

# 最近NC技術의 現況과 展望

李 奉 珍\*

- 1. 序 言
- 2. NC 裝置
- 3. CNC
- 4. 驅 動 系
  - 4.1 驅動系의 制御

- 4.2 Servo Motor
- 4.3 Spindle Motor
- 5. NC Software
- 6. 結 言

## 1. 序 言

1952年, 美國에서 처음으로 NC(Numerical Control, 數值制御)가 開發이 되어서부터 30년이 되려고 하고있다. 그간 NC技術도 年年 비약적인 發展을 하였고 現在도 새로운 技術이 잇달아 展開되고 있다. 이것은 集積回路技術을 中心으로 한 電子技術과 그要因인 計算機技術의 發展이 機械工業側의 強力한 自動化에의 意慾에 잘 合致된 所産인것 같다. 특히, microprocessor의 出現과 普及은 從前의 NC裝置를 CNC(Computerized NC)化하기에 이르렀다. 오늘날, 生産되고있는 NC는 거의가 CNC라고 하여도 過言이 아닌 것 같다. NC가 hardwired였던 時代는 NC는 獨立된 個體로써 넓은 床面積을 占有하였으나 softwired된 CNC는 對象의 機械 本體에 機電一體의 組合을이루게 되었고, 따라서 mechatronics(機構와 電子)라는 새로운 用語마저 誕生케 하였다. 現在 이 NC工作機械와 産業로봇은 이 mechatronics技術의 代表的인 機械들이다.

NC機械는 一種의 自動機械라고 할 수 있는데 이 自動機械의 機能을 發揮시키는데 NC프로그램이라는 새로운 入力手段이 必要로함은 從前의 自動機械와는 다르다.

이 NC프로그램이라는 作業은 단지 機械의 運動을 記述하여 制御하던 從前 것과는 달라서, 幾何學的인 計算의에 加工技術的인 諸判斷, 諸決定을 必要로 한다 그리고 最近에는 이 諸決定도 컴퓨터를 活用하여 自動決定시키려는 試圖가 相當한 水準까지 와있다. 以下

技術과 NC의 裝着함을 前提로한 NC工作機械와 그 周邊技術의 動向을 紹介하기로 한다.

## 2. NC裝置

10年以內 NC裝置에 큰變革이 있었다면 hardwired NC서 부터 softwired CNC에의 移行을 들수가 있다. CNC의 本格的인 量産은 1976년부터라 하겠는데, 그以前에도 CNC는 存在하였다. Minicon과 core memory를 使用하였기 때문에 값이 너무비싸, 一部 特殊用에 使用되었었다.

1975年末 microprocessor를 使用한 control program, 즉 software를 收容하는데 ROM(Read Only Memory)를 使用한 CNC가 開發이 되었다. ROM은 core memory 보다 매우싸나 한번 read시키면 re-read(修正)이 許容되지 않으므로 software의 信賴性은 매우 높은 것이 라야 하였으나, ROM의 採用으로 NC의 性能을 增大할 수가 있었다.

1976年, NC專用 custom LSI가 開發되면서 이를 使用한 CNC가 出現하기에 이르렀는데, 이 custom LSI는 一般의 IC를 250個 내지 300個를 하나의 LSI에 收納할 수가 있었다. 따라서 NC工作機械의 制御에 있어서 가장 重要한 二大制御要素인 inter polation 및 position control用 專用 custom LSI가 出現하기에 이르러 從前 NC旋盤用 print板을 그림 1에서 보는 바와 같이 2個의 print板으로 收納할 수가 있었다. 現在는 IC 500個 以上 收容할 수 있는 大規模 custom LSI등을 使用하여 1個의 print板 CNC가 實用化가 되어 있다. 따라서 NC裝置에 必要한 部品個數도 一舉 數百分의 1로 줄어들어 NC system의 信賴性은 높아지고 NC system

\* 正會員 : 韓國科學技術院 · 精密機械技術 센터 擔當部長

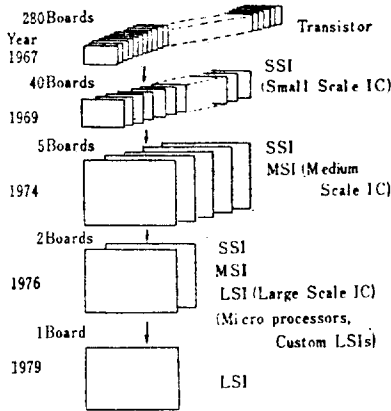
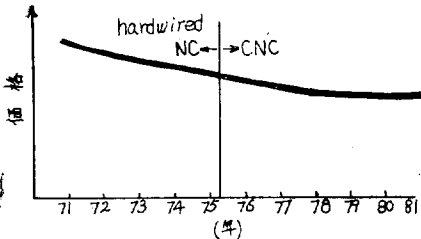
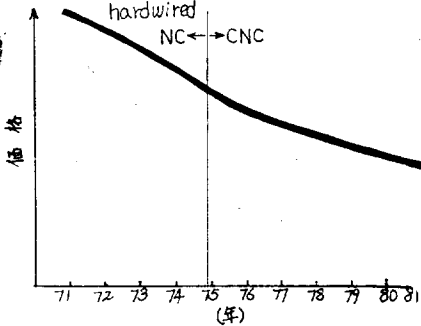


그림 1. NC裝置의 print板數의 推移(富士通 FANUC)



(a) 2軸旋盤用



(b) 3軸MC用

그림 2. NC system의 價格推移

의 값도 이 5年間 NC旋盤의 경우 20% machining center의 경우 30%가 값이 싸졌고 그傾向은 그림 2와 같이 年年 下降하는 傾向을 나타내고 있다.

1臺의 CNC에 使用되는 custom LSI의 種類도 增加하는 傾向에 있으며 將來는, CNC의 論理回路는 LSI의 集合體가 될 것이다.

CNC化에 따라서 NC에는 새로운 機能을 付與하게되

었다. 그하나는 tape記憶·編集機能이라 하겠다. 이렇기 위해서는 read write가 可能한 memory가 必要하였으며 當初는 dynamic RAM(Random Access Memory)가 使用되었었다. 그러나, 이것은 電源이 나가면 記憶內容도 消去되어서 電池를 使用하여도 2~3日 밖에 保持할 수가 없었다. 1976年 電力消費가 적은 CMOS RAM이 採用되므로 記憶保持도 1年으로 延長이 可能하게 되었다. 따라서 從來 option機能이든 tape記憶·編集機能의 裝着率도 急速히 增大해서 CNC의 memory 運轉이 一般化하게 되었다. 이어서 1979年 CMOS RAM代身 bubble memory를 標準으로 裝備한 CNC가 開行되었었다. bubble memory에는

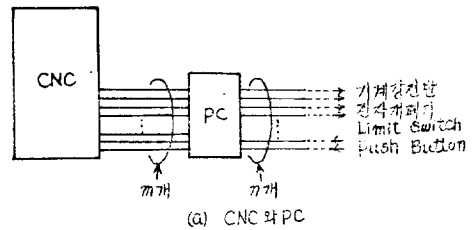
(1) 不揮性이며 電池가 必要하지 않다.

(2) 記憶密度가 높고, 小型大容量이며, tape길이 換算으로 1,280m까지의 容量收容이 可能하다.

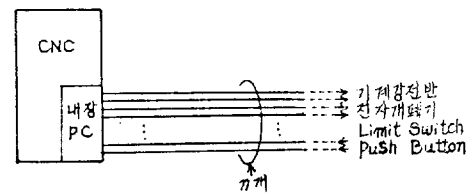
(3) memory는 密閉되어, 機械的 可動部가 없어 機械工場의 惡環境에도 信賴性이 높게 動作한다. 등의 長點이 있다. 이와같이 CNC의 登場으로 한때 普及이 期待됐던 DNC는 차위를 감추고 말았다.

從來 NC system의 信賴性은 故障頻度로 表現해서 約 0.1件/1月臺, 즉, 1臺當 平均約10個月에 1回의 故障이 있었는데, 이 bubble memory에 內藏된 CNC는 約 0.03件/1月臺, 즉, 約33個月에 1回의 故障頻度を 나타낸다고 한다.<sup>(1)</sup>

CNC化에 따라서, 強電 sequence機能인 machine interface도 包含되는 傾向이 一般的이다. 從前에는 이 部分은 relay로 構成이 됐었는데, PC(Programmable Controller)<sup>(2)</sup>의 臺頭로 점차 그림 3와 같이 PLC化가 進展되고 있다. 例를들면, 그림 3(a)에 表示하는 것과



(a) CNC와 PC



(b) PC를 내장한 CNC

그림 3.

같은 構成이 된다. 이 構成에서는 PC로써 (n+m)개의 入出力信號(n, m공히 각각 約 100개)를 必要로 한다. 만일, 이 PC機能을 CNC內에 包括하면 그림 3(b)와 같이 必要한 入出力信號數는 3개만으로 된다. 約 半으로 縮일 수 있는 利點이 있다는 것이다. 今後, CNC엔 PC 內容이 一般化될 것 같다.

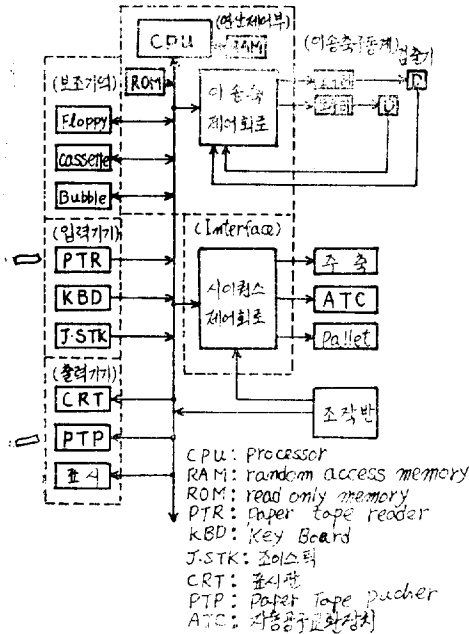


그림 4. NC의 構成例

### 3. CNC<sup>(3), (4)</sup>

지금까지 NC裝置의 側面에서 CNC를 記述하여 왔다. 이章에선 NC技術의 側面에서 CNC의 內容을 살펴보기로 한다.

그림 4는 CNC의 構成을 나타내고 있다.

NC의 主機能인 演算制御部에는 CPU가 있다.

주된 處理順序는 프로그램化되어서 ROM에 미리 익혀져 있다. NC프로그램의 入力媒體로선 從前의 punch tape가 많이 使用되고 있으나 直接 Key入力으로 memory속에 入力하는 方法이 많이 使用되고 있다.

補助記憶裝置를 갖춘 CNC에는 上述한 方法으로 入力된 NC프로그램은 그대로 補助 memory속에 保持된다(NC프로그램 記憶), 一旦記憶된 NC프로그램은 作業時에 必要에 應해서 read out되어서, 機械를 驅動시킬 수가 있으므로 이경우 일일이 paper tape를 使用할 必要가 없다(再生). 이와같이 해서 記憶된 프로그램을 修正하고싶을때, 個所를 read out해서, 削除, 變更, 追加등을 할 수가 있다(編集). 이리키 위해서, 演算制

표 1. CNC의 機能例

1. NC program關係
1) NC program format : ISO/EIA 併用
2) NC program의 記憶, 再生
3) NC program의 編輯
4) MDI
2. NC 處理機能關係
1) 各種補間方式
2) 絕對值方式/増分値方式併用
3) 座標原點設定
4) 座標軸回轉
5) mirror image
6) incl/metric切換(座標值, 移送速度)
7) 나사절삭機能
8) nose補正
9) 工具位置 offset
10) 工具徑補正
11) 周速一定制御
12) helical切削
3. cycle, macro 등
1) 各種固定 cycle(旋削: 荒, 端面切削, 模倣切削 仕上, 구멍加工, 外形 grooving, 나사切削, milling : 深穴加工, boring 등)
2) 自動cycle(形狀, 切削깊이, finishing여유→荒削 finishing經路)
3) user macro의 登錄
4) pattern
4. 各種周邊機器의 接續
1) CRT
2) keyboard
3) PTP
4) 조이스틱
5. DNC interface
6. 診斷機能
1) on-line(動作中)檢出
a) program error      b) 誤操作
2) off-line(test)
a) CPU      b) memory      c) interface
d) system, 기타

御部の 프로그램에, editor라 불리는 software system 이 포함되어 있어서, 이것을 呼出해서 實行시킬 수 있다.

演算制御部에는 NC의 動作에 관한 各種의 演算을, 그를 各種의 種類와 parameter에 의한 指定에 依據해서 주로 software가 處理를 하게 된다. 가령, 補間方式, 座標值의 表現(absolute方式 아니면 incremental方式, 工具補正, 用速一定制御 등이다. 또, NC프로그램의 簡單化를 도우기 위하여 各種 cycle과, work surface programming이라 稱할 수 있는 加工블록의 入力만으로 工具經路를 自動적으로 算出해서 驅動시키는 機能도 利用된다. 이것은 部分的인 自動決定이지만 主要한 加工技術決定이 行해진 後の routine作業性格의 計算을 省略하는데 有用하다. 이와같은 機能은 CNC旋盤에 있어서 發表되고 있다.

그리고 計算機用 記憶素子の 普及으로 digital記憶으로 形을 바꿈으로써 操作性이 좋아지므로 簡單한 作業등에 play back方案이 意外로 많이 採用되고 있다.

이와같이 CNC의 機能이 高等化됨에 따라 CNC의 hardware 및 software, 또는 프로그램에 있어서 論理的인 trouble이 發生했을 때 어떻게 對處하느냐는 重要한 問題가 있다. 말하자면 故障診斷인 것이다.

이와같은 問題에 對置하기 위한 것으로서 電話回線으로 該當의 CNC와 診斷센터의 컴퓨터와 結合해서, 센터에서 부터 test信號를 보내 應答을 分析하여, 故障箇所를 判斷하여 現場에 指示하는 것과 CNC의 内部의 board에 自己test用的 키를 설치하여, LED에 의한 表示出力으로 40狀態程度를 카버하여 狀態가 나쁜 board가 發見되면 그에 잘아바꾸는 등의 診斷方法이 있다. 표 1에 CNC의 諸機能을 정리하여 두기로 한다.

### 4. 驅 動 系

#### 4.1 驅動系の 制御

移送驅動系에 있어서는 stepping motor(pulse motor)를 actuator(操作 motor)로 使用한 open loop方式(位置 및 角度에 관한 feedback loop를 갖지않는 것)은 比較의 小型인 簡單한 것을 除하고는 使用되고 있지 않다. 工作機械등이 어떤程度以上の 精度와 出力을 必要로할 때엔, 直流motor를 actuator로하는 closed loop方式 또는 semiclosed loop方式이 主流가 되어 있다.

Semiclosed loop方式은 motor의 出力角에 관해서 servo系로 하는 것으로서 motor의 回轉角을 檢出하기 위하여 photoencoder, magneticencoder, resolver 등이 使用된다.

한편, closed loop方式에선 table와 工具의 移動量을 直接檢出하여 feedback하는 것으로서, 直動的인 phot-

oscale, magnetic scale인 檢出器로 使用된다.

主驅動에 있어서도, 現在 DC motor가 主流로 되어 있다. 그러나 DC motor의 큰 缺點은 brush에 있어, 出力 power가 큰 트란지스터가 登場하여 制御가 比較의 容易하다는 利點이 있는데도 不拘하고 AC motor에의 志向이 增大되고 있다.

#### 4.2 Servo Motor

1975年頃까지는 servo motor로써 電氣, 油壓兩쪽이 使用되었었다. 電氣油壓 pulse motor는 그 뛰어난 特性인 빠른 應答, 精度, smooth한 回轉등과 機械와의 結合의 容易性때문에 널리 利用이 되었으나 thyristor에 의한 電氣 motor의 制御性能의 向上과 더불어 1975年頃 부터 servo의 主流는 電氣 servo로 옮겨졌다.

電氣servo로서는, 界磁에 永久磁石을 使用하였다. 比較의 높은 inertia의 rotor를 가진 DC servo motor가 使用되었었다. 이것은 界磁에 永久磁石을 使用하면, 構造가 簡單하며 直徑을 작게 할 수가 있으며, 높은 inertia의 rotor로하면 機械의 負荷영향을 막을 수가 있으므로 安定한 servo系를 構成할 수가 있어서, 各種의 工作機械에의 적용이 容易하기 때문이다.

그러나 높은 inertia의 rotor로는 기민한 加減速을 하는데 大電流를 要하므로, 이것은 大容量의 thyristor가 開發되면서 問題는 解決되었었다. 이와같이해서 高 inertia의 DC servo motor가 一世를 風靡하기에 이르렀다.

1980年에 들어서면서, power transistor의 性能容量이 向上되어 transistor驅動的 DC servo motor가 出現하였다. thyristor보다도 制御性이 좋다. 즉, transistor면 chopping周波數를 1내지 3KHz로 할 수 있으므로, thyristor의 경우의 300Hz에 비해 한오-더 높일 수가 있어서, 應答性(response)이 向上된다. Thyristor의 경우, 周波數應答은 約 30Hz정도인데, transistor, 驅動에서는 100Hz以上の 것이 얻어진다. 따라서, 輪郭制御에 있어서 加工精度를 向上시킬 수가 있으며, 機械要素와의 共振할 우려도 없어진다. 回轉動作中の 振動成分이 적어, 보다미끄러운 切削面을 얻을 수가 있다. transistor에 의한 制御가 좋으므로, motor의 rotor inertia도 크게할 必要도 없고, transistor의 價格을 考慮하면 inertia를 다소줄여서 소위 medium inertia의 motor가 適當하게 된다. 當分間 이 medium inertia의 DC servo motor가 主流를 차지하리라 생각이 된다.

또 low inertia의 motor는 加速·減速의 頻도가 매우 激한分野, 가령 punch press와 print板의 drilling 機에 適當할 것이다.

이다음에 servo motor로 AC servo motor가 豫想이 되나 性能, 價格面에서 現在의 transistor驅動的의 med-

ium inertia의 DC servo motor를 凌駕하기는 아직 數年이 걸릴 것이라는 專門家의 見解이다.

4.3 Spindle Motor

汎用機의 時代부터, NC機가 만들어지게 되어도 當分간은 spindle 驅動에는 AC motor의 pale change gear change 등에 의한 變速機構를 併用한 것을 使用하는 것이 常識이 었다.

따라서 spindle는 段階的으로 밖에 變速을 시킬 수가 없었다. NC機에 있어서는 移送速度는 連續的으로 任意로 선택이 可能한데 비해 spindle는 段階的으로 밖에 선택이 되지 않으므로 最適切削速度가 얻기 어려우며, 따라서 周速一定制御로 할 수가 없어 可變速의 spindle motor가 要望됐었다. thyristor의 發達로 DC motor가 着目되어, 可變速의 DC spindle motor가 開發되었다. 1976年度 일이다.

當時는 高價였지만 加工率이 向上되므로 점차 普及이 되느니 半導體技術의 進步, 特殊한 補極의 發明, heat pipe를 rotor의 shaft에 介在시킨 冷却方式의 實用化 등으로 小形, 高能率이 比較的 값싼 DC spindle motor가 널리 普及이 되었다. 그런데, 알루미늄과 같은 輕合金의 切削에는, 6,000rpm 또는 8,000rpm과 같은 高速의 spindle motor가 要求되게 되었다. 이와 같은 要求에 대해서 DC spindle motor는 brush 등으로 인한 限界를 어쩔 수가 없어 AC spindle motor의 可變速에 대한 考慮가 再登場하게 되었다. AC spindle motor는 AC servo motor처럼 그 特性에 대한 要求도 엄하지 않고, 가령, 可變速度範圍를 보다라도 AC servo motor면 1:10,000以上の 速度比가 必要하지만, AC spindle motor이면 1:100정도 取할 수 있으면 一段 實用化에 기여 할 수가 있다. 그래도 低速領域에서의 torque變動이 크다는 缺點은 있었지만 이것은 vector制御方式과, 精密한 電流波形制御方式을 開發함으로 克服이 되어 AC spindle motor는 AC servo motor에 한발 앞서서 實用化가 되었다. 1981년부터 AC spindle motor는 急速度로 普及될 것이 豫想된다.

5. NC Software

끝으로 NC software를 簡略히 紹介하기로 한다. NC에 의한 生産性을 높이려면 우선 質 좋은 NC tape를 効率 좋게 提供할 수가 있어야 된다. 現狀으로는 두 가지 흐름이 있다(參照 그림 5).

그룹 A는 APT의 開發, 發達에 代表되듯이 大型 또는 中型컴퓨터를 써서 汎用性, 多軸加工 또는 大規模의 專用要求에 應하여 成長하고 그룹 B는 近數年에 와서 急速히 伸張되어 온 것으로서 NC tape自動作成 system이라 불리어 지는 것이다. 紙面事情上 여기서

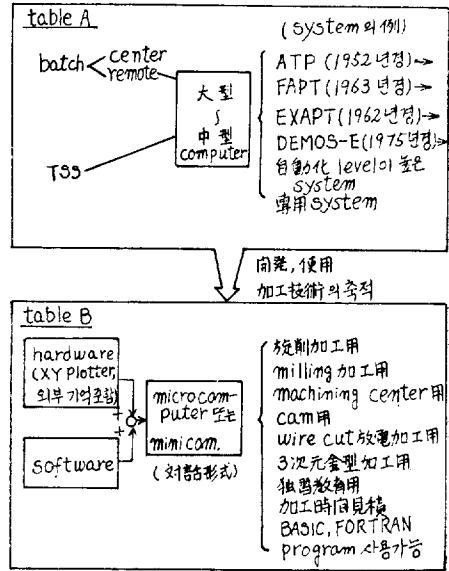


그림 5. NC software 2가지 흐름

이 原高를 매듭 지어야 했는데 다음 機會에 詳述하기로 한다.

6. 結 言

近年, 急速히 進展을 계속하고 있는 NC技術의 近況과 展望을 hardware와 software 兩面에서 대충 살펴 보았다.

NC技術은 CAD/CAM과 FMS와의 連關性이 더욱 密切 되어지는 傾向에 있는 것 같다.

앞으로 이것들과 關連해서 今後의 變貌가 있을 것 같다.

參 考 文 獻

- [1] 稻葉清右衛門; 最新のシステムの進歩, 日本精機學會, NC Vol. 47, No. 10, 1981.
- [2] 玄昌憲의 ; NC旋盤用 machine Interface의 PCL化에 관한 基礎研究 transactions of KSME, Vol. 5, No. 3, 1981.
- [3] 井上, 本多; NC技術의 現狀과 將來, 機械の研究, Vol. 33, No. 9, 1981.
- [4] FANUC編, FANUC CNC 3TD取扱說明書, 1981.
- [5] 龍江義孝; 工作機械의 機能と周邊技術, 機械と工具 Vol. 25, No. 8, 1981.8