

축산자동화를 위한 가축의 생체정보 무선 계측장치의 개발(I)*

—단일채널 체온 무선 계측장치의 개발—

Development of Wireless Measurement System of Somatic Informations for Stockbreeding Automatization(I)

—Development of Single-Channel Wireless Instrument for Measuring Temperature—

이 승 규**, 민 영 봉**, 김 태 규***
S. K. Lee, Y. B. Min, T. K. Kim

Summary

It is important to measure the somatic informations for stockbreeding automatization. This study was carried out for the development of wireless measurement system of temperature in living animals.

New method to measure somatic temperature was developed using the single-channel wireless instrument. This system was constructed by oscillator, temperature sensor, wireless transmitter and receiver circuit, single processing circuit, and microcomputer.

Two types of sensor were used and compared to measure the temperature.

The thermistor sensor was more sensitive and accurate than platinum resistance sensor, however both sensors were performed efficiently.

The single-channel wireless measurement systems developed could measure the somatic temperature successfully and offered a versatile system.

* 본 연구는 1990년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유상모과제 학술연구조성비에 의해 연구되었음.
** 경상대학교 농과대학 농업기계공학과
*** 진주농림전문대학 농업기계과

1. 서 론

농업노동력의 질적, 양적 저하, 축사 및 부속 시설에 대한 기계투자의 증대, 생산비의 증가 등으로 인하여 가축관리 작업기술을 합리화하고 가축의 사양관리 기술체계를 정비하여 생산성 향상을 도모할 필요가 있다. 사양관리 기술에 관한 연구는 기초적으로는 가축의 영양, 생리, 생체, 사료 등의 분야로부터 실제적으로는 우사환경, 시설, 장치, 기기 및 분뇨처리에 이르는 광범위한 영역을 포함하고 있다. 가축의 생산성과 생산효율을 향상시키기 위하여는 축사시설과 작업수단을 구사하여 사료급여, 착유, 분뇨처리 등의 일상작업과 분만간호, 사고, 질병 등 비정기적인 작업이 잘 관리될 수 있도록 제반 환경조건을 합리적으로 관리, 제어해 주어야 한다.

특히 생산성 향상과 생력화에 의한 생산비 절감을 위해서는 가축의 발육상태, 질병, 발정 등의 생체정보에 따라 정밀하게 가축을 관리할 필요가 있으며, 체온, 맥박, 개체 구분 등 제반 생체정보를 신속, 정확하게 측정할 수 있는 방법이 우선 강구되어야 한다.

일상적으로 활용되고 있는 가축의 생리 기초자료인 체온의 측정은 동물용 수은 체온계를 항문에 삽입하여 측정하게 되는데 측정 소요시간이 길 뿐만 아니라 측정시간 또는 체온계를 읽는 위치에 따라 오차가 발생하기 쉽다. 또한 이러한 측정방법은 방목된 가축의 자유스런 행동을 제한하지 않고는 측정할 수 없다. 따라서 가축의 행동에 제한을 주지 않고 계속하기 위해서는 무선계측이 필요하며, 이를 위한 온도센서는 전기적 변환이 가능한 것을 이용해야 한다.

본 연구에서는 비교적 간단히 온도변화를 전기신호로 변환시킬 수 있고, 고정밀도로서 측정이 용이한, 더미스터와 백금 축온 저항체를 이용하여 가축의 체온 무선계측장치를 구성하고, 실험에 의하여 이 두 온도계측 장치를 비교 분석하고자 하였으며, 그 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

1. 가축 체온 측정에 적합한 센서의 선정
2. 센서회로와 무선 송수신을 위한 회로개발

3. 컴퓨터에 의한 체온계측용 단일채널 무선계측장치의 개발

2. 무선계측 장치의 개발

가. 체온 측정 센서와 계측회로

1) 더미스터

가축의 체온 측정 센서로 채택한 더미스터는 NTC형으로 온도 상승에 따라 저항치가 감소하고, 저온에서 감도가 크며, 정도 $\pm 2\%$ 인 bead형의 일반계측용으로 적합한 100-5D를 사용하였다. 더미스터를 이용한 온도계측 센서회로는 그림1과 같이 왼쪽으로부터 발전회로, 온도계측 브리지회로, 증폭회로로 구성하여 FM송신기에 연결하였다. FM송신기는 교류신호만을 무선전송하므로, 발전기를 설치함으로써 중앙부의 더미스터가 연결된 온도계측 브리지회로에 교류전압이 걸리도록 회로를 구성하였다. 또 축온 브리지 출력전압은 오른쪽의 증폭회로로 차동증폭하여 FM송신기에 연결되도록 하였다. 설치한 발전기는 외부의 신호없이 기본 구형파를 발전하는 회로로 구성하였다. 따라서 발전기의 출력은 양입력측에 귀환(feedback)되므로 출력주파수는 저항을 통한 콘덴서의 충방전에 의하여 결정되며 식(1)로부터 구하였다.

$$f_o = \frac{1}{2RC \ln(2R_1/R_2 + 1)} \dots\dots\dots (1)$$

여기서

f_o : 출력주파수(Hz)

R, R_1, R_2 : 저항(Ω)

C : 정전용량(μF)이다.

위 식에서 실제로 사용된 부품의 용량($R=R_1=R_2=100K\Omega, C=0.01\mu F$)에 의해 산출된 출력주파수($f_o=455.1Hz$)를 실제회로의 전송주파수(subcarrier frequency)로 하였다.

온도변화에 의한 회로의 출력단(그림1의 C지점)전압이 FM송신기의 변조 범위 내에 있도록

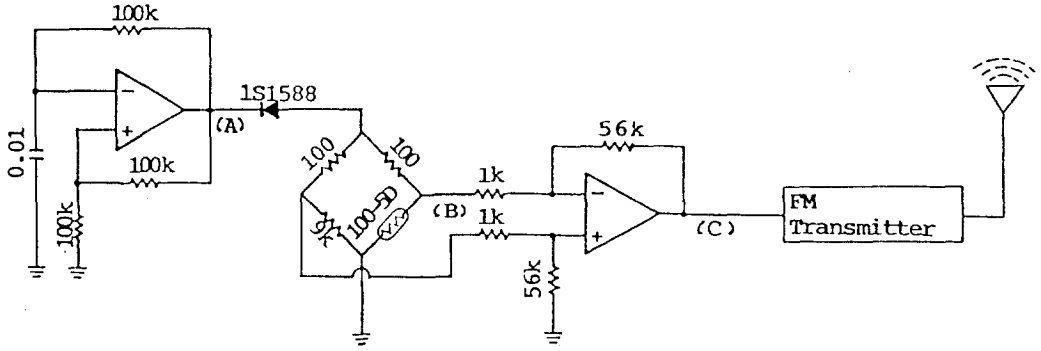


Fig 1. Temperature transmitting circuit using thermistor sensor.

하기 위하여, 우단부의 출력단에 오실로스코프를 연결하여 예비실험한 결과로부터 온도 28°C에서 출력전압이 약 0V, 가축의 생체 온도점(37~39°C)에서 출력전압이 약 0.5V, 온도 50°C 정도에서 약 1V정도가 되도록 출력전압 증폭회로를 구성하였다. 이는 가축(소)의 체온이 약 37~39°C정도로 유지되므로 특히 이 부근의 온도변화가 FM송신기에 선형으로 출력되도록 한 것이다.

2) 백금 축은 저항체

사용 온도 범위가 넓고, 정도 및 재현성이 좋은 백금 축은 저항체 Pt100을 사용하여 온도계측회로를 구성한 것은 그림2와 같다. 전반적인 회로구성은 터미스터에 의한 온도계측회로와 동일하나 브리지회로의 평형을 위한 삽입저항만 다르게 구성하였다. 온도변화에 의한 회로의 출력단(그림2의 C지점) 전압이 FM송신기의 변조범

위내에 있도록 하기 위하여 온도 28°C에서 약 0V, 가축의 생체 온도점(37~39°C)에서 0.5V, 온도 50°C정도에서 약 1V가 되도록 브리지회로 및 증폭회로를 구성하였다.

나. 송수신장치

온도신호의 무선 송수신장치는 그림1과 그림2의 계측회로 출력단에 FM송신기를 연결하여 온도를 교류전압으로 송신시키고, 이것을 FM수신기로 수신토록 구성하였다. 이때 송수신 주파수는 100MHz로 하였고, 수신기로부터 출력을 뽑아내는 방법은 이어폰(earphone)의 출력단을 이용하였다.

다. 수신신호 처리회로 및 계측장치

FM수신기로부터 출력된 전압파형은 온도변

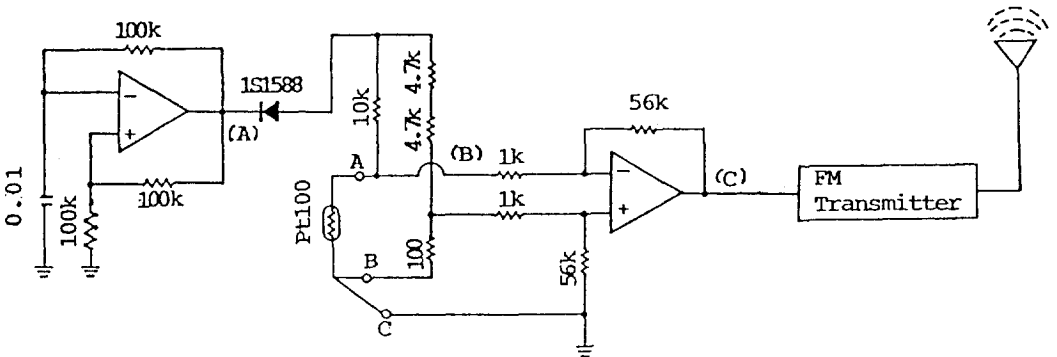


Fig 2. Temperature transmitting circuit using platinum resistance sensor.

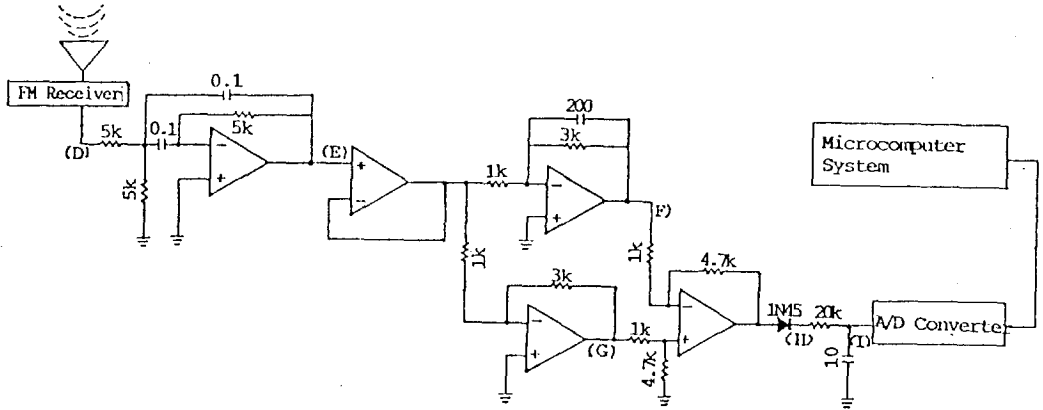


Fig 3. Temperature signal acquisition and processing circuit.

화 신호 외에 잡음도 부가되어 있으므로 온도변환 신호만을 취하기 위하여 대역여파기(Band-pass filter : BPF)와 신호처리 회로를 그림3과 같이 구성하였다.

대역여파기는 측정주파수를 중심으로 하여 일정한 대역폭만을 통과시키는 필터로 그 중심주파수 f_0 는 식(2)로 결정된다.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C} \left[\frac{1}{R_3} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2} \right]^{1/2} \dots \dots (2)$$

여기서

- f_0 : 중심주파수(Hz)
- R, R_1, R_2 : 저항(Ω)
- C : 정전용량(μF)이다.

위 식에서 실제로 사용된 부품의 용량($R_1=R_2=R_3=5K\Omega, C=0.1\mu F$)에 의해 산출된 중심주파수 f_0 는 450.2Hz로서, 전송주파수 455.1Hz와는 약 5Hz 차이가 있으나, 이것은 대역여파기의 대역 범위에 비하여 매우 작으므로 무시하여도 지장이 없을 것으로 생각된다. 대역여파기 출력단의 출력은 수신기 상태에 따라 0점이 변화하므로 그림3의 오른쪽 상단에 나타난 저역여파기(Low-pass filter : LPF)에 의해 0점을 출력시키고, 또한 하단부의 증폭기로 증폭된 신호를 출력시켜 이 두 신호의 차를 차동증폭하여 0점 보상(Offset)에 의하여 오차를 줄였다. 제일 우단부

의 다이오드는 교류신호를 직류신호로 바꾸는 것이고 수동 대역여파기는 신호의 평활한 출력을 얻기 위하여 설치한 것이다. 이 회로의 각 부품의 용량은 항온수조에 각 센서를 집어넣고 수온을 25°C에서 45°C까지 변화시켜 그림3의 무선 수신회로 출력단의 전압이 0V에서 약 4.5V 범위로 유지되도록 하여 결정하였다. 또 이 출력전압은 A/D변환기를 통하여 컴퓨터가 읽어 처리할 수 있게 하였다. Basic작동 명령은 POKE I, 0 : D=PEEK(I)로서 변환된 디지털 값이 변수 D에 저장된다. 여기서 $I=12 \times 16^3 + (8 + \text{Slot No}) \times 16 + \text{Ch}$ 로서 DS Logic 영역이다.

3. 재료 및 방법

가. 실험장치

개발하려고 하는 체온 무선계측 장치의 속도 설정 및 성능분석을 위하여 표1과 같은 측정대상 온도조절용 항온 수조, 기준온도 비교 계측용 표준온도계, 무선계측회로의 각 지점 파형 측정용 카메라와 오실로스코프를 사용하였고, 체온 무선 계측실험을 수행하기 위하여 구성된 장치는 그림1과 그림2의 온도신호 발생 및 무선 송신 장치와 그림3의 수신된 온도신호 처리회로와 마이크로컴퓨터를 조합시킨 수신장치로 구성시켰고, 사용된 FM수신기와 컴퓨터시스템의 규격은 표1과 같다.

Table 1. Specifications of measuring instruments

Item	Specification	Remark
Water bath	Precision : 0.2°C	Sensor calibration
Standard thermometer	Precision : 0.2°C	〃
Digital multimeter	4 $\frac{1}{2}$ digit LCD	Measuring R, V
Camera	Minolta XD-5, MD 50mm	Analysis of waveform
Oscilloscope	60MHz	〃
FM transmitter	Frequency range : 88-108MHz	Arrival range : 100m
FM receiver	FM radio, Lotte LPC-3400W	
A/D Converter	ADC 0817, 8Bit, 100 μ s 16CH.	Data acquisition
Microcomputer system	CPU 6502, 80 column	Data acquisition & analysis

나. 실험방법

체온센서를 항온수조에 집어넣고 50°C로 가온한 후 서서히 방열시키면서 무선계측회로 중단 출력부에 컴퓨터를 연결하여 온도-디지털값의 관계를 조사하였다. 이때 온도는 항온수조에 표준온도계를 체온센서와 같은 위치에 넣어서 계측하였다. 그 결과를 기초로 가축의 체온을 고려한 45~30°C 범위에서 1°C간격으로 더미스터와 백금축온저항체를 사용하였을 경우의 온도-디지털값 간의 변화관계를 조사 분석하였다. 무선송수신회로의 온도변화시 작동기능을 파악하기 위하여 각 회로의 중요지점에 오실로스코프를 연결하여 그 지점의 파형을 측정 분석하였다. 그림1, 그림2 및 그림3에서 (A)-(I)로 표시된 곳은 각 회로 구간에 오실로스코프를 연결하여 파형을 분석한 지점을 나타낸 것이다.

23V(P-P)정도로 나타나고 있다. 한편 더미스터를 이용하여 항온수조 온도가 30°C인 경우와 40°C인 경우의 회로 각 지점의 파형을 측정 한 결과는 각각 그림 5 및 그림6과 같다.

B지점의 파형은 센서부의 온도신호를 전송용 발진주파수에 실어 출력된 것으로 각각 온도 변화분만큼 브리지회로의 출력전압이 비례적으로 변화하고 있음을 알 수 있다.

C지점의 파형은 B지점의 신호를 FM송신기의 범위내에 있도록 증폭한 파형이다.

D지점의 파형은 FM송신기를 통해 출력된 파형을 FM수신기로 수신한 것으로 거의 잡음이 없으며 온도신호만 잘 나타나 무선 송수신 상태가 지극히 양호함을 알 수 있다.

만약에 발생할지 모르는 잡음을 제거하고, 또 체온 이외의 다른 생체정보를 동시에 측정하기 위해 다중채널을 이용할 때 온도신호 이외에 여

4. 결과 및 고찰

가. 각 회로 구간의 파형변화

더미스터와 백금축온저항체를 이용한 온도 무선계측 장치를 이용하여 항온수조의 온도를 측정하고 파형을 비교 분석한 결과의 한 예로서, 그림4는 항온수조의 온도 30°C일 때 더미스터 회로의 발진기로부터 출력된 전송파인(A)지점의 파형을 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 발진파형은 구형파에 가까웠고, 증폭도는

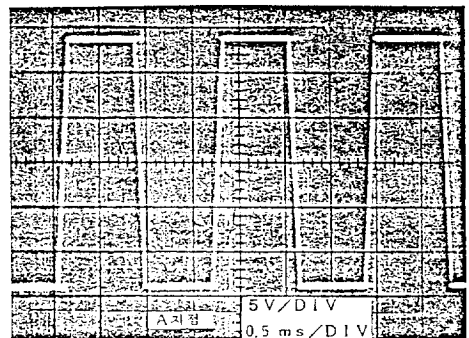


Fig 4. Output waveform from subcarrier oscillator.

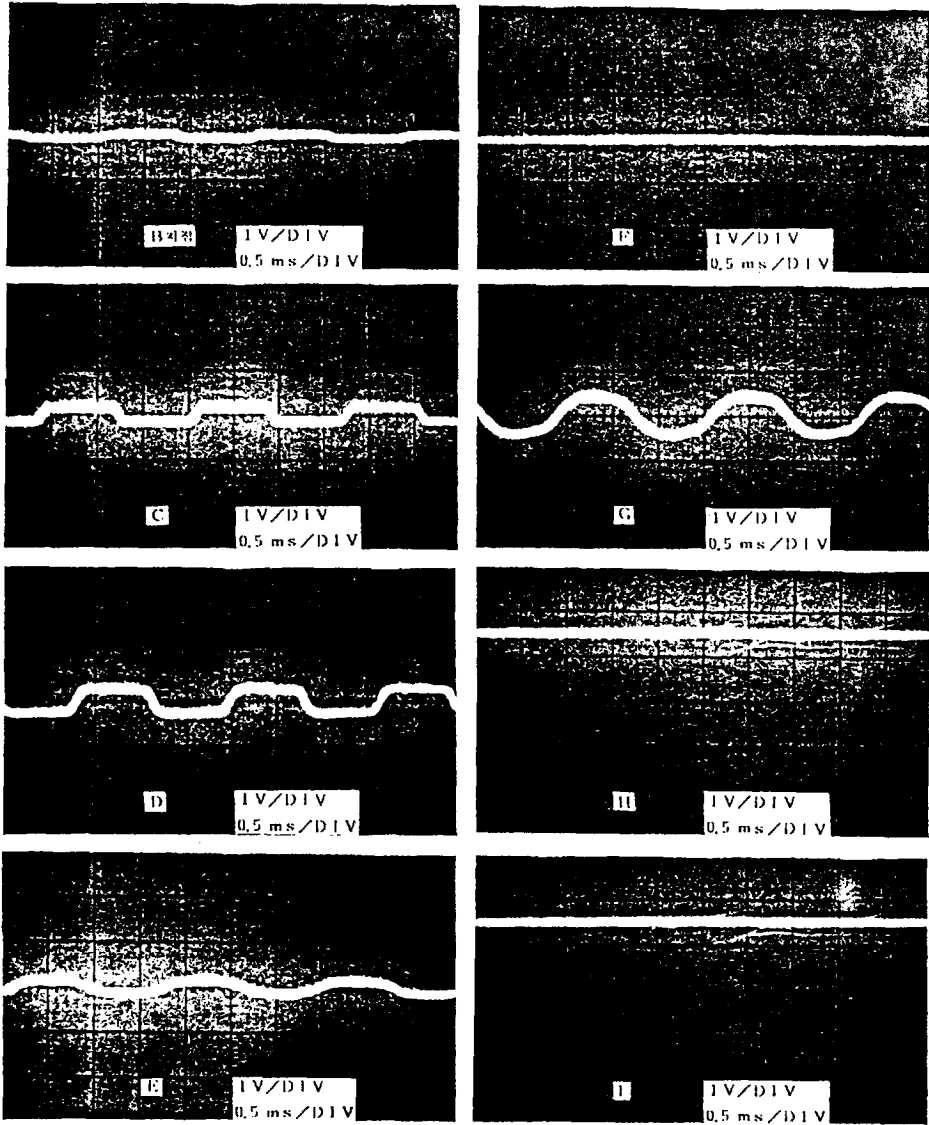


Fig 5. Output waveform displayed at each circuit joint using thermistor sensor(30°C).

러가지 정보가 혼합되어 수신될 혼합파형인 D 지점파형을 온도신호만 나타나게 한 것이 E지점 파형이다.

이 E지점 파형은 수신상태에 따라 기준점이 변화되어 0점 오프셋이 발생하므로 저역여파기를 통과할 때 기준점을 설정한 것이 F지점의 파형이 된다.

G지점의 파형은 E지점의 신호를 증폭기로 증폭시킨 결과이다.

H지점의 파형은 차동증폭기를 이용하여 F지점과 G지점의 신호의 전압차를 증폭한 파형으로서, 이 신호가 센서부의 온도변화에 비례하여 나타나게 하였다.

H지점에서 출력되는 교류신호를 직류신호로 변환하여 저역여파기를 통과시켜 평활화한 출력을 나타내게 한 것이 I지점의 파형으로서, 이 파형의 전압을 측정하여 온도로 환산하게 된다.

그림5와 그림6에 나타난 바와 같이 채운 무선

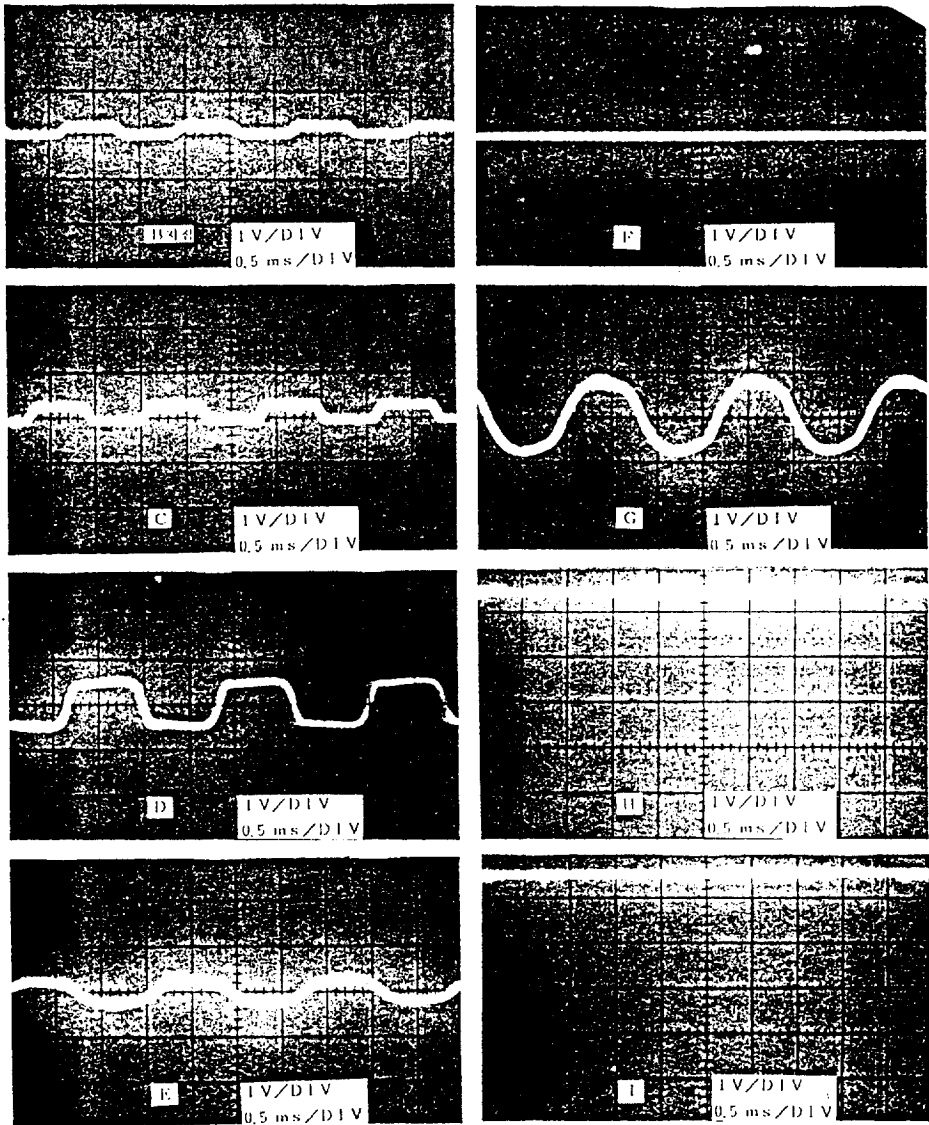


Fig 6. Output waveform displayed at each circuit joint using thermistor sensor(40°C).

계측 장치의 각 지점에서의 신호 파형은 회로구
성시 고려하였던 바와 잘 합치되고 있다. 또 항
온수조의 온도가 30°C일 때와 40°C일 때의 최종
단의 출력전압의 차이는 2V 정도로 나타났고,
파형 차이도 확실하게 구분되어 체온의 무선계
측 성능이 비교적 양호하다는 결론을 얻었다.

한편 체온 측정센서로서 백금측온저항체를 사
용하였을 경우의 회로 각 지점의 파형은 더미스
터를 이용하였을 경우와 유사한 경향으로 나타

났으나, 항온수조의 온도가 30°C일 때와 40°C일
때의 최종 출력단의 전압의 차이는 1.4V로서 더
미스터를 이용했을 때의 2V보다 작게 나타나 감
도가 떨어짐을 알 수 있었다.

나. 측도설정 및 온도계측

더미스터 및 백금측온저항체의 온도-디지털
측도설정은 그림3과 같이 무선계측 장치의 수신

부 신호처리회로의 최종단에 A/D변환기를 연결하여 디지털 값으로 변환한 후 마이크로컴퓨터로 읽어 처리하였으며, 그 결과는 그림7 및 그림8과 같다. 또 이것을 회귀분석한 결과 회귀방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있었다.

$$T_r = 23.16 + 0.093X(D) \dots\dots\dots (3)$$

$$T_p = 16.68 + 0.139X(D) \dots\dots\dots (4)$$

여기서 $T_r(^\circ\text{C})$ 는 더미스터를 이용하여 측정되는 온도이며, $T_p(^\circ\text{C})$ 는 백금측온저항체를 이용하여 측정되는 온도이다. 또 $X(D)$ 는 컴퓨터로 읽은 디지털 값이다.

사용한 A/D변환기가 8Bit로서 단극성(Unipolar)모드로 작동하기 때문에 더미스터는 23.16°C 이상, 백금측온저항체는 16.68°C 이상의 범위에서 측정이 가능하며, 분해능에 의한 오차는 각각 0.047°C 및 0.070°C 로 나타났다.

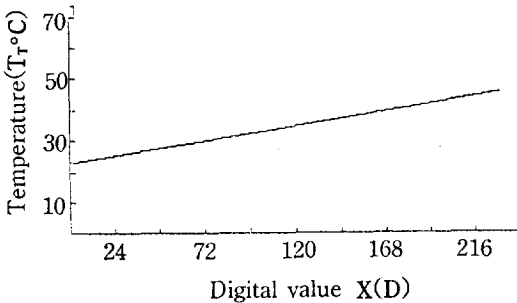


Fig 7. Calibration curve of temperature and digital value in case of using thermistor sensor.

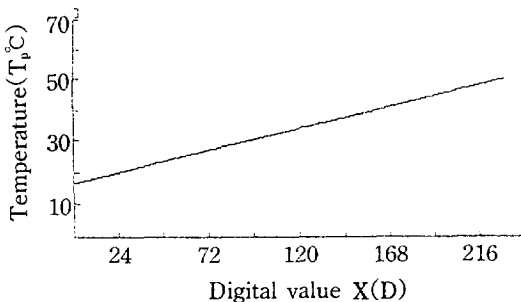


Fig 8. Calibration curve of temperature and digital value in case of using platinum resistance sensor.

가축생체 온도점($37\sim 39^\circ\text{C}$)을 중심으로 한 10°C 내외의 범위에서는 (3)식 및 (4)식이 직선관계를 보이며 상관계수가 각각 0.999 및 0.982로서 고도의 상관관계를 나타내었다. 또한 표준오차는 더미스터가 0.070°C , 백금측온저항체가 0.603°C 로 나타났으나, 가축 체온측정에 두 센서 모두 이용가능성은 충분하다고 사료된다. 항온 수조의 실제온도와 개발한 체온 무선계측 장치로 측정된 계측온도를 비교한 결과 최대오차가 더미스터는 $\pm 0.312^\circ\text{C}$, 백금측온저항체는 $\pm 1.304^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 따라서 더미스터가 백금측온저항체보다 감도가 좋고 오차가 작게 나타나 실용회로에는 더미스터를 이용하는 것이 보다 정밀한 측정이 가능할 것으로 사료된다.

5. 결 론

축산자동화를 위해 필요한 가축의 생체정보를 계측, 수집하기 위하여 먼저 가축의 생리 기초자료인 체온을 측정하는 장치를 고안 제작하였다.

개발한 단일채널 체온 무선 계측장치는 발진회로, 체온계측 센서회로, 증폭회로, 무선송수신회로, 수신신호 처리회로 및 마이크로컴퓨터로 구성하였다.

체온 측정센서로 더미스터와 백금측온저항체를 비교한 결과 더미스터가 감도와 정밀도 면에서 보다 적합한 것으로 나타났다.

개발된 체온 무선계측 장치는 $23^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 범위 내에서 표준오차 0.070°C 로 신속, 정확한 체온 계측이 가능하고 활용성이 높은 것으로 판단되었다.

參 考 文 獻

1. 김동균. 1987. 환경과 관리요인이 젖소의 생산성에 미치는 영향, 축산진흥. P.11-12
2. 김영해. 1986. 센서인터페이스(I), 기전연구사. 서울.
3. 渡邊昭三 監修. 1984. 畜産にける技術開發の現状と展望, 技術情報ヤソター. 大阪.
4. 趙載文 外. 1983. 무선통신기기, 東洋科學社.

- 서울. P.259-269.
5. 土谷紀明. 1984. 컴퓨터による牛群管理システム—乳牛の群飼育下の個體管理, 北海道 家畜管理研究會報 19: 42-47.
 6. Curtis, S. E. 1983. Environmental Management in Animal Agriculture, the Iowa State Univ Press.
 7. Doevelin, Ernest o. 1983. Measurement Systems, McGraw-Hill Book Co, New York. p.604-662.
 8. Laycock, c.L., Street, M. J., 1984. Development and Use of an Automatic Management System for a Large Dairly Herd, J. of Agri. Engng. Res. 30(3): 265-273

학 회 광 고

학회 상징 “마크”모집 공고

한국농업기계학회를 상징하는 “마크”를 제정하고자 현상 공모하오니 많은 응모 바랍니다.

1. 도안 작성시 착안 사항
 - 본 학회를 총체적으로 상징할 것
 - 진취적이고 발전적인 내용일 것
 - 간단 명료할 것
2. 작품 규격
 - 색 상 : 제한 없음
 - 규 격 : 8절(마크 크기 : 가로, 세로 20cm 이상)
 - 작도방법 : 도안설명문 첨부—도안이 상징하고 있는 특징
3. 모집기간 : 1992. 2. 1~2. 28(1개월간)
4. 접수 처 : 본 학회 사무실
5. 시 상 금 : 입선 1점(30만원)
가작 1점(10만원)
6. 기 타 : 제출된 도안에 대하여 심사완료 후 학회지에 그 결과를 발표함.