

# 축산을 위한 환경제어 및 자동화 사양관리 시스템 설계에 관한 문헌 연구

장동일 · 장홍희

충남대학교 농과대학 농업기계공학과

## Design of Environment Control and Automated Management Systems for Animal Production : A Review

Chang, Dong-Il and Chang, Hong-Hee

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University

Daejeon, Korea 305-764

### Summary

The objective of this study was to review and analyze the application technologies of electronics and microprocessor for environment control and automated management systems of livestock production of the advanced countries, and to select the appropriate and applicable technologies for our systems among the analyzed.

In this study, the environment control systems were analyzed mainly on the poultry production systems and the automated management systems on swine and dairy production systems.

According to the results, the advanced technologies reviewed and analyzed could be applicable for designing our animal production systems, if those were modified and remodeled for our situation.

(Key words : Environment, Measurement, Control, Management, Automation, Animal production)

### 서 론

농축산물의 수입개방으로 인하여 양축농가는 국제경쟁력을 갖추지 않으면 안되는 무한 경쟁 시대에 직면하고 있으며, 이에 고도의 생산기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

전자기술은 축산업에 있어서 상대적으로 새로운 기술이나 앞으로 점차 상당한 영향을 미칠 것으로 예상되며, 효율과 수익률의 향상을 위하여 가축생산자들은 관리정보시스템, 전자측정

장치와 기술, 전기에너지를 더욱 많이 이용할 것으로 예상된다. 특히 마이크로프로세서 제어는 전자기계제어시스템보다 저렴하며, 환경제어시스템 설계를 위한 다양한 기능을 제공하기 때문에 마이크로프로세서의 사용은 앞으로 증가할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 전자기술과 마이크로프로세서가 현대 축산의 환경제어 및 사양관리 자동화에 어떻게 응용되고 있는가를 분석하고, 그들의 응용기술을 선별하는데 목적을 두고 계

충남대학교 농과대학 농업기계공학과(Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University Daejeon, Korea 305-764)

사의 환경계측제어 시스템과 낙농과 양돈의 사양관리 자동화 기술에 관한 문헌연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에서는 연구 목적을 달성하기 위하여 축사의 환경계측제어와 사양관리 자동화 기술에 관한 문헌 연구를 통하여 현재 우리나라의 특정 농장 외에는 아직 보급되지 않은 선진국의 발전된 계사의 환경계측제어와 낙농과 양돈의 사양관리 자동화 기술에 대한 시스템 구성과 시스템의 시험 방법 등을 분석하였다. 먼저 계사의 환경계측제어 분야에서는 생산능력에 지대한 영향을 미치는 온도, 상대습도, 암모니아, 사료 및 물 소비량의 제어계측을 분석하였으며, 온도 계측에는 AD590JH, 상대습도 계측에는 Humiditron 801과 Rotronics H3C-200, 암모니아 농도 계측에는 Sensidyne 센서, 사료 및 물 소비량 계측에는 Pastel Model 66 덤프 저울과 Kent C-700 펄스 계량기에 대하여 분석하였다. 낙농과 양돈의 사양관리 자동화 기술 분야에서는 낙농에 대한 컴퓨터 보조 사료급여 시스템, 젖소 성능과 건강의 모니터링, 관리 시스템을 위한 처리 제어의 가능성과 양돈에 대한 혼합사료의 투입과 배출, 돈방에 습식사료를 배분하는 것의 정확도, 섭취시간의 제어, 트랜스폰더 - 사료급여에 관하여 분석하였으며, 먼저 낙농에 있어서 컴퓨터 보조 사료급여 시스템에는 전자개체식별장치와 개별 산유량의 자동 측정 장치를 조합한 사료급여 시스템, 젖소 성능과 건강의 모니터링에는 전기 전도율 센서와 펄스 비율 센서, 관리시스템을 위한 처리 제어의 가능성에는 축산에서의 처리 제어 시스템을 분석하였다. 양돈에 있어서 혼합사료의 투입과 배출에는 3~4개의 스트레인 게이지 센서가 설치된 완전 전자 시스템, 돈방에 습식사료를 배분하는 것의 정확도에는 6개의 밸브에 의한 사료급여 시스템, 섭취시간의 제어에는 사료수위센서에 의한 습식 사료 제어 시스템, 트랜스폰더 - 사료급여에는

트랜스폰더를 이용한 하루에 한 번의 사료를 급여하는 시스템을 분석하였다. 이들 분석에 대한 내용은 다음과 같다.

### 1. 축사의 환경계측제어

가축사육에 있어서 생산능력에 지대한 영향을 미치는 것은 축사환경이다. 특히 밀집사육에서 축사내의 온도, 암모니아 농도, CO<sub>2</sub> 함량 등이 높게 나타나며, 그 결과로 가축의 건강과 생산능력 뿐만 아니라 건축자재에도 유해한 영향을 줄 수 있다. 축사내의 온도가 사육최적온도에서 벗어날 수록 젖소의 착유량이 감소하며, 비육돈의 일당 증체량이 떨어진다는 연구결과들이 보고 되었다.<sup>3), 6), 12), 14)</sup> 이를 통하여 가축에게 최적의 사육환경이 요구됨을 알 수 있다. 따라서 사육최적환경 제공을 위한 환경제어시스템의 필요성이 강조되고 있다.

다음은 환경제어시스템의 한 예로써 육계사에 대하여 마이크로프로세서를 이용한 환경계측제어시스템이다.<sup>10)</sup> 이 문헌에서 사용된 시스템에서 센서입력은 온도, 상대습도, 암모니아, 물 소비량, 그리고 사료 소비량이었다. 이 시스템은 센서가 마이크로컴퓨터와 인터페이스하고 유지하는데 편리한 점을 이용하였다.

#### 가. 온도 계측

축사내부 순환진구온도를 측정하기 위해 선택된 온도센서는 아날로그 장치인 AD590JH, 2개의 터미널 집적회로 온도변환기였는데 그 특성은 표 1과 같다. AD590JH는 절대온도에 비례하는 출력 전류를 만들며, 고 임피던스 전류를 출력하기 때문에 선택되었다. 이것은 적은 전압강하효과를 가지고 있으며, 긴 전선에 대하여 사용될 수 있다. 또한 적은 소모 전류 때문에 AD590JH는 그림 1<sup>10)</sup>에 설명된 것처럼 CMOS 아날로그 다중송신기들을 이용하여 쉽게 다중송신할 수 있다. 그림 1에 나타내어진 부가적인 구성요소들은 센서 출력에 대한 EMI/RFI 간섭효과를 줄이기 위한 신호조정회로를 이루고 있

다. 효과 면에서 이러한 회로는 Low pass 필터로서 작동하며, 60미터를 초과하는 긴 길이에 대하여 사용가능하다.” 모든 센서 어셈블리는 열 수축 튜브로 피복되었다.

센서는 91cm 지름을 가진 축벽 팬 근처에 축사 길이방향으로 설치하였다. 대류 열손실효과를 줄이기 위하여 센서는 바닥으로부터 약 46cm, 축벽으로부터 2.4m, 그리고 각 팬의 편심으로부터 2.4m 이격된 위치에 설치되었다. 또한 센서는 축사의 길이방향을 통과하는 2개의 사료공급선중 하나의 공급선에 설치되었다. 외부 온도 센서는 건물 북쪽 처마 밑의 비가림덮개속

에 설치되었다.

Table 1. Characteristics of analog devices AD590JH temperature sensor

Power requirements	+4~+30 Vdc
Rated performance temperature range	-55~+150°C
Nominal current output, @25°C	298.2μA/K
Nominal temperature coefficient	1 μA/K
Calibration error, @25°C	±5.0°C
Nonlinearity	±1.5°C
Electrical turn-on time	20 μs

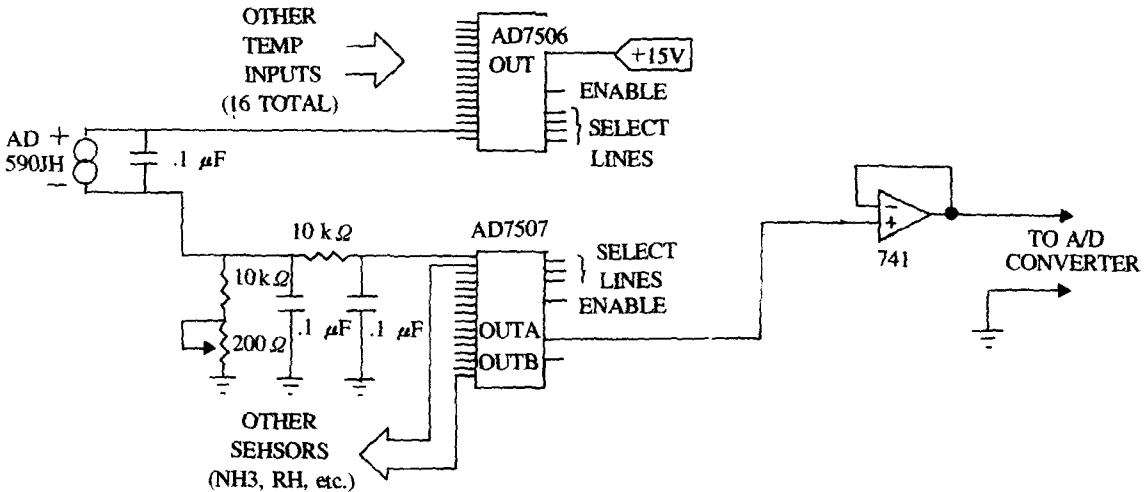


Fig. 1. Temperature sensor interface circuitry

나. 상대습도 계측

상대습도 센서는 필름 정전용량 설계에 기초를 두고 있다. 이 센서의 작동원리는 고 유전체 상수(실내온도에서 약 80)를 가지는 수분흡수 때문에 유전체 상수(보통 2~15)를 가지는 검습기 유전체 재료의 정전용량 변화에 기초를 두고 있다. 검습기 재료와 물의 유전체적 특성은 온도에 따라 변하기 때문에 온도보상이 필요하다.

Humiditron 801과 Rotronics H3C-200이 필름 정전용량 센서로 사용되었다. 표 2는 이러한 센

서의 특성을 나타낸다. 이 두 가지 센서는 가변 전원 공급에 대하여 선형적인 출력을 나타낼 수 있다. 센서의 반응시간은 1m/s의 주위공기속도속에서 1분 이내에 변화의 95%에 이른다. 먼지로부터 센서 프로브를 보호하기 위해 스타킹을 이용한 시험에서 반응시간은 커버링 때문에 3배가 되었다.

정확도에 대하여 Rotronics 데이터가 20~100% 상대습도 범위에서 ±1.5%의 정확도를 나타냈는데 반하여 Humiditron 801은 어떤 데이터도 제공하지 못했다. 선형율, 온도, 이력현상, 그

리고 축도설정에 대한 정확도를 포함한 오차의 근원을 가지고  $\pm 2\%$  RH의 정확도를 얻는 것은 아주 쉬운 것으로 분석되었다.

Humiditron 801 센서는 측벽 팬으로부터 벽면을 따라 약 7.6m, 측벽으로부터 2.4m, 그리고 바닥으로부터 약 1.5m의 위치에서 천장에 매달리도록 설치되었다. 이 센서는 역시 외부습도를 측정하기 위해 온도센서 설명시에 언급된 외부 온도센서처럼 비가림덮개내에 설치되었다.

Rotronics H3C-200S는 벽으로부터 약 0.6m 그리고 바닥으로부터 1.5m위치에서 지붕 장선에 부착됨으로써 내부 Humiditron 801의 근처에 설치되었다. 모든 센서는 선형 전원을 공급받으며, Vdc 신호는 환경계측제어 시스템의 제어기까지 피복전선에 의하여 최대 75m이상의 거리에 송신될 수 있다. 모든 센서는 자동식 연결기와 열 수축 튜브를 이용하여 연결되었다.

Table 2. Characteristics of thin-film capacitance humidity sensors

	Humiditron 801	Rotronics H3C-200
Rated performance humidity	12 ~ 100% RH	0 ~ 100% RH
Range	(non-condensing)	(condensing)
Power requirements	13 ~ 24 Vdc	8 ~ 30 Vdc
Nominal output, linear	100mV%/RH	4 ~ 20mA
Accuracy, @20 ~ 100% RH	NA	$\pm 1.5\%$ RH
Operating temperature range	NA	0 ~ +50°C

#### 다. 암모니아 농도 계측

상대습도 센서와는 달리 상업적으로 유통되는 연속 작동 암모니아 센서는 거의 없다. 최근 까지 이러한 많은 센서들은 10ppm의 낮은 암모니아 농도의 모니터링을 제공하기 위하여 Metal Oxide Semiconductor(MOS)에 기초를 두고 있다. 센서 표면에서의 산화작용 감소형식의 반응은 재료의 총 전도특성 변화에 영향을 준다. 이것에 의하여 가연성 가스의 검사를 위해 석탄 산업에서 1차적으로 개발된 MOS 센서는 이온 흡착작용의 원리에 의해 작동된다. 이론은 센서 구성요소 속으로의 암모니아 이온 흡수에 따라 구성요소의 저항이 측정할 수 있는 출력의 결과로 변화되는 것이다. 그러나 MOS 센서는 온도 그리고 다른 가연성 가스에 아주 민감함을 나타내었으며, 표류하는 경향이 있었다.<sup>8)</sup>

암모니아 농도 계측에 사용된 센서는 전자화학을 기초로 Sensidyne에 의해 제조된 Sensidyne 센서이었다. 표 3은 센서의 특성을 요약한 것이다. 이러한 부류의 이온 특수 센서

는 이온과 화학적 전해물 사이의 화학반응이 전해물의 전도율에 영향을 주는 가스흡수막을 통과하는 암모니아 이온 전이의 원리에 따라 작동한다. Sensidyne 센서의 경우에 있어서 암모니아는 암모늄과 수산화물을 형성하기 위해 물과 반응한다.

Table 3. Characteristics of Sensidyne electro-chemical ammonia sensor

Rated performance ammonia range	0.8 ~ 99 ppm
Power requirements	15 ~ 30 Vdc
Relative humidity range	20 ~ 90%RH
Temperature range	-10 ~ +50°C
Response	logarithmic

그림 2에서 센서의 감지전극과 참조전극은 pH 프로브와 유사하게 수산화물 이온의 농도를 측정한다.<sup>10)</sup> 다음의 식(1)은 암모니아 농도와 전기적 전위에 대한 관계를 나타내고 있다.

$$E = E_0 - 2.303 (RT/F) \log_{10}(X) \dots\dots\dots (1)$$

여기서, X = 암모니아 농도, ppm

F = Faraday 상수

T = 온도, °C

R = 가스 상수

E<sub>0</sub> = 상수, mV

E = 전위, mV

라. 사료 및 물 소비량 계측

영계의 사료 및 물 소비량이 측정되었는데 이 측정에서 파형발생장치가 환경계측제어 시스템 제어기의 입력에 이용되었다. 물 측정기로는 양변위 장치인 Kent C-700 펄스 계량기가 사용되었는데, 그림 3은 이 장치의 회로를 나타낸다.<sup>10)</sup> 측정기는 측정된 물 3.8리터당 +5 Vdc 펄스를 만들었다. 사료소비량은 Pastel Model 66 덩프 저울에 의해 모니터링되었다. 저울에는 1.5~

4.5kg 덩프당 +5Vdc 펄스를 제공하기 위해 빔형 조정 저울이 사용되었다.

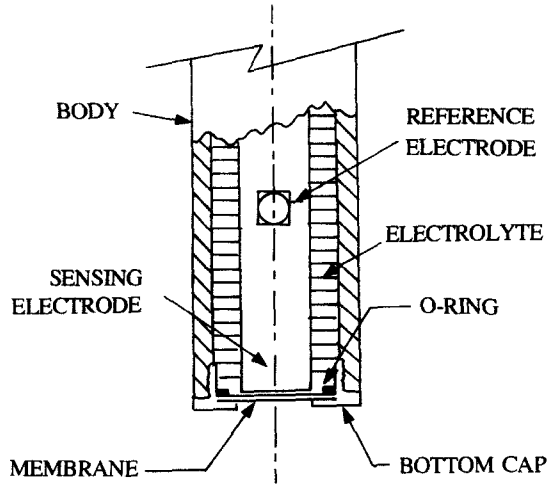


Fig. 2. Cross-sectional diagram of an electrochemical sensor

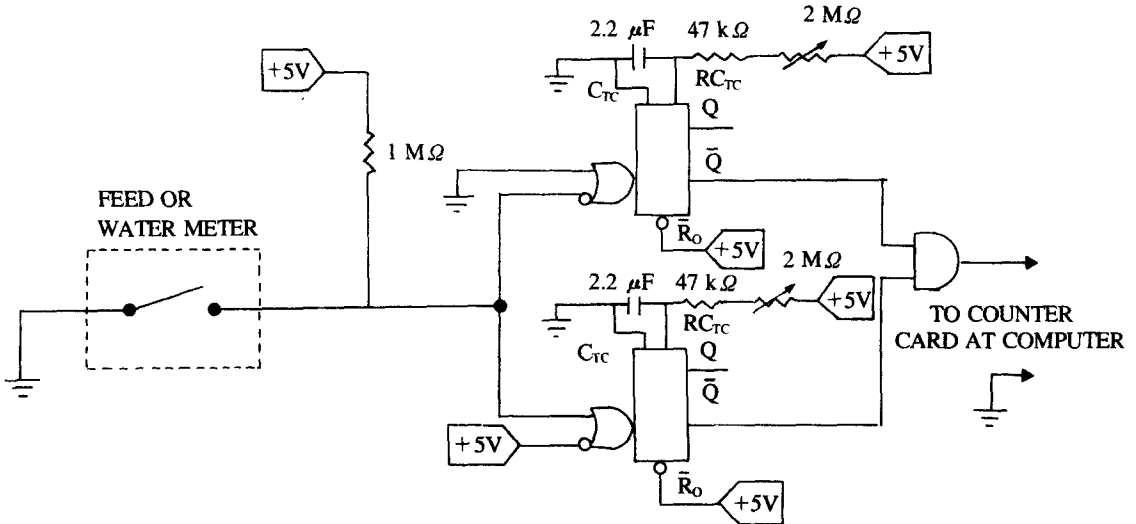


Fig. 3. Circuit diagram for water and feed counter

2. 사양관리 자동화

지금 우리는 전자기술을 많이 접하고 있는데 그것의 중요한 특징은 마이크로컴퓨터를 가지고 데이터 처리와 관리제어에 기초하여 정보를

수집하고, 저장하고, 처리하는 기술의 급속한 발전을 가져온다는 것이다. 이러한 기술은 생산량 증가와 노동력 관리보다는 처리 최적화와 제어에 초점을 맞추고 있다. 현대의 전자공학은 이러한 일을 더 빨리 마칠 수 있도록 두 가지 중

요한 기능을 제공하고 있는데, 그 첫째는 생산 데이터를 더 정확하게 센서를 통하여 측정할 수 있는 기능을 제공하는 것이고, 두 번째는 자동 측정된 입력과 출력 자료로부터 비용과 순이익을 더 빠르게 계산할 수 있는 컴퓨터를 사용하게 하는 것이다.

현재의 가축 개체식별 시스템은 자유롭게 뛰어다니는 가축의 개체를 인식할 수 있다. 이 시스템은 전원 공급과 가축수의 전송을 위해 하나의 주파수를 이용한다. 미래의 개발은 귀 속에 개체식별 시스템을 축소하여 장치할 수 있는 방향으로 전개될 것이며, 자동으로 가축 자료를 수집하고, 수집된 자료를 임의로 저장할 수 있을 것이다.

### 가. 낙농

낙농에 있어서 컴퓨터에 기초를 둔 관리제어를 위한 중요한 분야는 가축사료, 가축능력과 건강의 모니터링, 우유, 집단관리 등이다.

#### 1) 컴퓨터 보조 사료급여 시스템

생산성과 관련 있는 사료급여의 방법에는 군(群) 사료급여와 개별 사료급여가 있다.

가) 군 사료급여: 농후사료와 조사료의 군급

여는 가축에 의해 선택될 수 없는 혼합사료로 사료배합조와 분배 차량에 의해 가축에게 급여된다. 생산량에 따른 사료급여를 위해 군은 그림 4<sup>1)</sup>처럼 생산량이 같은 가축끼리 집단을 이루도록 분할되어야 한다.

나) 개별 사료급여 시스템: 가축 개체식별 시스템을 가지고 개별 사료급여는 그림 5와 같이 3단계로 실현될 수 있다.

사료 제어의 1단계는 개별 가축의 인식을 위한 전자개체식별장치가 장치된 컴퓨터 제어 농후사료 배급기의 사용에 의해 이루어진다. 이러한 급이대는 대당 20~30마리의 젖소를 수용할 수 있다. 2단계로, 각 젖소의 우유생산량을 기록하기 위한 저가의 센서가 전자산업에 의해 제공될 때 개별 우유생산량의 자동 측정과 젖소의 개체식별이 낙농에 응용될 수 있을 것이다. 3단계는 컴퓨터 보조 사료급여 시스템을 가지고 1단계와 2단계를 조합한 것이다. 이것은 조사료 급여를 위하여 다음의 2가지 목적을 가지고 작업할 수 있는 특별한 소프트웨어를 필요로 한다.

(1) 컴퓨터 제어 농후사료 급여와 조합된 조사료의 임의의 급여량

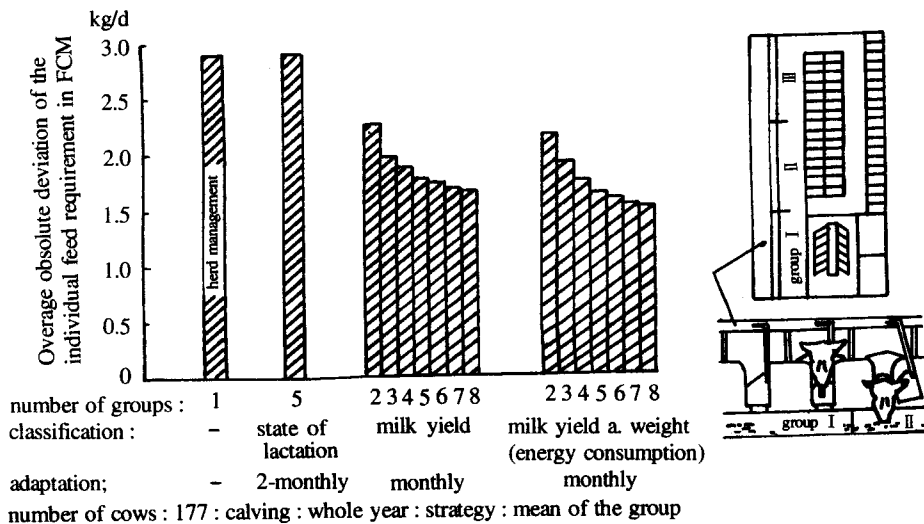


Fig. 4. Computerized feed grid for group feeding of dairy cows and precision of the feed rationing by different criteria for grouping

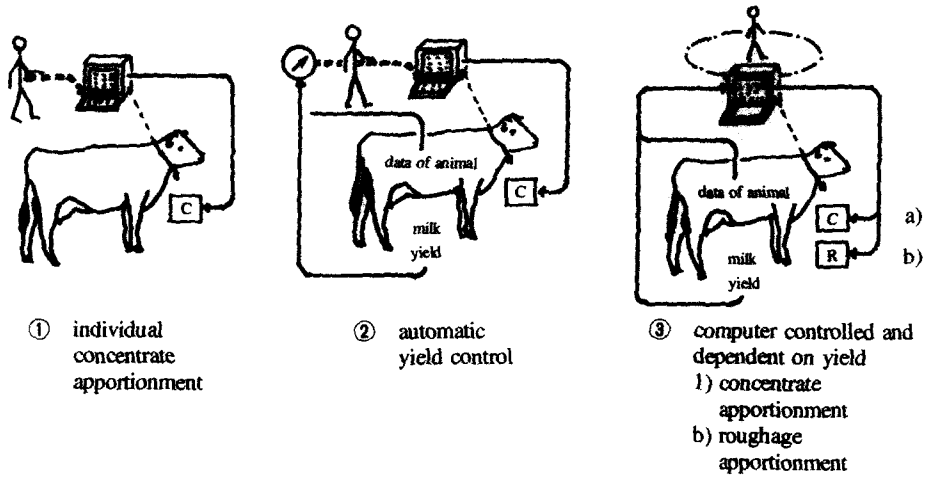


Fig. 5. Levels of computerized individual feeding of dairy cows

(2) 조사료와 농후사료의 컴퓨터 제어 사료급여량

첫 번째 목적으로 농후사료 급여량은 컴퓨터 메모리에 들어갈 수 있는 추정된 조사료량과 소비량에 대하여 결정되어야 한다. 새로운 접근방법으로 경제적인 급여량은 농후사료 급여량을 변화시킴으로써 평가된다. 두 번째 목적은 총사료 입력량과 우유 생산량의 측정을 위한 컴퓨터 저울에 기초를 두고 있다. 이러한 목적을 위해 개방우사에서 농후사료와 조사료 급여를 위한 완전자동 배급장치가 필요하다.

2) 젖소 성능과 건강의 모니터링

젖소 성능은 생산량과 가축 자료를 위한 센서에 의해 측정되었다. 이러한 자료는 컴퓨터 소프트웨어에 의해 평가되었고, 생산량 목표 또는 일상적인 행위로부터의 편차가 디스플레이 되었다. 사료 급여량, 증체량, 우유 생산량과 같은 생산 자료를 위한 센서는 개발되었으나, 생리 자료, 즉 건강 또는 가축 번식력을 측정할 수 있는 센서는 아직까지 개발 단계에 있다.<sup>2)</sup>

체온과 관계있는 우유온도 측정을 위한 센서와 우유의 cell 농도에 관련된 요인을 감지할 수 있는 전기 전도율 센서는 쉽게 우유속에 통합되었다.

생리 자료를 수집하기 위한 펄스 비율 센서가

가축의 귀에 부착되었으며, 필터기능에 의하여 건강한 젖소의 펄스 비율의 시간 과정이 디스플레이 되었다(그림 6<sup>11)</sup>).

3) 관리 시스템을 위한 처리 제어의 가능성

낙농사육에 있어서 다음의 두 가지 심각한 문제가 있다.

가) 농민은 다른 사육 시스템에서 처럼 생산 장치에 의존하지 않을 수 없으며, 매일 젖소 집단을 사육해야 한다.

나) 우유 생산 처리는 젖소의 생리조건에 의한 것보다는 오히려 인간의 작업형태에 따라 주로 이루어지고 있다.

사료급여와 수작업에 의한 이송은 완전히 자동화 되었으나, 아직까지 착유는 노동력에 의존한다. 농후사료 급여기와 조합된 착유 로봇에 대한 연구가 진행 중에 있다.<sup>11)</sup> 그리고 독립 컴퓨터 제어와 최적 착유를 결과적으로 유도할 것이다. 이러한 개발의 완료 때까지 이전의 우유 생산 전략은 수정될 수 있다(그림 7). 예를 들면 사료급여 뿐만 아니라 착유의 시간과 주파수는 가축의 자연적인 요구조건에 따라 인간의 간섭 없이 조절될 수 있다. 이러한 개발은 12~20%의 우유 생산량을 증가시킬 수 있는 더 좋은 가축 환경을 만들어 줄 것이다.

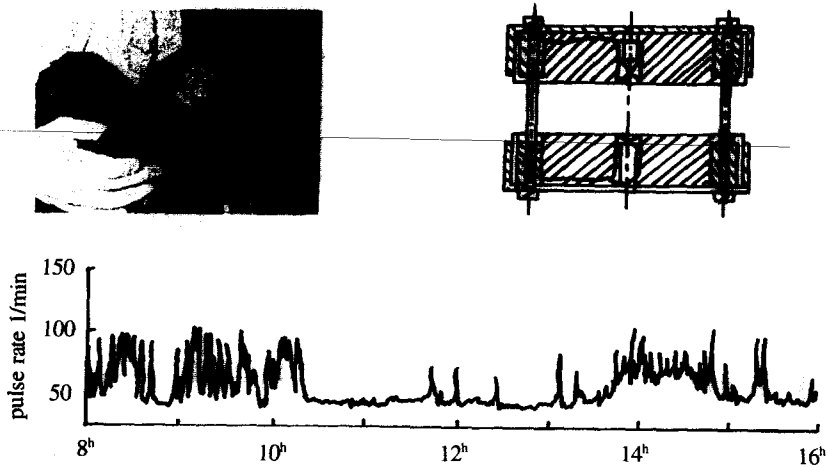


Fig. 6. Pulse rate sensor and example for the pulse rate during one day of a healthy cow

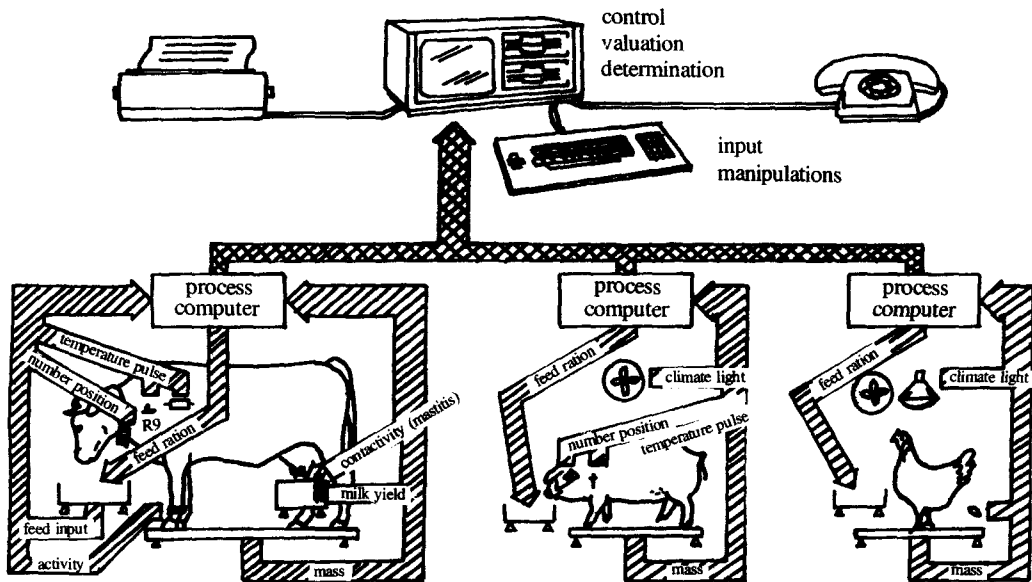


Fig. 7. Examples for process control in animal production

#### 나. 양돈

비육돈의 생산에 있어서 총 생산비의 약 60%가 사료비이다. 선진국의 경우 현재 상태의 기술에서 비육돈 생산에서의 인건비가 단지 총 생산비의 약 2%이다.<sup>3)</sup> 따라서 사료급여 기술은 특별히 고도의 사료 효율에 목표가 맞추어져야 한다. 건식사료급여는 주로 곡물에 제한되는데

반하여 습식사료급여는 모든 사료에 대해 이용될 수 있다. 또한 습식사료급여는 마이크로프로세서를 이용하는데 훨씬 유리한 조건을 제공한다. 다시 말해서 이 습식사료 기술이 건식사료급여 방법에 비하여 표 4에서 처럼 자동화 기술, 제어, 데이터 처리에 훨씬 적당하다.<sup>3)</sup> 따라서 습식사료급여에 대하여 살펴보고자 한다. 이



방법에서 사료량은 혼합조 바로 밑에 위치한 스트레인 게이지에 의한 중량기준 또는 배관의 시작점에서 유도 유량 측정에 의한 체적기준에 의해 쉽게 측정·기록될 수 있다. 사료 구성물 혼합과 돈방에 사료공급을 위한 자동 제어는 혼합 컴퓨터 프로그램과 사료급여 컴퓨터 프로그램을 필요로 한다. 이러한 컴퓨터 프로그램은 사료의 상호교환이 필수적이다. 혼합 컴퓨터는 사료 구성물의 비율에 따라 그리고 혼합사료의 양

이 사료급여 컴퓨터에 의해 돈방으로 배분되도록 프로그램 되었다.’

배분된 사료의 계량 에러의 발생은 스트레인 게이지에 의한 혼합조의 부정확한 계량과 이송 압력에 의한 펌핑 동안 배관 내에서의 사료밀도의 변화에 의한 것이다. 두 제어 시스템을 가지고 혼합사료를 배출하는 동안 중앙으로 계량되어 전송된 사료중량이 반드시 돈방에 공급된 사료중량과 같지는 않다는 것을 고려하였다.

Table 4. Comparison between dry feeding and wet feeding

Functions	Dry feeding	Wet feeding
1. Adjustment and control of the feed supply per pen	Decentral realization at the dispenser in each pen Up to now automatic correction not possible	Central realization at the feeding - computer Automatic correction with increasing weight of the pigs possible portable computer terminal can be used for manual corrections
2. Automatic programming of mixer when feed supply of pens changes	Up to now not possible since data transfer is missing	By data transfer from feeding - computer to mixing - computer
3. Statistical interpretation of pen - and herd - data	Requires manual data transfer	By automatic programs of the feeding - and mixing - computer
4. Display of per - and herd - data		By monitor, screen or printer
5. Automatic transfer of data into computers for farm accounting	Not possible without prior manual data transfer	Possible
Adjustment, control and data transfer with mechanical feeding on a mass or volume basis		

1) 혼합사료의 투입과 배출  
중량제어 시스템이 사용되었는데 두 경우에 계량은 스트레인 게이지에 의해 행해졌다. 전자 기계 시스템인 혼합조에는 decimal balance와 유사한 방법으로 단지 하나의 스트레인 게이지 센서가 설치된 것에 반하여 완전 전자 시스템인

혼합조에는 3~4가지의 스트레인 게이지 센서가 설치되었다.

2) 돈방에 습식사료를 배분하는 것의 정확도  
사료급여 컴퓨터에서 프로그램된 사료량은 6개의 연속적인 밸브에 의해 돈방에 배분된 사료량과 비교되었다.

### 3) 섭취시간의 제어

돼지의 식욕은 기후조건과 건강에 따라 변한다. 이러한 조건을 고려한 방법으로 습식사료의 제한급여는 그림 8과 같다. 이 방법은 사료수위 센서에 의해 체적제어가 이루어지며, 섭취시간에 근거를 둔 컴퓨터 제어로 공급되는 양이 조절되는 제한급여방법이다. 이 시스템은 다음의 습식사료 1회분량이 분배되기 전에 항상 청결한 사조를 제공함으로써 위생문제를 해결한다. 이것은 임의의 사료급여에 대해 매일 소비량을 저장하는 것을 가능하게 한다.

### 4) 트랜스폰더 - 사료급여

집단 속에 있는 돼지에게 개별 사료급여가 필수적인 경우 이는 도전적인 기술로 간주되어야 한다. 이러한 기술은 임신한 모돈을 위해 이용되며, 여러 축사 환경에 적용될 수 있다. 그러나 그 상황에서 모돈 사이의 싸움은 아주 빈번하다. 그러므로 암컷에게 트랜스폰더와 사료가 분배될 때 잠길 수 있는 입출구 문을 가진 장소를 마련해주는 것이 필수적이다. 영양에 대한 견지에 의하면 1일당 다중분배는 필수적인 것이 아니다. 그러므로 트랜스폰더에 의한 사료급여가 모돈 사이의 싸움을 줄일 수 있는 하루에 한번의 사료급여를 위해 프로그램 되었다.

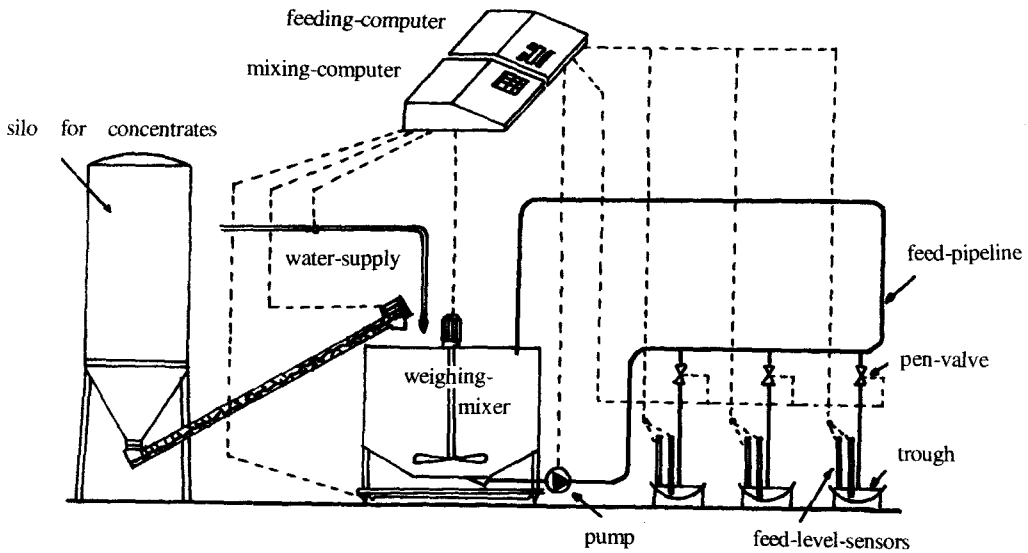


Fig. 8. Wet feeding control of eating time by feed-level-sensor

## 시스템 성능시험 결과

### 1. 축사의 환경계측제어

#### 가. 온도 계측

AD590JH 센서는 매우 신뢰성이 있는 것으로 증명되었다. 그림 9<sup>10)</sup>에 나타내어진 것처럼 센서의 출력 값은 실제 온도 값과 거의 일치하였

다. 이 시스템은 개별센서와 수은온도계를 비교함으로써 소프트웨어에 의해 쉽게 측도설정되도록 설계되었으며, 출력은 선형 방정식에 의해 수정되었다. 지속적인 부식과 센서 도선 속으로의 수분이동에 관련된 문제가 AD590JH 센서에 발생하였는데 센서의 "can" 팩키지 버전과 열수 축튜브를 이용한 센서 도선 피복에 의해 개선되었다.

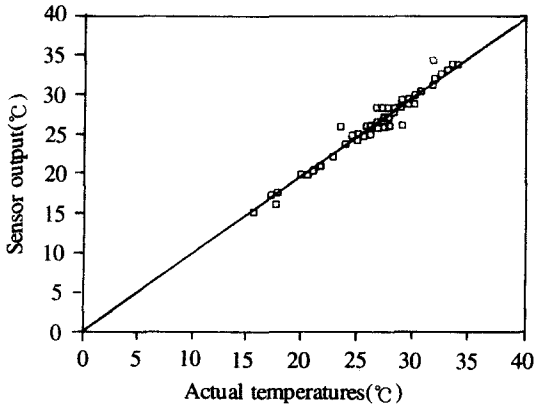


Fig. 9. Comparison of temperature sensor output with actual temperatures

나. 상대습도 계측

Humiditron 801 센서는 그림 10<sup>10)</sup> 처럼 건습구 습도계를 이용한 센서의 점 측정은 30~90% 상대습도 범위에서 상당히 정확한 것으로 나타났다. 센서는 폭우 동안 전기강도가 높아진 상태가 되기 쉬울 때의 외부센서처럼 90%보다 높은 상대습도에 노출될 때에는 불순 상태를 나타내었다. 센서는 이러한 포화 또는 전기의 강도가 높아질 상태에서부터 매우 낮은 회복을 나타내었다. 만약 센서가 긴 시간동안 보통 농도의 암모니아에 노출될 경우 간섭된 성능을 나타낼 수 있다고 제조회사는 경고하였다.

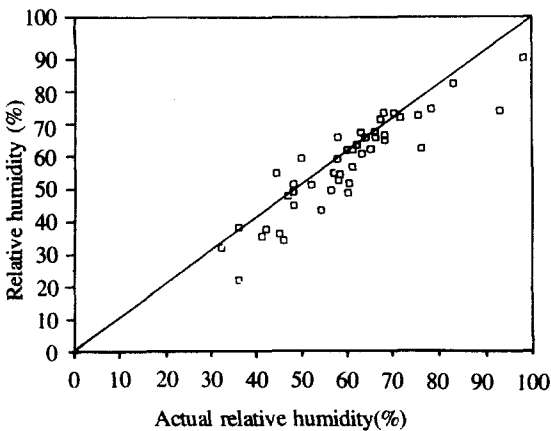


Fig. 10. Comparison of Humiditron 801 output with sling psychrometer readings

Rotronic H3C-200S는 작동 중이던 6개월 동안 매우 신뢰성 있는 센서라는 것을 증명하였다. 저가의 Humiditron 801에 비하여 이 센서의 장점은 긴 기간 동안 안정성과 신뢰성이 있다는 것이다. Rotronics는 0~100%의 상대습도범위를 처리하였으며, 응축된 수분에 대한 노출로부터 빨리 회복하였다.

이 두 센서의 측도설정은 센서 출력과 건습구 습도계에 의해서 습구와 건구 온도를 측정함으로써 결정된 상대습도자료를 비교함으로써 1차적으로 수행되었으나, 이후에 이 기술은 소금 위의 상위공간에 안정된 습도 환경을 만들기 위하여 소금포화용액이 들어있는 용기를 이용함으로써 대체되었다. 25°C에서 75.3±0.1% RH 표준은 NaCl 소금 용액에 의해 만들어졌고, 25°C에서 43.2±0.4% RH 표준은 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 소금 용액에 의해 만들어 졌다. 이러한 용액은 43~75% RH과 온도변화에 대한 안정성 때문에 선택되었다(ASTM).

다. 암모니아 농도 계측

Ross와 Dalry<sup>8)</sup>가 지적했던 것처럼 Sensidyne 센서는 MOS 센서보다 우수한 성능특성을 가지고 있다. 그러나 Sensidyne 센서는 10~30ppm 암모니아 농도범위에서 매우 정확하게 작동하는데 반하여 실험실과 현장 시험에서 센서출력이 습도와 온도 변화에 의해 영향을 받는 것으로 분석되었다.

반응기간 동안 센서는 제어응용에 이용될 수 있는 상당히 빠른 반응(8.0분에서 변화의 99%)을 나타내었다. 10, 30, 그리고 45ppm의 측도설정 가스에 대한 노출반응의 예가 그림 11<sup>10)</sup>에 설명되어 있다.

센서를 위한 유지보존은 6~7주후에 측도설정을 하고, 6개월마다 센서 전극과 가스 흡수막을 교환함으로써 이루어질 수 있다.

라. 사료 및 물 소비량 계측

사료 저울의 계량기와 덤프를 통과한 3.8리터의 물은 되튀지 않은 +5 Vdc 펄스를 만들었다.

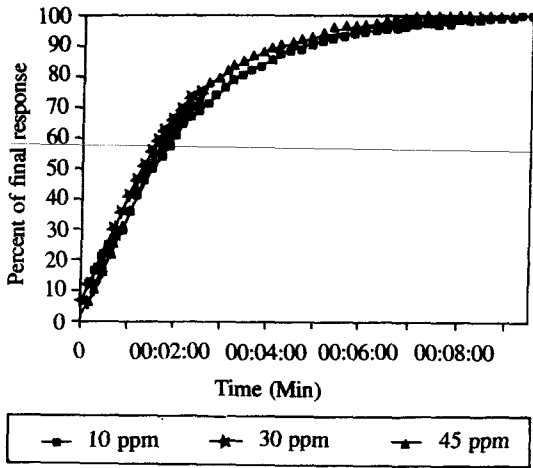


Fig. 11. Exposure responses of Sensidyne ammonia sensor to 10, 30, and 45 ppm calibration gases.

Kent C-700 물 계량기는 영계의 물 소비량을 측정할 때 성능 면에서 매우 우수하였다. 이 장치의 대부분 부정확도는 신호의 뒀에 의한 잘못된 계산 때문이었다.

덤프 사료 저울은 측도설정 표류와 반복성 부족의 장치에러 때문에 사료 소비량을 모니터링을 하는데 이용될 수 없었다.

## 2. 사양관리 자동화

### 가. 낙 농

#### 1) 컴퓨터 보조 사료급여 시스템

그림 12<sup>11)</sup>는 사료 급여량, 에너지 공급, 그리고 우유 생산량을 나타낸다. 그림에서 No. I은 실험 사육장에서의 젖소의 집단을 나타낸다. 이러한 젖소에게 1일 기준으로 기록된 그들의 우유생산량과 사료소비량에 따라 전형적인 방법으로 사료급여가 이루어졌다. 물론 이러한 이상적인 절차는 실제적인 농장 상황에서는 불가능하다. No. II는 임의의 조사료와 컴퓨터에 의해 배급된 농후사료를 급여한 집단이다. No. III은 둘다 컴퓨터에 의해 배급된 조사료와 농후사료를 급여한 집단이다.

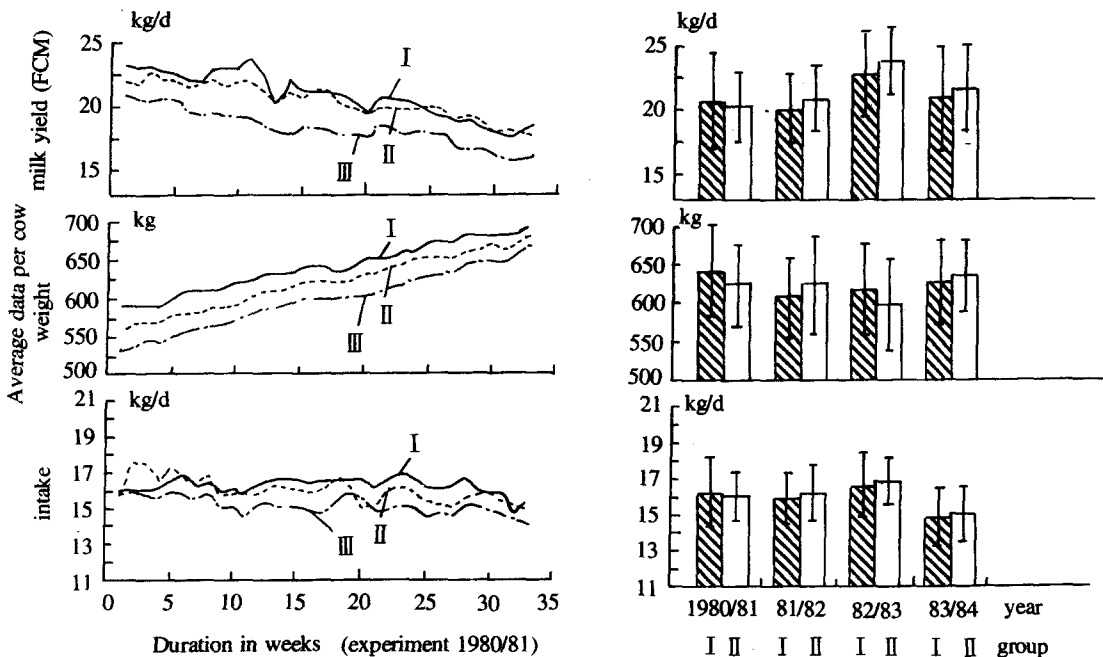


Fig. 12. Results of several years lasting analyses of manual and computer aided feeding in comparison

이러한 3가지 집단의 실험결과는 모든 요인에 대하여 거의 동일한 경향을 보였다. 그들은 조사료와 농후사료의 개별 급여는 측정된 성능자료로부터 컴퓨터에 의해 신뢰적으로 결정될 수 있으며, 더우기 젖소가 쉽게 개별, 완전 자동 사료급여 시스템을 받아들일 수 있음을 증명하였다. 수작업의 계산에서 필수적으로 발생한 인간의 오차는 이 시스템에서 크게 개선될 수 있다.

2) 젖소 성능과 건강의 모니터링

실험은 많은 생리 요인의 동시 기록에 의해 질병과 발정 진단사이에 차이가 있었음을 나타내었다.

가) 준 임상적인 유방염 젖소의 조기진단: 조기진단은 젖소에서 가장 보편적으로 유방 질병의 오진이 있기 때문에 가장 필요하다. 질병의 과정은 참조 값인 "우유의 cell 농도"의 연속적인 측정에 의해 관찰되었다. 질병을 증명하기 위해 우유온도, 우유의 전기 전도율, 우유량의 변화, 물 소비량의 변화를 센서로 측정하여 기

록하였다. 실험실 측정에 의해 결정된 우유의 cell 농도는 센서에 의해 얻어진 측정결과에 관련되었다(그림 13<sup>11)</sup>). 온도 신호는 일반적인 건강 표시기로서 해석될 수 있다. 전기적인 전도율 신호는 유방 감염의 범위를 나타낸다. 그러므로 두 신호는 서로 4개 유두의 유방염 조기진단을 제공할 수 있다.

나) 발정 모니터링: 다른 요인의 자동기록과 동시에 컴퓨터에 의한 발정진단의 가능성이 시험되었다. 단 하나의 요인의 고려는 높은 비율의 발정오진을 발생시켰다. 소거에 의한 분석이 요인들인 "우유온도", "단계의 수", "우유 생산량", 그리고 "사료 급여량"을 고려함으로써 이러한 false-positive indications를 줄이기 위하여 이용되었다. 우유의 전기적 전도율의 요인은 질병의 지시약 반응을 일으킨 것처럼 나타났다. 이것은 개방 스톨 우사에 대한 그림 14<sup>11)</sup>에서 설명되었다. 변수의 조합에 의해 모든 발정의 경우에 80% 이상의 많은 부정확한 결정을 약 20%로 줄임으로써 동시에 진단할 수 있었다. 전

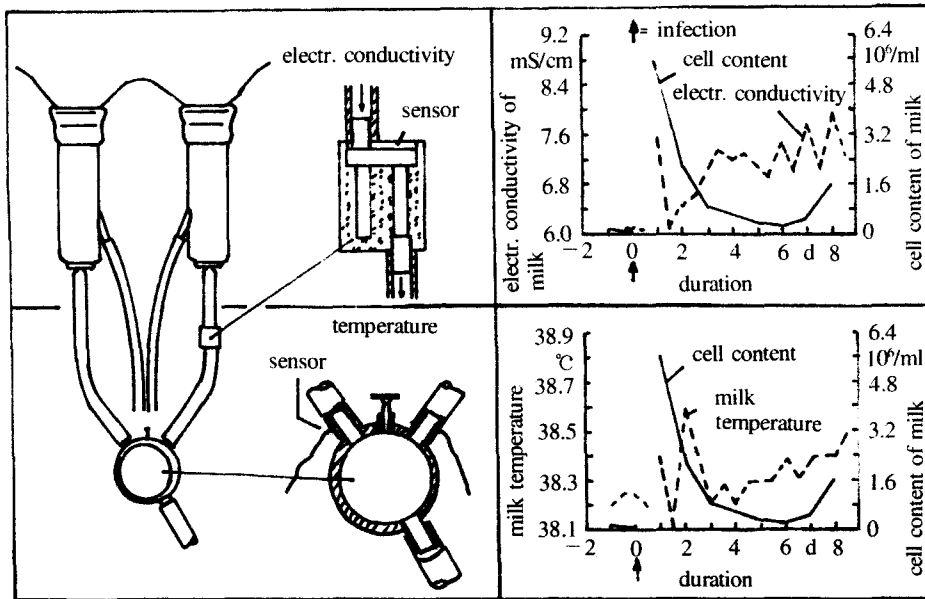


Fig. 13. Possibilities of early mastitis detection by computer-aided conductivity and milk temperature measurement

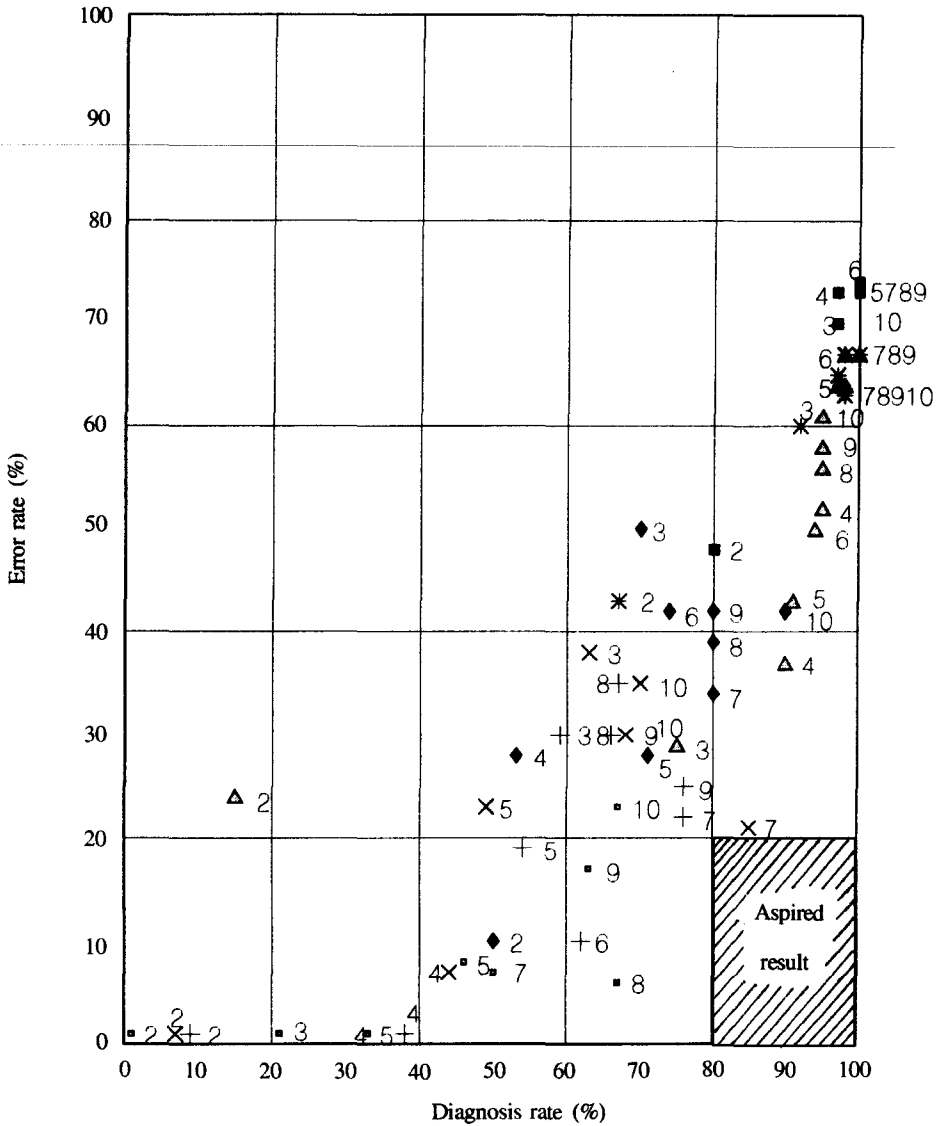


Fig. 14. Computer-based oestrus diagnosis in the free stall barn. Percentage of the diagnosed oestrus as well as error classifications for different confidence periods and level of error

통적인 발정진단과 비교하여 성공률은 보고된 모델에 의해 50%까지 증가될 수 있다. 발정오진의 비율은 반이 되었다. 계류우사에서 이용될 수 있는 결과는 펄스 울의 측정을 포함함으로써 얻을 수 있었다.

가축의 모니터링을 위한 컴퓨터 보조 시스템에 의하여 생리요인의 자동측정기록에 관한 연

구 결과는 다음과 같다:

(1) 어떤 질병, 발정시간, 그리고 가축의 다른 반응에 관한 차별화된 진술은 단지 여러 요인의 연속적인 측정에 의해 가능하였다. 하나 또는 그 이상의 요인의 선택적인 측정은 만족할 만한 정보를 제공하지 못했다.

(2) 소거에 의한 분석에 기초를 둔 프로그램

이 90%의 성공률과 20%의 오차율이 되도록 기대된 최적화와 함께 자료평가를 위해 제안되었다.

나. 양 돈

1) 혼합사료의 투입과 배출

그림 15에서 처럼 완전 전자 시스템은 전자 기계 시스템보다 더 높은 정확도를 나타내었다.

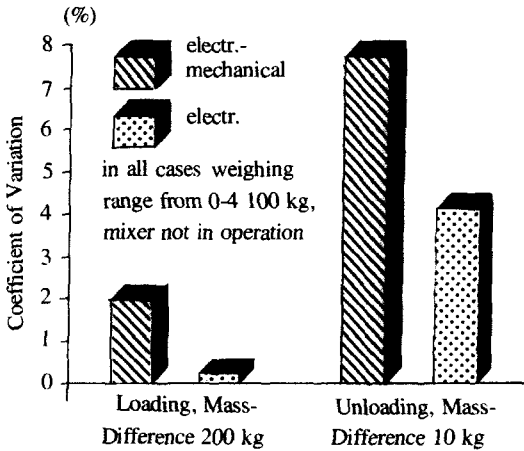


Fig. 15. Weighing precision of mixers for wet feed resting on strain gages

2) 돈방에 습식사료를 배분하는 것의 정확도

9개의 다른 설치의 평균결과는 변화계수가 밸브당 배급된 사료의 양을 증가시키에 따라 감소함을 나타내었다(그림 16). 정밀한 배급으로부터의 편차는 훨씬 많은 사료가 배분된 첫 번째 밸브에서 각 배관에 있는 모든 밸브의 편차 이상으로 나타났다. 그러므로 결과는 각각 첫 번째 밸브의 자료를 생략한 나머지 5개의 밸브의 자료에 의해 정리되었다. 이러한 방법을 변화계수에 대한 첫 번째 밸브의 효과가 매우 적은 많은 밸브를 가지고 있는 긴 배관에 적용하여 근사적인 결과를 얻었는데 전체적으로 건식 사료에 의한 정확도는 습식사료에 의한 정확도보다 낮음을 나타내었다(그림 16).

첫 번째 밸브에 의한 과배분은 배관 내에서 습식사료의 압축에 의해 발생되었다. 사료는

물, 고체, 그리고 기포로 구성되어 있기 때문에 압축되었다. 밸브가 계속해서 열려 있을 때 만약 사료의 팽창이 같은 정도로 모든 돈방에 영향을 준다면 이송압력에 의한 사료의 압축은 사료배분의 정확도에 대하여 영향을 미치지 못한다.

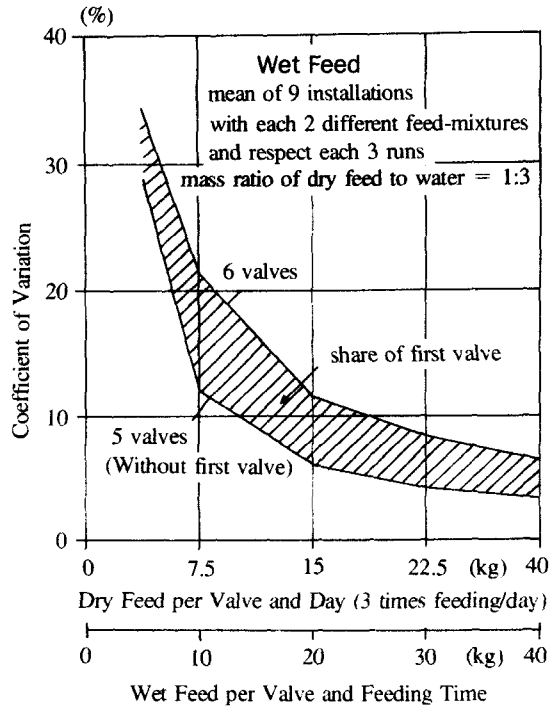


Fig. 16. Variation of feed supply between pens with restricted group feeding

스트레인 게이지 센서에 의한 중량제어 설치에 대하여 사조에서의 부정확성은 사료의 압축에 의해 발생하는 이송문제에 의해 주로 발생된다. 사조에서 발생하는 부정확성은 다중 스트레인 게이지 시스템을 이용함으로써 줄어든다.

배관을 통하여 이송시킴으로써 발생하는 습식사료급여에서의 부정확성을 줄이기 위하여 다음과 같은 조치가 취해 질 수 있다.

가) 배관에서의 높은 압력변화를 피하기 위해 밸브가 연속적으로 열리고 동시에 닫히도록 한다. 올바른 작동되는 시간에 작동된 측관 밸브는 사료 압축의 결과로써 첫 번째 밸브에서 발

생된 과분배를 역시 방지할 수 있다.

나) 높은 이송속도는 압력변화를 유발시키기 때문에 사료급여는 낮은 이송속도로 행한다.

다) 사료분배는 혼합후 즉시 시작한다. 왜냐 하면 혼합과 분배사이의 시간지연은 습식사료 내에 발효가스의 축적을 유발시키고 회전시 이것은 사료의 압축성과 돈방에 분배할 때 부정확성을 증가시키기 때문이다.

3) 섭취시간의 제어

그림 17<sup>5)</sup>은 작은 돼지에 대한 결과를 나타낸다. 매일 소비량은 돼지의 나이와 함께 평균적으로 증가한다. 매일의 급여 차이는 아주 높게 나타났는데 33일째부터 34일째 까지의 차이는 61%로 나타났다. 통계분석결과로 지중매설관 열교환기에 의한 매우 적은 온도변화에 의해 이러한 차이가 설명될 수 없음을 나타냈다. 이러

한 자료에 근거하여 사료급여 곡선(회귀식)에 따라 사료를 분배하는 것은 돼지 상태에 따라 배급하는 것과 거리가 멀다고 결론지을 수 있다. 제한급여에 대한 회귀식의 평행이동은 매일 다른 정도의 제한의 결과라고 결론지을 수 있다. 그러나 사료수위센서에 의하여 사료급여를 프로그램 하는 것과 섭취를 위한 유용하지 못한 섭취시간제어 또는 시간간격을 제어하는 것은 적절한 절충을 가져온다.

4) 트랜스폰더 - 사료급여

하루에 한번의 사료급여는 사료를 위한 싸움에 연관될 수 있다. 그 결과로 배급이 없는 동안 상위 랭킹인 모돈의 많은 방문이 발생한다(그림 18<sup>5)</sup>). 그리고 장소는 의도한 것처럼 이용되지 않는다. 따라서 모돈의 싸움을 줄일 수 있는 설계 향상이 기대된다.

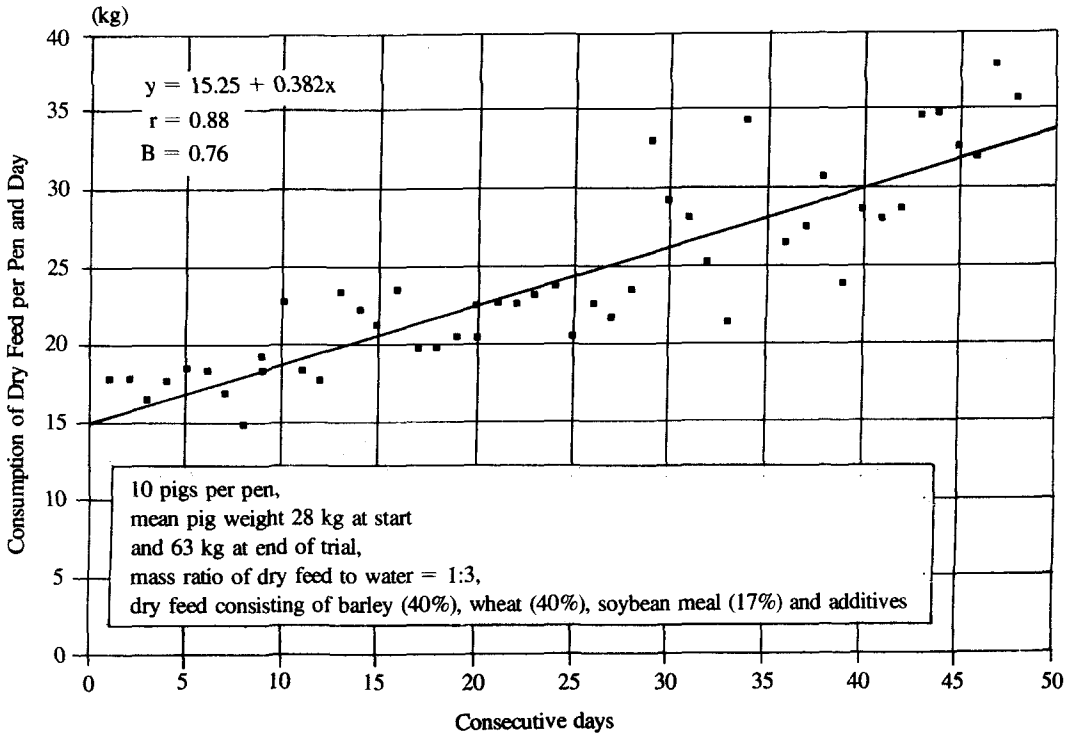


Fig. 17. Wet ad libitum group feeding by feed-level sensor



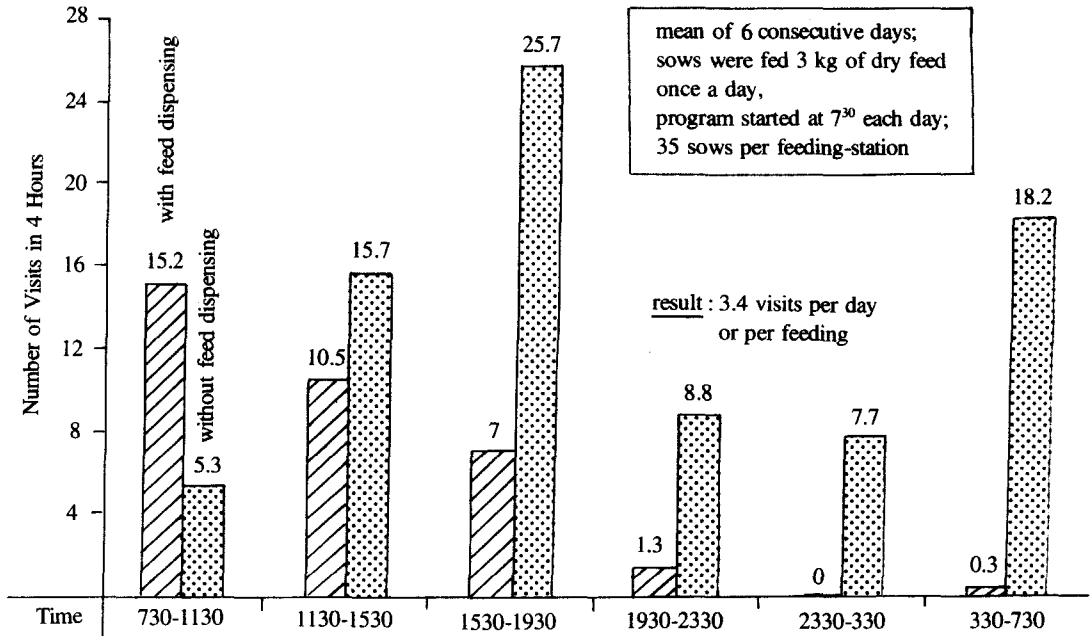


Fig. 18. Transponder-feeding of sows during a day

### 적 요

본 연구는 선진국의 축산분야의 전자기술 응용 사례에 관한 문헌연구를 통하여 전자기술과 마이크로프로세서가 현대 축산의 환경계측제어 및 사양관리 자동화에 어떻게 응용되고 있는가를 분석하고, 그들의 응용기술을 선별하는데 목적을 두고 수행하였다. 그리고 다음과 같은 분야를 중점적으로 조사 분석하였는데, 연구결과에 의하면 우리나라의 실정에 맞게 선진국의 기술을 개선하여 충분히 응용할 수 있으리라 사료된다.

문헌조사된 분야는 환경계측제어 분야와 사양관리 자동화 분야로, 환경계측제어에는 온도, 상대습도, 암모니아 농도, 사료 및 물 소비량에 대하여 분석하였으며, 사양관리 자동화에는 낙농을 위하여 컴퓨터 보조 사료급여 시스템, 젖소 성능과 건강의 모니터링, 관리 시스템을 위한 처리제어의 가능성을, 양돈을 위하여 혼합사료의 투입과 배출, 돈방에 습식사료를 배분하는 것의 정확도, 섭취시간의 제어, 트랜스

폰더 - 사료급여를 분석하였다.

(핵심어 : 환경, 계측, 제어, 사양관리, 자동화, 축산)

### 인 용 문 헌

1. Buller, G. W. 1987 : Microprocessor application in livestock buildings. Latest developments in livestock housing, Seminar of the 2nd technical section of the C.I.G.R., University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois USA, 1987. 6, ASAE : 264-270.
2. Datta, A. K., Puckett, H. B., Spahr, S. L. and Rodda, E. D. 1984 : Real time acquisition and analysis of milk conductivity data. Trans. of the ASAE 27(4) : 1209-1210.
3. Esmay, M. L. 1978 : Principles of animal environment. AVI Publishing company, Inc.
4. Goedseels V., Geers, R. and Berckmans, D. 1987 : Possibilities for the application of new building materials and new sensors into the

- engineering and control of the pig house environment. Latest developments in livestock housing, Seminar of the 2nd technical section of the C.I.G.R., University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois USA, 1987. 6, ASAE : 216-219.
5. Heege, H. J. 1987 : Microprocessor based swine feeding. Latest developments in livestock housing, Seminar of the 2nd technical section of the C.I.G.R., University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois USA, 1987. 6, ASAE : 244-253.
  6. Mangold, D. W. et. al. 1967 : Effects of air temperature on performance of growing-finishing swine. Trans of ASAE(10) : 370.
  7. Pease, R. A. 1985 : Current mode temperature sensors and long cables. EDN 12:129.
  8. Ross, C. C and Daley, W. D. 1986 : Ammonia sensing in broiler house environments. ASAE Paper 86-4044.
  9. Ross, C. C and Daley, W. D. 1987 : Evaluation of an electrochemical sensor for monitoring atmospheric ammonia in animal housing. ASAE Paper 87-3056.
  10. Ross, C. C and Daley, W. D. 1988 : Sensor performance in monitoring and control systems for animal housing. Livestock environment III, Proceedings of the third international livestock environment symposium, 1988. 4, Toronto, Ontario, Canada, ASAE : 224-231.
  11. Schon, H. 1987 : Use of microprocessors in farm buildings. Latest developments in livestock housing, Seminar of the 2nd technical section of the C.I.G.R., University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois USA, 1987. 6, ASAE : 202-215.
  12. 오인환, 박명수. 1991 : 축사의 환경설계. 한국농업기계학회지 16(2):188-199.
  13. 장동일. 1989 : 사양관리를 위한 자동화 기술. 한국영양사료학회지 13(2):117-124. 한국영양사료학회.
  14. 장동일. 1994 : 육계사육시설의 적정 환기 시스템 설계 연구. 한국가금학회지 21(3):207-217. 한국가금학회.