

# 로봇 착유시스템의 착유성능 및 착유량에 미치는 영향

김 웅 · 이대원\*

공주대학교 생물산업기계공학전공

## The Effect of the Milk Yield and Performance Analysis of Robot Milking System

Kim, W. and Lee, D. W.\*

Major of Bio-industry Mechanical Engineering, Kongju Univ., Yesan, 340-702 Korea

### Summary

The authors of this study have developed a robot milking system composed of a multi-articular manipulator, a teat-cup attachment system, and an image processing system. In order to verify the efficacy of this system, we have conducted a performance analysis and measurement experiment of milk yield, using dairy cattle. It was concluded that teat recognition using the image processing system, teat-cup attachment, and detachment system did not hinder milking. The milking yield of the robot milking system was analyzed based on a lactation curve. As a result, it was determined that the use of a robot milking system had no significant effects on milking yields. The robot milking system described in this study is designed specifically with a focus on teat-cup attachment and detachment performance, as well as the effect of these factors on milking yield. In the future, in-depth studies regarding the washing of the teats prior to milking, teat massage, pre-treatment and post-treatment processes after milking, and disinfection processes shall be conducted, in order to render this system feasible for use in an actual milking parlor.

(Key words : Dairy cattle, Milking yield, Robot milking system)

### 서 론

낙농가는 하루도 빠짐없이 착유작업을 해야 하며, 여가시간을 즐길 수 없는 어려움을 겪고 있다. 낙농에서 노동강도가 가장 높은 작업인 착유작업을 인력에 의존하지 않고 로봇을 이용하여 해결하고자 연구되고 있는 분야가 로봇 착유시스템분야이다.

유럽의 낙농국을 중심으로 개발 보급 중인 로봇 착유시스템은 유두인식방법, 매니플레

이터 형태 등 다양한 방법을 이용하여 개발되고 있다 (Frpst, et al, 2002; Lee, et al, 1998; Rossing and Hogewerf, 1997). 국내에서도 로봇 착유시스템 개발을 위한 착유컵 착탈에 관한 연구 등의 기초연구를 수행하였다 (Lee, et al, 2001; Lee and Chang, 1999).

로봇 착유시스템은 부족한 노동력을 해결할 뿐만 아니라 착유 시 감염될 수 있는 세균을 줄임으로써 유질을 향상시킬 수 있다 (Justesen and Rasmussen, 2000; Klungel, et al,

\* Department of Bio-mechatronics Engineering SungKyunKwan University  
Corresponding author : Lee, Dae Weon, Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, SungKyunKwan University, Suwon, 440-746, Korea. e-mail: deaweon@skku.edu

2009년 2월 28일 투고, 2009년 3월 11일 심사완료, 2009년 3월 20일 게재확정

2000; Pomies and Bony, 2000; Van der Vorst and Hogeveen, 2000). 또한, 하루 2번 착유하던 방식에서 여러 번 착유가 가능해짐으로써 착유량도 증가되는 것으로 보고되고 있다 (Ipema, et al, 1987; Rossing, et al, 1985).

본 연구에서는 부족한 노동력 해소와 유질 및 유량의 향상을 위해서 5축 다관절 매니플레이터, 착유컵 착탈 시스템 및 영상처리 시스템으로 개발된 로봇 착유시스템에 대하여 착유우 실험을 통해 시스템 성능분석 및 착유량에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1 실험재료

#### 가. 시스템 구성

시스템설계를 위하여 체위측정, 유두위치 측정 등의 기초연구 (Kim, W., 2003; Kwon, D. J., et al, 2002)를 수행하였다. 이를 바탕으로 제작된 다관절 매니플레이터, 스톨, 착유

컵 착탈시스템 및 영상처리 시스템으로 로봇 착유시스템을 설계·제작하였다 (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3).

매니플레이터는 원활한 착유작업을 위하여 서보모터를 이용한 5관절 매니플레이터로 설계하였다. 스톨은 착유우의 움직임을 둔화시키고 위치고정을 할 수 있도록 제작하였다. 착유컵 착탈시스템은 착유컵 4개가 각 유두의 위치에 따라 동시에 개별적으로 이동할 수 있도록 하였다. 영상처리시스템은 CCD 카메라 두 대를 이용한 스테레오비전 시스템으로 매니플레이터 전단부에 장착되었으며, NIR 필터를 부착하여 각 유두의 3차원 위치 정보를 획득할 수 있도록 하였다.

로봇 착유시스템의 제어는 영상처리, 착유컵 착탈 시스템 구동부와 매니플레이터, 스톨 구동부로 구성하였다. 영상처리, 착유컵 착탈 시스템 구동부는 유두인식 및 좌표획득을 위한 영상처리프로그램을 통하여 각 유두의 상대 좌표를 획득하고 RS232 시리얼통신을 이용하여 착유컵 착탈시스템으로 전송되도록 하였다. 또한 매니플레이터와 유두간의

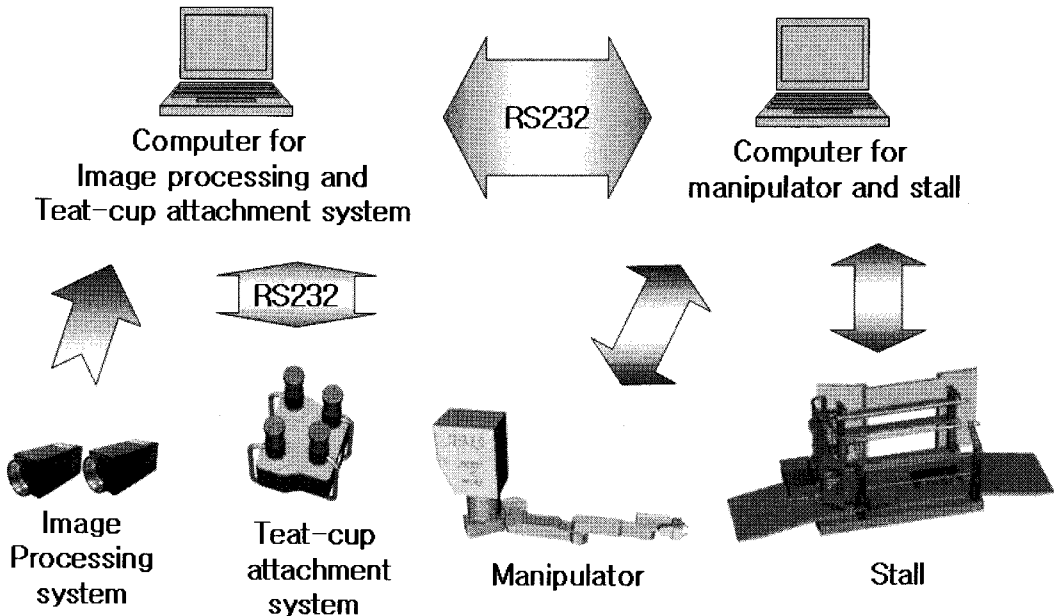


Fig. 1. Block diagram of robot milking system(RMS).

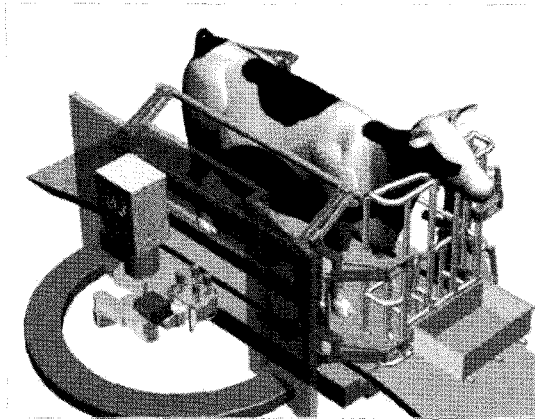


Fig. 2. Schematic diagram of RMS.

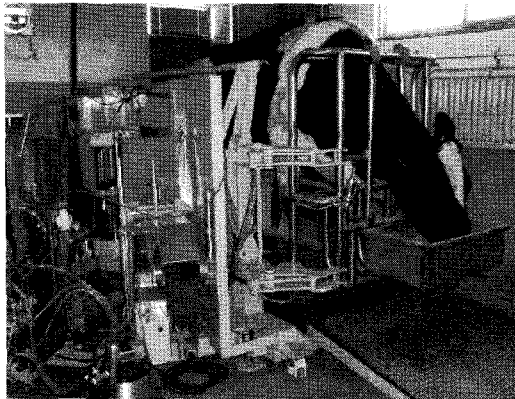


Fig. 3. Picture of RMS.

구동해야 할 상대적 거리를 계산하고 매니플레이터 제어부로 데이터를 전송하도록 하였다.

매니플레이터 구동 및 스톱 구동부는 영상 처리 및 착유컵 착탈시스템을 위한 제어부로부터 전송 받은 데이터를 처리하여 매니플레이터 구동과 센서 입력 및 에어실린더, 각종 밸브 제어 등의 스톱 구동을 할 수 있도록 하였다.

### 나. 실험재료

로봇 착유시스템의 성능을 검증하기 위하여 모형유두 실험과 착유우 실험을 수행하였다. 모형유두 실험은 플라스틱 재질로 실제 크기의 착유우 유방과 유두 모형을 제작하여

사용하였다.

착유우 실험은 수원 농촌진흥청 축산기술 연구소에 보유중인 착유우를 대상으로 하였다. 착유우는 홀스타인종으로 산차가 2회 째 이고 분만 후 약 140(20주)일이 지나 비유 후기에 접어든 착유우이다.

## 2. 실험 방법

### 가. 착유우 훈련

착유우는 낯선 물체나 진동, 소음에도 스트레스를 받아 산유량에 영향을 미침으로 로봇 착유시스템 적용 전 적응훈련이 필요하다.

로봇 착유시스템을 적용을 위하여 기존 착유실에서 인력에 의해 착유하던 실험대상 장소에 대하여 환경적응훈련을 2주간 실시하였다. 적응훈련은 새로운 스톱, 매니플레이터 등 새로운 물체에 대한 인식 훈련과 시스템 작동에 의해 발생하는 진동, 소음을 들려주어 새로운 환경에 의해 발생할 수 있는 영향을 최소화하고자 하였다. Fig. 4, Fig. 5는 적응훈련을 위해 사용된 모형 매니플레이터와 훈련 모습을 나타낸 것이다.

### 나. 모형유두

시스템의 성능검증을 위해 실제 크기의 모

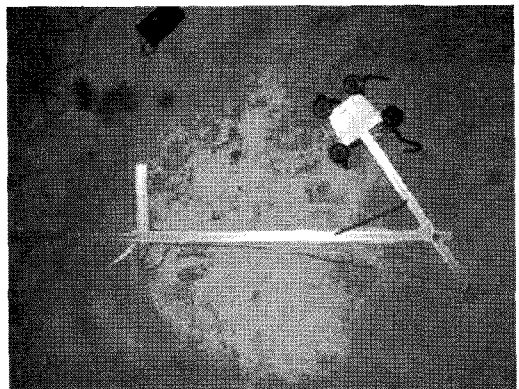


Fig. 4. Model of manipulator with teat-cups.

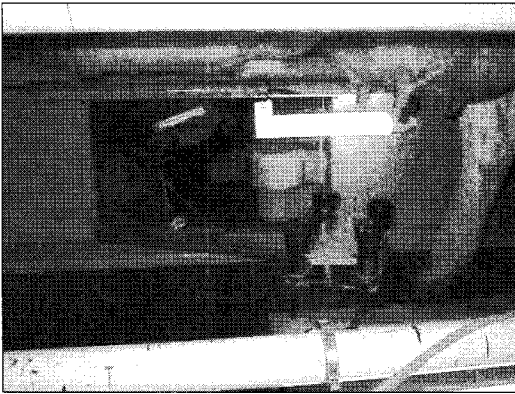


Fig. 5. Adaptation training by manipulator model.

형 유두를 착유우가 설 수 있는 임의의 위치에 고정시킨 후 착유컵 장착실험을 하였다 (Fig. 6). 착유컵 장착은 착유컵 구멍 내에 모형 유두의 끝이 모두 10 mm 이상 삽입되면 성공한 것으로 판단하였으며, 탈락은 모형유두를 완전히 빠져나오는가를 보고 성공여부를 판단하였다. 본 실험을 위하여 임의의 위치 10지점에 모형유두를 설치 후 실험하였다.

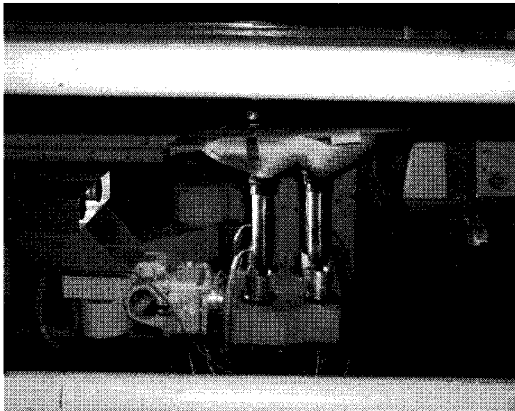


Fig. 6. Teat model for attachment and detachment experiment of teat-cups.

#### 다. 착유우

적응훈련을 수행한 착유우를 대상으로 로봇 착유시스템의 착유성능을 평가하기 위해 Fig. 7과 같이 검증실험을 수행하였으며, 시스템의 작동 순서는 Fig. 8과 같다.

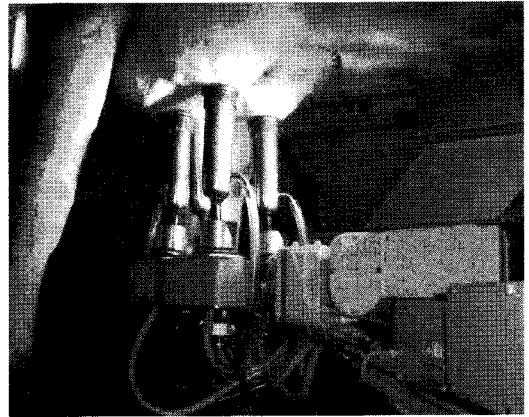


Fig. 7. Picture of milking process by RMS.

착유는 관행적으로 농가에서 실시하는 2회 중 오후(16시 30분)에 3주(21일)간 실시하여 착유컵 장착 및 탈락, 착유컵 장착시간(영상처리시스템을 통해 유두를 인식하는 시점부터 착유컵을 모두 장착시킬 때까지의 시간)과 착유량을 측정 후 분석하여 본 시스템의 농가 적용 가능성을 판단하였다.

### 결과 및 고찰

로봇 착유시스템의 성능평가 및 농가 적용 가능성을 판단하기 위하여 모형유두와 착유우를 대상으로 실험한 결과는 다음과 같다.

#### 1. 모형유두

착유컵 장착은 모든 실험에서 100% 장착되는 것으로 나타났다. 이 결과는 영상처리를 통한 유두인식 및 거리 계산에서 모형유두의 경우 착유우 유두에 비해 모양이 균일하고 움직임이 없어 거리오차가 작게 발생하여 장착이 모두 성공한 것으로 판단되었다.

#### 2. 착유우

##### 가. 작업 성능

로봇 착유시스템 작동은 매니플레이터 스

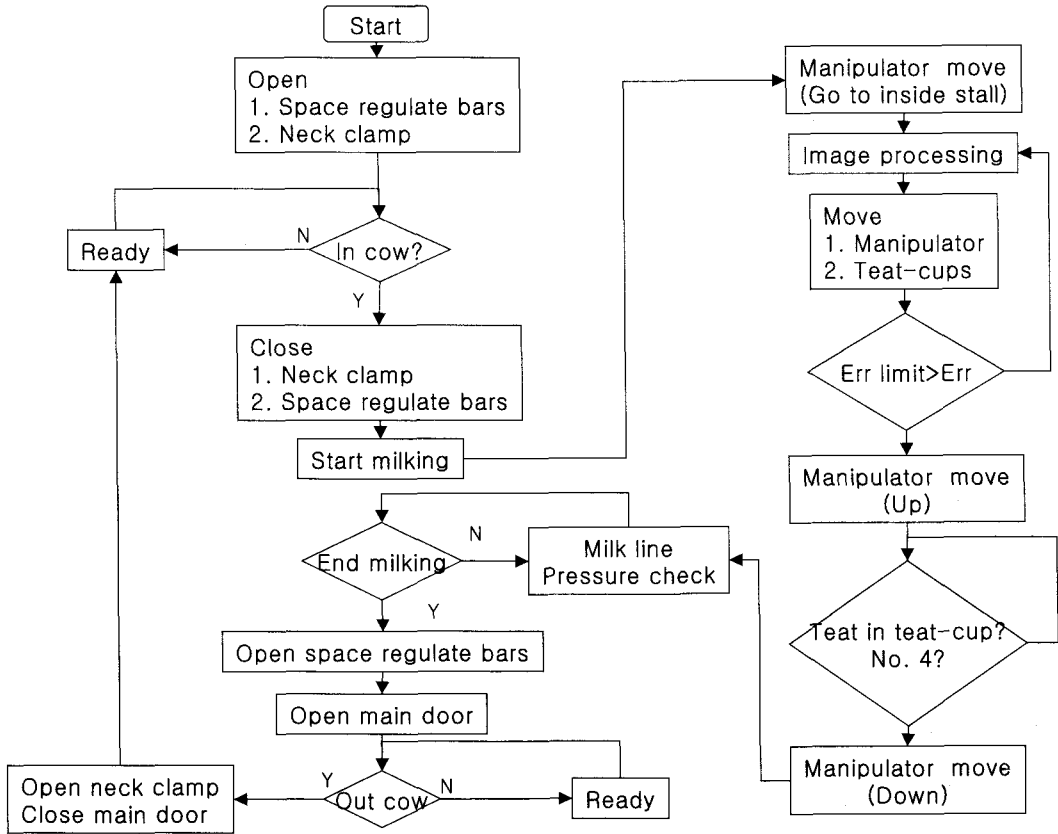


Fig. 8. Flowchart for robot milking system.

톨 내 진입, 영상처리 및 매니플레이터 구동, 착유컵 장착, 착유컵 탈락 및 매니플레이터 스톱 외부로 퇴장으로 구성된다.

매니플레이터의 스톱 내 진입, 스톱 외부로 퇴장은 미리 설정된 조건에 의해 항상 같은 경로를 따라 동작이 이뤄지며, 작업소요 시간은 약 35초가 소요되었다. 이 작업은 매니플레이터 작동에 의해 착유우가 놀라지 않도록 설정된 시간이며, 착유우의 시스템 적응도에 따라 단축시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

영상처리 및 매니플레이터구동, 착유컵 장착은 착유우의 움직임에 많은 영향을 받게 된다. 움직이는 착유우를 대상으로 유두인식 및 각 유두의 위치정보를 획득하기 위한 영상처리시간은 최소 5 초, 최대 16 초가 소요

되었으며, 평균 10 초가 소요되었다.

영상처리를 통한 유두추적에 필요한 시간은 착유우가 얼마나 안정된 상태인가에 따라 차이가 나타났으며, 소요시간단축을 위해서는 착유우가 편안하고 안정감을 가질 수 있도록 해주어 가능한 움직이지 않도록 해야 할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

영상처리 후 4개의 착유컵을 유두에 장착하기 위한 착유컵 진공형성 소요시간은 최소 6초에서 최대 13초, 평균 8초가 소요되었다.

소요시간의 차이는 각 유두끝점에 착유컵이 얼마나 정확히 위치하느냐에 따라 결정되는 것으로 나타났으며, 유두좌표의 정확한 획득과 매니플레이터 및 착유컵 착탈시스템의 위치결정 정밀도에 따라 소요시간이 좌우

Table 1. The milk yield and processing time of cow by RMS

Day	Milk yield (kg/time)	Image processing time		Teat-cup attachment time (sec)	Total attachment processing time (sec)
		Repeated (time)	the time required (sec)		
1	7.4	4	5	13	22
2	8.0	6	7	8	21
3	7.9	12	14	7	33
4	6.7	8	10	9	27
5	7.6	8	10	8	26
6	7.4	9	11	8	28
7	7.2	10	12	9	31
8	8.4	11	13	6	30
9	9.6	5	6	7	18
10	8.1	6	7	11	24
11	7.5	5	6	6	17
12	7.0	7	8	8	23
13	7.8	10	12	7	29
14	7.1	13	16	9	38
15	7.9	10	12	8	30
16	6.5	9	11	7	27
17	7.6	11	13	10	34
18	7.8	6	7	10	23
19	6.8	9	11	9	29
20	6.7	13	16	8	37
21	6.9	8	10	8	26
Average	7.5	8	10	8	27

되는 것으로 나타났다.

전체 착유컵 장착시간은 영상처리를 통한 유두인식 및 3차원 좌표추출시간, 매니플레이터와 착유컵 착탈시스템의 구동소요시간, 진공형성 및 착유컵 부착시간에 의해 계산되며, 전체 착유컵 장착 소요시간은 최소 17 초, 최대 38 초, 평균 27 초가 소요되었다.

이 결과는 착유컵 부착 시 유방마사지 자극을 가한 후 약 1분 후에 착유컵을 장착해야하므로 매니플레이터 진입시간 등을 고려해도 착유성능에는 영향이 없을 것으로 판단되었다.

착유컵 탈락은 유방의 각 분방별 유량이 다르기 때문에 각 착유컵별 탈락시간이 달랐지만 모두 약 1초 내에 유두에서 탈락하는 것으로 나타나 착유작업에 지장을 주지 않을 것으로 판단되었다.

#### 나. 착유량

로봇 착유 시스템이 젖소의 비유에 미치는 영향을 알아보기 위하여 이전 착유량과 실험 기간 착유량을 이용하여 비유곡선을 작성하였으며, 주간별 유량의 합과 전주 착유량과

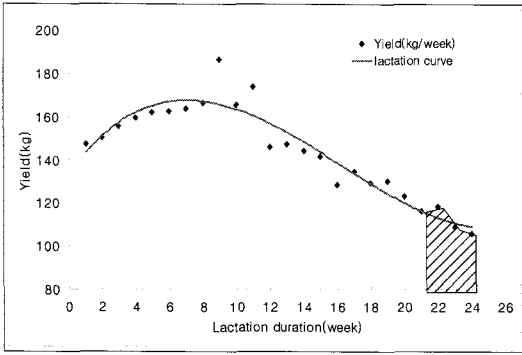


Fig. 9. The lactation curve of weekly yield of milking process (▨:period used RMS).

의 편차를 이용하여 분석하였다(Fig. 9).

로봇 착유시스템을 이용한 착유량을 알아 보면 1주째 평균착유량은 7.5 kg, 2주째는 7.9 kg, 3주째는 7.2 kg으로 나타났으며, 3주간 평균 착유량은 7.5 kg으로 나타났다. 주간 착유량의 표준편차는 0.7 kg으로 나타났다.

비유량은 보통 주간별 다른 양을 보이는데 분만 후부터 10 주까지의 비유초기는 유량이 증가하여 4~8 주 사이에 최고조에 도달하고 이후에 점차 감소하는 경향을 보이게 된다 (Linn, et al, 1995).

실험 대상 착유우도 같은 경향을 보였으며, 주간별 유량의 편차를 볼 때 큰 차이를 보이지 않는바 이는 로봇 착유시스템에 의한 착유가 착유량에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다.

## 요 약

부족한 노동력 해소와 유질 및 유량의 향상을 위해서 5축 다관절 매니플레이터와 착유컵 착탈 시스템 및 영상처리 시스템을 이용한 로봇 착유시스템을 개발하였으며, 착유우 실험을 통해 시스템 성능분석 및 착유량에 미치는 영향을 알아보았다.

1. 착유컵 장착시간은 최소 17초, 최대 38초, 평균 27초가 소요되었으며, 이는 착유성

능에 영향이 없을 것으로 판단되었다. 착유컵 탈락은 약 1초 내에 유두에서 탈락하는 것으로 나타나 착유작업에 지장을 주지 않을 것으로 판단되었다.

2. 로봇 착유시스템을 이용한 착유량은 평균 착유량은 7.5 kg으로 나타났으며, 주간 착유량의 표준편차는 0.7 kg으로 나타났다. 비유곡선을 이용한 착유량 분석도 로봇 착유시스템에 의한 착유 시 착유량에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다.

본 연구에서 개발된 로봇 착유시스템은 착유컵 착탈 성능과 착유량에 미치는 영향에 관한 것으로 착유실내의 모든 착유작업을 수행하기 위해서는 착유전 유두세척, 유두 마사지 및 전처리 공정과 착유후 후처리 및 소독 공정이 모두 필요한 사항이며, 앞으로 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 인 용 문 헌

1. Frpst, A. R., t. t. Mottram, M. J. Street, R. C. Hall, D. S. Spencer and C. J. Allen, 2002. "A Field Trial of a Teatcup Attachment Robot for an Automatic Milking System", J. of agriculture Engineering Research, pp. 325-334.
2. Ipema, A. H., E. Benders and W. Rossing. 1987. "Effects of More Frequent Milking on Production and Health of Dairy Cattle". Proc. Third Symp. Automation in Dairying. Wageningen. 1987. IMAG-DLO Wageningen Netherlands. pp. 283-293.
3. Justesen, P. and M. D. Rasmussen. 2000. "Improvement of Milk Quality by the Danish AMS Self-monitoring Program", Proc. of the international Symposium Robotic Milking, pp. 83-88.
4. Kim, W. 2003. "Development of a Milking Robot System", PhD Diss., SungKyunKwan

- University, Suwon, pp. 87-101.
5. Klungel, G. H., B. A. Slaghuis, and H. Hogeveen. 2000. "The Effect of the Introduction of Automatic Milking on Milk Quality", *J. Dairy Sci.*, Vol. 83, pp. 1998-2003.
  6. Kwon, D. J., W. Kim and D. W. Lee, 2002. "Position Analysis of Cow Teats for Teat-cup Attachment System on Robotic Milking System", *J. of Livestock Housing and Environment*, Vol. 8, No. 3, pp. 159-164.
  7. Lee, D. W., W. Kim, H. T. Kim, D. W. Kim, D. Y. Choi, J. D. Han, D. J. Kwon and S.K. Lee, 2001. "A Robotic Milking Manipulator for Teat-cup Attachment Modules", *J. of Bio-systems Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 163-168.
  8. Lee, S. H., K. J. Choi and B. K. Yu. 1998. "Research Trends and Their Perspectives in Milking Robot", *J. of Bio-systems Engineering*, Vol. 23, No. 6, pp. 641-647.
  9. Lee, Y. J. and D. I. Chang, 1999. "Basic Study for the Development of Teat Cup Handling System Operated by a Robot", *Proc. of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference*, Vol. 4, No. 2, pp. 159-164.
  10. Linn, James G., Michael F. Hutjens, Randy Shaver, Donald E. Otterby, W. Terry Howard and Lee H. Kilmer, 1995, "Feeding the Dairy Herd", *Minesota Extension Service, Univ. of Minesota*.
  11. Pomies, D. and J. Bony, 2000, "Comparison of Hygienic Quality of Milk Collected with a Milking Robot vs. With a Conventional Milking Parlor", *Proc. of the International Symposium Robotic Milking*, pp. 122-123.
  12. Rossing, W. and P. H. Hogewerf, 1997. "State of the Art of Automatic Milking Systems", *J. of Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 17, No. 1, pp. 1-17.
  13. Rossing, W., A. H. Ipema and P. F. Veltman, 1985. "The Feasibility of Milking in a Feeding Box", *IMAG-DLO, Wageningen, the Netherlands. Research Report*, 8552.
  14. Van der Vorst, Y. and H. Hogeveen, 2000. "Automatic Milking Systems and Milk Quality in The Netherlands", *Proc. of the International Symposium Robotic Milking*, pp. 73-82.