

電算機에 依한 工程制御

朴 源 深

전기 공학과

〈요 약〉

既刊된 文獻을 통하여 電算機에 依한 工程制御의 導入現況을 살펴보았다. 먼저 현용 制御用 電算機 System의 Hardware와 Software 現況을 概觀한다음 實際導入實態, 應用例 및 未開發分野등을 產業部門別로 대표적인것을 조사 기술하였다. 끝으로 앞으로의 展望과 우리나라에서 이 分野에 對한 將來性을 제시하였다.

Process Control by Computers

Pak, Won Sim

Dept. of Electrical Engineering

〈Abstract〉

Present status of the application of digital computers to industrial process control is reviewed. Hardware and software systems of the process control computers are discussed, and application examples in several industrial works are presented. Finally, the future prospect of this field in this country is emphasized.

I. 序 論

이제 電子計算機는 凡人の 常識化된 活用範疇를 벗어나 制鐵工業, 化學工業等 各種工業分野에서 工程制御方便의 必需裝備로 登場하고 있다. 特히 產業規模의 放大화, 生產品規格의 嚴密化等으로 從來의 生產管理方便과 手段만으로는 그 限界點에 부딪치게 되어 좀더 正確하고 安定한 工程制御 System으로서 電算機에 依한 工程制御가 차차 人氣를 모으고 있는 實情이다. 이와같은 制御用電算機가 最初로 設置된 것은 1950年代 後半의 일이며 그로부터 10餘年동안 계속적인 增加추세를 보여 70年代初에는 北美合衆國內에서만도 千餘臺의 制御用電算機가 設置되었거나 注文中에 있었는데 그 數는 全電算機市場의 2~3%에 해당했다. ⁽¹⁰⁾

文獻調査에 따르면 實際로 電算機가 工程制御에 直接 가담하고는 있으나 아직도 그 活用의 많은部分이 計算機制御의 前提인 data收集에 쓰이고 있는 實情이며 이와같이 収集된 data의 分析과 制御技能의 開發向上으로 特定工業分野에서는 極히 그活用水準이 前進되어 있는데도 있다. 그中에서도 製鐵工業分野가 第一活潑한것 같으며 그밖에 化學工業, 石油精製工業, Cement工業, 機械工業, 製紙工業, 電力工業等 거의 모든 產業分野에서 電算機에 依한 工程制御 System이 널리 活用되고 있다. 이들 制御 System에서 電算機가 主로 담당하고 있는 業務로는前述한바와 같이 data集計가 가장 많고 警報制御, 節次制御, scheduling,閉loop의 最適化計算, 性能計算等을 담당한다. 制御形式으로서는 SCC (Supervisory Computer Control), 即 計算機가 制御裝置의 設定點이나 或은 System parameter

是能明視示하는 方式 Digital 裝置로 工程의 操作는 直接制御하는 方式의 DDC(Direct Digital Control)가 由으로 逐次하는 工程의 自動化와 事務處理의 自動化를 電算機에 依한 情報 System 技術은 On-line System 技術과 合成시켜 生産工程의 全自動化를 이루는 Total System이 由자 發展되고 있다.⁽⁸⁾

우리나라의 開拓 電算機導入은 1967年 以來 本格化 되고는 있으나 그 活用面에서 끌어 人部分이 官公署, 研究機關 및 學校等에서 行政處理를 為한 算計算用, 試驗研究用, 教育用 또는 企業의 管理운영을 為한 經營管理用으로 그 利用水準이 初步的 단계를 끝여나지 못하고 있다.⁽²⁸⁾ 그리고 本稿에서 다루는 電算機에 依한 工程制御의 本格化 단계에서는 아직 거리가 있다.⁽⁹⁾ 그러나 모든 技術導入에는 必然의 障碍이 現存 단계이 即是 研究개발 단계의 誓願이다. 本稿은 分野別其概觀하고 簡述로 開拓 導向에 對한 研究는 由은 研究를 예측한 力針이다.

II. 工程制御用 電算機 System

1. Hardware

電算機의 Hardware는 第三世代에 등장하고 그 後의 第四世代에 直接 On-line 工程制御에서 重要視되는 MTBF는 5000~50000小時으로 由은 10~20小時의 要求에 接近하고 있다. 第四世代의 Hardware 특성은 그 之가, 속도, 入出力 System 및 Readout device 등으로 나타난 수 있는 데 雖然 가상성이 適用되고 있는 電算機는 中央計算處理장치로 (i)all-core, (ii)core-drum, (iii)core-disk 등 3가지 기본적인 구조로 分別되어 있다. 雖然 전자기의 소자를 대체하는 디지털 記憶 기기의 能力은 System 設置費用, programming 문제, System負荷의限制等으로 現代의 공장제어용 Hardware의 경우 限制로 보이는 경도로 限定되어 있다. 그리고 現산기속도의 개략적인 節도라고 볼수있는 word time은 현단계에서 대략 750ns~5 μs 정도이다.

工程制御用 電算機 System은 汎用電算機 시스템의 特有인 記憶, 演算, 記錄機能以外에 process入出力機能을 갖고 있다. 入出力形態로써는 普通 analog入力, 接點入力과 analog出力, 接點 또는 pulse出力等이 있으며 이들 入出力은 다루는 System으로

二. 應用제어용 現산기의 size

	Increment	Working Minimum (K)	Working Maximum (K)
Core	4K	2	32
Drum	128 words or 1 track	50	50
Disk	128 words or 1 track	100	100

로서는 대개 두가지 方式이 채용되고 있다. 그 하나인 (i) 多重化된 機械的繼電器는 200點/秒以下의 走査率⁽¹⁰⁾를動作하며 다른 하나인 (ii) Solid-State relay는 最大 5000點/秒의動作能力을 具고 있다.

Readout device로써는 汎用電算機이 서의 같이 typewriter, line printer, digital readout indicator, CRT 및 analog recorder⁽¹¹⁾가 사용되고 있다.^(4,10,19)

2. Software

工業의 制御用電算機利用이 本格化되면서 工程制御를 目的으로 한 Software System가 由이重要視된다. 여기서는 (i) 由은 工程制御用 Software System의 일반식인 構成과 (ii) 由은 programming tool로서의 programming言語 및 기타 및 (iii) 將來의 축제능에 관하여 간단히 고려한다.

(1) 工程制御 Software System의 一般的構成:

代表的인 電算체어 Software System의 構成은 그림 1과 由시하였다. 電算체의 외부분의 Software System이고 單線 단부분은 明顯화되었는 DDC의 制御用 Hardware에 대응된다. 그 외부의 公用계이 용 Software System은 process를 由이하기 위하여 서로 機械動作하는 程式의 program을 그構成되어 있다.

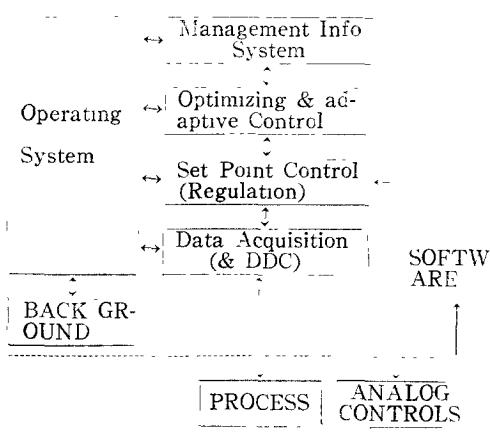


그림 1. 公用체에 SOFTWARE SYSTEM

여기에서 operating System은 電算機自體의 制御담당, 즉 工程制御를 為한 여러 가지 program에 電算機時間을 割當하는 役割과 實時間 入出力を 다루는 program으로 制御하는 process에 無關하게 거의 표준화할수 있다. 應用 Software는 外部상황에 따라서 所要되는 反應時間에 따라 배가지 level로 区分되는데 그 뒤 몇 level에 오는것이 data收集 및 DDC Software package로써 反應時間은 數 sec에서 1 min. 程度이고 約 20%가 制御하는 工程에 依存한다. 그 다음 level은 Set-point制御用 Software가 속하여 주로 演算 algorithm으로 構成되고 Control주기는 data收集보다 길다. Set-point 制御用 package는 應用工程에 따라서 50~90%程度가 달라지는, 즉 Software System中 應用에 따라 第一크게 달라지는 program이다. 그보다 上位 level에 最適化 또는 適應制御를 위한 Software가 있는데 이 package의 約 50%는 linear programming, 또는 parameter operation등과 같은 一般目的의 最適化 algorithm으로 되어있고 나머지가 Set-point control package와 연결하기 위한 特殊 program으로 되어있다. 最上位 level에 管理를 위한 情報 System과 企業全體의 관리운영을 위한 Software가 있으며 이 System은 거의 표준화 시킬수가 있어 約 20%程度가 應用에 依存한다.

工程制御 Software System에는 대개 上述한 機能의 Software外에 背後演算機能 program으로 FORTRAN compiling 및 debugging機能이 들어있어서 process computer가 위의 直接制御機能을 다하고 있지 않는 時間에는 nonreal-time 計算機能을 할 수 있도록 되어있다.

(2) program言語

Operating System은 通常 電算機供給會社에서 電算機와 함께 提供되며 工程에 거의 無關한 program임으로 여기서는 그 說明을 略하고 Software System의 나머지 部分을 構成하고 制御하는 工程에 대개 依存하는 program部分의 programming言語에 대하여 살펴본다. 工程制御 program言語言로는 대개 簡次言語言로서 改良 FORTRAN外 몇가지와 問題中心言語言로서 AUTRAN, BATCH 그리고 使用자의 意의를 最大로 도모한 "Fill-in-the-Blank programming System"으로 PROSPERO, BICEPS 등이 쓰이고 있다.

a). FORTRAN

工程制御에의 應用을 為하여 개량된 FORTRAN

은 主로 FORTRAN IV의 기능에 process control特有의 data處理機能, program間의 연락유지기능, program制御機能, program연접機能等이 첨가되어 있는 것이다. FORTRAN外에 SPLIV 및 AUTRAN 등도 결차언어에 속하나 현재는 여러종류의 개량된 FORTRAN (및 Assembly言語言)이 제일 많이 사용되고 있다. 그 한가지 例고서 最近 三菱電機에서 制御用計算機 MELCOM 350/30이 program을 위하여 개발된 CONFORM도 FORTRAN形의 文形式을 基礎로 Bit處理, Supervisor機能의 接續, process 入出力·外部 memory 入出力等에 process制御에 適合한 機能을 擴充한 것이다.

b) AUTRAN 및 BATCH

이들은 問題中心 programming 言語言로써 沈用의 簡次言語言에 比하여 plant制御 담당자가 용이하게 사용할 수 있다.

AUTRAN은 連續工程의 始動, 制御를 위한 program言語言이며 program 담당자는 (i) 제어목적을 제시하는 specifications, (ii) 動作을 지정하는 action lists, (iii) 비정상상태에 취해야 할 행동인 alarm lists 및 (iv) process 제어상태의 기록, 전시 등을 為한 display lists등 네가지로된 英語形態의 Statement를 사용하여 제어 program을 作成하도록 되어있다.

BATCH는 半連續 process나 或은 batch process의 制御 program 作成에 사용되는 program 言語言로 그 形式은 Flow Chart式 思考方式을 갖인 制御技術者에게 편리하도록 꾸며져 있다. 이 programming system은 工程變數와 行動指令의 두가지 基本要素로 構成되어 program 作成者は 주어진 SPT (System Process Table) Variable Format에 의거해 당공정과 관련된 工程變數를 SPT에 나열한다음 12項目으로된 BATCH 指令文을 使用하여 Flow Chart를 그리고 거기에 의거 program을 作成하였다.

c). PROSPERO 및 BICEPS

이들은 現在 사용되고 있는 工程制御 programming言語言中 最高位(high level)言語言인 "Fill-In-The-Blank Programming System"에 屬하며 두 System은 그 意圖나 構成이 비슷하나 制御行動의 指令形式이 다르다. PROSPERO에서는 使用者が 주어진 一般制御機能中에서 自己의 process에 해당되는 것을 선택한다음 parameter마을 기입하여 넣으면된다.

그러나 BICEPS는 간단한 構成되어 있

어서 使用者가 必要한 data를 예시한 다음 간단한 FORTRAN program을 쓰는것과같이 실제 제어 program를 作成하도록 되어있다.

(3) Software개발의 흐름

電算機에 依한 工程制御 System設置에서 Hardware 설치비와 거의 맞아는 Software개발비용의 기간문제가 대신에 요구된다. 이런점에서 볼 때 工程에 따라 適合한 시스템은 PROSPRO나 BICEPS 같은 prepackaged Software System은 特殊 programming을 爲한 비용을 줄이는게 효과적인 것이라고 생각되며 또 이런면에서는 問題中心言語도 앞으로의 工程制御 Software 개발에 기대되는 programming言語라고 생각된다. 더욱이 数年前부터는 여러가지의 相異한 program System의 亂立을 막고 現用中인 Software System도 재정비하여 표준화시 기려는 노력이 경주되고 있다. (1,5,10)

III. 產業部門別 實態

1. 製鐵工業

鐵鋼工業은 그 工程의 特徵과 品質規格 및 價格의 嚴格, 거기에 더하여 労動事情의 難關 등 鐵鋼工場이直面하고 있는 四方으로부터의 壓力を 해소시키기 위하여 生產의 Automation화가 必要不可缺하게 되었다. 물론 生產의 自動化에는 鋼강의 전산기 제어以外에 여타가지의 自動化, 機械化등 技術이 開達되고 있으나 그中에서도 가장 important한 것인의 하나가 電算機制御 System이다. 이와같은 電算機制御 System의 導入에는 電算機制御의 採算性과 信賴性이 充分히 고려되어야 하며 生產性이 높은設備 또는 人間으로서 가능할 作業이 優先對象으로 되나 대로는 process解析 或은 技術開發目的으로 導入된 것도 多지 않다.

製鐵工業分野에의 電算機制御 導入現況을 概觀하면 Strip mill등의 鋼板壓延과 轉爐에 많고 다음으로 高爐의 一部가 導入대상으로 되어있다. 그밖에 分塊壓延, 電氣爐, energy設備等에도 電算機制御가 導入되고 있다. 그리고 最近에는 On-line工程管理 System이 重要한 導入對象으로 登場하였다. 鋼板壓延, 轉爐등 計算制御가 가장 많이 導入되어 있는 對象에서도 壓延作業, 精練作業等의 主作業部門에 導入되어 있고 原料, 加熱, 出荷등 前後工程에는 技術的問題로 거의 導入되어 있지 않는 實情이다. 또한 製鐵工場全體의 原料處理, 운반, 荷役등의 方

面에는 全히 導入되지 않고 있으며 이는 未導入工程에 導入効果面에서 본래 工作量部門보다도 優先하는것이 많아서 今後 그 開發이 기대된다.

제작하고 있는 電算機制御手法으로는 (i) DDC, (ii) SCC, (iii) Operator guide 및 (iv) 情報制御 등으로 大別되며 DDC는 最近에 되서 建制御의 特性이 커지고 minicomputer의 出現으로 Analog制御되든 minor loop의 DDC化傾向이 커지고 있다. 土經濟的 信賴度向上을 위하여 Computer의 Duplex方式을 取하는 경우도 많아졌다.

電算機에 依한 工程制御의 主要導入門은 I工程例로 소개하면 다음과 같다.

(1) 製銑工程

製銑工程의 中心인 高爐의 大型化 경향에 따라서 高爐의 安定作業과 最大出銑力의 常時維持를 위하여 爐內狀況을 나약하고, 原料裝入, 送風, 煙气 удал로운의 最適制御가 必要한데 유감스럽게도 현재는 試驗開發단계에 있으며 爐內反應의 解析과 計測이 어렵기 때문에 完全한 計算制御는 實施되고 있지 않다. 우선 反應의 數式 model화와 gas分析의 依依한 爐況과의 일치를 確定하는 데에 초점을 두고 있다. 이외 산이 爐况은 計算제어되고 있지 않으나 原料의 基本處理裝置인 燃結機에서는 계산제어가 運行되고 있으며 原料의 入船에서 高爐裝入까지의 管理는 今後 後者 重要한 計算制御의 對象으로 되어있디.(13)

(2) 製鋼工程

塊鐵을 精練하여 鋼으로 만드는 과정은 轉爐 또는 電爐가 사용된다. 轉爐工場에서 주로 보다도 重要한 것은 吹練終點에서 鋼의 成分와 游離은 所定의 標準치를 충족시키는것인데 이終點의 鋼의 質은 올바르기 어렵다. 現在는 Operator guide 方式의 計算機制御가 사용되고 있다. 適中制御形式에는 數式 model의 依據 精練前에 Charge, 計算으로 終點을 豫測하는 Static制御와 Static Control을 基本으로 하여 吹練中이 鋼浴溫度, 成分을 測定하여 適中率을 向上시키는 dynamic制御가 있으나 後자는 아직 개발단계에 있으며 이 方法이 實用化 되게되면 Operator guide가 아니고 Closed loop 制御가 可能하게 될 것이다. 製鋼工程의 吹練뒤에 따르는 製塊, 真空脫gas, 連續鑄造등의 공정에는 현재 계산기제어가 導入되어 있지 않다. (11,14)

(3) 壓延工程(7,9,10)

鋼塊를 加工하여 所定의 鋼材를 만드는 과정으로 壓延工程에는 分塊壓延, 厚板壓延, 型鋼壓延, Hot

Strip mill, Cold Strip mill 등이 있다. 壓延工程中現在 계산기 제어의 對象은 加熱爐, 壓延機, 热處理爐등이 中心으로 되어있으며 精整工程의 後工程에는 그다지 導入되어있지않나. 그러나 이 後工程은 많은 人力을 必要로하는 點에서 計算制御의 導入効果는 工作業部分보다도 높을 것이다 機械的의 Automation面에서 技術의으로 난관이 많아 將次導入대상으로 重要視되고있다.

現在 계산기 제어가 가장 効果的으로 導入되고있는 것은 Hot Strip mill이고 다음으로 Cold Strip mill, 厚板壓延에의 導入効果가 높으며 最近에는 分塊壓延에도 實施例가 증가되고있다.

(4) On-line 工程管理

數年前 英國의 鐵鋼會社에서 計劃된 것을 시초로 On-line 工程管理 System이 檢討되어 最近에는 이 System은 全工場에 導入하여 新로운 生產管理 System이 實用化되고 있는데 이 system은 綜合計劃 level, 日別計劃 level, 生產調整 level 및 process 制御 level을 總括한 것으로 각 level은 相互 情報의으로 密着되어있어 手動介入이 不要하다. 이 On-line 工程管理 System에 依하여 工程의 簡便한 变化가 가능하게되고 따라서 鐵鋼工業의 計算機導入 効果가 더욱더 增大되고있다.

이 장에서 說明한 바와같이 鐵鋼工業의 計算機制御導入는 大きな 成績을 거두고 있으며 그 對象이 大 system화 성향이고 process 제어 뿐만아니라 On-line 工程管理에까지 進步되어 그자는 Total System을 指向하고있다.^{8,9,10,11}

2. 化學工業^{10,15,19,20}

美國에서 1958年未頃부터 Closed loop Computer Setpoint Control이 및몇 化學工業에 應用되기 始作하여 그때부터 這產機에 依한 Closed loop Control의 實際的인 化學工程에의 應用이 始作되었고 1966年에는 制御方式으로 DDC가 채용되어 1968年以來 今日의 工程制御에서 볼수있는 디록 확장하고 向上된 化學工程制御 計算機의 應用단계에 이르렀다. 이와같은 化學工程制御用 計算機 System이 開發되게된 動機는 複雜하고, 可變의이며 相互聯關係어있는 工程變數들 사이의 關係를 經濟的으로 그리고 신속하게 演算處理하여 工程을 狀況에 適應시키며 常時 最適操業狀態에 유지시키려는 바있다.

現在 計算機에 依한 工程制御는 化學工業의 여러 分野에서 活潑하게 實用되고 있는데 여기서는 그中

의 例로서 近代石油化學工業의 中心을 이루고 있는 Naphtha 分解工程에서의 計算機制御 活用面을 살펴본다. Naphtha 分解 process는 石油原料로부터 最終誘導品까지 이르는 3가지 경로로 그림 2에 原料 Naphtha로부터 film) 各種成形品의 제조에 polyethylene과 tire, 塑料用高品質의 材料인 polybutadiene을 원하는 3가지를 圖示하였다. 물은 그 밖의 아니 상진품들이 生產이나 여기서는 대표적으로 노사된 公司에서의 計算機制御面을 살펴본다.

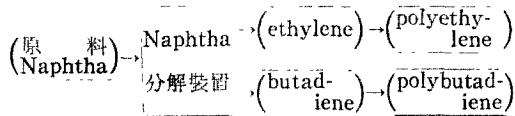


그림 2. Naphtha 分解에 依한 polyethylene 및 polybutadiene 生成 과정

(1) Naphtha 分解 process

이 공정은 大分하여 分解部, 精製部, 分離部로 나누어 생각할 수 있는데 이 process에는 대략 1500 개 정도의 計裝 loop가 끌어있으며 그중 약 半數가 monitoring用, 나머지가 Closed loop 制御系를構成하고 SCC 및 DDC System은 이후에 거대한 Control System을構成하고있다. 여기에서 SCC는 process 制御는 雖然 操業의 最適化를 담당하는데 그 具體的인 對象 및 校正을 들어보면 (i) 生產計劃樹立 및 最適操業條件의 追求, (ii) 物質取支 및 熟收支의 計算 (iii) naphtha 分解爐部의 制御 (iv) 壓縮机의 制御 (v) 熱副系의 制御 (vi) process의 monitoring 및 data logging等이다.

最近에 의서는 DDC가 導入되어 SCC와 結合되어가는 단계에 있는데 이 외부 System에서는 SCC가 Plant 全體의 最適化를 담당하고 여기에서 결정되는 最適運轉條件는 DDC에 전달하여 process를 制御하도록하는 分業體制를 이루고있다. 이와같은 DDC의 導入傾向에 따라서 分解爐部, 分離部 및 精製部 모두 DDC System으로 좋은 制御結果를 얻고 있다.

(2) polyethylene 高壓重合 process

高壓 polyethylene 重合 process는 反應壓力이 높고 反應速度가 큼으로 System內에서의 여러가지 교란발생때문에 재래의 analog 調節計에 依한 制御系構成으로는 良好한 制御를 기대하기 困難하다. 여기에서 開發된것이 DDC 方式인데 現在 채용되고 있는 方法으로는 process의 安定運轉과 關聯되는 process 變數를 選定한 다음 그들을 計算機로 高速

scanning하여 一定周期内에 일어지는 一連의 测定值를 特殊 program에 의거 處理한後 그 結果에 依하여 操作信號의 level이나 mode를 決定하는것이 이다. 例시에 制御系構成要素의 異常發生時 等의 處理나 間接控制도 마련되어 있다.

In process에 채용되고 있는 또한가지 DDC의 다른 方面은 作業교환 및 操作量의 變化에 對하여 response가 매우 빠른 System에서는 制御變數가 存在하는 原因에 차다시 program의 計算式中에 조작식인 parameter值은 相異하게 作成도구 하는 方法이다. 또는 制御變數에 영향력이 큰 외부교환을 측정하여 그 크기, 方向, pattern等에 차다 操作端으로 보내는 信號을 修正하는 algorithm도 채용되고 있다.

(3) polybutadiene 合成고무 process

合成고무 process는 같은 규모의 他 化學 process에 比하여 制御系가 많고 反應速度가 빛아서 反應器의 調定에 長時間을 要하며 多變數制度가 많다는 理由로 DDC導入에 非常 適合한 工程이다. 실제로 이 DDC loop안에는 여러가지 control loop가 들어 있는데 그 각 制御 loop의 重要 및 複雜程度, 채용 전산기의 性能 및 크기, 채용시의 經濟的 利得을 감

안하여 어떤 loop를 DDC System에 포함시킬 것인가를 결정하게 되는데 polybutadiene process의 경우 全制御 loop數의 1/2~1/3이 DDC System에 들어간다.

3. 石油精製工業⁴⁵

精油工場의 規模가 방대하여가서 出產量이 커짐에 따라 製油所全體의 合理的 運營을 為하여 伍子計算機制御가 廣範圍하게 導入되고 있다. 여기에서는 電算機에 依한 管理 System型態를 고려 가주고 있는 大阪製油所의 경우를 全體的으로 간주하여 제시함으로서 이 分野에의 電算機에 依한 工程制御의 導入實態를 概觀하여 본다.

이미 出荷設備, Tank設備에는 On-line Real-time 電算機 System이 効果的으로 運營되고 있으며 여기에 다시 In line blender에 DDC를 그리고 process裝置와 用役設備에는 data gathering System은 더하여 Hierarchy System을 構成하도록 되어 있다. 全體의 電算機制御 System의 構成은 그림 2과 같으며 담당업무는 出荷, Tank, Blending, process裝置의 data gathering, 用役設備의 data gathering 등으로 大別된다.

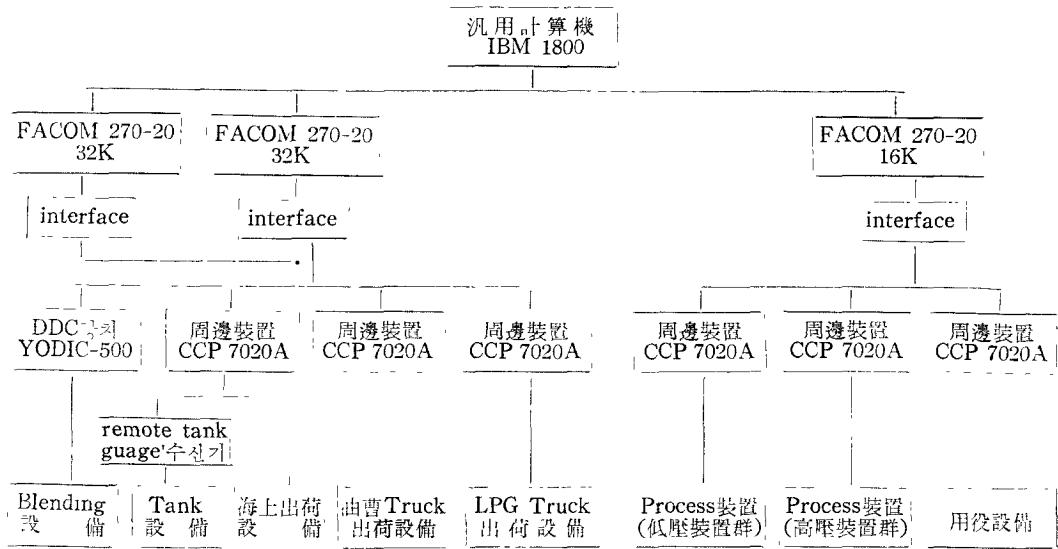


그림 3. 制御用計算機 SYSTEM

On-line Computer로는 出荷와 tank 関係에 FACOM 270-20 2臺, data gathering System에 FACOM 270-20 1臺가 있고 計算機와 現場計器 또는 電算機器 사이에는 周邊裝置와 interface가 있어 情

報의 传递를 伸介한다.

In-line blending에는 DDC를 채용하여 專用計算機인 YODIC-500이 CONTROL하고 있으며 이것은 다시 出荷用計算機와 結合되어 Supervising을 보도

독 되어있다. 이 出荷用計算機는 常時一臺이 制御 運轉을 담당하고 나머지 一臺의 back-up機가 있어 그때그때의 情報는 interface를 거쳐 이 back-up機에 전송되고 있기 때문에 故障시에는 하시라도 곧 操業을 繼行할 수 있는 態勢이 있다.

process裝置의 data gathering用計算機는 process 강치의 analog計器를 통하여 約 700點의 data를 収集하고 간단한 演算處理等을 행하여 또한 用役設備의 data gathering 業務도 담당한다.

以上에서 說明한 On-line Real-time 計算機外에 Off-line의 汎用計算機가 있어서 事務計算, 技術計算用으로 製油所 全業務에 對하여 多目的으로 使用되고 있는데 On-line計算機와는 paper tape를 거쳐 情報送達이 되도록하여 Hierarchy System을 構成하고 있으나 將來에는 이 區間의 情報轉送도 On-line化시킬 構想이라고 한다.

4. 機械工業^(21,22)

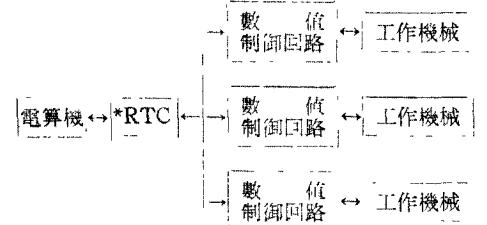
數值制御工作機械의 出現으로 機械加工의 自動화가 完成되었으나 그 運轉을 為한 指令 tape의 作成에는 電算機⁽²³⁾이 필요하다. 從來 Off-line으로 處理되던 이 作業을 On-line化하여 電算機와 數值制御工作機械를 結合시켜서 여러 가지의 利得을 얻고 있는데 이 것의 群管理 System이다. 群管理 System은 機械工場의 自動화로 生產性을 向上시키기 위하여 數值制御加工機能, 生產管理의 同時處理機能 및 會話形 part program의 同時處理等 세 가지 主要機能을 다한다. 數值制御加工機能을 다하기 위하여는 (i) 數值制御加工 data의 作成 (ii) 工作機械의 節次制御 (iii) 運搬 convainer의 sequence control (iv) loading, unloading mechanism의 sequence control (v) 自動工具交換機構의 sequence control 등의 業務를 수행하여, 生產管理의 同時處理를 위하여는 (i) scheduling의 作成 (ii) rescheduling의 作成 (iii) 加工素材의 供給指令 (iv) 各種 report의 logging等 作業을 하고, part program의 동시처리를 위하여는 part program의 debugging, 修正, 付加능의 業務를 수행한다.

現在 여러 가지의 群管理 System이 개발, 實用化되고 있으나 여기서는 機械工場의 自動化라는 觀點에서 大別한 汎用形과 專用形에 對하여 그 實用化된 例를 소개 힘으로써 機械工業分野에 있어서의 電算制御 導入實例를 살펴본다.

(1) 汎用形 (FANUC·SYSTEM-K)

實用化된 것으로는 世界最初의 것으로 生覺되는것이 現在 日本國鐵大宮工場, 鷹取工場에서稼動되고 있다. 그림 4의 System構造圖에서 보는 바와 같이 여러대의 수카제어 공작기계를 電算機制御장치와 연结한 것으로서 (i) 數值制御工作機械가 여러대되어 電算機導入의 타당성이 인정될 때 電算機를 導入, 結合시켜서 System화 한수 있으며, (ii) 電算機故障時 個別의 數值制御工作機械로서 계속 稼動시킬 수 있다는 長點들이 있다.

*RTC: Real Time Controller



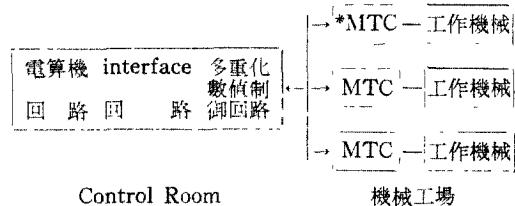
Control Room 機械工場

그림 4. FANUC·SYSTEM-K의 構成圖

(2) 專用形 (FANUC·SYSTEM-T)

이 System은 日本의 富士通에서 開發하여 昨年 가을 第五回 國際工作機械 박람회에서 시범가동된 것인데 使用者와 工作機械 供給業者는 사이의 要望事項이 充分히 반영되어 있는 System으로서 그 構成圖를 그림5에 제시한다.

*MTC: Machine Tool Controller



Control Room 機械工場

그림 5. FANUC·SYSTEM-T의 構成圖

그림에서 보는바와 같이 工作機械에는 Servo mechanism인 MTC (Machine Tool Controller)와 操作盤으로 構成된 簡單한 장치가 달려있고 數值制御回路는 時分割되어 多量화되어 制御室에 설치되어 있다. 따라서 專用形은 (i) 各工作機械에 부속되는 것이 Servo mechanism 뿐만으로 經濟的이며 (ii) 數值制御回路는 환경이 좋은 制御室에 集合되어 있기 때문에 故障의 우려가 적다는 등의 長點을 갖고 있다.

여기서 群管理裝置는 多重화된 數值制御回路와 電算機로 構成되어 있으며 그 擔當機能의 하나인 數值制御加工과정은 먼저 電算機의 Bulk memory에서 加工 data를 引出, 그 data는 多重化數值制御回路에 의거 pulse series로 變換되어 時分割方式에 따라 각 MTC에 轉送된다. 工作機械側에서는 操作盤을 使用하여 加工物에 關한 情報를 群管理裝置에 轉送한다. 群管理 System의 나머지 機能인 生產管理의 同時處理와 part program의 同時處理는 電算機가 數值制御加工을 為하여 사용되는 시간外의 時間을 利用하여 行한다.

FANUC·SYSTEM-T의 Software로써는 Schedule에 따라 加工 data를 bulk memory에서 引出하여 多重化數值制御回路에 보내는 役割을 하는 program, part program을 處理하기 위한 master program, 사용자가 담당하는 응용 program, 故障診斷 program, monitoring program등으로 구성된다.

FANUC·SYSTEM-T는 다시 小規模인 SYSTEM-T0와 大規模인 SYSTEM-T10로 나누어는데 이 중에서도 특히 후자는 System-K와 같이 具有의 數值制御加工機械와 On-line으로 結合可能하도록 되어 있으며 汎用電算機에 依한 生產管理도 가능하게 構成되어 있어서 그 機械工場이 屬해 있는 企業體의 EDPS를 담당하고 있는 大形電子計算機이 On-line이나 Off-line으로 結合시킬수가 있어서 안으로 機械工場의 電算機制御에 依한 完全自動化에 크게 기대되는 System이다.

5. Cement工業⁽²⁰⁾

Cement工場에 最初로 電算機가 亂치되 것은 1959년 나-수의 Riverside Cement Company에서 였고 그후 1960년 California Portland Cement Company에서 실천한 이래 70년대 初이 이프-에서는 Canada, Europe 및 日本은 合하여 수십대의 On-line 電算機가 Cement 生產工程을 제어하고 있다. 이와 같은 電算機導入의 根本目的은 他產業에서와 마찬가지로 積極적인 利潤의 增大에 있으며 그 實現方法으로 대략 다음과 같은 세 가지 工程에 電算機制御를 導入하여 最適化策略에 따라 生產品의 品質을 向上시키고 있다.

Cement의 品質은 使用한 原料와 製造工程如何에 따라서 決定된다. Rotary, Kiln에 供給하여 주는 재료의 CaO, SiO₂, Al₂O₃ 및 iron Oxide 등의 함유量 조절로 原料의 成分混合比를 조절하여 燃燒制御로 Kiln內에서의 여러가지 反應程度를 조절하여 生

產品의 主要特性에 영향을 미치는 Clinker의 主成分을 조절하고 Clinker의 grinding을 적절하게 제어함으로써 良質의 Cement를 生產하게 된다. 이와 같이 原料의 混合制御, Kiln內의 燃燒制御 및 Clinker의 grinding制御等 서가지 工程이 主로 Cement工業에서 電算機制御가 채용되고 있는 工程이며 이하 이들의 現況에 關하여 간단하게 살펴본다.

(1) 原料의 配合 제어

理想的인 原料配合比는 地方別 原料供給可能 基準에 따라 결정되며 이 比率로부터 약간의 오차가 있어도 Kiln內에서의 C₂S, C₃S, C₄A及 C₄AF의 生成比率이 크게 달라져 工程費用이 증가될 뿐만 아니라 Cement의 質에 크게 영향을 미친다. 地方에 따라서 3~5가지 주원료를 사용하는 경우도 있고 8~10가지 원료를 사용하는 경우도 있는데 고수한 경우에는 여타종류의 原料供給이 自由로운 地方도 있다. 이와 같이 여러가지 재료를 사용한 原料의 最適制御에 電算機가 사용된다. Riverside에 亂치된 最初의 電算機도 linear programming algorithm을 사용하여 採石의 最低價格 混合比率를 計算하는데 사용되었고 日本의 몇몇 Cement工場에서도 mill product를 주기적으로 분석한 다음 계산기는 4×4 matrix inversion algorithm을 사용 feeder Control을 조건하여 願하는 混合比率를 일정히 使用되고 있다. 이는 모두 Batch proportioning System이나 digital Control Computer에 依하여 계측적으로 亂す다 Blending 作業을 行하는 경우도 있다.

北半生灰工場은 On-line으로 分析하여 電算機 System의 亂치시켜주는 先へ Closed loop System은 開始한 것이 1963년에 積起된 Portland Cement Company의 것이었고 계산기와 더불어 X-Ray分光器를 사용하였다. 이와 같은 原料配合제어등은 電算機導入의 特長성은 그 地方에서 亂치되는 原料에 대로 어느程度의 願하는 混合比率를 얻을 수 있는가에 依하여 결정된다. 즉 Cement礫石이 充分하여 약간의 混合과정만으로 滿足스러운 混合比率를 갖는 原料를 손쉽게 얻을수있는 경우에는 價値의 亂치비와 운행경비를 수반하는 電算機의 導入이 不必要하게 된다. 現在 美國의 경우에는 全 Cement工場의 약 15~20%에서 原料配合에 電算機制御를 채택하고 있다.

(2) Rotary Kiln 운전

原料, 燃料 그리고 장비의 特性이 時間に 따라常時 變動하고 있기 때문에 Kiln의 運動變數들도 同時

變化無常하다. 이와 같이 豫測을 不許하는 工程에서의 完全한 운전제어는 사실상 어려우나 Kiln운전변수의 계속적인 조절로 最適運轉을 實現하고 있다. 이 最適運轉制御에는 工場이 치하여 있는 경우에 따라서 다음의 두 가지로 나눌수가 있는데 그 하나는 生產能力의 限界가 利得을 억제하고 있는 경우이고 또한가지 경우는 市場의 수요제한을 받고 있는 경우이다. 前者の 경우에는 工場의 生產増大가 後者の 경우에는 經濟的인 燃料소모가 最適運轉制御條件를 결정하게된다.

Kiln운전의 전신기제어에는 여러方法이 채택되고 있다. 運轉變數들을 記錄하고 制御연구를 目的으로 data를 収集하면서 "operator guide"를 제시하는 open-loop 제어로부터始作하여 収錄된 data의 分析과 制御理論의 活用으로 차차 closed-loop System으로 옮겨지 새로 겸실피는 공장의 電算機制御에서는 SCC보다도 DDC를 채용하는 경향이 있다. 이 DDC System에는 농장 Kiln에서의 原料을 반시간지연, 工程時定數, 주리적인 결정단계에 따르는 變數相關關係의 處理가 feedback 및 feedforward 形式으로 dynamic control algorithm에 포함시켜져 있다.

그리나 Kiln 운전에서 그 工程變數制御의 難點과 Kiln動作特性의 理解걸림으로 아직까지도 Cement Kiln운전제어에서 電算機는 그 最高의 能力を 發揮하고 있다고는 볼수없는 단계에 있다.

(3) Grinding 制御

Closed loop Grinding-operation에서는 mill, elevator 및 Separator이 1가지 上裝備가 使用된다. Grinding에 소모되는 功率는 電力에서 소모되는 大部分의 工場에서는 가능한 한 夜間電力を 利用한다. 더욱이 Grinding에 소모되는 電力의 約 10%정도만이 實際目的에 사용되는 實情이기 때문에 單位生產當 電力소모를 줄이기 위하여 grinding mill은 最大容量下에서 동작시켜야 한다.

Milling工程에서 제어되는 主要變數는 mill의 供給率과 分離機速度이다. 分離機의 Setting은 통상 手動으로 조절하기 때문에 grinding의 電算機制御는 主로 調定可能한 變數 即 mill, elevator 및 Separator의 소모전력과 温度를 monitoring하고 供給比를 조절하는 程度이다. 따라서 여러종류의 Control Algorithm이 채택되고는 있으나 比較的 간단하다.

이상에서 들은 세가지 工程에서 主로 電算機에 依한 공정제어를 도입하고 있으며 장차는 On-line成

分分析을 포함한 原料配合의 Closed-loop System과 On-line size distribution分析을 포함한 grinding operation에 電算機制御의 應用이 增大하게 될 것이며 특히 DDC化에 關心이 기우리길 것으로 기대된다. 工場과 會社全體의 有機的인 管理合理化를 위한 電算機制御 集中管理工場의 設計도 추진되고 있다.

IV. 結論

電算機에 依한 工程制御의 導入實態를 概觀하였다. 勿論 本文에 들은 產業分野以外에도 電力工業^(25,26), 製紙工業^(23,24), 上水道給水施設⁽²⁷⁾等 電算機에 依한 制御 System이 實用化되어相當한 進展을 보이고 있는 分野도 있다. 이와같은 "電算機制御"는 電算機가 이세상에 나오면서부터 論議되고 研究되어왔으나 實用化된 System으로서의 歷史는 짧다. 歷史가 짧다는 것은 發展의 餘地가 豐富하다는 만파도 통한다. 오늘날 鐵鋼產業에서 電算機제어가 不可缺의 要素로 된 인접 日本의 경우 10餘年前만 하더라도 鐵鋼產業에 計算機制御를 導入한다는 것은 不可能이라고主張하는 專門家들이 있었다는 點을 상기할때 今日의 不可能이나 어려운 工程에도 강차 전산기제어의 導入可能性이 充분히 豫見된다. 특히 電算機制御 System導入의 큰 장벽이 있든 電算機의 信賴度가 極히 向上되고 있으니 염가이면서도 그 性能이 우수한 minicomputer의 普及으로 商設置價格이 라는 장벽도 풀리기 시작하고 있다. 또한 上裝技術과 장비도 발전을 거듭하고 工程理解을 위한 data收集과 分析도 活潑하여 차가에 있어서는 全面 悲觀的이었던 障害가 하나씩 제거되어 가고 있는 단계에 있다.

展望과 餘地가 이정듯 밝으나 那를 經濟成長이 日益倍增하고 있는 우리나라에서도 많은 產業人, 技術者와 學徒들이 이 分野에 관심을 기울여 努力과 時間소모의 결정인 先進技術을 短時間內에 消化시키고 우리 實情에 맞는 技術開發을 서둘러야 할 것이다.

參考文獻

- PIKE, Jr. H. E., Process Control Software, pp. 87~97, Proceedings of the IEEE, Jan. 1970.

2. 上瀧政孝, 制御用計算機と利用の現状, pp. 10~16, AUTOMATION Vol. 15, No. 5 (1970)
3. JACKSON, S.P. and others, Minicomputers in process Industries, pp. 53~72, IEEE Transactions on Industrial Electronics and Control Instrumentation, May (1971)
4. 中尾勝永外, MELCOM 350—5. 制御用電子計算システム, pp. 1470~1479, 三菱電機技報 Nov. (1969)
5. 有田不二男外, フロセス制御用 コンハイラ CONFORM, pp. 213~220, 三菱電機技報 Feb. (1971)
6. KINDRED, J., Role of the Minicomputer Today and Tomorrow, pp. 22~24, Computers and automation, Dec. (1971)
7. LOPRESTI, P.V. and PATTON, T.N., An Approach to Minimum Cost Steel Rolling, pp. 23~30, Proceedings of the IEEE, Jan. (1970)
8. 野坂康作, 製鐵工業における計算機制御, pp. 17~24, Automation May (1970)
9. OHNARI, M. and Others, Experience in Installing a Computer Control System in a Hot Strip Mill, pp. 30~37, Proceedings of the IEEE, Jan (1970)
10. 鈴木輝義外, 住上製鐵(株) 名古屋製鐵所向け浮板延機計算機制御システム, pp. 1480~1485, 三菱電機技報 Nov. (1969)
11. 平本武紀外, 日新製鋼(株) 吳製鐵所における炉廬製鋼工程の計算機制御システム, pp. 1486~1490, 三菱電機技報 Nov. (1969)
12. FISCHBACH, H. and other, Computer Control of a Coke-Fired Vertical Lime Kiln, pp. 80~83, Siemens Review, Feb. (1971)
13. 小林正外, 計算機制御による高爐の操業, pp. 37~42, 金屬, Mar. (1964)
14. STENHOUS, J.F. and BOYD, D.F. Application of a Digital Computer to the Control and Direction of an Electric Furnace Melt Shop, pp. 93~97, Iron And Steel Engineer, Mar. (1971)
15. 野口浩作, 四中穂波, 石油精製工業における計算機制御, pp. 25~32, AUTOMATION, May (1970)
16. HIX, A.H., Status of Process Control Computers in the Chemical Industry, pp. 4~10, Proceedings of the IEEE Jan. (1970)
17. 大畠昭一, 関田忠也, 石油化學工業における計算機制御, pp. 33~37, AUTOMATION, May (1970)
18. 佐村哲也, 石油化學工業へのミニコンの導入, pp. 40~42, OHM Jul. (1971)
19. 山川信三, 化學工業における計算機制御, pp. 38~40, AUTOMATION May (1970)
20. KAISER, V.A., Computer Control in the Cement Industry, pp. 70~77, Proceedings of the IEEE, Jan. (1970)
21. 稲葉清右衛門, 機械工業における計算機制御, pp. 50~56, AUTOMATION May (1970)
22. MESNIAEFF, P.G., The Technical Ins and Outs of Computerized Numerical Control, pp. 65~84, Control Engineering, Mar. (1971)
23. BREWSTER, D.B., Computer Control in Pulp and Paper: 1961~1969, pp. 49~69, Proceedings of the IEEE, Jan. (1970)
24. 丹下義信, 製紙工業における計算機制御 pp. 45~49, AUTOMATION, May. (1970)
25. COHN, N. and others, On-Line Computer Applications in the Electric Power Industry, pp. 78~87, Proceedings of the IEEE, Jan (1970)
26. 花村泰助・橋本健治, 大力發電所 計算機制御の動向, pp. 1491~1494.
27. HATADA, H., NISHIJIMA, K., Computerized Control of Moniwa Water-Treatment Plant: pp. 5~11, Toshiba Review-international edition, Apr. (1971)
28. 한국은행조사부, 전기공업의 현황과 개발방향, pp. 364~371, (1970)