

로봇 착유기를 위한 착유컵 착탈시스템

Teat-cup Attachment System for Robot Milking System

김 응* 민병로* 김동우* 서광욱* 이창우* 권두중** 이대원*
정희원 정희원 정희원 정희원

W. Kim B.R.Min D.W.Kim K.W.Seo C.W.Lee D.J.Kwon D.W.Lee

1. 서론

우리의 축산업은 노동력의 감소와 노령화에 따른 일손 부족, WTO체제에 따른 시장 개방으로 어려움을 겪고 있으며, 앞으로도 계속될 전망이다. 이런 여건을 극복하기 위해서는 생산성 향상 및 생산비 절감과 품질 향상을 통한 국제경쟁력을 갖추어야 한다.

현재 낙농은 낙농가의 감소와 호당 사육두수가 크게 증가하고 있는 실정이다. 이로 인해 경영의 전업화가 가속되고 있으며, 노동력 부족이라는 문제를 앓고 있다. 이를 해결하기 위해서는 기자재의 자동화와 기계화가 시급한 실정이다.

낙농에서의 기계화는 최근까지 많은 부분에서 이뤄지고 있으며, 노동력 해소와 생산비 절감에 많은 기여를 하였다. 하지만 경영자의 저연령화와 고지식화에 따라 좀 더 많은 부분에 있어서의 기계화를 원하고 있는 추세이다.

본 연구는 기술 집약적 낙농업의 발전과 노동력 절감, 착유시설의 국산화를 통한 농가 시설비 절감을 위해 수행된 로봇착유기 개발의 한 부분으로 착유컵을 젖소의 각 유두로 위치시켜주는 착유컵 착탈시스템을 개발하고, 로봇 착유기에 적용가능성을 판단하는데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2-1 시스템 구성

본 시스템은 영상처리시스템에 의해 각 유두의 상대적 위치를 알게 되면 시스템의 기준 점으로부터 각 유두의 위치에 맞게 각 착유컵을 개별적으로 위치시켜주는 시스템이다.

시스템 구성은 우유를搾 수 있는 착유컵과 착유컵의 위치를 잡아주는 착유컵 홀더, 각 착유컵 홀더의 X, Y 평면상 위치제어와 위치유지를 위한 서보 모터, 서보 모터의 위치를 제어해주는 SMC(Servo motor controller), 착유컵에 연결되는 우유라인과 맥동라인의 연결을 위한 로타리 커넥터로 구성된다.

위치제어를 위한 서보 모터는 RC(Radio control)용 서보 모터로 HITEC사의 HS-75BB모

* 성균관대학교 생명공학부

** 농촌진흥청 축산기술연구소

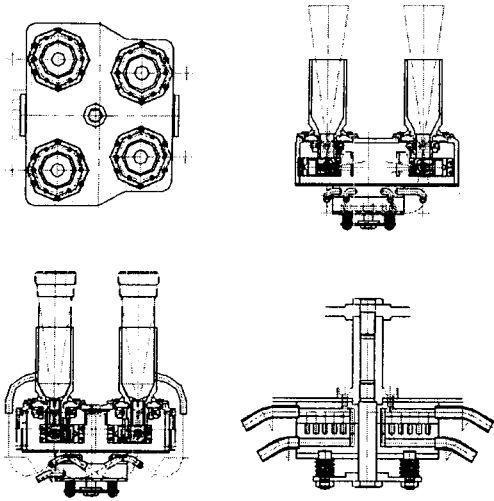


Fig. 1 Drawing of teat-cup attachment system

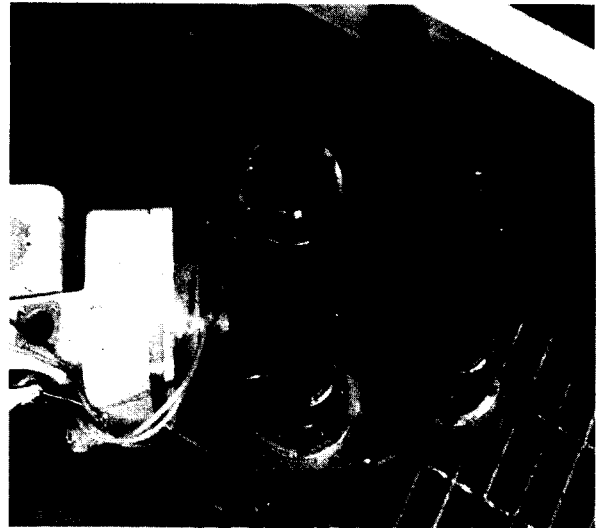


Fig. 2 Picture of teat-cup attachment system

델을 사용하였다. RC(Radio control)용 서보 모터는 소형 DC모터와 위치제어를 하기 위한 포텐션미터(potentiometer)로 구성되며, 크기가 소형이면서 큰 토크를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 위치제어는 PWM(Pulse width Modulation)제어방식으로 하게 된다. 토크는 4.8V에서 6.6 kg·cm이며, 동작속도는 0.45 sec/60. 이다.

서보 모터는 한 개의 착유컵에 X, Y축 2개로 구성되며, 본 시스템은 모두 8개의 서보 모터로 구성하였다.

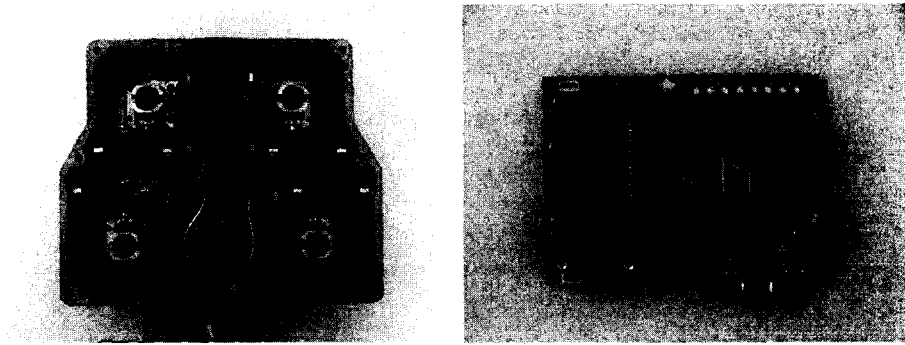
Table 1 Specification of RC servo motor

Model	Control system	Operating voltage (V)	Operating speed (sec/60.)	Stall torque (kg.cm)	Operating angle(.)	Weight (g)
HS-75BB	Pulse width control	4.8~6.0	0.45~0.34	6.6~8.2	90/180	35

서보 모터의 위치를 제어하기 위한 컨트롤러는 COMFILE사의 SMC 보드를 사용하였다. 총 8개의 서보 모터를 동시에 제어가 가능하며, 원칩 마이컴과 단선 시리얼 통신으로 제어가 가능하다.

영상처리시스템과 RS232C 통신을 수행하고 전달된 데이터를 변환하여 SMC로 전송해주는 역할을 하는 원칩 마이컴은 COMFILE사 PB-1S 모델을 사용하였다. 또한 16 by 2 라인의 LCD를 연결하여 작동상태를 항상 확인 할 수 있도록 하였다.

Fig. 3은 착유컵 착탈시스템에 장착된 서보 모터와 서보 모터를 제어할 수 있는 컨트롤 보드를 나타낸 그림이다.



(a) RC servo motor

(b) Control board

Fig. 3 Control system for teat-cup attachment system

착유컵 착탈시스템은 외부의 맥동기(pulsator)와 버킷(Bucket)으로부터 연결되는 맥동라인과 우유라인이 연결되어야 한다. 또한 매니플레이터에 장착되어 움직이므로 여러 가닥의 라인이 꼬이는 일이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 각 라인을 연결한 라인연결장치를 회전할 수 있도록 설계 및 제작하였다. Fig 4는 우유라인과 맥동라인이 연결되고 회전할 수 있도록 제작한 로타리 커넥터를 나타낸 그림이다.

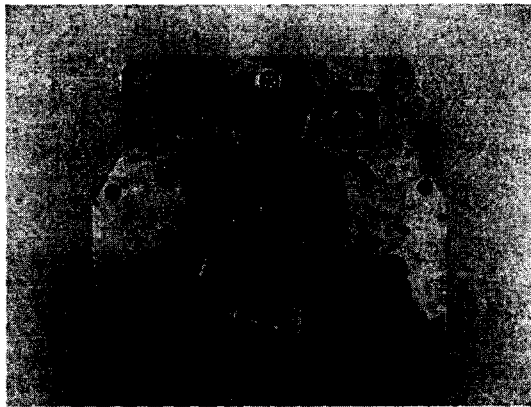


Fig 4 Picture of Rotary connector on teat-cup attachment system

본 시스템의 작동 방법은 전원이 들어오면 초기위치로 각 착유컵을 위치시키고 영상처리 시스템과 Com2 시리얼포트를 사용하여 통신상태를 확인하게 된다. 통신상태가 확인되면 영상처리용 컴퓨터에서 유두 4개의 상대좌표로부터 각 착유컵의 기준 점에서 작동할 데이터를 전송 받아 서보 모터를 작동하게 되고, 작동이 완료되면 다시 영상처리 시스템으로부터 데이터를 입력받을 준비를 하게 된다. Fig. 5는 본 시스템의 제어 흐름도를 보여주고 있다.

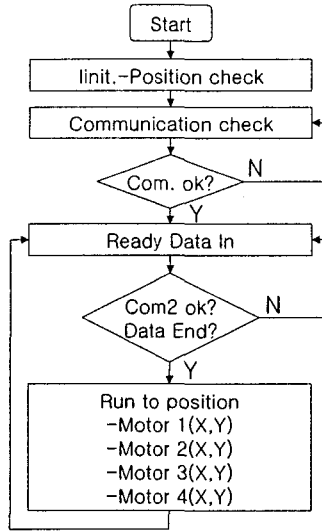


Fig. 5 Flowchart for teat-cup attachment system

2 실험 방법

착유컵 착탈시스템의 성능검증을 위해 각 착유컵에 대해 임의의 좌표를 주고 작동된 거리를 측정하여 오차를 측정하였다.

본 시스템의 오차 측정을 위해 Fig. 6과 같이 두께 30mm×30mm의 알루미늄 프로파일로 오차측정 테이블을 제작하였다. 또한 작동된 위치를 확인하기 위해 착유컵의 중앙에 펜을 삽입하여 위치를 고정시키고, 측정테이블에 맞도록 가로420mm, 세로280mm의 ABS판을 사용하여 작동 후 거리를 찍을 수 있도록 구성하였다. 측정된 거리는 버니어캘리퍼스를 사용하여 오차측정을 하였다.

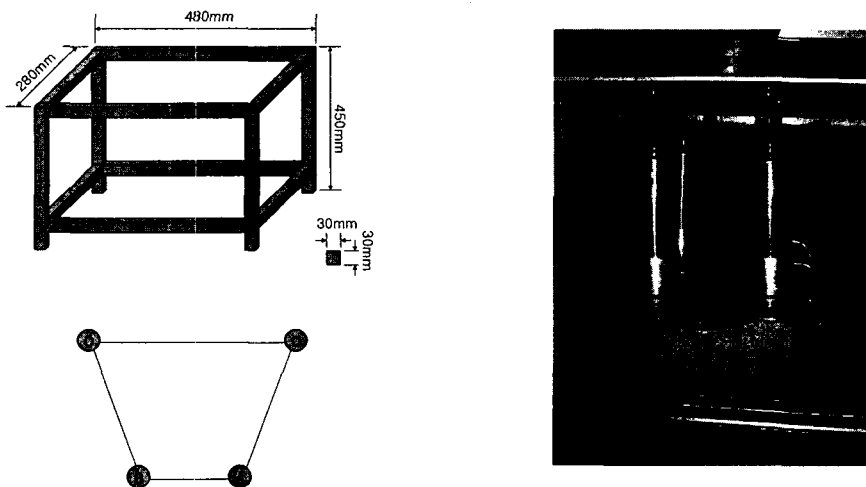


Fig. 6 Experimental system for teat-cup attachment system

각 축별 작동오차를 알아보기 위한 오차측정실험은 각 착유컵의 작동될 거리 X, Y 값을 구동 가능한 작업공간내의 임의의 6점에 해당되는 값으로 설정하여 실험하였다.

Table 2 Experimental design of error values for teat-cup attachment system

Point Teat-cup No.	1		2		3		4		5		6	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1(A)	A-1x	A-1y	A-2x	A-2y	A-3x	A-3y	A-4x	A-4y	A-5x	A-5y	A-6x	A-6y
2(B)	B-1x	B-1y	B-2x	B-2y	B-3x	B-3y	B-4x	B-4y	B-5x	B-5y	B-6x	B-6y
3(A)	C-1x	C-1y	C-2x	C-2y	C-3x	C-3y	C-4x	C-4y	C-5x	C-5y	C-6x	C-6y
4(A)	D-1x	D-1y	D-2x	D-2y	D-3x	D-3y	D-4x	D-4y	D-5x	D-5y	D-6x	D-6y

반복작업에 대한 오차를 알아보기 위해 임의의 위치에 대해 10회 왕복 구동시킨 후 오차 측정 실험을 하였다.

Table 3 Experimental design of repeatability for teat-cup attachment system

Point Teat-cup No.	1	2	3	4	5
	1(A)	A-1	A-2	A-3	A-4
2(B)	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
3(A)	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
4(A)	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5

3. 결과 및 고찰

착유컵 착탈시스템의 성능검증을 위해 각 착유컵에 대해 작업공간 내에 있는 임의의 6점에 대해서 좌표데이터를 전송한 후 작동된 거리를 측정하였고, 또한 반복작업에 대한 오차를 알아보기 위해 임의의 5지점에 대해 10회 왕복 구동시킨 오차측정 결과는 다음과 같다.

3-1. 위치오차 측정

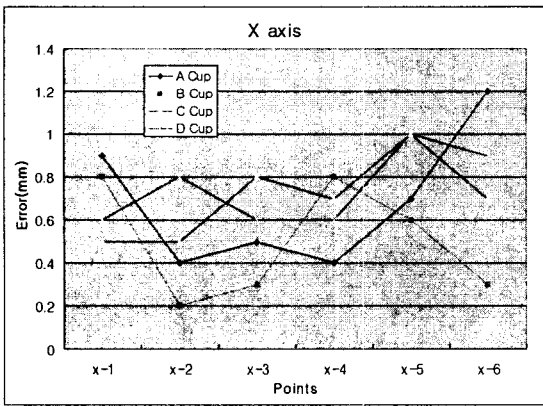
착유컵 홀더의 작동을 위한 각각의 서보 모터에 대해 6점의 데이터를 주어 구동시킨 후 측정된 오차를 Table 4에 나타내었다.

최대 오차는 A 착유컵의 X축에서 1.2mm로 나타났으며, 최소 오차의 경우 B 착유컵의 Y축에서 오차가 발생하지 않았다. 각 축별 6점에 대한 모든 서보 모터의 평균오차는 0.6mm로 나타났다. 또한 작동속도는 1초 내에 구동되었다.

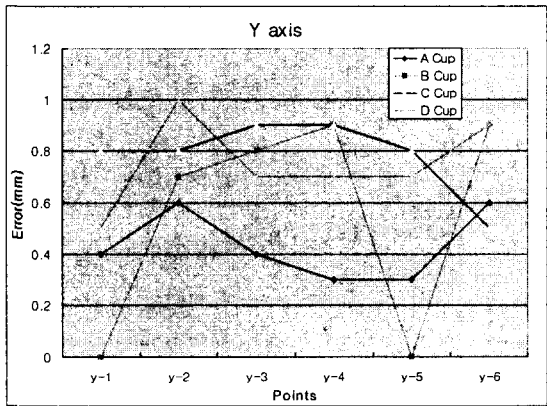
모든 서보 모터에서 오차가 1mm 내외로 나타난 원인은 측정할 때 발생하는 측정오차로 판단되며, 발생한 오차와 작동속도는 자동착유시스템에 적용이 가능할 것으로 판단된다. Fig. 7은 측정결과를 나타낸 그림이다.

Table 4 Error values of servo-motors for teat-cup attachment system (unit: mm)

Point Teatcup No.	1		2		3		4		5		6	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1(A)	0.9	0.4	0.4	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.7	0.3	1.2	0.6
2(B)	0.8	0	0.2	0.7	0.3	0.8	0.8	0.9	0.6	0	0.3	0.9
3(A)	0.5	0.8	0.5	0.8	0.8	0.9	0.7	0.9	1	0.8	0.7	0.5
4(A)	0.6	0.5	0.8	1	0.6	0.7	0.6	0.7	1	0.7	0.9	0.9
Ave.	0.7	0.43	0.48	0.78	0.55	0.7	0.63	0.7	0.83	0.45	0.6	0.3



(a) X axis



(b) Y axis

Fig. 7 Error values of X, Y axis

반복작업에 대한 오차측정은 기준 점으로부터 착유컵이 위치한 거리를 측정하여 나타냈으며, 결과는 Table 5와 같이 나타났다.

반복작업에 의한 결과는 최대오차가 2mm로 나타났으며, 최소 오차는 0.5mm, 평균오차는 1mm로 나타났다. 이는 측정오차에 의한 것으로 판단되며, 자동착유시스템에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 5 Error values for repeatability (unit: mm)

Repeat No. Teatcup No.	1	2	3	4	5
A Cup	1.5	0.8	-0.5	1.3	1.1
B Cup	1.8	-0.7	-1.3	1.1	1.2
C Cup	-0.9	-1.1	1.1	0.7	-1
D Cup	1.4	0.9	-0.9	0.5	0.9

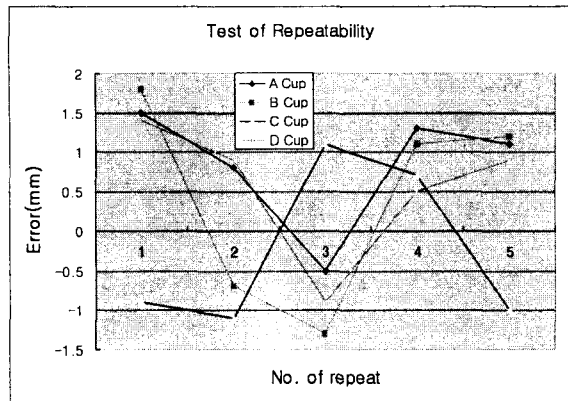


Fig. 8 Error values by test of repeatability

4. 요약 및 결론

본 연구는 기술 집약적 낙농업의 발전과 노동력 절감, 착유시설의 국산화를 통한 농가 시설비 절감을 위해 수행된 로봇착유기 개발의 한 부분으로 착유컵을 젖소의 각 유두로 위치시켜주는 착유컵 착탈시스템을 개발하고, 로봇 착유기에 적용가능성을 판단하기 위해 각각의 착유컵의 위치오차와 반복작동에 의한 오차를 측정하였다. 구체적인 결과는 다음과 같다.

1. 기존에 사용되는 착유컵과 위치를 제어하기 위한 RC 서보 모터, 원칩 마이컴을 사용하여 착유컵의 개별위치제어가 가능한 착유컵 착탈시스템을 개발하였다.
2. 각 착유컵의 최대 오차는 A 착유컵의 X 축에서 1.2mm로 나타났으며, 최소 오차의 경우 B 착유컵의 Y축에서 오차가 발생하지 않았다. 각 축별 6점에 대한 모든 서보 모터의 평균오차는 0.6mm로 나타났다. 또한 작동속도는 1초 내에 구동되었다. 모든 서보 모터에서 오차가 1mm 내외로 나타난 원인은 측정할 때 발생하는 측정오차로 판단되며, 발생한 오차와 작동속도는 자동착유시스템에 적용이 가능할 것으로 판단된다.
3. 반복작동에 의한 결과는 최대오차가 2mm로 나타났으며, 최소 오차는 0.5mm, 평균오차는 1mm로 나타났다. 이는 측정오차에 의한 것으로 판단되며, 착유컵에 삽입될 유두는 약 20mm의 두께를 가지므로 자동착유시스템에 적용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

- [1] 이성현, 최광재, 유병기. 착유로봇의 연구동향 및 전망. 한국농업기계학회지 23(6): 641~647 1998
- [2] 이영진, 장동일. 1999. 로봇에 의한 착유컵 착탈시스템 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회 하계 학술대회 논문집 Vol.4, No.2, 159~164
- [3] A. R. Frpst, t. t. Mottram, M. J. Street, R. C. Hall, D. S. Spencer and C. J. Allen, A Field Trial of a teatcup Attachment Robot for an Automatic Milking System. J, agric Engng Res 55: 325~334 1993.