PLC 위치결정 UNIT 에 의한 가감속 제어 및 원호보간에 관한연구

김 석우, °김 준식, 유 종선, 안 재봉
금 성 산 전 연 구 소

A study on acceleration / deceleration control and circular interpolation using PLC position control unit

S.W. KIM, °J.S. Kim, J.S. YOO, J.B. ANN
GOLDSTAR INDUSTRIAL SYSTEMS CO., LTD. R&D LAB

Abstract

The acceleration/deceleration control method and interpolated operating are essential to the servo motor control system.
In a few years ago, a floating point DSP chip was used for the purpose of processing a lot of calculated amount.
But in this paper, we proposed new acceleration/deceleration control method and circular interpolation algorithm without another floating point DSP chip.
The validity of proposed algorithms are verified through computer simulation and experimental result.

1. 서론

최근의 PLC (Programmable Logic Controller) 는 고도화된 FA, CIM(Computer Integrated Manufacturing)에의 대응, 기계의 메카트로닉스화에의 대응등과 같은 고도의 제어 시스템을 구축할 수 있는 능력이 요구되고 있으며, 따라서 다양한 특수 UNIT 가 이러한 요구에 부응하여 PLC 의 시스템적 기능을 향상시키고 있다.
위치결정 UNIT 는 이러한 PLC 의 특수 UNIT 중 하나로서 각종 Servo 및 Step Motor 의 정밀한 위치제어에 적용되고 있으며, 조립용 X-Y 로보트, Lifter, 연삭기, 컨베이어 등 다양한 응용범위를 가지고 있다.
서보 모터를 구동시켜 정밀한 위치결정을 하기 위해서는 먼저 운전의 궤적 데이타를 생성하고 이 데이타에 의해 제어하게 되는데 서보 모터 및 시스템의 안정화와 복잡한 형상의 고속 가공 따위를 필요로 하는 운전에서는 가감속 제어 및 보간운전이 필수적 요소가 된다.
본 논문에서는 범용의 마이크로 콘트롤러를 이용하여, 종래의 가감속 제어 및 원호보간 운전시 문제되는 많은 연산량의 알고리즘을 재설계하여 별도의 연산전용 chip 을 사용하지 않고 구현하였으며, computer simulation 및 실험을 통하여 본 알고리즘의 유용성을 보이고자 한다.

2. 가감속 제어를 위한 spline 알고리즘

3차 함수를 표현하는 spline 알고리즘은 4개의 기지 계수를 가지고 미지 계수를 계산하여 4 점사이의 곡선을 구성하도록 한다.
3차 다항식의 curve segment Q(t) 는 다음과 같은 형태를 취하게 된다.

$$Q(t) = [\, x(t), y(t), z(t) \,]$$

$$\begin{aligned} x(t) &= a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x \\ y(t) &= a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y \\ z(t) &= a_z t^3 + b_z t^2 + c_z t + d_z \end{aligned} \qquad \text{------ (1)}$$

이를 matrix form 으로 표현하면

$$Q(t) = T \cdot C$$
$$C = M \cdot G$$

단, M : 4 x 4 basic matrix
G : geometry vector (4 요소 열 vector)

$$Q(t) = [\, x(t), y(t), z(t) \,] = [\, t^3 \; t^2 \; t \; 1 \,] \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ G_4 \end{bmatrix}$$

------ (2)

spline 알고리즘에는 Hermite, Bezier, B-spline, β-spline 등이 있는데 이들중 Bezier 알고리즘을 사용해서 가감속 패턴중 지수함수 및 S 자 가감속 패턴을 구성하고 이로부터 궤적 데이타를 생성한다.

Bezier curve

convex hull

정의 : $A = \{P \mid P = \sum_{i=1}^{n} t_i P_i,\ t_i \geq 0,\ i = 0 \sim n,\ \sum_{i=1}^{n} t_i = 1\}$

집합 A 를 점 $P_1, P_2, \cdots, P_n$ 에 대한 convex hull

유형>

2 점의 경우
$A = \{P \mid P = s \cdot P_1 + t \cdot P_2\}$
convex hull : $(s + t) = 1$

3 점의 경우

$A = \{P | P = s^2 \cdot P_1 + 2st \cdot P_2 + t^2 \cdot P_3\}$

convex hull : $(s + t)^2 = s^2 + 2st + t^2 = 1$

4 점의 경우

$A = \{P | P = s^3 \cdot P_1 + 3s^2t \cdot P_2 + 3st^2 \cdot P_3 + t^3 \cdot P_4\}$

convex hull : $(s + t)^3 = s^3 + 3s^2t + 3st^2 + t^3 = 1$

Bezier curve 는 주어진 4 점에 대한 curve 이므로, 4 점의 경우의 convex hull 을 이용하면,

$A = \{P | P = s^3 \cdot P_1 + 3s^2t \cdot P_2 + 3st^2 \cdot P_3 + t^3 \cdot P_4\}$

$s + t = 1$ 이므로, $s = 1 - t$

$A = (1-t)^3 \cdot P_1 + 3(1-t)^2t \cdot P_2 + 3(1-t)t^2 \cdot P_3 + t^3 \cdot P_4$

$$Q(t) = [\, x(t), y(t) \,] = [\, t^3 \; t^2 \; t \; 1 \,] \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}$$

------ (3)

3. S 자 및 지수함수 가감속 패턴구성 방법

주어진 목표속도로 부터 S 자 및 지수함수 가감속 패턴에 필요한 4 개의 속도 point 를 구하여 식(3) 의 matrix 계산에 의해 각 샘플링 에서의 속도를 계산한다.

$t = count / t_{acc}$ or t_{dec}

count : 매 샘플링 스탭

$t_{ay} = -1 \cdot P_1 + 3 \cdot P_2 - 3 \cdot P_3 + P_4$

$t_{by} = 3 \cdot P_1 - 6 \cdot P_2 + 3 \cdot P_3$ ------ (4)

$t_{cy} = -3 \cdot P_1 + 3 \cdot P_2$

속도 $= (((t_{ay} \cdot t) + t_{by}) \cdot t + t_{cy}) \cdot t + P_1$

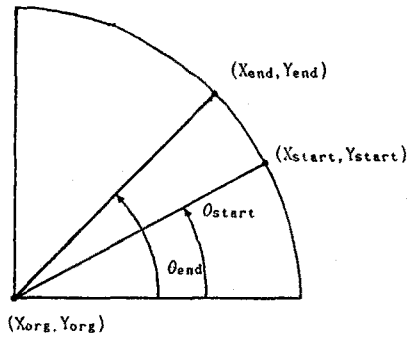
------ (5)

4. 원호보간 알고리즘

공작기계의 곡선면 가공이나 산업용 로보트의 장애물 회피등을 위해 원호보간을 사용하게 되는데 본 논문에서는 사용자가 원하는 원호궤적상에서 X,Y 축의 시작점과 끝점이 주어지고 중심점이 주어지면 원호보간기에 의해 X,Y 축 각각에 대해 매 샘플링마다 출력될 펄스량을 만들어 출력시킴으로써 원호보간운전을 하게된다.

반시계 방향으로 원호보간운전을 할 경우 다음과 같은 순으로 처리한다.

① 주어진 시작점 (X_{start}, Y_{start}), 끝점 (X_{end}, Y_{end}) 및 중심점 (X_{org}, Y_{org}) 으로 부터 원호상의 이동거리를 구한다.



$$\text{시작점의 라디안 값} = \frac{Y_{start} - Y_{org}}{X_{start} - X_{org}} \quad \text{------ (6)}$$

$$\text{끝점의 라디안 값} = \frac{Y_{end} - Y_{org}}{X_{end} - X_{org}} \quad \text{------ (7)}$$

$$\text{반지름 } R = \sqrt{(X_{end} - X_{org})^2 + (Y_{end} - Y_{org})^2} \quad \text{------ (8)}$$

원호상의이동거리 = (시작점 라디안 값 - 끝점 라디안 값) x 반지름

②계산된 시작점의 라디안 값으로 부터 시작점의 각도를 구한다.
시작점의 각도 = 시작점의 라디안 값 x 180 / π

③계산된 이동거리를 가지고 가감속 사다리 패턴을 만든다.
(합성 속도)

④X,Y축의 위치를 계산한다.

$X = X_{org} + R \cos \theta$

$Y = Y_{org} + R \sin \theta$

$\theta = \theta_{start} \pm \theta_{step}$ (+ : CCW , - : CW)

------ (9)

$\theta_{step} = (PULSE_AMOUNT[k] / R \times 180) / \pi$

PULSE_AMOUNT[k] : 각 샘플링 마다 출력될 펄스량

k = 1 ~ n (샘플링 스탭)

⑤실제로 출력될 펄스량을 계산한다.

$X_{out} = X_i - X_{i-1}$

$Y_{out} = Y_i - Y_{i-1}$ ------ (10)

⑥끝점처리 루틴을 수행한다.

5. 실험장치 구성 및 결과

5 - 1. 실험장치 구성

최대 점수 1024점인 금성계전 PLC Master K-1000 을 이용하여, 자체개발한 아날로그 출력 형 2축 (동기운전시 최대 8축)위치 결정 UNIT 로 실험하였으며, 전체 실험장치의 구성은 그림 1. 과 같다.

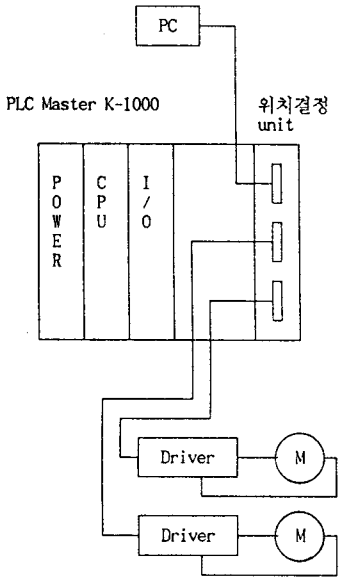


그림 1. 실험장치 구성도.

대상 Driver 는 일본 Mitsubishi 의 MELSERVO-SA 을 사용하였으며, 대상 Motor 는 3 상 AC Servo 로 사양은 표 1. 과 같다.

정 격 출 력	200 W
정격회전수	2000 RPM
엔 코 더	3000 P/R
정 격 토 크	9.8 Kg·Cm
J	0.002 Kg·Cm·S^2
GD^2	7.84 Kg·Cm^2

표 1. 모타 사양

5 - 2. 실험 결과

그림 2.는 S 자 및 지수함수 가감속 패턴의 computer simulation 결과 이며, 그림 3. 은 오실로스코프로 측정한 가감속 패턴의 결과 이다.
그림 4.는 원호보간의 computer simulation 결과이고, 그림 5.는 오실로스코프로 측정한 결과이며, 그림 6.은 실제 모타의 출력을 PC 로 Upload 하여 나타낸 결과이다.

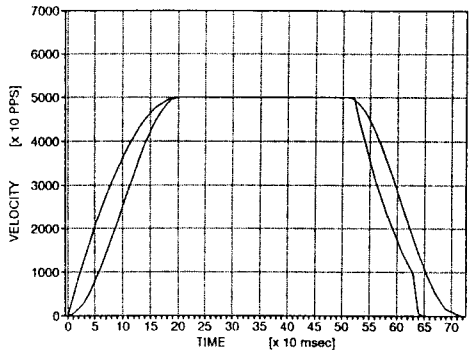
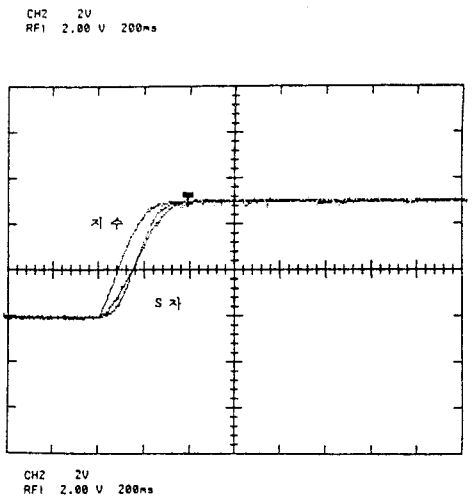


그림 2. computer simulation 에 의한 가감속 패턴



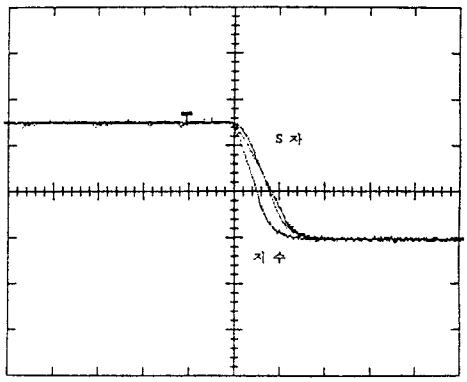


그림 3. 오실로스코프로 측정한 가감속 패턴.

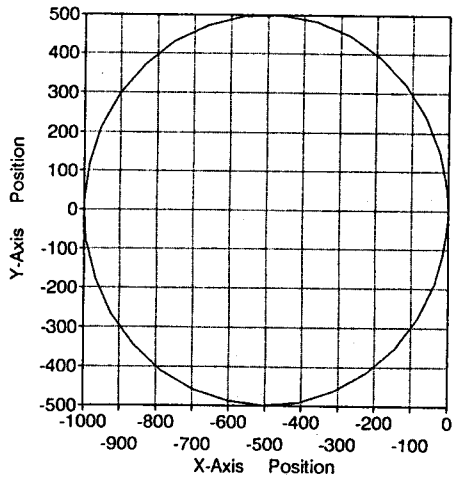


그림 4. computer simulation 에 의한 원호보간의 X-Y 의 위치 궤적.

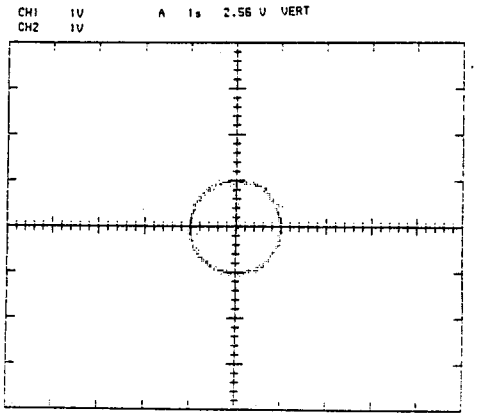


그림 5. 오실로스코프로 측정한 원호보간의 X-Y 의 위치 궤적.

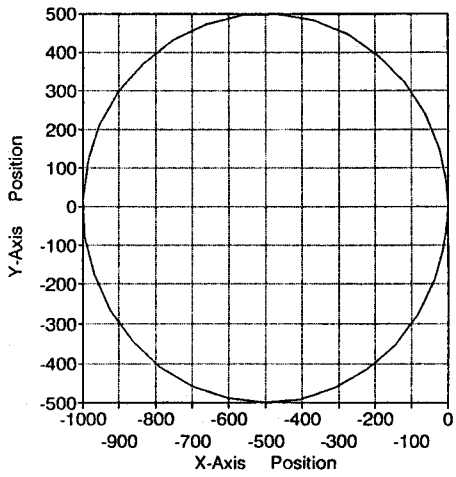


그림 6. 실제 모타 출력 X-Y 의 위치 궤적.

6. 결론

본 논문에서는 서보 모터 시스템에서 필수적으로 요구되는 가감속 제어방법과 원호보간 알고리즘을 별도의 연산 chip 을 사용하지않고 구현함으로써 비용절감을 피하였으며 제안한 가감속 알고리즘과 원호보간 알고리즘을 실현하기위해 PLC 위치결정 UNIT 를 설계하였고, 이 UNIT 의 성능시험을 위해 일본 Mitsubishi Driver 및 Motor를 사용하여 알고리즘의 타당성을 실험하였다.
앞으로 오차를 최소화하기 위해 알고리즘을 보완하여 제어성능을 향상시키고 빠른속도의 연산을 위한 최적화된 알고리즘의 개발이 요구된다.

참고문헌

1) Y.Koren, "Computer control of Manufacturing systems", McGraw-hill inc.,1988.
2) Foley,Van Dam,Feiner,Hughes, "Computer graphics : principles and practice ", Addison-Wesley inc.,1990.