'95 대한전기학회 하계학술대회 논문집(1995. 7. 20~22)

NC선반 2축 제어기의 개발 및 실증실험

이 우 석* 오 철 수
경북대학교 전기공학과

A development and test of NC lathe 2-axis controller

Woo-Suk Lee* Chul-Soo Oh
Dept. of Electrical Eng. Kyung-Pook Nat.Univ.

Abstract

This paper is dealing with development of H/W and S/W of Retro-Fit NC lathe controller.

Especially, S/W program is handling the tool nose radius compensation.

A test of S/W program execution in the developed H/W has been made and its result showed a reasonable application in real practice.

1. 서론

컴퓨터와 메카트로닉스 산업의 눈부신 발전에 힘입어 NC선반이 급속히 보급되고 있으며, 그 추세는 생산시스템은 다품종 소량생산체제로 변화하여, 필요한 때에 필요한 물건을 전략적으로 제조하는 시스템으로 구축되고 있다[1].

다품종 소량생산체제에 필수요소인 복합적인 생산시스템을 갖추고 있는 대기업은 다기능 NC 공작기계를 채택하고 있지만, 소품종 대량생산을 위주로 하는 중소기업에서는 다기능 NC공작기계를 도입하기에는 큰 재정적 부담이 있으며, 유압단능선반을 보유하고 있는 경우 단능선반에 다기능 NC공작기계를 도입하느냐 아니면 부분적인 NC화로 대체하느냐의 문제점에 봉착한다.

노후된 유압단능선반의 개체방안으로 이를 개조하여 그 주요 기계부는 그대로 활용하면서, 공구테이블의 구조를 미끄럼 구동방식으로부터 LM가이드를 이용한 정밀구동식으로 바꾸는 한편, 그 위치제어방식은 서보모타의 CNC제어방식으로 개체하는, 소위 Retro-Fit(합리적 개체하는 보수공사)가 최근 효율적인 설비투자방안으로 대두되고 있다.

국내에서 개발된 NC선반은 복잡/다기능이고 고가이므로, Retro-Fit용으로 적합하지 않고, 그 기술을 이에 도입함은 어려운 점이 많다.

일반적으로 NC선반 Controller는 I/O부, Memory부, 축제어부의 3부분으로 구성되어 있는데, 본 논문에서는 Retro-Fit용 NC선반 Controller의 XZ 축 제어부의 Hardware를 개발하고, 이것을 구동하기 위한 program과 공구의 인선반경에 의한 오차를 없에는 인선보정에 관한 program을 개발하여, 이의 Simulation을 통해 그 성능의 타당성을 검토하고자 한다.

2. 인선보정

실제 제품을 절삭할 때 그림1의 점 'P'를 기준으로 절삭을 함에 있어 점'P'를 '가상인선' 이라고 한다.

공구의 바이트 끝이 예리한 점이라고 가상할 때 P점을 기준으로 program하여야 하지만, 실제 바이트 끝은 등글게 되어 있기 때문에 Taper나 원호 절삭시에는 바이트 nose 'r'에 의한 절삭오차를 없에야 한다[2].

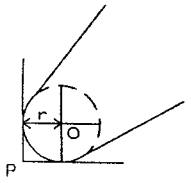


그림 1. 공구의 인선

인선보정의 program은 공구중심 'O'기준으로 할수도 있으나[3], 가상인선 'P'를 기준으로 하는 방법이 있으며[2], 본 논문에서는 가상인선 'P'를 기준으로 program하였다.

2-1. 시점과 종점의 계산

2-1-1. Line

시작점 A(X1,Z1)에서 종점 B(X2,Z2)까지 공구가 직선적 절삭경로를 따라갈 때, 공구의 위치는 인선보정에 따라, 표1로 나타나며 dx=X2-X1, dz=Z2-Z1이다. 이중 경우 2를 그림으로 나타내면 그림2와 같고 모재의 회전축 방향이 X이다.

표1. 직선운동의 시점과 종점에서의 공구위치

		시 점	종 점
경우 1	dx>0, dz>0	X1-△x ,Z1	X2 ,Z2+△z
경우 2	dx<0, dz>0	X1 ,Z1-△z	X2-△x ,Z2
경우 3	dx<0, dz<0	X1 ,Z1+△z	X2-△x ,Z2
경우 4	dx>0, dz<0	X1-△x ,Z1	X2 ,Z2-△z

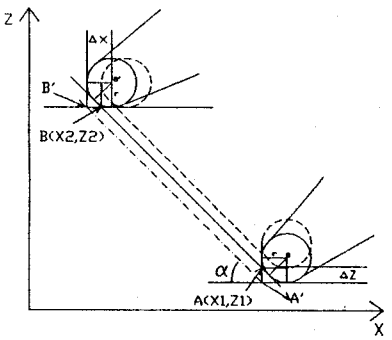


그림 2. 직선의 인선보정 (경우 2의 예)

---------- 인선보정을 하지 않은 경우의 절삭경로
———————— 인선보정을 한 경우의 실제절삭경로
- - - - - - - - - - 인선보정을 한 경우의 가상인선의 경로

A, B점은 실제 절삭경로인데, 이 점과 인선보정 Program한 A', B'와의 편차를 △x, △z라 했을 때, 이와 경로의 기울기 α와의 관계식은 다음과 같다[2].

$$\alpha=\tan^{-1}\left(\frac{Z2-Z1}{X1-X2}\right) \quad (1)$$

$$\triangle x=r\left(1-\tan\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2)$$

$$\triangle z=r\left(1-\tan\frac{90-\alpha}{2}\right) \quad (3)$$

2-1-2. Circle

인선보정을 하지 않고 원을 절삭할 경우, 가상인선을 기준으로 program이 작성되므로 실제가공은 공구반경 r에 의해서 R-r의 반경의 절삭이 이루어지고, 이는 도면상의 원(반경 R)보다 볼록한 원이 되어 원하는 절삭선을 얻을 수 없기 때문이다.

그림 3은 인선보정을 한 볼록한 원을 절삭하는 경우인데, 가공하는 선위의 점이 아닌 인선보정 Program에 의한 시작점 A', 종점 B'를 주는 예시이다. 원 절삭경로 A(X1,Z1), B(X2,Z2)에서 새로운 A', B'는 표 2에서 얻어진다.

공구를 기준으로 볼록한 원을 절삭할 경우 Program에 의한 원의 반경은 R+r이고, 오목한 원의 경우 R-r이다[2][4].

그림3은 표2, 경우 2의 예시이다.

표 2. 원(CCW)의 시점과 종점에서의 공구위치

		시 점	종 점
경우1	dx>0,	X1-r(1-sinα)	X2-r(1-sinβ)
	dz>0	Z1+r(1-cosα)	Z2+r(1-cosβ)
경우2	dx<0,	X1-r(1-sinα)	X2-r(1-sinβ)
	dz>0	Z1-r(1+cosα)	Z2-r(1+cosβ)
경우3	dx<0,	X1-r(1-sinα)	X2-r(1-sinβ)
	dz<0	Z1+r(1+cosα)	Z2+r(1+cosβ)
경우4	dx>0,	X1-r(1-sinα)	X2-r(1-sinβ)
	dz<0	Z1-r(1-cosα)	Z2-r(1-cosβ)

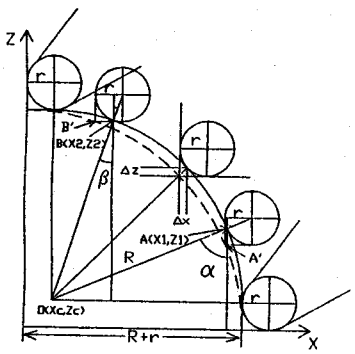


그림3. 원(CCW)의 인선보정(표2 경우2의 예)

———— 가공하는 원호

---------- program 된 원호(가상인선 경로)

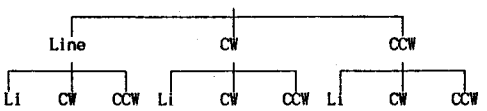
A, B 점은 실제 절삭경로인데, 이 점과 인선보정 Program한 A', B'의 편차는 모재와 공구가 접촉하는 각도 α, β에 의해 결정되고 다음과 같이 나타난다.

$$\alpha=\cos^{-1}\left(\frac{Zc-Z1}{R}\right) \quad (4)$$

$$\beta=\cos^{-1}\left(\frac{Zc-Z2}{R}\right) \quad (5)$$

2-2. 중간점의 계산

시작점 A에서 중간점 B를 거쳐 종점 C까지의 절삭경로를 주었을 때 중간점 B의 값은 아래와 같이 9가지 경우로 나누어 계산할 수 있다[3].



중간점 B에서의 가상인선점과 실제절삭점과의 차이 Δx, Δz의 식은 아래와 같고[2], 이 값은 경우 1, 2, 3일때 기울기 α1, α2에 의해 결정되며 표 3과 같다[3].

$$\triangle x=r\left(1-\frac{\sin\left(\frac{\alpha2+\alpha1}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\alpha2-\alpha1}{2}\right)}\right) \quad (6)$$

$$\triangle z=r\left(1-\frac{\cos\left(\frac{\alpha2+\alpha1}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\alpha2-\alpha1}{2}\right)}\right) \quad (7)$$

표3. 경로 기울기 α1, α2의 계산식

		α1	α2
경우 1	Line-Line	$\tan^{-1}\left(\frac{Z2-Z1}{X1-X2}\right)$	$\tan^{-1}\left(\frac{Z3-Z2}{X2-X3}\right)$
경우 2	Line-CW	$\tan^{-1}\left(\frac{Z2-Z1}{X1-X2}\right)$	$\tan^{-1}\left(\frac{Xc'-X2}{Zc'-Z2}\right)$
경우 3	Line-CCW	$\tan^{-1}\left(\frac{Z2-Z1}{X1-X2}\right)$	$\tan^{-1}\left(\frac{X2-Xc'}{Z2-Zc'}\right)$

주: 1) α1, α2 의 식에서 분모가 0일 경우에는 α1과 α2를 90° 로 setting 한다.

2) Xc', Zc' 는 B에서 C로 가는 원의 중심점이다.

경우 1, 2, 3을 그림으로 예시하면 그림 4, 5, 6과 같다.

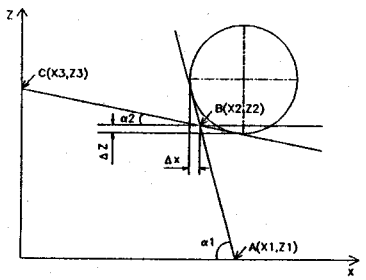


그림 4. 직선과 직선사이의 인선보정

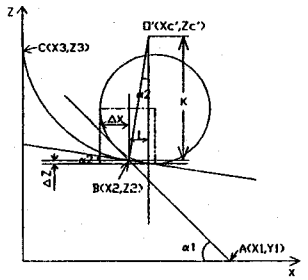


그림 5. 직선과 원(CW)사이의 인선보정

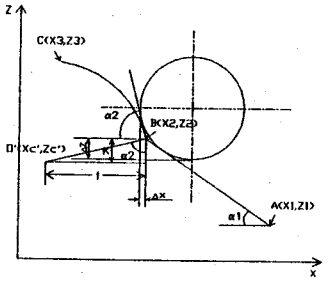


그림 6. 직선과 원(CCW)사이의 인선보정

3. Software 개발

G Code Sorting에 의해 인선보정 수행여부를 결정하고, 인선보정을 한다면 인선보정 Program에 의해 새로운 좌표와 반경을 구하고, 그 값에 의해 보간동작을 수행하도록 한다.

Software의 전체 Flow Chart는 그림7과 같다.

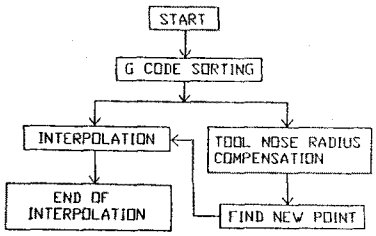


그림 7. Software의 전체 흐름도

4. Hardware 설계

Retro-Fit NC Controller 축제어기의 구성도는 그림8과 같다.

CPU는 16bit microprocessor인 68000을 사용하였다.

RCL3701을 통해 X, Z축 보간동작을 수행하도록 하였으며 속도제어는 FGC210에 의해서 이루어진다.

MPG(Manual Pulse Generator)에 의한 미세한 수동보간 동작은 MC3486을 통해서 PCC120에서 Pulse Count를 하고 이 신호를 RCL3701에 보냄으로 해서 이루어진다.

또한 MC3486은 Servo Motor의 Feed Pulse를 PCC120에 보내어 RCL3701에서 나온 Pulse와 비교하여 오차 발생시 Interrupt 신호를 68000에 보냄으로 해서 오동작을 방지한다. RCL3701을 2개 사용하여 명령과 명령사이의 spline이 최적의 상태가 되도록 하였다.

Dry Run 동작은 RCL3701의 보간 pulse 출력을 PAL에서의 program에 의해 Servo Pack으로 보내지 않고 PCC120에 보내어, PC 화면상에서 설계된 절삭경로를 볼 수 있도록 하였다.

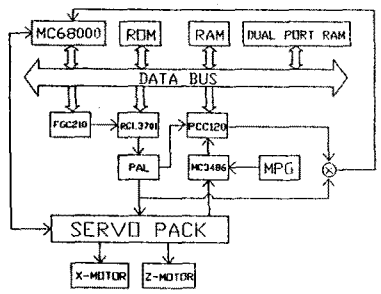


그림 8. Hardware 구성도

- 주요 IC 설명
  1) FGC 210 : 속도제어에 사용한 주파수발생 LSI
  2) RCL 3701 : 보간 pulse 출력을 발생하는 함수발생용 LSI
  3) PCC 120 : programmable pulse counter용 LSI
  4) MC 3486 : 4개의 Outputs을 가진 Line Receiver

5. Simulation

Simulation에 사용된 Servo Motor와 Servo Pack의 사양은 아래와 같다.

- Servo Motor : SGM-4A314 (YASKAWA 전기), 400 W, 3000 rpm
- Servo Pack : SGD-04AP (YASKAWA 전기)
  Input : AC 200-230 V, 50/60 Hz, 1 Phase 6.0 Amps
  Output : 0-230 VMAX, 400 W, 2.6 Amps

Simulation한 결과를 표 4에 나타내었는데, 공구반경을 5mm와 10mm로 가정하였을때, 절삭도면에 따른 좌표 A, B, C, D와 인선보정 program에 의해 새로이 주어진 좌표의 대비가 나타나 있다.

Servo Motor를 구동하는 보간 pulse 출력을 PCC120에서 count하여 PC화면상에 나타내어 인선보정이 이루어졌음을 그림9(공구반경 5mm)에 나타내었다.

표4. Simulation에 사용한 점의 좌표 단위 [mm]

		A(X1,Z1)	B(X2,Z2)	C(X3,Z3)	D(X4,Z4)
절삭도면에 따른 좌표		60, 10	50, 40	30, 60	10, 70
인선보정으로 구한 좌표	r=5 인경우	60	48.925747	29.467209	5.408318
		5.811388	39.034149	57.498100	69.983299
	r=10 인경우	60	47.851494	28.934412	0.816636
		1.622777	38.068295	54.996197	69.966599

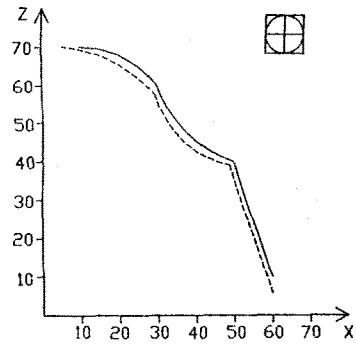


그림 9. 인선보정에 의한 복합 공구경로 (r=5인 경우)
---------- 가상인선 경로(program 경로)
———— 실제절삭 경로

6. 결론

본 논문에서는 Retro-Fit용 NC선반의 축제어부를 구성하였으며, 인선보정 program을 이에 적용하여 공구의 인선반경에 의한 절삭오차를 없앨 수 있었다.

기존의 범용선반에 축제어기를 연결하여 사용할 수 있는 가능성을 제시하였으며, 이의 효능성이 있음을 실험을 통해 얻었다.

7. 참고문헌

[1] 大木 敏行 "Flexible 생산시스템의 納入事例", 93 NC공작기계 기술세미나, 1993

[2] 정진식, CNC 선반, 성안당, 1994

[3] 송화용, "마이크로컴퓨터를 이용한 NC선반에서의 인선반경보정을 위한 소프트웨어의 개발에 관한 연구", 한양대학원, 1985

[4] James V. Valentino and Joseph Goldenberg, Introduction to Computer Numerical Control, Regents/Prentice Hall, 1993

[5] Alan Clements, μ-process System Design (68000 hardware, software, And Interfacing), Pws-Kent Publishing Company, 1992