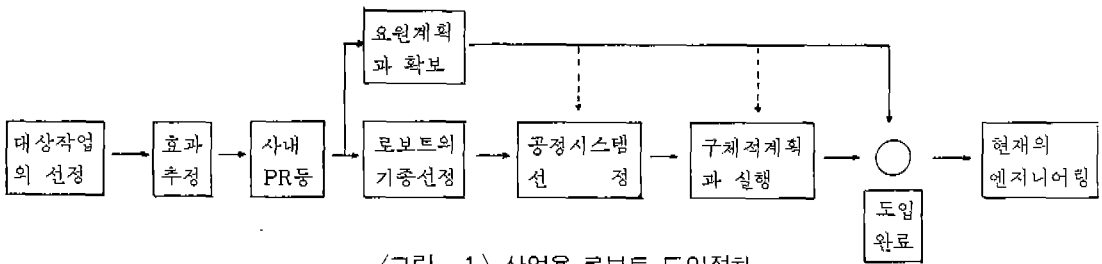
(2) 生産性向上 手段으로써 機械化, 自動化, 情報惠 혹은 計裝 (instrumentation) 등의 방법에 대하여 검토한다. 이들 방법은 設備投資를 수반함과 동시에 經營·管理面에 여러가지 영향을 주고, 技術上的 制約도 있기 때문에 生産性向上을 위한 具體的 目標에 대조 비교하면서 適當한 수단을 선정한다. 이 가운데서 産業用로봇 (NC工作機械, FMS 등을 포함하는 경우도 있음)가 가장 적절하다고 판

단되었다면 여기서부터 비로소 로봇의 도입에 따른 시스템工學的 諸問題가 발생한다. 일반적으로 산업용로봇은 人間の 팔과 유사한 기구와 그 동작을 관리하는 Microprocessor로 구성된다. 지금까지 한 사람이 수행한 作業의 一部 또는 全部를 代行 시킬 수 있다. 또한 自由度가 있는 팔의 동작을 Microprocessor의 Program을 여러가지로 변환시켜 어느정도 자유로이 행하게 할 수 있으므로 中品種中量 혹은 多品種少量의 工產品生産에 적합하고 Model Change에도 對應할 수 있다는 柔軟性이 있다. 한편 모든 自動機에 적용되는 소위 稼働率이 높은 작업을 시키는 것이 경제적으로 유리하다.

이상과 같은 산업용로봇의 특징을 충분히 검토한 후 이것이 최고라고 판단되는 경우, 본격적으로 로봇의 도입에 관한 검토를 한다. 현재의 로봇은 인간이 싫어하는 나쁜환경하에서의 단순작업인 용접과 도장 혹은 프레스, 단조 혹은 NC 및 MC로써 기계가공동에 많이 사용되고 있으며 점차적으로 組立과 Material Handling에도 크게 보급될 것으로 기대된다.

이상과 같은 사전검토를 필한 후 로봇의 도입을 본격적으로 생각하게 되며 다음과 같은 절차에 따라 도입을 추진시킨다.

그림 1은 産業用로봇의 도입 절차를 나타낸다.



(그림-1) 산업용 로봇 도입절차

(가) 對象作業의 選定

산업용로봇의 성능, 自社에서의 주변설비에 관한 기술수준, 要員 충족에 대한 가능성등을 감안하여 로봇화 爲 위한 適當한 作業을 선정한다. 여기서 로봇화 에 適當한 作業이란 일반적으로 나쁜환경하에서의 불쾌한 作業, 단순 반복작업, 어느정도 의 高精度, 高速 혹은 高稼働率의인 作業등이다. 앞에서 기술한 바와 같이 中品種中量 혹은 多品種少量의 生産 및 Model Change가 많은 경우의 作業에 도 適합하다.

(나) 效果推定

경영 및 관리상에 나타나는 效果를 사전에 계산 하거나 추정한다. 여기에는 肯定的 效果와 否定的 效果를 생각할 수 있는데 前者는 生産性의 向上, 後者는 人間性阻害, 配置轉換등이 생각된다. 生産性의 向上으로서는 製品의 多樣化, Model Change 對應性品質의 向上, Speed up과 生産量增加, 勞働環境의 改善과 惡環境作業의 效率化등이 있다. 또한 人間性阻害로서는 Robot應用조작의 어려움, 心理

의스트레스, 危險性등이 있다.

이상과 같은 肯定的 否定的 두效果에 대하여 구체적으로 검토하여 肯定的效果에 대해서는 당초 설정된 生産性向上의 목표에 대한 충족성여부, 또한 否定的效果에 관하여는 충분한 대책을 강구할 必要가 있다. 이에 관하여는 후에 詳述한다.

(다) 社内 PR 등

이상의 절차에 의거 로봇의 도입이 결정되면 對象作業과 效果推定에 관한 검토결과를 社內에 PR 하여 금후의 로봇화 에 관한 調査, 計劃, 實施를 爲 위한 推進에 대하여 관계자의 이해와 協力을 얻도록 배려한다.

(라) 로봇의 機種選定, 要員計劃과 確保

대상작업이 결정되고 效果에 관한 推定이 行해지면 이들의 結果를 土台로 하여, 여기에 가장 알맞는 로봇을 우선 既製品中에서 선정한다. 산업로봇 技術의 국제적 現況에 비추어 불매 Maker가 제공할 수 있는 로봇은 기술상의 문제 및 경제적인 여러문제 爲 때문에 그 機種이 많지 않다. 실제문제에

있어서 希望作業에 대하여 機能이 過大하거나 過小하여 적당한 것을 찾기 어려울 때가 많다. 특히 우리나라와 같이 로봇공급을 해외Maker에 의존하려고 할때 이런 문제는 더욱더 심각해진다. 이경우부분적으로 Maker로 하여금 극부적인 설계변경을 의뢰하거나 自社에서 대체적인 설계를 하여 特注하는 것도 생각할 수 있다. 自社에서 부속장치라든가 주변설비를 설계 제작하여 補強하는 것도 그 對策의 일부가 된다.

로봇 관련 기술요원의 계획과 확보는 되도록 빨리 시작할 필요가 있다.

로봇機種의 선정과 평행하여 이 計畫을 진행시킨다. 要員으로서 Robot의 운전원은 반드시 필요하며 특히 보수를 위한 기술자 및 시스템工學 기술자가 배치되어야 한다. 여기서 시스템工學 기술자란 로봇의 도입에서 부터 生産시스템의 設計, 로봇화를 위한 Software개발에 이르기까지의 여러가지 시스템문제를 처리하여야 한다. 나아가서 로봇의 改良, 부속장치 및 주변설비의 설계, 제작을 위한 개발기술자를 활용할 수 있게되면 매우 큰 효과를 기대할 수 있게 된다. 이러한 要員은 다른 분야의 職種부터의 配當轉換 및 新規採用으로 확보하지만, 이경우 어느정도의 교육 훈련이 필요하다. 이러한 기술자들은 확보되는대로 그 직종에 따라서 工程의 시스템설계, 구체적인 계획과 집행 및 시운전工程 등에 관한 일을 수행케한다. 구체적 계획과 실행이 完了되는 시점까지는 필요한 요원이 확보되도록 노력할 필요가 있다. 보통 손에 의한 작업에 종사해온숙련공을 교육 훈련시켜 요원을 확보할 경우가 많으나 이경우 꽤 많은 時日을 요하기 때문에 주의할 필요가 있다.

(마) 工程의 시스템設計

로봇의 機種과 對象作業이 결정된 시점에서 로봇을 포함한 全生産시스템을 재검토하여 Layout 인원배치, 工程의 LineBalancing등에 관하여 검토를 진행시킨다. 즉 로봇의 전후공정에 지체현상 혹은 문제점이 생기지 않도록 배려한다.

이러한 검토과정이 끝나면 로봇을 포함한 제반설비와 요원의 배치계획을 세운다. 이때 시스템설계의 결과를 토대로 하여 로봇의 주변설비 (안전설비도 포함한다)에 따라 설계도 진행시킴과 동시

에 全生産시스템의 生産計劃과 각요원의 작업연구도 한다.

(바) 具體的인 計劃과 執行

공정에 따라 시스템설계에 따라서 生産 시스템의 구체적인 계획과 설계를 하며 로봇의 구입, 제반설비의 구입과 제작, Layout의 실행, 요원 배치와 조직편성 등을 하여 試運轉과 調整에 들어간다.

(사) 試運轉 工程

이상의 절차를 거쳐 공장조업이 시작되는데 처음에는 목표대로 로봇 및 그 주변설비가 가동되지 않을 때도 있으므로 조정을 계속할 필요가 있다. 또한 금후의 로봇도입에 대비하여 여러가지 Data와 경험을 기록, 정리하는 것도 중요하다. 이상은 공장을 조업하면서 실시하는 소위 시운전 공정이며 로봇과 같이 새로운 기술도입인 경우 매우 중요한 일이다.

이상은 산업용로봇 도입을 위한 접근절차에 대한 개요이다. 도입효과, 요원의 能力開發과 安全對策에 대하여는 다음에 상세히 설명한다. 이는 산업용로봇의 도입에 있어서 다른 자동화기술보다 더 중요한 문제로 볼 수 있다.

3. 導入效果

여기서는 산업용로봇의 도입에 따른 效果에는 어떤 것이 있으며 그 범위는 어느 정도인가를 설명한다.

(가) 긍정적인 效果

긍정적인 效果로서는 生産性向上이며 이를 구체적으로 열거하면 다음과 같다.

- (a) 市場의 수요에 맞는 제품을 만들 수 있다.
- (b) 生産의 경제성이 向上된다.
- (c) 노동환경이 개선되며 나쁜환경작업을 효율적으로 진행시킬 수 있다.

(a)는 市場의 수요 즉 高度의 品質과 市場의 要求에 맞는 다양한 종류와 仕様을 갖는 제품을 만들 수 있다는 점이다. 또한 수시로 제기되는 Model Change라든가 生産의 量數調整에도 잘 順應시킬 수 있다는 점이다. 이와같은 商品의 多樣化, Model Change, 生産量調整은 최근의 市場沈滯化에 의한 國內

에서의 企業間 競争에 기인한다.

(b)는 省人化에 의한 원가절감, Speed up에 의한 生産量의 증가이다. 로봇도입에 의한 省人效果는 종래의 少量種多量生産의 연속형 Automation에 비해 그다지 크지않다. 産業用로봇 本体를 도입하더라도 몇대꼴로 1人的 운전감시원을 배치 하여야 하므로 1人未滿의 省人效果를 기대할 수 있으나 이 로봇을 되도록 높은 稼動率로 주야운전 함으로써 수십명에 해당하는 省人化가 가능하게 된다. 人件費가 점차로 上昇하는 것과는 반대로 로봇의 價格은 量産때문에 서서히 떨어지기 때문에 作業内容에 따라서는 많은 원가 절감을 기대할 수 있다. 특히 FMS에서는 크게 운전요원을 감소시킬 수 있으므로 당초의 설비투자를 생각하였어도 꽤 많은 원가절감이 될 것이다.

(c)는 위험한 작업, 더러운 작업, 고온, 고습도, 소음, 유해물질등 나쁜物理的環境下의 作業등에 대하여 로봇은 큰 지장없이 고효율로 작업을 계속할 수 있다. 이와같이 하여 人間에 적합하지 못한 노동환경의 개선이 이루어지게 된다.

부정적인 효과로서는 人間性阻害, 配置轉換등 다음과 같은 문제점을 열거할 수 있다.

(i) 로봇이 복잡하며 고도의기술이 필요하므로 사용하기 힘들다.

(ii) 관계자에 心理的 장애를 준다.

(iii) 安全性이 阻害된다.

(iv) 고용의 변화가 일어나며, 이로 인하여 직무설계, 노인개정, 교육훈련등에 관한 배려가 필요하다. 또한 配置轉換 및 교체근무에 따른 문제가 생긴다.

i)은 로봇에 Microprocessor가 있기 때문에 Program의 조작이 필요한 점, 操作盤 및 Display가 사용하기 불편하다거나, 이러한 것들이 종래의 기계에는 별로 사용되지 않기 때문에 作業者들이 익숙하지 못한점에 기인한다. 프로그램, 操作盤, Display등 소위 人間工學的 改良과 作業者의 教育과 訓練이 필요하다.

ii)은 로봇의 能力과 크기, 모양이 작업자에 주는 心理的 충격에 의한 것으로 로봇의 모양 및 색깔등을 연구한다던가, 작업자의 근무조건에 관하여 고려한다.

iii)은 자유도가 높은 Program가능한 로봇에 의

한 위험성을 인식하여 이에 대한 Hardware 및 Software에 대한 대책을 할 필요가 있다.

iv)은 사람의 손에 의한 작업에 종사하고 있는 사람들을 로봇의 운전원, 보수기술자 및 기타의 일에 배치 전환시키는 일이 일어나는데 이것에 수반하여 여러가지 배려를 할 필요가 있음을 의미한다. 이와 같은 문제는 종래의 Automation에도 생겼으나 로봇 및 FMS인 경우 매우 그 양상이 달라진다.

4. 能力開發과 安全對策

도입효과를 생각할 때 配置轉換에 수반되는 教育訓練問題 및 로봇의 特性에 기인하는 위험요인에 대한 安全對策에 관한 문제가 생기게 되었다. 여기서는 이에 관한 문제에 대하여 논한다.

(1) 能力開發

로봇의 도입이 결정된 후부터 配置轉換에 의거성급하게 교육과 훈련을 하는 경우와 평소부터 기업의 기술수준을 向上시켜 앞으로의 새기술에 곧 대응하도록 長期計劃으로 교육과 훈련을 실시하는 경우가 있다. 後者의 경우 配置轉換에 의한 긴장과 不安感을 주지 않으면서, 기업의 기술적향상을 거둘 수 있으므로 좋은 방법의 하나이다. 특히 30세 이상자 기술자에 대하여 매우 적절한 方法이라 할 수 있겠다. 그러나 경비와 절차에 문제가 개재함은 부인할 수 없다.

로봇에 대한 새로운 직무에 대해서는 앞에서 기술하였으나 종래의 요원을 이 새로운 직무에서 일할 수 있도록 能力開發할 수 있는 方法으로써 特種學科에서의 교육과 實物에 의한 訓練이 필요하다. 여기에서는 Maker 및 기타의 官公機關에서의 계속 교육에 의한 것과 自社에서의 독자적인 실시등이 있다. 일반적으로 기계조작에 익숙한 기술자를 Software도 취급할 수 있도록 하는 교육과 훈련이 실시되는 경우가 많다. 이러한 교육과 훈련분야는 곧 Mechatronics이며 로봇에 限定되지 않고 넓은 입장에서 교육을 하는 것은 금후의 生産自動化를 위한 자질을 부여하는 뜻에서 매우 중요하다.

(2) 安全對策

로봇에서의 위험요인을 열거하면 다음과 같다.

(i) 로봇트는 自由度가 있는 긴 팔을 가지고 있고, 그 운동속도가 비교적 빠르다.

(ii) 로봇트의 知能部로서 Microprocessor 가 있으며 그 Program의 잘못이라던가 이 부분에 들어가는 전기적 Noise 등으로 로봇트가 誤動作한다.

(iii) Playback로봇트인 경우 사전에 팔과 동작을 敎示하기 위하여 作業者가 로봇트에 접근할 때가 있거나 로봇트에 접근하여야 한다. 이경우 로봇트의 電源을 넣고 作動狀態에 놓아둘 필요가 있으며, 어떤 원인으로 로봇트가 움직이기 시작할 때도 있다.

이상의 諸事項에 대해서는 防護用정책을 설치하여 敎示 및 保守때문에 그 안에 들어갈때는 특별히 정한 安全指標에 따른다거나, 기타 安全設備 예를 들면 전원 스위치를 손이 닿는 곳에 설치하거나, 物休으로의 近接 혹은 接觸으로 브레이크가 걸리도록 하는 등의 대책을 세워야한다.

5. 結 論

이상은 산업용 로봇도입에 있어서 어떠한 사고 방식에 의거 어떻게 접근법을 취할 것인가를 시스템공학적인 견지에서 기술하였다. 또한 생산시스템에 있어서 생산성을 向上시키기 위한 有力한 手段으로서의 산업용로봇트의 위치에 대하여도 다소 언급하였으며 이들 로봇트시스템이 최대의 힘을 발휘하도록 하기 위한 몇가지 절차에 대하여 설명하였다. 국내의 일부 기업체에서 생산공정에 시스템공학적인 입장보다 한국적인 展示效果에 지나지 않는 次元에서 1대 혹은 여러대의 로봇트를 설치한 것을 저자는 목격한 일이 있는데, 앞으로는 진정한 뜻에서의 생산성향상이라는 차원에서의 산업로봇트의 最適도입 설치를 위한 정책이 추진되었으면 좋겠다.

* 2 分講座 *

〈原子力의 수수께끼〉 ⑥

中性子が 原子核과 衝突하면 어떻게 되나

原子核 反應은 化學反應보다 일어나기 어려우나 이것은 原子核의 크기가 1兆分の 1센티미터의 자릿수인데 對하여 化學에 關係되는 軌道電子를 포함한 原子核의 크기는 그 1萬倍가 된다는 것과 같은 크기가 다르다는 것이 原因의 하나이다. α粒子, 陽子, 重水素 原子核 등은 軌道電子를 除하면 어느 것도 플러스의 電荷를 갖고 있으며, 電氣的인 反撥力이 있어도 標的에 命中하기 위해서는 큰 運動에너지가 必要하다는 것이 第2의 原因이다.

中性子は 적다는 點에서는 陽子와 같은 程度이나 電荷를 갖지않고 있기 때문에 比較的 낮은 速度로서도 標的에 맞으면 核反應을 일으킬 수가 있으며 또 速度에 따라서는 그 狀態도 달라진다. 낮은 中性子에 의한 主要한 反應을 分類해 보면 表와 같이 大別하여 散亂과 吸收로 나누어 진다.

中性子が 原子核에 충돌하는 反應인데 中性子は 反應後도 自由로 있을 경우가 散亂이다. 彈性散亂은 湯구공의 충돌이나 콘크리트 바닥에 떨어뜨린 공과 같이 運動에너지의 保存이 成立된다. 非彈性散亂에서는 中性子の 運動에너지의 一部가 位置의 에너지로서 標的核으로 移動한다. 核分裂으로써 생긴 高速中性子が 에너지를 잃고 낮은 熱中性子が 되기까지의 過程에서는 먼저 非彈性散亂이 그리고 그뒤 彈性散亂이 몇분이나 계속하면서 減速된다.

中性子에 의한 吸收反應으로서 가장 普通으로 일어나

는 것은 (n, γ) 反應이다. 中性子를 吸收한 原子核은 原子番號는 變하지 않으나 質量數를 하나 늘려 勵起狀態 — 即 電子가 에너지의 높은 軌道에 移動한다. 이 電子가 安定된 에너지의 낮은 軌道에 되돌아갈 때 남은 에너지가 電磁波인 감마線으로서 放射된다. 이것을 捕獲 감마線이라고 부른다. 코발트59를 原子爐에 넣으면 中性子を 吸收하여, 放射線源으로서 利用度가 높은 코발트60이 生産된다.

硼素10이 中性子を 吸收하면 (n, α) 反應이 일어난다. 이것은 原子爐의 制御, 計測, 遮蔽에는 重要한 反應이 된다.

빠른 中性子도 낮은 中性子和 유사한 反應이 일어나며 그외에도 하나의 中性子を 吸收하여 들뜨는 變의 中性子を 發生케 하는 것과 같은 反應도 있다. 高速中性子에 의한 (n, p) 反應의 例에서는 酸素16이 窒素16으로 變하여 半減期 約 7秒로 강한 감마線을 내는 反應이 있다. 그렇기 때문에 뒤에서 이야기하는 沸騰水型 原子爐에서는 터어빈까지도 遮蔽할 必要가 생긴다.

中性子에 의한 主要한 反應

散亂	{	彈性散亂	}	
		非彈性散亂		
吸收	{	(n, γ) 反應	}	中性子를 吸收하여 γ 線을 發生한다.
		(n, α) 反應		α粒子를 發生한다.
		(n, p) 反應		陽子를 發生한다.
		(n, f) 反應		核分裂한다.