

# 로봇에 의한 유두컵 착탈 시스템 개발을 위한 기초 연구

이영진 · 장동일

충남대학교 농과대학 농업기계공학과

## Basic Study for the Development of Teat Cup Handling System Operated by a Robot

Lee Young-Jin and Chang Dong-Il

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University

Daejeon, Korea 305-764

### Summary

The objective of this study was to determine the teat locations and to develop a teat cup handling system operated by a robot.

The results of this study were summarized as follows:

1. The teat cup attaching and detaching operation system developed in this study consists of a control computer, a five-dimensional robot(PERFORMER-MK2), a DC servo gripper, a robot controller, two CCD-cameras (WV-vp410), an image grabber board (DT3153), a model cow, and a teat cup unit.
2. The coordinates of teat locations were measured by a stereo image processing unit. The error ranges of teats coordinates measured were  $(x, y, z) = (0.83, 1.95, 0.81)$  mm. When those were transferred into the Robot Coordinate System(RCS) coordinate, the total error ranges measured were  $x = 0.9$  mm,  $y = 2.0$  mm,  $z = 0.9$  mm.
3. The rates of success of teat cup attaching and detaching operation by a robot system were 91.5% on average; the operation time needed were 27.8 sec. Total working hours for the teat cup handling including image processing were 86.1 sec.

(Key words : Teat location, Teat cup, Robot, Image processing, Working hours)

### 서 론

현재 우리 나라 낙농업은 사양관리, 축사 관리, 기록관리 등에서 많은 변화가 일어나고 있다. 이들 변화의 대부분은 낙농에 마이크로 컴퓨터 기술을 응용함과 최근에 사양관

리를 위한 전자장비의 개발에 의하여 이루어지고 있다. 특히 우리는 가축당의 노동력과 축산에서의 중노동의 절감, 가축의 생산성의 향상, 그리고 보다 나은 작업환경과 의사결정을 위한 시스템의 개발이 절실히 필요하다. 또한 가축의 사료급여, 급수, 건강관리

번식, 축사의 환기 및 열 관리 등을 자동으로 관리 할 수 있는 계측 시스템과 관리 컴퓨터와 on-line화 할 수 있는 시스템의 개발도 필요하다.

낙농의 경영규모별 작업단계별 기계이용실태를 분석한 결과에 의하면, 경영규모가 커질수록 고용노동의 비율이 커진다. 따라서 경영규모가 커짐에 따라 생산비를 절감하기 위해서는 기계화와 자동화를 더욱 강화하여 고용노동을 낮추어야 한다.

젖소의 관리작업시간을 보면 착유와 사료준비시간이 전체 작업시간의 70%를 차지하고 있는데(장과 장<sup>15)</sup>) 바로 이 작업이 낙농가의 규모화에 제약이 되는 요인이다. 그래서 이러한 작업에 대한 기계화 및 자동화가 이루어지면 가족단위의 전업농도 더욱 더 규모화 할 수 있고, 이에 수반되는 가족의 단위시간당 소요노동력은 감소 될 것이다.

낙농의 기계화 및 자동화에는 전자개채인식장치와 on-line system의 개발이 요구되며, 작업시간이 많이 걸리며 매일 반복되는 사료급여와 착유의 자동화를 실현하기 위해서는 트랜스폰더, 급여통 중량센서, 사료분배 연산장치, Automatic Milking System(AMS)의 개발과 활용이 필요하다(최 등<sup>16)</sup>).

낙농에 있어서 컴퓨터 기술의 이용과 자동화는 가족의 사료관리, 가족능력과 건강의 모니터링, 우유의 자동착유, 집단관리에서 중요한 부분이다. 특히 젖소의 착유작업이 차지하는 비중은 45% 정도이며 인력이 많이 필요한 부분이다(장과 장<sup>15)</sup>). 또한 자동화하기에도 가장 어려운 작업이다. 특히 우리나라와 같이 가족중심의 낙농을 하고 있는 상황에서는 착유 자동화는 시급한 일이라 할 수 있다.

이러한 착유작업에 소요되는 노동력을 줄이기 위해 프랑스와 독일, 영국에서는 착유의 완전 자동화를 위한 착유로봇에 대한 연구를 활발히 하고 있으며(Dijkhuizen 등<sup>4)</sup>) 네

덜란드의 경우에는 상용화에 성공하여(Dijkhuizen 등<sup>4)</sup>) 이미 농가에 판매가 되고 있다. 또한 우리 나라와 가까운 일본에서도 네덜란드의 착유로봇을 도입하여 국산화 연구를 하고 있으며, 이미 자체기술로 로봇을 제작하여 시험농장에서 연구를 하고 있다.

착유로봇은 움직이는 소를 대상으로 하기 때문에 개발의 어려움은 있으나 우리나라에서도 착유로봇에 대한 인식이 확산되어 축산기술연구소와 대학들에서 착유자동화에 대한 연구를 하고 있다. 그러나 기술적 경험이 전무하고 새로운 시도이기 때문에 기술적으로는 낙농 선진국에 비해 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 자동 착유 시스템을 위한 기초 단계로 로봇을 이용한 자동 착유기 개발을 위하여 수행되었으며 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 자동 착유시스템중 로봇착유를 위한 유두 인식장치와 로봇제어 시스템을 구성한다.
- 2) 로봇착유를 위한 유두 인식기술과 제어 프로그램을 개발한다.
- 3) 로봇을 이용한 유두캡 착탈장치의 성능을 분석한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험장치

본 시스템은 착유실 내에서 영상처리시스템에 의하여 젖소의 유두를 검출하고, 로봇을 이용하여 착유작업을 자동화하기 위한 시스템으로 젖소의 유두를 인식하기 위한 센서를 선별하고 착유기를 로봇의 그리퍼가 잡아 젖소에서 착유를 할 수 있는 시스템을 개발하고자 구성하였다.

본 실험을 위하여 Fig. 1과 같은 실험장치를 구성하였다. 로봇 착유시스템은 크게 모형젖소, 유두의 위치인식센서(CCD CAMERA), 로봇(PERFORMER MK-2)과 유두캡, 제어 컴

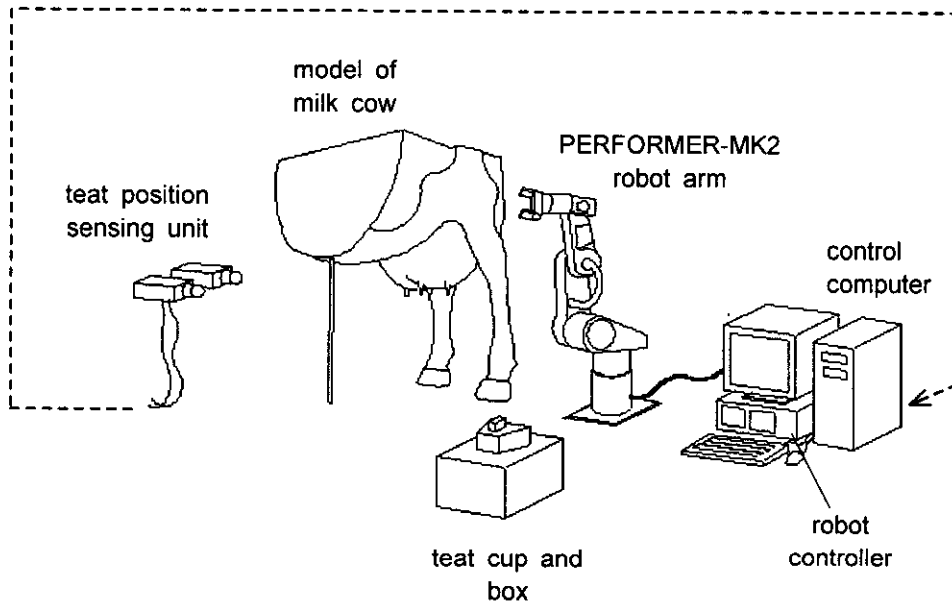


Fig. 1. Schematic diagram of a milking robot systems.

퓨터(IBM PC)로 구성되어진다.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 다음과 같이 가정을 하고 실험을 하였다. 젖소가 착유스톨의 뒷문으로 들어와 소 몸체에 대한 위치 규제를 받은 후 로봇에 의하여 착유를 마친 후 앞문으로 나가는 시스템이다.

착유까지의 작동순서는 다음과 같이 가정을 한다.

가. 소가 스톨에 들어오면 젖소가 고정장치에 접촉한다.

나. 유두검출 계측장치가 위치데이터를 컴퓨터에 전송한다.

다. 제어컴퓨터는 전송된 데이터를 변환하여 로봇을 이동시킨다.

라. 로봇은 유두컵을 잡고 유두 바로 아래로 이동한다.

마. 유두컵을 유두에 접근시킨다.

바. 전자밸브가 열려 유두컵내를 진공으로

하며 유두에 흡착시킨다.

사. 진공압이 일정 수준으로 떨어지면 유두컵을 탈락한다.

반복실험에 의하여 모형젖소, 유두컵과 유두위치 측정장치의 위치를 선정된 후 착유실험을 하였다.

본 실험의 프로그램 알고리즘은 다음과 같다.

먼저, 시스템을 초기화한 후, 로봇을 유두컵의 위치로 이동시킨다. 유두인식장치에서 계산된 기본 데이터를 입력받은 후 좌표변환을 한다.

좌표변환 후 미리 입력된 데이터와 비교하여 범위안에 있으면 그리퍼로 유두컵을 잡는다. 그 후 미리 설정된 좌표값으로 로봇을 이동한 후 계산된 좌표로 유두컵을 움직인다. 이 과정이 성공하면 유두컵을 원래의 위치에 가져다 놓고 다음 좌표를 입력받을 준비를 한다.

## 결과 및 고찰

### 1. 로봇의 설치위치와 유두컵의 위치

로봇의 설치위치는 로봇의 특성과 행동 반경에 영향을 주며 시스템의 성능에 중요한 영향을 미친다. 로봇의 위치를 결정하기 위하여 다음과 같이 실험을 하였다. 로봇의 최대속도는 200mm/sec로 측정되었고 최대속도를 100%로 보고, 100, 75, 50, 25%의 네 개의 출력속도로 실험을 하였다.

Fig. 2에서 x축은 젖소의 유방과 초기 로봇의 위치와의 거리이고, y축은 로봇이 1회 왕복하는데 걸리는 시간으로, 로봇이 유두컵을 들어 착유시키고 다시 원위치로 가져다 놓는 왕복시간과의 관계를 나타낸다. 또한 본 실험에서는 사용된 로봇은 500mm 이내의 범위에서는 작업을 할 수 없기 때문에 500~900mm까지 젖소의 유방 위치를 변경하면서 이루어졌다.

Fig. 2와 같은 결과로 로봇의 위치를 800mm로 선정하였는데 900mm는 시간은 단축되

지만 불필요한 로봇의 움직임이 많기 때문에 시간차가 크게 나지 않는 800mm로 결정하였다. 또한 로봇이 움직이는데 장애를 받지 않도록 고려하였다.

### 2. 유두위치 측정장치의 위치인식 성능

본 연구에서는 2대의 CCD 카메라를 이용한 스테레오 영상처리로 유두의 좌표를 계산하였다. Fig. 3은 유두좌표계산을 위하여 잡은 이미지를 처리한 화면이다. 카메라좌표(Camera Coordinate System, CCS)에서 로봇좌표(RCS)로의 좌표변환이 이루어지는데 이 과정의 정확성은 로봇의 유두착탈의 에러율 감소에 중요한 영향을 끼친다.

Table 1은 모형젖소를 적정 범위 내에서 이동시키면서 잡은 영상처리장치의 좌표와 실제 좌표와의 관계를 나타낸 것이다. 실제 좌표는 CCS의 좌표로 각도기와 버어니어캘리퍼스를 이용하여 오차범위 0.1mm 내에서 측정된 값이다.

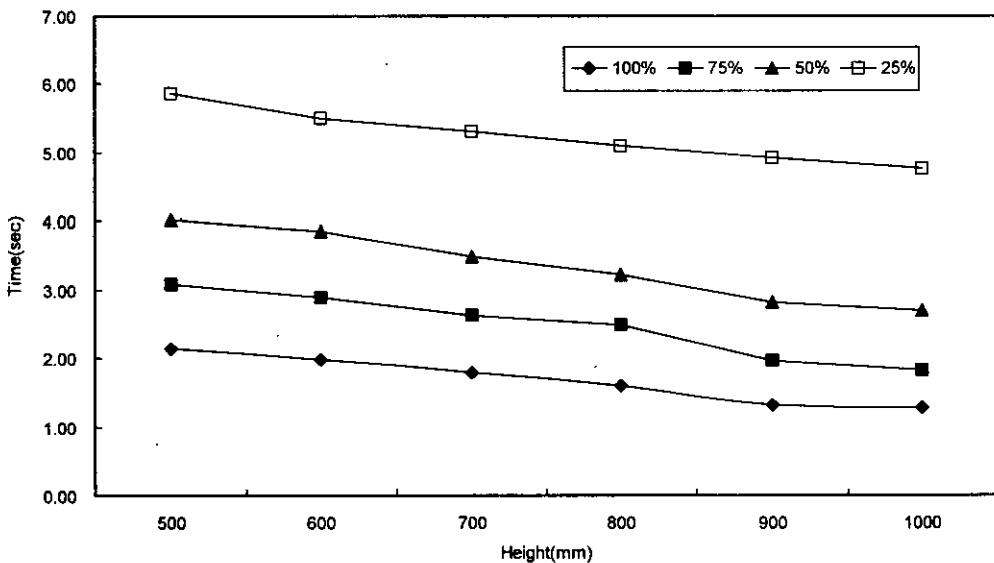


Fig. 2 Results of test measurement for time and cow positions.

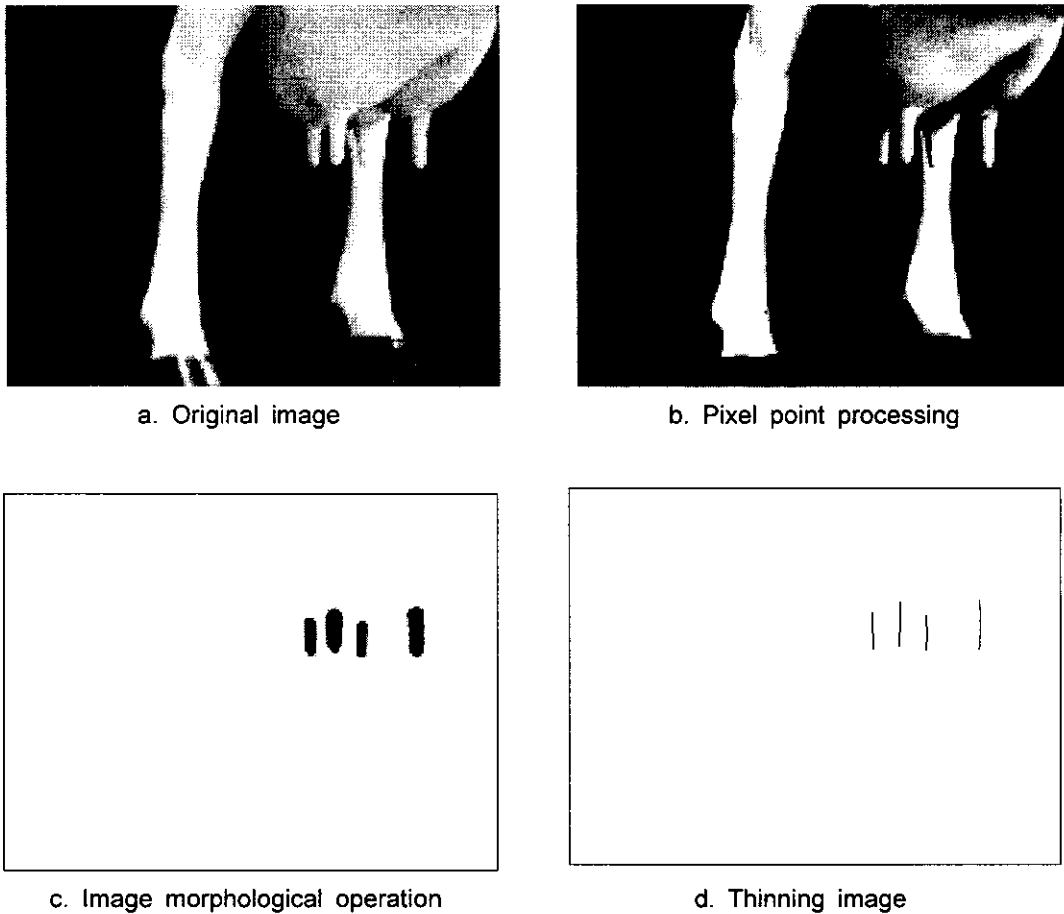


Fig. 3. Procedures of image processing.

### 3. 착유로봇의 유두컵 착탈 결과

로봇의 유두컵 착탈 정확성이 본 시스템의 성능에 미치는 영향은 매우 크다. 따라서 본 시스템의 전체 작업 성능 분석에서는 로봇이 유두컵을 유두에 정확하게 착탈시키는 것에 50%의 비중을, 로봇이 유두컵을 유두 이외의 목표한 위치로 정확하게 이동시키는 것에 20%의 비중을, 입력된 이동경로대로 정확하게 유두컵을 이동시키는 것에 15%의 비중을, 로봇이 일정한 위치에 놓여 있는 유두컵을 잡을 수 있는지에 15%의 비중을 두고 본 시

스템의 작업성능 분석을 하였다. 로봇의 유두컵 착탈 성공률은 표 1과 같은 8개의 좌표 값을 입력했을 때 로봇이 정확하게 유두컵을 장착하여 유두에 착탈하고 다시 유두컵을 제 자리에 놓는지 여부로 판단하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 로봇에 의한 유두컵 착탈 성공률은 평균 91.5%로 나타났다.

Fig. 4에서와 같이 로봇의 유두컵 장착과 이동경로는 95% 이상이 성공했다. 그러나 유두컵 착탈 과정에서는 입력된 좌표가 2mm 이상의 오차가 발생했을 때 유두컵이 유두에 부딪혀 정해진 좌표에 유두컵을 가져다 놓지

Table 1. The results of measuring RCS

Test coordinate(cm) (x, y, z)	Position	Real coordinate(cm) (x, y, z)	Error(mm)		
			x	y	z
0.01, -699.95, 268.57	P1	0.00, -700.23, 268.62	0.1	2.9	0.5
41.54, -694.98, 267.53	P2	41.58, -695.13, 267.32	0.4	1.5	2.1
46.59, -663.84, 257.38	P3	46.80, -663.92, 257.37	2.1	0.8	0.1
7.14, -685.07 243.11	P4	7.14, -685.33, 243.10	0.0	2.6	0.1
0.47, -699.34, 267.43	P5	0.13, -699.46, 267.45	3.4	1.2	0.2
43.89, 674.12, 266.70	P6	43.89, 674.36, 266.85	0.0	2.4	1.5
45.47, 662.75, 256.97	P7	48.55, 662.98, 257.21	0.8	2.3	2.4
9.76, -679.74, 243.11	P8	9.75, -679.51, 243.09	0.1	2.3	0.2

Table 2. The results of succession ratio of teat cup attached by milking robot

Position	A(15%)	B(15%)	C(50%)	D(20%)	SUM(100%)
P1	15	15	50	20	100
P2	15	15	46	20	96
P3	15	15	43	18	91
P4	15	15	49	20	99
P5	15	14	45	20	94
P6	15	13	41	13	82
P7	15	12	39	12	78
P8	15	15	46	16	92
평 균	15	14.25	44.88	17.38	91.5

Where, A = Accuracy of teat coup fitting up.  
 B = Accuracy of moving route.  
 C = Accuracy of teat coup removal.  
 D = Accuracy of teat coup positioning.

못하였다. 또한 젖소의 유두와 유두컵 부착 각도가 일치하지 않는 경우에도 정확히 유두 컵을 착탈하지 못하였다.

4. 착유로봇의 작업시간 결과

작업시간은 이미지 장치가 영상을 받아들

여 영상처리 후 좌표를 변환하고 로봇이 유두컵을 장착하여 유두에 착탈한 후 다시 유두컵을 제자리에 위치시킬 때까지의 시간이다.

Table 1의 8개의 좌표값들에 대해 PENTIUM 133MHZ을 이용하여 작업했을 경우, 이미지 처리는 평균 56.4초, 로봇의 작업

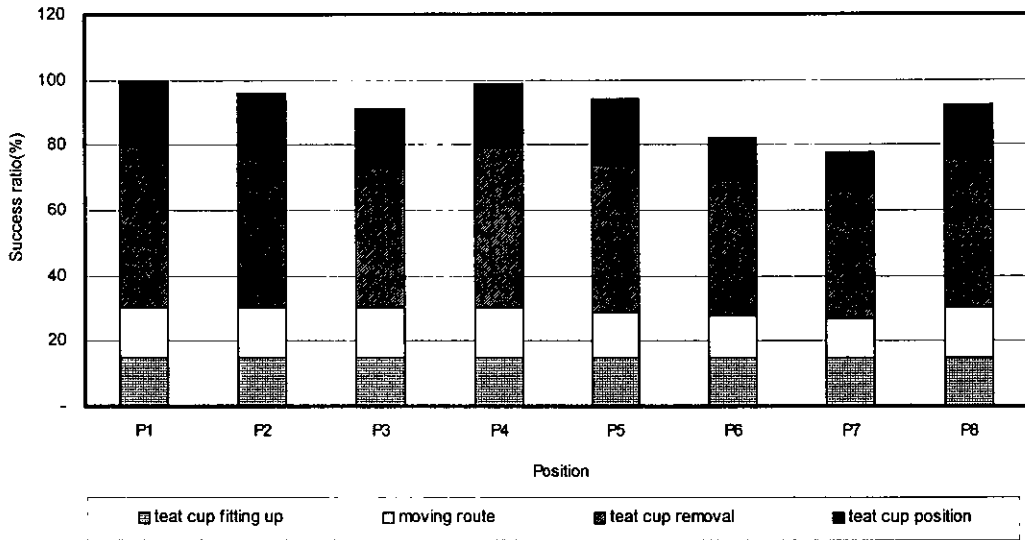


Fig. 4 The performance of milking robot for attaching teat cup to cow udder.

시간은 27.8초로 전체 시스템시간은 평균 86.1초로 나타났다. 상위급 성능의 컴퓨터를 이용한다면 이미지 처리시간은 단축이 가능한 것으로 판단된다. 또한 로봇작업시간은 출력의 30%만의 속력으로 작업했기 때문에 시간을 절약할 개선의 여지가 있다.

### 적 요

본 연구는 로봇착유기 개발을 위한 기초연구로서 유두위치 측정장치와 로봇제어 시스템을 구성하고 그 성능을 분석하고자 수행되었으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 유두인식은 스테레오 측량법에 기초한 이미지 장치로 처리했으며 유두인식오차는  $(x, y, z) = (0.83, 1.95, 0.81)\text{mm}$ 이다. RCS로 좌표값을 변환했을 때 시스템 전체의 오차는  $x = 0.9\text{mm}$ ,  $y = 2.0\text{mm}$ ,  $z = 0.9\text{mm}$ 였다.

2. 로봇 유두접 착탈 시스템의 로봇 착탈 성공률은 평균 91.5%로 나타났다. 작업시간은 27.8sec였으며, 이미지 처리를 포함한 전체 작업시간은 86.1sec로 나타났다.

### 인 용 문 헌

1. Artmann, D. 1997. Sensor systems for milking robotics. *Computers and Electronics in Agriculture* 17:19-401.
2. Bull, C., T. Mottram and H. Wheeler. 1995. Optical teat inspection for automatic milking systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 12:121-130.
3. Cooper, K. and D. J. Parsons. 1998. A simulation model of an automatic milking system applying different management strategies. *J. Agric. Engng. Res.* 69:25-33.
4. Dijkhuizen, A., R. B. M. Hurine, S. B. Harsh and R. W. Gardner. 1997. Economic of robot application. *Computers and Electronics in Agriculture* 17:111-121.
5. Duck, M. 1992. Evolution of Duvelsdorf milking robot. *Prospects for Automatic Milking* 6:49-54.
6. Erichillerton, J. 1997. Milking equipment for robotic milking. *Computers and*

- Electronics in Agriculture 17:41-51.
7. Frost, A. R., T. T. Mottram, M. J. Sterrt, R. C. Hall and C. J. Allen. 1993. A field trial of a teat cup attachment robot for an automatic milking system. *Journal of Agricultural Engineering Research* 55:325-334.
  8. Hall, R. C. and M. J. Street. 1993. Teat cup attachment using a compliant pneumatic milking robot. *IEE Colloquium Digest* 1993/071,5/1-5/3.
  9. 김태윤, 김홍복. 1991. 산업용 로봇. 도서출판 생능.
  10. 류관희, 조성인 외 2인. 1996. 생물생산을 위한 지능로봇공학. 문운당.
  11. 박경규 외 7인. 1996 : 축산기계 및 시설. 문운당.
  12. 박민용. 1990. 로봇 공학. 대영사.
  13. 박혜숙, 김남정 외 2인. 시각센서를 이용한 고기능 산업용 로봇의 제어 시스템 연구. *한국산업공학회지* 18(2):131-140.
  14. 이성현, 최광재, 유병기. 1998. 착유로봇의 연구동향과 전망. *한국농업기계학회지* 23(6):641-647.
  15. 장동일, 장홍희. 1995 : 축산을 위한 환경 제어 및 자동화 사양관리 시스템 설계에 관한 문헌 연구. *한국축산시설환경학회지* 1(1):21-38.
  16. 최윤재, 박용호, 권오광, 장동일, 이현준, 연성흙. 1997. 슈퍼젯소 이 기술로 승부하자. 농민신문사.