

# 개체관리를 위한 인덕터 전송방식의 개체인식 시스템 개발

## Development of Individual Electronic Identification System Using the Inductive Transmission Method for Stockbreeding Management

고석철	한병성	이 재	김용준	이수영
정회원	정회원	비회원	정회원	정회원
S. C. Ko	B. S. Han	J. Lee	Y. J. Kim	S. Y. Lee

### ABSTRACT

This paper introduces that livestock can be effectively managed by an individual electronic identification system. The proposed system was composed of the original code transmitter, receiver, personal computer, micro-processor, and RS485 telecommunications module. In the individual electronic identification system, the signal including encoded information of a milk-cow was transmitted from an original code transmitter to a micro-processor through RS485 telecommunications module. The transmitted signal can be successfully displayed in a personal computer. This system can be managed by 9999 individuals with a original code transmitter. The recognition rate of an individual electronic identification system was 98.5% and also auto-feeder operates very well. An individual electronic identification system was developed for automation of stockbreeding management. To automate the breeding management, it is necessary to obtain and analyze the individual information distinguished from others preferentially.

**Keywords :** Individual electronic identification system, Original code transmitter, Receiver.

### 1. 서 론

우리 나라 축산 농가가 국가 경쟁력을 조속히 갖추기 위해서는 적은 인력으로 보다 체계적으로 사양관리를 할 수 있어야 하며, 신속하게 질병을 예방하거나 정확하게 번식관리를 도모할 수 있는 생산성 향상에 관계되는 통합 사양관리 자동화 시스템이 반드시 실현되어야 할 것이다(장, 1995).

자동화(이 등, 1991) 및 통합 전산화 응용기술은 가축의 사양관리 분야에 실현시키기 위해 우선적

으로 개발해야 할 부분은 개체인식장치이다. 개체인식은 홍채와 지문, 목소리, 문자, 무선 송·수신기 등을 이용한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있어 현 생활에 없어서는 안될 보안시설에 기여하고 있다. 축산분야에 응용된 국내 기술은 컴퓨터 영상정보(김, 2001) 및 무선 주파수 인식(RFID) 기술(한 등, 1996, 한 등, 1999) 부분이며, 안테나가 아닌 1, 2차 코일을 사용하여 데이터와 전력이 서로 주고받을 수 있는 인덕터 방식은 국내에서는 처음이다.

The article was submitted for publication in May 2002, reviewed in August 2002, and approved for publication by the editorial board of KSAM in September 2002. The authors are S. C. Ko, Master degree process, and Y. J. Kim, S. Y. Lee, professor, Chonbuk National University and J. Lee, Research Assistant, Dept. of Electric and Information Engineering Chonbuk National University. The corresponding author is B. S. Han, Professor, Dept. of Electric and Information Engineering, Chonbuk National University, Chonju, 561-751 Korea. E-mail:<suntrac@shinbiro.com>, or <hbs@moak.ac.kr>.

물건값 계산과 현금지급기 등에 많이 사용되고 있는 바코드 시스템과 마그네틱카드 시스템(Cristo, 2000)은 우리 생활에 밀접하게 관련되어 있으나 축산분야의 개체인식장치에 적용하기는 어렵다. 축산분야 개체인식장치에 적용 가능한 기술 중의 하나로 무선인식장치(Roy, 1999) 기술이 있다. 무선인식장치 중 외국으로부터 수입되어 사용되고 있는 RF방식은 안테나를 이용하기 때문에 축산의 개체인식장치에 적용했을 경우 혼선의 문제가 생길 수 있는 단점이 있다. 또 다른 단점은 송신기의 전원공급을 수신기로부터 직접 받는 것이 어렵기 때문에 전원공급용 배터리를 송신기에 부착해서 사용해야 한다. 배터리의 수명이 다 하였을 때 교체과정이 번거롭고 관리비용이 많이 든다는 것이다. 따라서 이런 단점을 보완하기 위한 방법으로 인덕터 전송방식을 제안한다. 일본에서는 인덕터 전송방식으로 전력과 데이터를 지능적으로 저장할 수 있는 무정전 전원공급장치 시스템이 연구되고 있다(Junji, 2000).

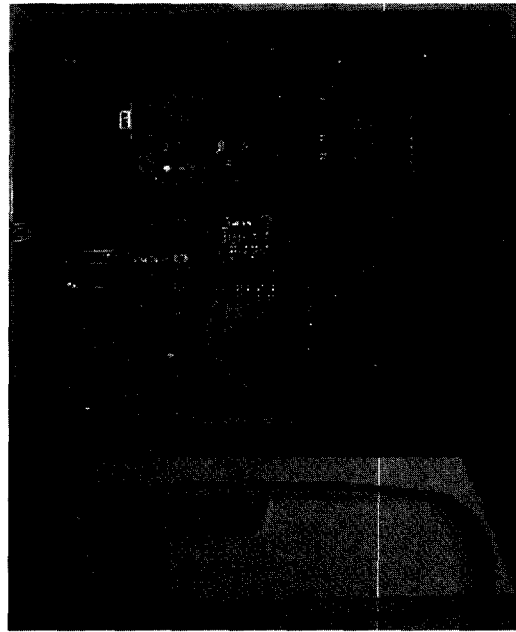
본 연구에서는 안테나 장치가 없고, 별도의 배터리 장치가 필요 없는 인덕터 전송방식을 축산분야에 이용하여 전력 및 고유코드 신호를 전송시키는 개체인식 시스템을 개발하고자 한다. 첫째로 가축의 목에 부착된 고유코드발생기 회로를 설계하여 제작한다. 두 번째로 개체코드를 인식할 수 있는 수신기와 설정코드와 수신코드를 비교 분석하여 호퍼모터 스위치의 개폐여부를 판단함은 물론 수신코드가 세그먼트에 표시되도록 한 마이크로프로세서를 제작한다. 세 번째로 받아들인 신호를 매초마다 메인 PC로 전송시키기 위한 통신모듈을 설계 제작하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

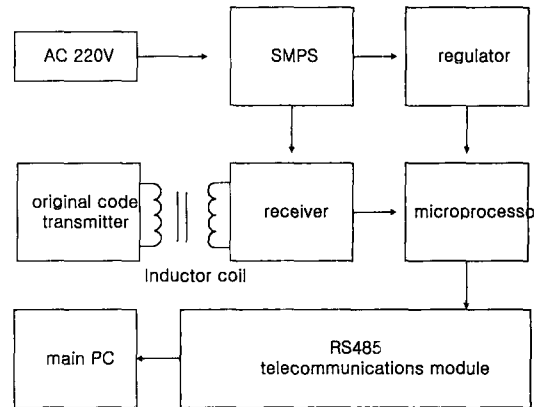
### 가. 개발내용

#### (1) 인덕터형 개체인식장치 제작

한 쌍의 인덕터 코일로 구성되어 있는 1차 코일은 공진 커패시터나 전력을 받는 2차 코일의 인덕턴스를 조절하기 위한 것이다. 한 쌍의 인덕터 코일은 2차 코일 부하 변화가 1차 코일 부하 변화에 영향을 주어 서로 반사되는 특성을 지니고 있다. 인덕터 코일을 통하여 소의 목걸이에 부착되어 있는 개체 고유코드발생기에 전력을 공급하고 개체 정보를 인덕터 코일을 통해 수신기로 보내진다.



(a) Manufactured article.



(b) Configuration

Fig. 1 Individual Electronic Identification system.

그림 1은 개체인식장치의 전체적인 시스템을 보여주고 있다. 구성은 개체의 목걸이에 달려 있는 고유코드발생기(송신기)가 있는데 송신기 내부 PCB안에 2차 코일 패턴을 떠서 내장하였다. 인덕터 1차 코일, 개체 코드신호를 감지할 수 있는 수신회로부, 마이크로프로세서, 전원공급장치, 레귤레이터, 통신모듈로 구성되어 있다.

표 1은 개체인식시스템에서 인덕터 전송의 원리

Table 1 Specification of inductor coil

Item	Size	Turn Number	Inductance Number
Primary coil (Receiver)	40cm × 15cm	10	65.47 μH
Secondary coil (Transmitter)	10cm × 6cm	48	0.15 μH

인 1, 2차 코일의 사양을 보여주고 있다. 이 사양으로 커패시터의 용량을 결정할 수가 있으며, 인덕터 거리를 계산할 수 있는 파라미터 값이 된다.

(2) 고유코드발생기(송신기)

수신기의 1차 인덕터 코일과 고유코드발생기의 2차 코일을 통하여 구동에 필요한 전원을 공급받는다. 고유코드발생기 2차 코일에 유도된 전압은 식 (1)과 같다.

$$V = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad [Volt] \quad (1)$$

여기서  $N$ 은 2차 코일의 권선수이다.  $\Phi$ 는 2차 코일의 표면을 통하여 흐르는 총자속이다. 식 (1)로부터 자속을 계산하면 다음과 같다.

$$\Phi = \int B \cdot dS \quad [Wb] \quad (2)$$

여기서  $B$ 는 식 (6)에서 주어진 자속밀도 크기이며  $S$ 는 2차 코일의 표면적이다. 인덕터 코일을 통하여 흐르는 최대 자속은 수신기 코일과 고유코드발생기 코일이 평행일 때 발생된다. 2차 코일에 유도된 최대 전압은 식 (3)으로 표현할 수 있다.

$$V = - \frac{\mu_0 N_1 N_2 a^2 (\pi b^2)}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \frac{di}{dt} = -M \frac{di}{dt} \quad [Volt] \quad (3)$$

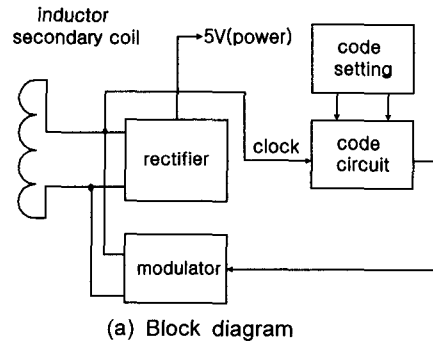
여기서  $V$ 는 고유코드발생기의 전압이고,  $N_1$ 과  $N_2$ 는 수신기 인덕터 코일의 권선수와 고유코드발생기의 권선수를 나타낸다.  $a$ 와  $b$ 는 수신기와 고유코드발생기 인덕터 코일의 반경을 각각 나타낸다.  $r$ 은 두 코일사이의 거리를 표현하며,  $i$ 는 수

신기 인덕터 코일의 전류를 나타낸다.  $M$ 은 두 코일 사이의 상호인덕턴스를 의미하고 여기서 상호인덕턴스 값은 식 (4)와 같다.

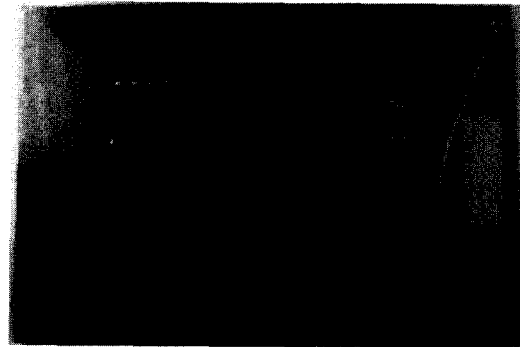
$$M = - \frac{\mu_0 N_1 N_2 a^2 (\pi b^2)}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \quad [H] \quad (4)$$

위에서 계산된 전압은 교류전압이며 고유코드발생기가 턴온되기 전에 다이오드와 커패시터를 이용하여 직류로 전환되어야 한다. 또한 커패시터와 인덕터가 병렬로 연결되었을 때 공진회로 주파수는 식 (5)로 나타낼 수 있다.

$$f_0 = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad [Hz] \quad (5)$$



(a) Block diagram



(b) Manufactured article

Fig. 2 Original code transmitter.

그림 2는 고유코드발생기의 동작과정을 보여주기 위한 개략도 및 제작품이다. 인덕터 코일을 통해 얻은 고주파 전력을 정류하여 각 회로의 전원을 공급하며 또한 고주파 신호를 이용하여 코드회

로의 클럭으로 사용된다. 전원이 공급되면 회로가 동작되어 코드회로에 설정된 코드값이 출력된다. 이 출력값은 변조회로에서 변조하여 인덕터 코일을 통해 수신기로 고유코드를 전송한다. 그림 3은 고유코드발생기 세부회로도들을 보여주고 있다. 시리얼 코드를 설정하여 시프트 레지스터 소자인 IC 4020A, 4021A를 사용하여 클럭에 맞춰 한 비트씩 오른쪽으로 이동하게 하여 NOR와 NAND 회로를 거쳐 고유코드 신호를 발생시킨다. 이 코드화된 신호들은 커패시터나 트랜지스터 C1815 변조회로에 가해지고 인덕터 코일을 통하여 수신회로로 전송된다.

(3) 수신기

수신기가 정상적으로 동작하면 인덕터 코일을 통하여 고유코드발생기에 에너지를 공급한다. 이때 자속밀도는 인덕터 코일의 평면에 수직으로 발생한다.

$$B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} \quad [Wb/m^2] \quad (6)$$

$$r^2 \gg a^2 \text{ 이면 } B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2r^3} \quad [Wb/m^2] \quad (7)$$

여기서  $\mu_0$ 는 자유공간에서의 투자율이며  $I$ 는 코일을 통하여 흐르는 전류이다.  $N$ 은 코일의

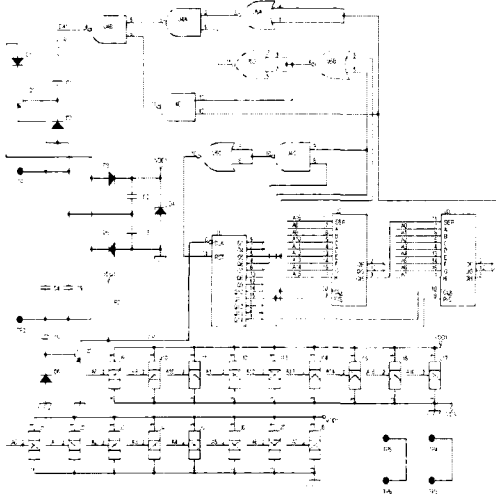


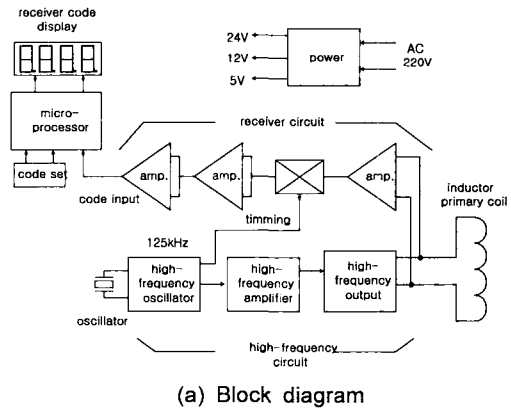
Fig. 3 Detailed circuit of the original code transmitter.

권선수이고,  $a$ 는 코일의 반경,  $r$ 은 코일 중앙으로부터 수직적인 거리이다. 식 (7)로부터 자속밀도는  $1/r^3$ 에 비례한다. 인덕터 방식에서 전력공급은 거리에 제한을 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 무선송신에 의해 수신기로부터 인덕터 코일에 유기되는 전압은 식 (8)로 나타낼 수 있다.

$$V = 2\pi f N S Q B_0 \sin \alpha \quad [Volt] \quad (8)$$

여기서  $f$ 는 수신신호의 주파수,  $N$ 은 고유코드 발생 코일 권선수,  $S$ 는 코일의 단면적,  $Q$ 는 선택도,  $B_0$ 는 수신신호의 세기,  $\alpha$ 는 고유코드발생기와 수신기측의 인덕터 코일의 각을 의미한다.

그림 4는 수신회로를 설명하기 위한 개략도 및 제작품을 보여주고 있다. 발진회로에서 125kHz의 고주파 발진을 하면 인덕터 코일에 고주파 증폭을 거쳐 고주파 전력을 공급한다. 이 때 인덕터에 고주파 자속이 발생하여 고유코드발생기에 전원을 공급한다. 고유코드발생기로부터 발생된 개체인식 신호가 인덕터 코일을 통하여 유기되면 CA3130



(a) Block diagram



(b) Manufactured article

Fig. 4 Receiver.

증폭기를 사용하여 미세한 신호를 증폭한다. 이 수신값에는 고주파 출력신호와 수신된 코드신호가 혼합되어 있다. 이 혼합된 신호중에서 고유코드발생기로부터 발생된 신호만을 통과시키도록 하기 위해서 발진회로의 발진주파수에 의한 IC4016 타이밍 회로를 사용하였다. 이 펄스 신호는 송신단 신호와 비교해 볼 때 매우 작기 때문에 증폭 효율이 좋은 반전연산증폭기 CA3130A를 이용하여 증폭하도록 하였다. 최종적으로 LM393 소자를 사용하여 고유코드 신호가 나오도록 하였다.

그림 5는 인덕터형 수신기 세부회로도들을 보여주고 있다. 그림의 상위 우측은 선택도를 조절하기 위한 여유분의 커패시터 회로보상 부분이다. 선택도  $Q$ 는 이 공진회로가 어떻게 에너지를 잘 유지하게 되는가를 나타내는 척도이다. 선택도가 높으면 이 회로는 에너지를 매우 적게 소모하고 선택도가 낮으면 많은 에너지를 방출하게 된다. 제작한 수신회로의 선택도는  $RLC$  병렬회로로써 식 (9)로 나타낼 수 있다.

$$Q = \omega_0 RC = \frac{R}{\omega_0 L} \quad (9)$$

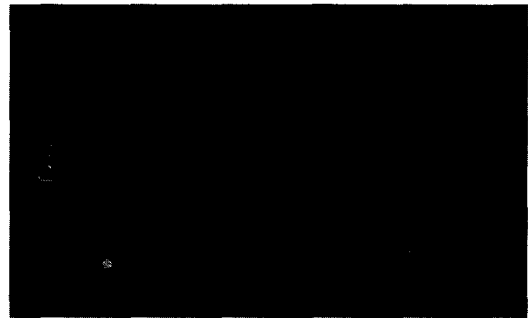
여기서  $\omega_0$ 는 공진 각 주파수이다.

(4) 마이크로프로세서

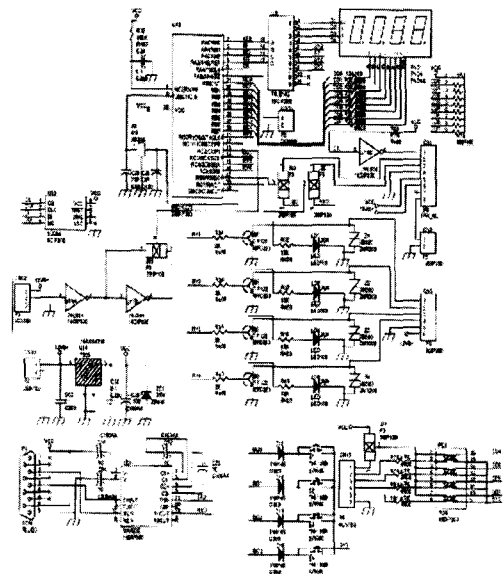
그림 6은 마이크로프로세서 회로도를 나타내고 있다. 수신회로의 개체 코드 출력값이 CN12 단자



Fig. 5 Receiver detailed circuit.



(a) Manufactured article



(b) circuit

Fig. 6 Micro-processor.

를 통해 입력되면 슈미터 회로인 74LS14 트리거 인버터 소자를 사용하여 수신회로에 섞여있는 잡음을 제거하도록 구성되었다. 이 개체코드는 PIC-16F873 마이크로프로세서 칩에서 분석하여 설정코드와 수신 코드를 비교 분석하여 호퍼모터의 개폐 여부를 판단하거나 수신코드를 세그먼트에 표시하기도 한다. PIC 마이크로프로세서는 소형이면서 주위에 전원과 크리스탈 발진기만 접속하면 LED를 직접 구동할 수가 있어 입출력 포트에 대한 프로그램 제어를 개별적으로 할 수 있다. 최고 20MHz로 고속이며, 전지 구동도 가능한 저소비전력형이다. PIC16F873은 메모리가 OPT이기 때문에 몇 번이라도 프로그램을 입력하여 사용할 수 있어

실험이나 초기 개발분야에 적합하며, 양산시에는 값이 싼 칩으로 교체해 줘야 할 것이다. 또한, 통신모듈을 연결하여 사용할 수 있는 구조로 설계하였다. 자동화분야에서 RS232만큼이나 많이 쓰이고 있는 RS485통신을 적용하였다.

그림 7은 RS485 통신모듈 회로도 및 제작품을 보여주고 있으며, 마이크로프로세서에 삽입하여 사용할 수 있도록 하였다. RS232 통신을 하기 위해선 Max232 칩이 필요하듯이 RS485 통신에서도 Max485 칩이 필요하다. RS232는 접지선과 RX, TX선을 연결하는 반면 RS485는 A, B 단 두 선만 연결된다. RS485 통신은 하나의 라인에 여러 개의 장치를 연결해 놓고 각각의 장치마다 고유 어드레스를 부여한 뒤 호스트에서 원하는 장치와 송수신을 할 수 있도록 한 멀티포인트 모드를 지원한다. 다시 말해, 하나의 메인과 여러 개의 서브를 연결하여 각각의 서브에 서로 다른 어드레스를 부여한다. 메인에서 제어하고자 하는 서브의 어드레스를 먼저 보내고 다음에 데이터를 보내기만 하면 된다. 반대로 서브는 데이터 라인에서 자기 어드레스가 나타나면 그 다음부터 데이터를 받아들이면 된다.

나. 시험방법

제안한 시스템을 목장에서 직접 모의실험을 실행하기 위해 호퍼모터가 있는 사료 자동 급이기 부분과 체중계가 있는 착유실 안쪽 급이통 아래에 설치하였다. 그림 8은 자동 급이기와 착유실에 설치한 개체인식 장치를 보여주고 있다. 그림 9는 젖소의 고유번호를 부여하여 고유코드 신호발생기 PCB를 투명한 플라스틱에 집어넣고 본드로 동봉

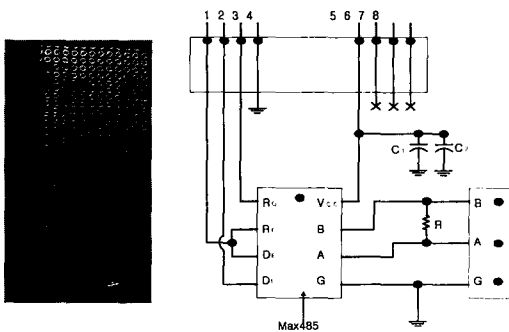


Fig. 7 Wire drawing of the RS485 telecommunications module.



Fig. 8 Individual electronic identification device to be instituted in the dairy farm.



Fig. 9 Original code transmitter to be worn at a collar.

하여 끈을 집어넣을 수 있게 하여 젖소의 목에 부착한 현장사진을 보여주고 있다. 1차 시험 때는 케이스가 너무 가벼워서 젖소가 이동하거나 몸부림 칠 때 케이스가 잘 이동되는 것을 보완하기 위해 2번째 실험에서는 케이스 중앙에 무거운 바다남시 추를 달아 놓았더니 젖소가 움직일 때 전혀 이동이 되지 않아 개체인식이 잘 되었다. 실용화 단계가 되면 고유코드 신호발생기 케이스를 플라스틱으로 성형 주조해서 습기나 물기가 베지 않도록 할 것이며, 젖소들이 서로 몸싸움을 해도 쉽게 부서지지 않도록 할 것이다.

그림 10은 젖소가 착유실에 들어와서 착유실문이 닫혀진 상태에서 목걸이에 부착한 고유코드발생기와 수신기회로의 1차 코일과의 접촉부분을 보여주고 있다. 그림 10과 같이 설치되었기 때문에 개체인식을 하지 않을 수 없을 것이다. 1차 코일과 2차 코일이 수평을 유지해야 자속밀도가 커서 거리가 멀리 떨어져 있어도 동작이 가능하지만 수

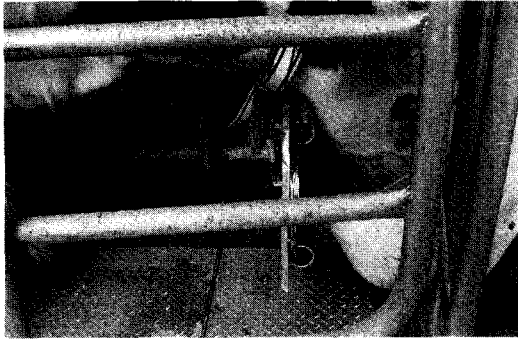


Fig. 10 Contact surface of the original code transmitter and the primary coil in the set dairy farm.

평을 이루지 않으면 그만큼 거리가 가까워져야 작동이 되기 때문에 위치를 잘 결정해서 설치하였다.

### 3. 결과 및 고찰

개발초기에는 인식거리가 너무 짧았으며, 이유를 알 수 없는 잡음이 통신라인을 통해 들어왔을 때 왜 이런 문제가 발생하는지 많은 고심을 하였다. 먼저 인식거리를 더 멀게 하기 위해서 수신기의 부품을 다른 것으로 교체하여 개체를 인식할 수 있는 평균거리를 5cm에서 40cm로 수정하였다. 또한 원인 모를 잡음에 대해서는 오실로스코프로 송신할 때 잡음이 생기는 것을 발견하고 통신모듈의 저항을 조절함으로써 이 문제를 해결하였다.

그림 11은 고유번호를 부여받은 개체가 설치되어진 개체인식장치에 다가와서 목에 달고 있는 고유코드발생기가 1차 코일과 수평방향으로 40cm정도 접근하면 1차 코일로부터 에너지를 공급받아 고유코드발생기가 작동을 하게 되고, 코드신호를 변조하여 1차 코일로 보내게 된다. 이때 수신기 회로의 최종 출력단에서 코드신호와 개체의 목에 부착되어 있는 고유코드발생기만을 오실로스코프로 측정할 한 주기동안의 파형을 보여주고 있다. 한 주기 안에는 16bit의 개체정보가 들어있다. 이 고유정보는 마이크로프로세서로 들어가며 그림 12와 같은 RS485 통신모듈을 통해 PC에서 인식된 화면을 보여주고 있다. 자동 급이기가 설치된 곳에서 설정된 고유코드 8427 개체가 감지되었을 때 PC에 S111008427N이라고 인식하게 된다. 또한, 착유실에 설치된 개체인식장치에 설정된 고유코드

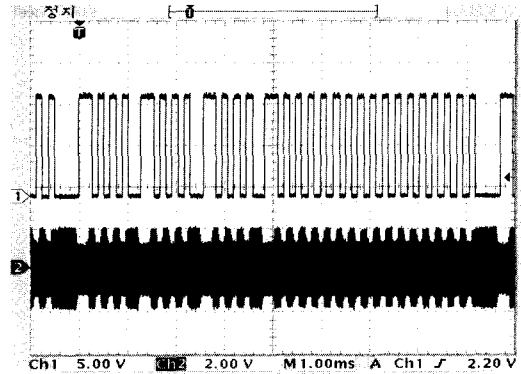


Fig. 11 Output waveforms of the receiver and original code transmitter.

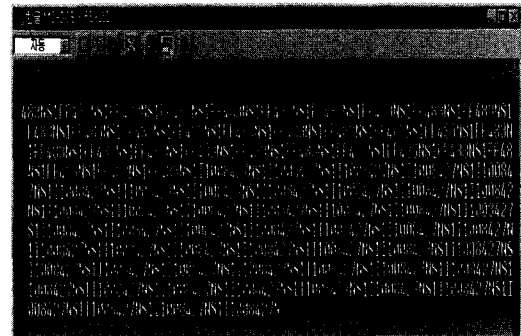


Fig. 12 Telecommunications data of Individual electronic identification code signal.

8427개체가 들어왔을 때 PC 화면에 S111008427N 이 나타난다. 개체인식장치를 지정한 곳에 설치하면 몇 번째의 개체가 어디서 무엇을 하는지 인식함으로써 사양관리에 대한 정보를 알 수 있는 계기를 마련할 수 있다.

실제적으로 실험실에서 내부 실험을 끝낸 개체인식장치를 자동 급이기와 착유실에 설치하고 전원과 통신선을 연결하여 현장실증시험을 하였다. 표 2는 실증시험 결과를 보여주고 있다. 개체고유번호는 8421부터 8427까지 부여하여 젖소의 목에 부착하였다. 각각 10회 측정하여 자동 급이기와 착유실에 설치된 개체인식 시스템에서의 개체 인식율과 개체 인식시의 1차 코일과 2차 코일간의 인식 거리를 보여 주고 있다. 인식률은 대략 98.5%와 평균 인식 거리는 40cm를 보여주고 있다. 인식 감도 거리는 처음에는 작았으나 증폭소자를 바꿈으로써 조금 더 크게 할 수 있었다. 현장실험에서 신호전송 할 때 약간의 잡음이 딸려 들어갔는

Table 2 Results of operation test for Individual electronic identification system

Individual number	Identification rate(%)		Identification Distance(cm)		Remark
	Auto feeder	Dairy farm	Auto feeder	Dairy farm	
8421	90	100	38	40	Repeat Number : 10
8422	100	100	39	41	
8423	100	90	38	38	
8424	100	100	39	42	
8425	100	100	40	40	
8426	100	100	45	43	
8427	100	100	37	39	

데 그 원인은 전원의 잡음 문제였다. 이를 해결하기 위해 필터나 접지시설을 하였다. 인덕터 전송 방식으로 인식 가능한 개체는 돈육, 한우, 견 등의 집단 생활을 하는 동물들에게 적용 가능하다. 전자파 및 유도전원이 무선 주파수 방식보다 훨씬 적어 가축이나 인체에 해가 없다. 또한 에너지를 1차 수신기로 받기 때문에 배터리를 사용할 필요가 없어 수은으로 만든 폐건전기가 나오지 않아 친환경적이다.

4. 결 론

본 연구에서는 가축의 사양관리 자동화에 있어서 우선적으로 수행되어야만 하는 개체구별을 위한 고유번호 신호 및 전력 전송시스템을 개발하였다. 안테나가 없고, 별도의 전원용 배터리가 필요 없는 인덕터 전송방식을 이용하여 전력 및 고유코드 신호를 수신기로 전송시켜 통신모듈을 통해 전송된 개체고유코드를 퍼스널 컴퓨터가 인식할 수 있게 하였으며 이를 현장 적용실험을 통해 입증하였다.

앞에서 고유코드발생기와 수신기의 출력 파형을 보면 고유코드발생기에 내장된 고유번호코드가 16bit의 디지털 파형을 이루고 있고, 수신기측의 출력파형을 고유코드발생기의 고유번호가 잡음을 제거하고 그대로 수신기 출력으로 나오는 것을 알 수가 있었다. 또한 이 16bit의 신호는 10진수로 세그먼트에 표시되며, 통신모듈을 통해 퍼스널 컴퓨터에 S111008427이라고 적혀 있으면 8427 고유번호를 가진 개체가 지금 자동 급여기에 있으므로 사료공급을 시행하라는 명령을 보내게 되고, 호퍼 모터가 작동되어 사료공급을 수행하였다.

가축의 목에 달려있는 고유코드발생기는 9999개 까지 인식코드를 만들 수 있도록 하였다. 인식율은 98.5%, 인식거리는 평균적으로 40cm를 보였으며 사료공급 또한 제대로 작동되었다. 컴퓨터에 인식된 이 고유코드 번호는 다수의 개체들을 구분함으로써 개개의 가축에 대한 많은 정보를 데이터베이스화하여 급이관리, 질병관리, 번식관리 등 개별 사양관리를 실현시킬 수 있으리라 본다.

참 고 문 헌

1. 장동일. 1995. 축산기계화 현황과 발전방향. SIEMSTA(농수축산박람회) 심포지움 : 103-131.
2. 이승규, 민영봉, 김태규. 1991. 축산자동화를 위한 가축의 생체정보 무선계측장치 개발(I). 한국농업기계학회지 16(4):263-271.
3. 이승규, 민영봉, 김태규. 1991. 축산자동화를 위한 가축의 생체정보 무선계측장치 개발(II). 한국농업기계학회지 17(4):404-409.
4. 김현태. 2001. 영상정보를 이용한 젓소의 체위계측, 체중측정 및 개체인식. 박사학위논문. 성균관대학교 대학원.
5. 한병성, 정길도, 최명호, 김용준, 김명순, 강복원. 1996. 젓소의 사양관리 자동화를 위한 전자개체 인식장치 개발. I. 송·수신부 회로 설계 및 제작. 한국임상수의학회지 13(2):171-175.
6. 한병성, 박경국, 정길도, 김동원, 김용준, 김명순. 1999. 가축의 사양관리 자동화를 위한 전자개체인식장치의 신호전송에 관한 연구. 한국농업기계학회지 24(1):75-80.
7. Cristo da cost. 2000. Hardware for production test of RFID interface embedded into chips for smart cards and labels used in contactless applications. ITC International Test Conference. 18(3):485-491.
8. Roy Want, Kenneth P. Fishkin, Anuj Gujar, Beverly L. Harrison. 1999. Bridging physical and virtual worlds with electronic tags. proceeding of the CHI 99 conference on Human factors in computing systems. pp. 370-377.
9. Junji Hirai, Tac-Woong Kim, Atsuo Kawamura. 2000. Study on Intelligent Battery Charging Using Inductive Transmission of Power and Information. IEEE Transactions on Power Electronics. 15(2): 335-345.