

착유로봇을 위한 직교매니플레이터 개발

The Robotic Cartesian Manipulator for Cow Milking System

김 옹* 이대원* 김현대* 김동우* 최동윤** 한정대** 권두중**
정회원 정회원 정회원 정회원

W. Kim D.W.Lee H.T.Kim D.W.Kim D.Y.Choi J.D.Han D.J.Gun

1. 서론

우리의 낙농은 주로 가족 구성원만으로 이루어진 가족경영형태를 띠고 있으며, 사육규모는 점차적으로 대규모화되고 있는 실정이다. 이로 인해 필요노동력은 급속도로 증가하지만 사람들의 3D기피현상과 현실적으로 고용인을 두기 어려움으로 인해 노동력부족은 심각한 상황에 이르렀으며 이런 현상은 앞으로도 계속 될 것이라 생각한다.

현재 세계의 낙농은 유럽의 선진 낙농국가를 주축으로 여러 분야에서 자동화를 통해 발전하고 있다. 특히 낙농에서 노동력의 50%이상을 차지하고 있으며, 낙농가에게는 여가시간의 구속이라는 문제를 안고 있는 착유부분은 세계 여러 나라에서 자동착유시스템을 개발·완료하여 시판중이며, 현재 우리나라 공급가는 2억여원에 달하여 우리나라 농가에게는 사실상 적용이 불가능한 상황이다.

우리나라 또한 세계화에 발맞추어 농업 여러 분야에서 자동화가 빠르게 진행되고 있다. 낙농분야도 현재 여러 곳에서 자동화등 기술 집약적 농업을 이루기 위해 힘쓰고 있으나, 기술 수준은 아직 선진국에 비하여 미비한 실정이다.

본 연구는 기술 집약적 낙농업의 발전과 노동력 절감, 착유시설의 국산화를 통한 농가 시설비 절감을 위해 수행되었으며, 이를 위해 대상체인 소를 실측하여 이를 기초로 착유자동화시스템의 기초가 되는 로봇착유기의 기본시스템인 직교형 매니플레이터(manipulator)를 개발하였다. 실제 현장적용을 위해 축산기술연구소 소재 유우사의 소를 대상으로 실측한 치수를 기초로 하여 시스템을 설계하였으며, 시작기2호의 견고성을 좀더 보완하여 제작하였다.

2. 재료 및 방법

(1) 매니플레이터

본 연구의 매니플레이터는 실제 현장적용을 위해 축산기술연구소 소재 유우사의 소를 대상으로 실측한 치수와 시작기 2호를 기초로 하여 직교좌표형 매니플레이터시스템을 설계·제작하였다. 매니플레이터의 구동은 삼성전자의 서보모터와 드라이버를 사용하여 제작되었

* 성균관대학교 생물기전공학과

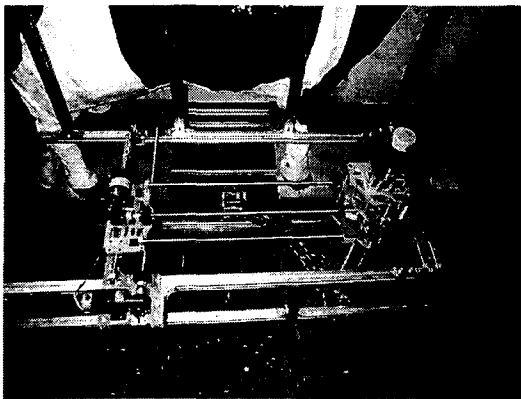
** 농촌진흥청 축산기술연구소

다. 각 축의 동력전달은 지름(Φ) 20mm, 리드간격이 5mm인 스크류를 사용하였으며, 스크류와 모터의 연결은 설계·제작 시 발생할 수 있는 편심과 편각을 어느 정도 수용할 수 있는 DISK형 커플링을 사용하여 연결하였다.

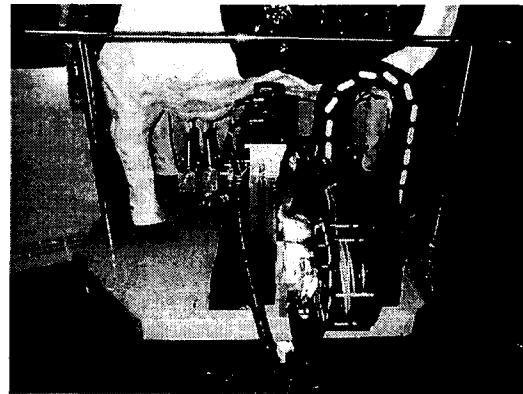
x축 최대이송거리는 700mm이며, y축은 유두의 위치를 고려하여 최대이송거리가 240mm, z축의 최대이송거리는 300mm로 하였다. Fig. 1은 본 연구에서 설계된 매니플레이터의 실제 제작된 그림이다.

Table 1. Specification of Servo motor and Drive.

Type Axis	Servo Motor				Drive
	Model No.	Rated Output (kw)	Rated Rev. (rpm)	Const. Torque (N · m)	
X	CSMZ-08B	0.75	3000	2.4	CSDJ-1kw
Y	CSMD-10B	1	2000	4.8	CSDJ-1kw
Z	CSMZ-04B	0.4	3000	1.3	CSDJ-400w



(a)

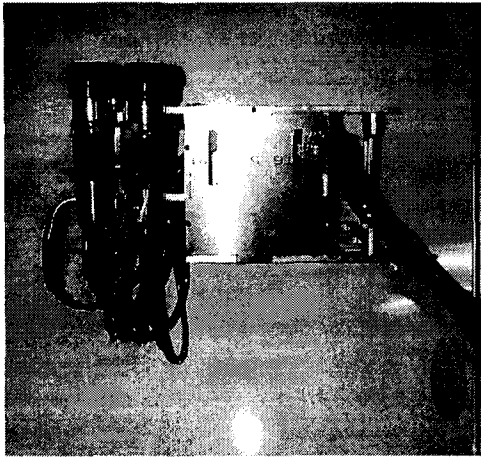


(b)

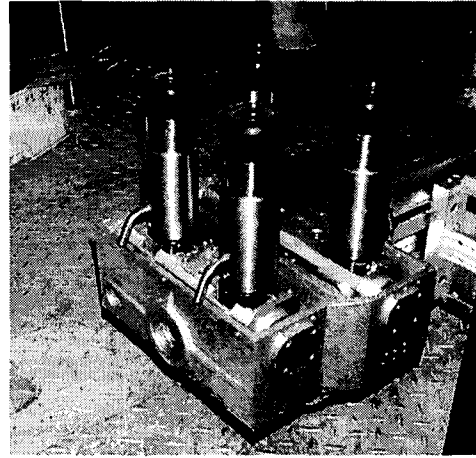
Fig. 1 Picture of the manipulator. (a) old, (b) new

(2) 착유컵 착탈시스템

착유컵 착탈시스템은 4개의 착유컵을 동시 장착할 수 있게 구상하였다. 기구적 구성은 소의 유두위치가 보통 좌·우 대칭이라는 점을 감안하여 설계하였으며, 앞쪽유두사이의 간격을 조절하는 축과 뒤쪽유두사이의 간격을 조절하는 축, 앞·뒤 사이의 간격을 조절하는 축으로 구성하였다. 각 축의 구동은 웜기어를 사용하여 시스템의 중심축을 기준으로 동시에 조절할 수 있게 하였으며, 각 축은 스테핑모터를 사용하여 움직일 수 있도록 하였다. 각 스테핑 모터 구동을 위해 마이크로스텝 제어가 가능한 마이콤사의 MFD-40C 드라이버를 사용하였다. Fig. 2는 착유컵 착탈시스템의 직접 제작된 모습이다.



(a)



(b)

Fig. 2 Picture of test-cup attachment system. (a) old, (b) new

(3) 제어시스템

본 시스템은 매니플레이터 3축, 착탈시스템 3축으로 모두 6개의 모터를 구동해야만 한다. 이를 위해서 펜티엄급 PC와 4축을 동시에 구동할 수 있는 Interface Card 2개를 사용하여 서보 모터와 스텝핑 모터를 제어하였다. 4축 동시구동 Interface Card는 마이콤사의 PPC-2410카드를 사용하였으며, 유두좌표인식시스템에 의해 각 유두의 좌표 데이터(unit: mm)가 들어오면 이를 펄스값으로 변환시켜주고, 필요에 따라 Interface Card를 하나 또는 두 개 동시에 사용하여 각 모터 드라이브에 펄스를 전달해주도록 하였다.

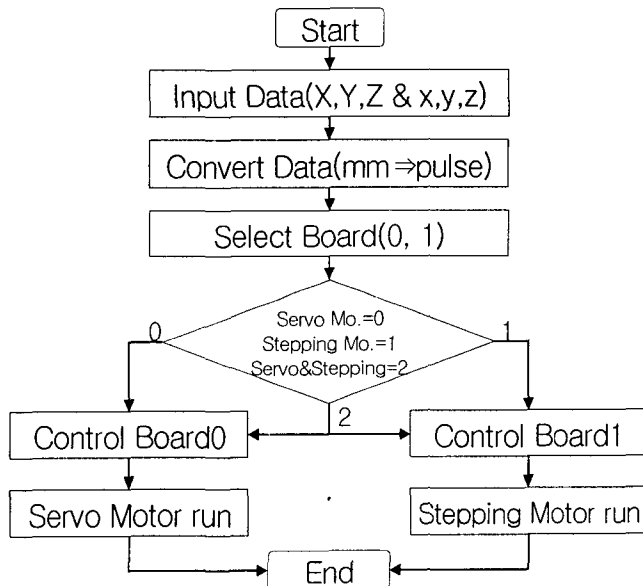


Fig. 3 Flowchart of control system

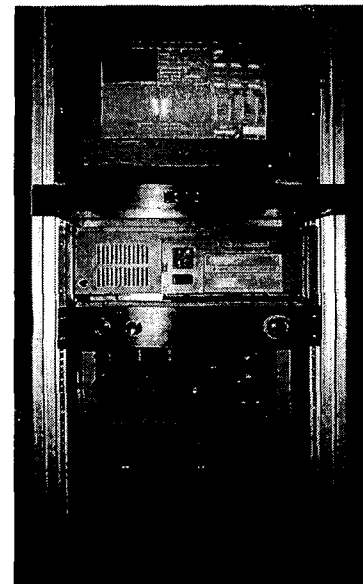


Fig. 4 Picture of Control system

(4) 실험방법

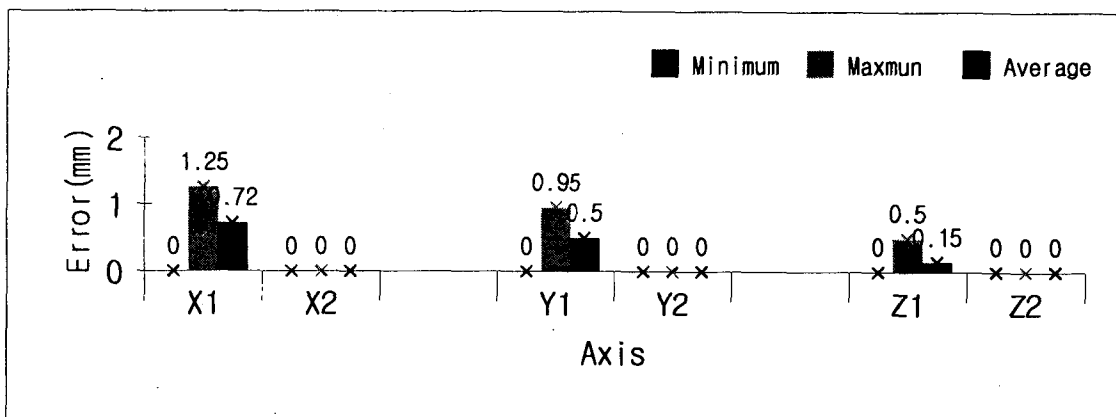
본 연구에서 제작한 매니플레이터의 성능을 검증하기 위하여 2가지의 실험변수를 두었다. 첫 번째 실험변수는 속도에 따른 오차를 검증하기 위해 출력의 15%, 45%, 80%인 3가지의 속도로 설계하였으며, 두 번째 실험변수로 착유우가 착유틀내에 있을 때 설 수 있는 위치로 임의의 3지점을 정하였다. 각각의 속도와 위치에 의해 총 9개의 실험구를 10회 반복 실험하며, 왕복작동에 의한 누적오차를 측정하기 위해 10회 왕복작동 후 누적오차를 측정하는 것으로 실험설계를 하였으며, 실험결과를 가지고 시작기 2호와 비교·검토하였다.

Table 2 Experimental design.

Power rate Point	15% (1)	45% (2)	80% (3)
A Point	1-A	2-A	3-A
B Point	1-B	2-B	3-B
C Point	1-C	2-C	3-C

3. 결과 및 고찰

본 연구에 사용한 모터출력의 15%, 45%, 80% 3가지 출력과 임의의 3지점을 정해 각 실험구에 대해 10회 작동하여 각 축의 오차를 측정하였다. 오차측정을 하기 위하여 정밀도 0.05mm단위를 가진 버니어캘리퍼스를 사용하여 측정하였다. 실험결과 모든 실험구에 대해 오차는 발생하지 않은 것으로 측정되었다.



※ 1: old 2: new

Fig. 5 Minimum, maximum and average error value of each axis. (unit : mm)

각 실험구에 대해 왕복 10회 반복작동 후 누적오차를 측정한 결과 오차는 발생하지 않았으며 Fig.6과 같다.

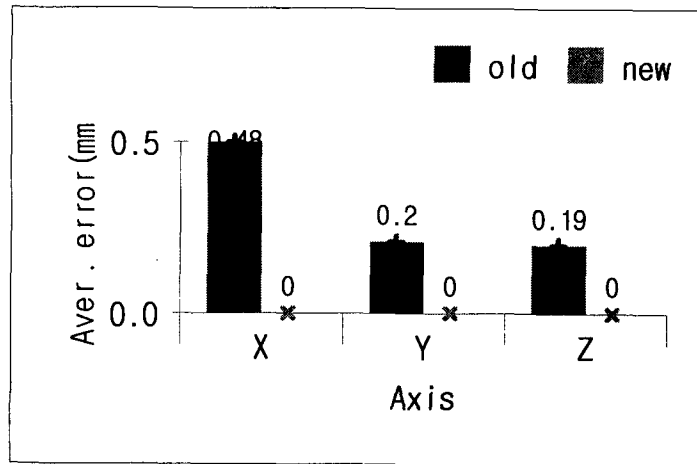
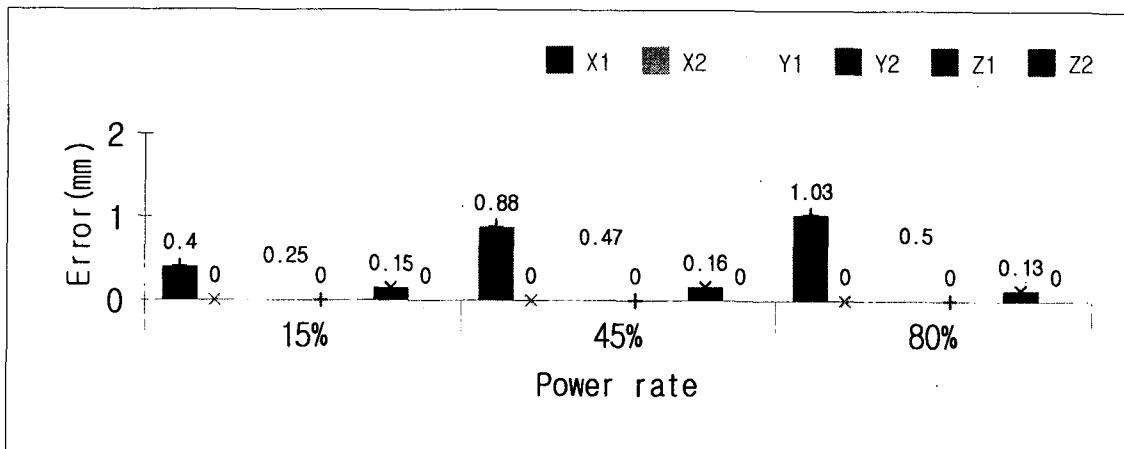


Fig. 6 Average Error value by repetition. (unit : mm)

모터 출력속도에 의한 결과는 Fig. 7과 같으며, 모터 출력의 50% 이상은 올바른 동작을 할 수 없었다. 이는 시스템에 걸리는 부하와 모터의 용량이 맞지 않아 생긴 결과로 판단된다.



※ 1: old 2: new

Fig. 7 Error value by power rate (unit : mm)

X, Y, Z축의 오차는 모두 0mm로 나타나 본 매니플레이터의 목적에 적합한 것으로 판단된다. 하지만 전처리, 본착유와 후처리로 이루어진 착유작업 소요시간을 감안할 때 가능작업 속도가 낮은 것으로 생각되며, 이는 매니플레이터의 무게를 감소시키거나 모터의 용량을 증가하여 작업속도를 증가시킬 필요가 있다고 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 기술 집약적 낙농업의 발전과 노동력 절감, 착유시설의 국산화를 통한 농가 시설비 절감을 위해 수행되었으며, 이를 위해 대상체인 소를 실측하여 이를 기초로 착유자동화시스템의 기초가 되는 로봇착유기의 기본시스템인 직교형 매니플레이터(manipulator)를 개발하였다. 실제 현장적용을 위해 축산기술연구소 소재 유우사의 소를 대상으로 실측한 치수를 기초로 하여 시스템을 설계하였으며, 전 모델인 시작기의 문제점인 견고성을 높여 제작하여 기초실험을 행하여 비교평가 하였다.

개발한 매니플레이터는 3축 직교좌표 매니플레이터로 구동은 Servo모터로 작동되며, 동력 전달은 스크류를 사용하였다. 착유컵 착탈시스템은 동시장착이 가능하게 설계·제작하였으며 이를 제어하기 위해 4축 동시구동 Interface Card인 PPC-2410카드를 2개 사용하여 제작하였다.

개발된 매니플레이터의 실험결과와 시작기 2호와 비교결과는 다음과 같다.

1. 최대이송거리가 x축 700mm, y축 300mm, z축 240mm인 착유자동화시스템을 위한 직각좌표형 매니플레이터와 착유컵을 4개 동시에 장착할 수 있는 착유컵 착탈시스템을 설계, 제작하였다.
2. 제작한 매니플레이터는 X, Y, Z축의 각 축의 위치오차, 반복 작업에 의한 오차는 발생하지 않았다. 본 매니플레이터의 작동하고자 하는 목적에는 적합한 것으로 나타났다.
3. 모터출력에 따른 오차는 발생하지 않았으며 80%일 때는 동작하지 못 하였다. 이는 관행 착유 소요시간을 감안할 때 가능작업속도가 낮게 나타났으며, 매니플레이터의 무게를 감소시키거나 모터의 용량을 증가하여 작업속도를 증가시킬 필요가 있다고 판단된다.

5. 참고 문헌

- [1] PD Dr. Dieter Ordolff, Melken - Technik - Arbeitsorganisa- tion - Automatisierung. 착유생산성 제고방안. 한국축산시설환경학회. 제3회 학술심포지움 p19~63. 1997.
- [2] 김태운, 김홍복. 산업용 로봇. 도서출판 성능. 1991
- [3] 이성현, 최광재, 유병기. 착유로봇의 연구동향 및 전망. 한국농업기계학회지 23(6): 641~647 1998
- [4] Iwao NOTSUKI, Development History of Milking Technology and Milking Robot in Perspective. Journal of JSAM. 60(6): 1998.
- [5] Kazutomo ICHITO. Recent Progress and Trend of Developmental Research on Milking Robot. Journal of JSAM. 60(6): 1998.
- [6] Tamaki KIDA. Introduction and Technical Problem for Utilization of Milking Robot. Journal of JSAM. 60(6): 1998.
- [7] Fumiro KASHIWAMURA. Robot Milking System and Dairy Cow Management. Journal of JSAM. 60(6): 1998.