

유제품의 안정적인 공급을 위한 젖소건강관리 시스템

이승빈*, 이해성°, 정노권*, 진병규*, 이상문*

*°한국교통대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail: merci.leesb@gmail.com*, {gotjd347°, aretian}@naver.com*
{cyber28_jun, smlee}@ut.ac.kr*

Dairy Cattle Health-Care System for Stable Supply of Dairy Products

Seung-bin Lee*, Hae-seong Lee°, No-Kwon Jeong*,
Byeong-kyu Jeon*, Sang-moon Lee*

*°Dept. of Computer Sci. & Info. Engineering, Korea Nat'l Univ. of Transportation

● 요약 ●

최근 국내 유제품 수요는 인구의 고령화, 학교급식 소비의 감소, 대체음료 시장의 성장 그리고 출산을 저하하는 여러 가지 영향에 기인하여 줄고 있다. 반대로 수입 유제품의 수요, 특히 치즈에 있어서는 눈에 띄는 성장을 보여 국내 낙농업 시장은 안타까운 실정이다. 뿐만 아니라 공급에 있어서는 계절적인 원유 수급불안 현상, 수입증가, 농가이탈에 의한 생산기반의 위축으로 인해 안정적으로 국내 낙농업 시장의 활성화가 필요한 시점이다. 이 논문에서는 낙농가에서 가장 중요한 젖소의 건강 관리(발정기, 맥박감지)를 통합해 유량을 늘리는 방안을 제시하여 낙농업계의 활성화를 목표로 한다.

키워드: 유제품(dairy products), 젖소(cattle), 발정기(estrous), 낙농업(dairy)

1. 서론

표 1. 2003-2013년간 우리나라 전체 유제품 수급 변화

Table 1. 2003-2013 All Dairy Products Supply & Demand transition in Korea.

(자료 : 농림축산식품부, 한국유가공협회) 단위 : 천 톤

구분	소비 수요량				공급 조달량				국내산 재고량	자급률 (%)
	수입산	국내산	수출	계	수입산	국내산	차년 이월	계		
2003	604	2,340	47	2,990	604	2,366	161	3,131	94	79.1
2004	842	2,182	49	3,074	842	2,255	94	3,192	68	73.4
2005	898	2,080	50	3,028	898	2,229	68	3,195	116	73.6
2006	882	2,125	52	3,059	882	2,176	116	3,175	53	71.2
2007	968	2,141	47	3,155	968	2,188	53	3,209	107	69.3
2008	885	2,084	55	3,024	885	2,139	107	3,131	96	70.7
2009	959	2,003	74	3,036	959	2,110	96	3,165	55	69.5
2010	1,135	1,958	78	3,171	1,135	2,073	55	3,262	13	65.4
2011	1,713	1,727	78	3,518	1,713	1,889	13	3,614	18	53.7
2012	1,414	1,851	93	3,359	1,414	2,111	18	3,544	92	62.8
2013	1,586	1,899	96	3,582	1,586	2,093	92	3,771	93	58.4

[표1] 에 따르면 최근 우리나라의 유제품 소비 총 수요량은 매년 증가 추세이며 원유량으로 환산하면 2003년 299만톤에서 2013년 358만톤으로 약 20% 가까이 증가하였다. 하지만 이렇게 늘어났음에도 불구하고 2013년 국내 유제품 자급률은 58.4%로 지난 2003년 79.1%에 비하면 많이 떨어진 수치이다.

도 불구하고 2013년 국내 유제품 자급률은 58.4%로 지난 2003년 79.1%에 비하면 많이 떨어진 수치이다.

표 2. 고령자 증가에 따른 우리나라 인구의 구성변화 전망 (1970-2040)

Table 2. The Prospect of Population Structure in Korea According to the aged growth (1970-2040).

(자료 : 통계청) 단위 : %

구분	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040
65세 이상	3.1	3.8	5.1	7.2	11.0	15.7	24.3	32.3
15~64세	54.4	62.2	69.3	71.7	72.8	71.1	63.1	56.5
0~14세	42.5	34.0	25.6	21.1	16.1	13.2	12.6	11.2
합계	100	100	100	100	100	100	100	100

수요 변화의 요인으로는 먼저 국내산 환우유와 분유의 수요 감소를 들 수 있다. [표 2]에서 인구가 고령화 되면서 환우유의 주 소비층인 13세 이하 연령층이 감소하는 것이 주 원인이 될 수 있다. 또한 고령자층에서 '유당불내증' 으로 인한 배탈도 소비 감소 요인이 되고 있다. 그리고 국내 출산율은 2013년 1.24명으로 세계에서 219위를 기록하는 매우 낮은 수치이다. 신생아와 유아의 숫자가 감소하면서 분유 수요 감소도 원인이 되고 있다. 공급적인 측면에서 보자면, 꾸준한 품종 개량과 지원을 통해 농가의 생산성은 향상되었다. 하지만 여전히

계절적인 수요-공급 불균형 문제도 있다. 젖소는 일반적으로 덥고 습한 기후보다는 서늘한 기후에서 유량이 크게 는다. 하지만 우유 수요가 늘어나는 여름에 원유 생산량이 줄어들고, 반대로 수요가 줄어드는 겨울에 생산량이 늘어나기 때문이다.

표 3. 유제품 종류별 수입증가 추이(2003~2013)

Table 3. A upward trends in increasing in import among the type of Dairy Products.

(자료 : 낙농 진흥회) 단위 : 천톤
기타 : 커드, 혼합분유, 밀크와 크림, 알부민, 연유 발효유

구분	2000	2005	2010	2012	2013
치즈	30,52	44,02	60,92	77,49	84,86
유장	38,88	40,32	37,60	42,45	35,09
조제버터	14,47	19,37	23,39	23,35	22,46
유당	15,11	15,75	15,36	17,93	15,92
크림류	3,06	3,78	7,58	12,80	11,34
카제인	4,90	6,09	5,80	5,89	6,34
아이스크림	1,74	1,90	3,36	5,25	5,78
버터	0,95	5,05	6,40	7,39	5,64
기타	3,48	5,04	5,75	6,15	6,67

표 4. 국제 곡물가격과 낙농농가의 원유 생산비 상승추이 (2000~2013)

Table 4. A upward trends in raw milk production cost of dairy industry and International price of grain.

(자료 : 2012 낙농통계연감, 한국농촌경제연구원)

*주) 원유생산비는 2000년까지는 kg이고 그 이후부터는 / 기준

(1 / =1,03kg) 단위 : 달러/톤, 원리터

구분	2000	2005	2010	2011	2012	2013	
국제 곡물 가격	밀	103	125	288	237	284	224
	옥수수	88	85	243	251	272	168
	대두	184	221	502	436	521	489
	원유 생산비	42,300	48,289	64,073	71,751	78,414	80,713

결국 [표 3]과 같이 수입에 크게 의존할 수 밖에 없게 되고, [표 4]와 같이 원유생산비가 상승하고 있다. 옆친데 덮친 격으로 가축 전염병 발생 이후 안전성 요구, 폐수 규제 등이 강화되어 영세 농가는 경영난에 직면하게 되고 결국에 [표5] 와 같이 농가 유출 현상이 일어난다.

표 5. 축산농가 경영주의 연령 계층별 구성 변화

Table 5. A Change of Structure in Ranch Owner by age classification.

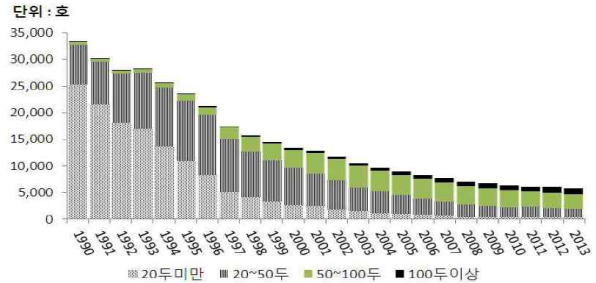
- 1) 축산농가수는 한우, 육우, 낙농, 양돈, 육계, 산란계, 오리 사육농가수를 합산
- 2) 고령화율 = (65세 이상 농가수 / 전체 축산농가) × 100
- 3) 통계청의 '농림어업조사' 는 표본조사를 기반으로 하고 있으며, 조사 시점의 차이로 '가축 통계 조사결과' 의 축산 농가수와 차이가 있음

(자료 : 통계청, 농림어업조사, 2014.3) 단위 명, %

구분	2010	2011	2012	2013
전체 축산 농가수	228,541	210,194	195,737	179,796
65세 이상 농가수 (고령화 비율)	90,770 (39.7)	88,487 (42.1)	85,217 (43.5)	79,650 (44.3)
15세 이상 ~ 64세 이하 (생산가능 연령층 농가 비율)	137,771 (60.3)	121,679 (57.9)	110,511 (56.5)	100,147 (55.7)
25세 이상 ~ 49세 이하 (핵심 생산연령층 농가 비율)	34,251 (15.0)	26,091 (12.4)	21,828 (11.2)	18,392 (10.2)

표 6. 젖소 사육 규모별 낙농농가의 구성변화(1990~2013)

Table 6. A Change of Structure in Ranch by the cattle breeding scale.



자료 : 통계청

[표 5]에서 보는 것과 같이, 핵심 생산연령층(25세~49세)이 줄어들고 고령화 비율이 높아지고 있다. 이로 인해 상대적으로 1인당 노동 생산성이 줄어들고 있다. 젖소의 측면에서 보자면, 서늘한 환경을 좋아하는 젖소는 이른 아침 혹은 밤, 새벽시간에 주로 발정기가 찾아오고, 빈번하게 자리를 비워야하는 목장의

특성상 발정 발견이 늦게 된다. 결국 수태를 놓칠 뿐만 아니라 원유 생산량도 떨어지게 되어 농가에 큰 피해를 미치게 된다. 게다가 젖소는 생각보다 많은 환경에 스트레스를 받아 유량이 자주 변하는 가축이다. 이렇게 하다가간 차후 몇 년 후에는 국내산 원유는 찾기도 힘들 뿐만 아니라 우리가 먹는 유제품들은 수입에만 의존해야 하는 안타까운 상황이 올 수 있다. 따라서 기존의 낙농주에게 생산성을 올리기 위한 인터페이스 환경을 제공하고, 진입장벽이 상대적으로 높은 축산업의 벽을 허무는 것이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 안정적인 국내 유제품 생산을 도모하기 위하여 농가에서 높은 품질의 우유를 많이 생산할 수 있는 방법으로 경영자들이 한눈에 젖소의 건강을 손쉽게 확인할 수 있는 관리 시스템을 제안한다.

II. 관련 연구

1. 관련연구

1.1 젖소 발정기

우선 원유 생산량을 늘리기 위해 발정기를 놓치지 않는 것이 무엇보다 중요하다. 현재 이와 관련된 방법으로는 육안으로 직접 확인하는 방식 그리고 발정 예상기록표, 발색제와 크레올을 이용하는 방법, 카메라 감시, 체온변화 탐지 등이 있다. 이러한 방법들의 단점을 보완하기 위해 가속도 센서를 이용해 발정기에 늘어나는 움직임을 파악하는 방법과 발정기에만 내는 특유 소리를 탐지하여 발정기를 확인하는 방법을 제시한 연구들이 있다. 주로 농가에서는 비정상적으로 늘어난 움직임과 줄어든 유량을 통해 발정기를 예측하고 체세포 검사를 통해 최종적으로 발정기임을 확정한다.

1.2 맥박

맥박은 사람에게 있어서 중요한 생체 정보 중 하나이다. 마찬가지로 젖소에 주요 질병인 부제병, 열성질병, 심장병, 심한 동통, 심한 빈혈,

유방염 등을 판별할 수 있고 심리상태도 판단할 수 있는 지표이다. 스트레스는 유량에 큰 영향을 미친다. 주로 농기주인 이외의 사람을 인식하여 공포감을 느끼거나, 높은 온도 등 여러 가지 요인에서 나타난다. 따라서 맥박 모니터링은 젖소의 건강상태와 심리적 상태를 동시에 확인할 수 있는 중요한 지표이다. 맥박을 측정하는 대표적인 방법으로는 혈류측정 (PPG) 센서를 이용하는 방식이 있다. 혈액 속의 산화 헤모글로빈과 헤모글로빈이 500nm~1000nm 사이의 파장을 가지는 빛을 쬐었을 때 매우 다른 스펙트럼을 보이는 것을 이용한 것이다. PPG 센서는 비 침습적이며, 피부 표면에 센서만 부착하고 탈부착과 관리가 용이하므로 지속적인 모니터링을 하기에 적합하다. 일반적인 성인 젖소의 정상 맥박 범위는 60~80 사이이다.

1.3 RFID

인간과 사물의 상호작용으로 일상생활에서 일어나는 액티비티 (ADL: Activity of Daily Living)를 자동 분류하는 연구에 착안하여 젖소에 적용해 볼 수 있다. 젖소는 여러 상황에서 스트레스를 받고 있기 때문에, 주변 사물들 뿐만 아니라 젖소들 간의 상호 관계에 의해서도 나타날 수 있다. 젖소에게 RFID 센서 모듈을 인식하여 ADL를 추론하여 RFID 리더기를 통해 인식한 객체와의 상호 작용을 통해서 어떤 맥박 반응이 일어나는지 확인할 수 있다.

III. 젖소건강관리 시스템

1. 개요

젖소의 발정기와 건강을 위한 관련연구로서 다양한 의견들이 제시되고 있다. 발정기를 체크하는 방법으로 사람이 직접 눈으로 체크하는 방법은 관찰자가 일일이 검사해야하며, 소가 발정이 자주 일어나는 시간대는 사람이 부재인 시간임을 고려할 때 다소 어려움이 많다. 발정기에 암소의 운동량이 평소의 4배 이상 증가하는 것에 착안해 센서를 다는 것만으로 발정기를 확인하는 방법은 환경적인 요인에 의해 변할 수 있으니 아쉬운 점이 있다. 또한 발정기에 소가 내는 소리를 이용한 방식은 발정을 탐지하는 데에 있어서 매우 가볍고 효과적인 방법이지만, 어떤 소가 발정을 한 것인지 대상을 특정하기 어렵기 때문에 각각의 소들을 물리적으로 분리해줄 필요성이 있다. 한편 맥박을 이용하여 젖소의 스트레스와 건강상태를 체크하는 방식은 젖소가 스트레스를 받고 있다는 점은 확인할 수 있으나 그 스트레스로부터 젖소가 어떤 상태인지, 스트레스의 원인이 무엇인지 정확하게 파악하기 위해서는 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

2. 시스템 설계



그림 1. 젖소건강관리 시스템의 진행과정.

Figure 1. A Process in Dairy cattle health-care System.

본 시스템은 음성 센서와 3차원 가속센서를 통해 어느 한 가지만 사용한 방법에 단점을 보완한다. [그림 1]에서 보는 것과 같이 세 가지 센서에서 받은 데이터를 이용해서 수신 서버로 전송하고 어플리케이션은 이 값을 수치화시켜 저장한다. RFID를 이용해 고유번호를 갖고 있는 각각의 소마다 6시간 간격의 통계치를 분석하고 평균치에 비해 비정상적인 수치가 나타나게 되면 스마트폰 푸쉬 알림, 음성 알림을 통해 낙농주에게 전달한다. 또한 주변 사물들과 RFID 기술을 사용하여 다른 소들과 혹은 어떤 물체들과 상호 작용을 할 때, 정상 맥박 범위 내에서 벗어나는지 추론해 낼 수 있다. 비정상적인 맥박이 나타날 경우 이 상황에 어떤 사물, 젖소들이 있는지 확인하고 습도와 온도를 저장하여 이를 통해 스트레스의 원인들을 찾아내어 발정 등의 다른 젖소의 원유 생산 가능성을 정확히 파악하게 된다.

3. 효과

목장 경영주는 어플리케이션으로부터 받은 시각화된 자료를 통해서 20시간에 불과한 젖소의 발정시간을 놓치지 않아 적절한 시기에 인공수정을 시켜줄 수 있고 최종적으로는 건강한 송아지 생산과 원유 생산을 극대화 시킬 수 있다. 뿐만 아니라 스트레스 요인과 질병을 조기에 찾아내어, 낙농가의 경제적 손실을 최소화 시켜준다.

IV. 결론

낙농 농가는 극심한 일손 부족 현상을 겪고 있다. 이를 시스템적으로 처리하여 젖소의 번식률을 높이고, 스트레스를 줄여 최종적으로는 원유 생산량을 극대화할 수 있다. 목장 경영주에게 인건비 절감과 늘어난 원유 생산량은 수익으로 나타나고, 결국엔 낙농업계가 살아날 수 있는 방안이다.

또한 추후에 어떤 맥박에서 어떤 질병이 나타나는지 전문가관과의 협력이 필요하다. 그리고 네트워크 관리 시스템을 통해 원격으로도 처리가 가능케 만든다면 초보 경영주들도 기관, 기업의 전문가들로부터 손쉬운 도움을 얻을 수 있어 낙농업계의 진입 장벽을 낮출 수 있는 획기적인 방안이 될 수 있다. 젖소에게 RFID, 3차원 가속도 센서, PPG(맥박)센서 등을 다는 행위 자체가 부담이 되어 또 다른 스트레스를 유발할 수 있기 때문에 최대한 소형화 시켜 부담을 덜 느끼게 해야 한다. 뿐만 아니라 고령화되어 있는 목장 경영자들에게 복잡한 어플리케이션은 오히려 독이 될 수 있으므로 간소화시켜 가독성 높은 시각 자료를 보여주어야 한다.

참고문헌

[1] Tae-Seong Kim, Cheol-Myeong Hwang, "2014 NHERI Report No.251 (2014, 8, 29).
 [2] Sang-Don Ahn, 2014 NHERI Weekly brief No.32 (2014, 8, 25).
 [3] Jung-Tack Seo, Beum-Jung Yoo, Sang-Youn Kim, Phil-Hwan Jung, Chan-Young Park, "Detection system of standing estrus in cattle using USN", Korean Institute of Information Scientists and Engineers Korea Computer Congress 2009,

Vol.36 No.2(D)

- [4] Hak-Bong Jun, Han-Joon Kim, Jin-Oh Kim, "Development of Pulse Measurement Method for Health Monitoring of Dairy Cows", The Korea Contents Association 2013, Vol.13 No.12.
- [5] Kwang-Soo Back, Wang-Shik Lee, Jun-Kyu Son, Hyun-Joo Lim, Ho-Beak Yoon, Tae-Il Kim, Tai-Young Hur, Chany-Yong Choe, Young-Hun Jung, Eung-Gi Kwon, Yeon-Sub Jung, Sun-Kyu Kim, and Jeong-Il Won, "The Analysis of Estrus Behavior and the Evaluation of Conditions Required for Improving Reproductive Efficiency in Holstein Dairy Cows using a Heat Detector", Journal of embryo transfer / Vol.28 No.3 2013, pp.177-184.
- [6] Sae-mi Im, Ig-Jae Kim, Sang-Chul Ahn, Hyoung-Gon Kim, "Automatic ADL Classification Using 3 Axial Accelerometers and RFID Sensor", The Institute of Electronics and Information Engineers CI, Vol.45 No.3 (2008, 5), pp.135-141.