

고주파전력 및 데이터 전송을 위한 인덕터 방식의 전자개체인식장치 개발

Development of Electronics Individual Recognition Device for the Transmission of High-Frequency Power and Data

고석철*, 한병성**, 이 재*, 김동원**, 한광진**, 이수영**

(Seok-Cheol Ko*, Byoung-Sung Han**, Jae Lee*, Dong-Won Kim**, Kyang-Jin Han**, Su-Young Lee**)

Abstract

This paper introduces that domestic animals can be effectively administered with an individual recognition system. The system was constructed in original code transmitter, receiver, personal computer, micro-processor, and RS485 telecommunications module. In the individual recognition system, the signal including encoded information about a milk-cow was transmitted from an original code transmitter to a micro-processor through RS485 telecommunications module. The transmitted signal was successfully displayed in a personal computer.

Key Words : Individual recognition system, Original code transmitter, Receiver, Micro-processor, RS485 telecommunications module

1. 서 론

우리 나라 축산 농가가 국가 경쟁력을 조속히 갖 추기 위해서는 적은 인력으로 보다 체계적으로 사양 관리를 할 수 있어야 하며, 신속하게 질병을 예방하 거나 정확하게 번식관리를 도모할 수 있는 생산성 향상에 관계되는 통합 사양관리 자동화 시스템이 반 드시 실현되어야 할 것이다^[1]. 자동화 및 통합 전산 화 응용기술을 가축의 사양관리 분야에 실현시키기 위해 우선적으로 개발해야 할 부분은 개체인식장치 이다. 개체인식장치는 홍채와 지문, 목소리, 문자 등 을 이용한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있지만 축산분야에 관련된 기술이 국내에서는 전무한 실정 이다^[2,3,4].

물건값 계산과 현금지급기 등에 많이 사용되고 있 는 바코드 시스템과 마그네틱 카드시스템은 우리 생

활에 밀접하게 관련되어 있으나 축산분야의 개체인 식장치에 적용하기는 어렵다. 축산분야 개체인식장 치에 적용 가능한 기술은 무선인식장치 기술이다. 무선인식장치 중에 지금까지 외국으로부터 수입되어 사용되고 있는 RF방식은 안테나를 이용하기 때문에 축산의 개체인식장치에 적용했을 경우 혼선의 문제 가 생길 수 있는 단점이 있다. 또 다른 단점은 송신 기의 전원공급을 수신기로부터 직접 받는 것이 어렵 기 때문에 전원공급용 배터리를 송신기에 부착해서 사용해야한다. 배터리의 수명이 다 하였을 때 교체 과정이 번거롭고 관리비용이 많이 든다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 안테나 장치가 없고, 별도의 배터리 장치가 필요 없는 인덕터 전송방식을 이용하 여 전력 및 고유코드 신호를 전송시키는 개체인식 시스템 개발을 목표로 하였다.

가축의 목에 부착된 고유코드발생기는 인덕터 코 일을 통해 전원이 공급되면 회로가 동작하며, 코드 회로에 설정된 코드값이 출력된다. 출력된 신호는 변조회로에서 변조되어 인덕터 코일을 통해 수신회 로에 전달된다. 타이밍 회로에서는 혼합된 신호 중 코드 신호만을 통과시켜 증폭한다. 마이크로프로세 서 회로에서는 설정코드와 수신코드를 비교 분석하

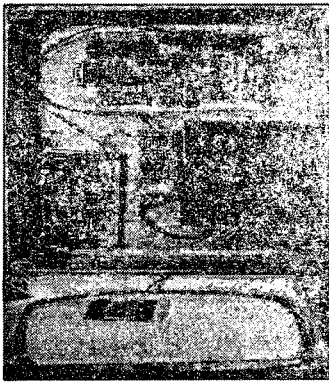
* : 전북대학교 전기공학과 석사과정
** : 전북대학교 전기공학과 박사과정
*** : 전북대학교 교수
(전주시 덕진구 덕진동 1가 전북대학교
Fax: 063-277-0918
E-mail : suntrac@shinbiro.com

여 호퍼모터 스위치의 개폐여부를 판단함은 물론 수신코드가 세그먼트에 표시되도록 되어 있다. 이렇게 변조된 신호는 통신모듈 RS485를 통해 퍼스널 컴퓨터에 보내져서 축산 통합관리를 가능케 할 수 있다.

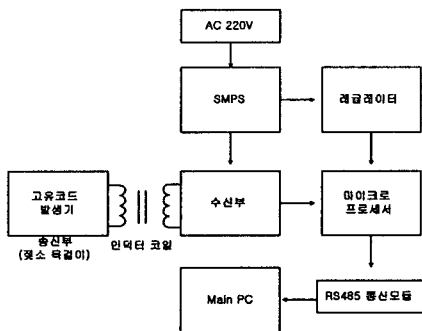
2. 재료 및 방법

2.1 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 개체정보를 인덕터 코일을 통해 수신기로 보내진다.



(a)



(b)

그림 1. 개체인식시스템; (a) 제작품, (b) 구성도
Fig. 1. Individual recognition system; (a) Manufactured article (b) Configuration

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.

2.2 인덕터형 개체인식장치 기능

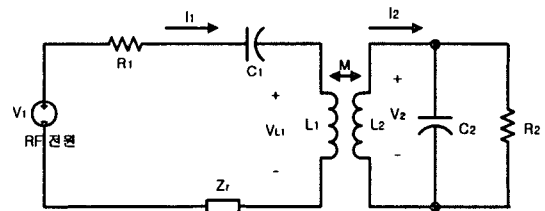


그림 2. 무선전송 원리를 분석하기 위한 회로도
Fig. 2. The circuit for the analysis of wireless transmission principle

그림 2는 임의의 개체에 대한 개인 고유코드를 컴퓨터에서 인식하기 위한 개체인식 신호를 인덕터 코일을 이용하여 무선으로 전송하기 위한 송·수신단의 분석을 위한 회로 구성을 보여주고 있다.

$$Z_r = \frac{(\omega M)^2}{Z_2} \quad (1)$$

여기서, Z_r 은 1차 코일의 전체 임피던스 부분에 나타나는 반사 임피던스이다. Z_2 는 2차 코일에 의해 나타나는 부하임피던스이다. ω 는 무선전송 전력 캐리어의 각 주파수이다. M 은 1차 코일과 2차 코일과의 상호 임피던스이다. 1차 회로의 임피던스는 식 (2)과 같다.

$$Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = R_1 + Z_r + j[\omega L_1 - (\frac{1}{\omega C_1})] \quad (2)$$

2차 코일의 L_2 는 직렬 임피던스 $j\omega L_2$ 에서 독립 전압원 V_2 를 고려하면, 2차 코일의 부하임피던스는

$$Z_2 = \frac{V_2}{I_2} = j\omega L_2 + \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C_2 \right)^{-1} \quad (3)$$

$$= \frac{R_2}{1 + \omega^2 R_2^2 C_2^2} + j \left(\omega L_2 - \frac{\omega C_2 R_2^2}{1 + \omega^2 R_2^2 C_2^2} \right)$$

1, 2차 회로는 공통 공진 주파수 ω 에 동작하며 Z_1 과 Z_2 는 순수한 저항성분이다. 그래서 식 (2), (3)에서

$$j\left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}\right) = 0 \quad (4)$$

$$j\left(\omega L_2 - \frac{\omega C_2 R_2^2}{1 + \omega^2 R_2^2 C_2^2}\right) = 0 \quad (5)$$

식 (5)을 다시 배열하면

$$\left(\frac{1}{1 + \omega^2 R_2^2 C_2^2}\right) = \frac{L_2}{R_2 C_2^2} \quad (6)$$

식 (6)을 식(3)에 대입하여 정리하면

$$Z_2 = \frac{R_2}{1 + \omega^2 R_2^2 C_2^2} = \frac{L_2}{R_2 C_2} \quad (7)$$

상호 인덕턴스 정의로부터

$$M = k(L_1 L_2)^{1/2} \quad (8)$$

여기서 k 는 상호결합계수이다. 식 (1)과 식 (4)~(8) 조합으로 식 (9)을 얻을 수 있다.

$$Z_1 = R_1 + \omega^2 k^2 L_1 C_2 R_2 \quad (9)$$

1차 코일에 걸리는 전압을 규정하면

$$V_{L1} = \left(\frac{\omega L_1}{Z_1}\right) V_1 = \left(\frac{1}{\omega C_1 Z_1}\right) V_1 \quad (10)$$

식 (10)에 식 (9)을 대입하여 정리하면

$$V_{L1} = \frac{V_1}{\omega C_1 (R_1 + \omega^2 k^2 L_1 C_2 R_2)} \quad (11)$$

만약 2차 저항 부하가 R_2 에서 R_2' 로 변한다면

$$V_{L1}' = \frac{V_1}{\omega C_1 (R_1 + \omega^2 k^2 L_1 C_2 R_2')} \quad (12)$$

변조지수는 진폭변조(AM)에서 신호진폭과 캐리어 진폭의 비를 백분율로 나타낼 수 있다.

$$m = \left| \frac{V_{L1} - V_{L1}'}{V_{L1} + V_{L1}'} \right| \quad (13)$$

이 분석은 1차 코일에 걸리는 전압을 조사하거나 원래 부하저항 R_2 와 병렬로 데이터발생 전압제어 저항을 추가적으로 달음으로써 실험적으로 증명해졌다. 실제적으로 2차 부하에 저항을 분로시키는 것은 상당한 에너지 손실을 가져온다.

부하 이동기의 실현은 적절한 무선전력 전송효율을 유지하는 동안 고유코드 데이터를 가지고 있는 2차 부하를 변조하기 위한 간단한 회로가 필요하다. 무선 전력 회로에서 2차 코일에 적용되는 효과적인 교류부하는 직류부하 및 무선전력 회로 회로구성 양쪽

의 기능이 있다. 2차 전력 수신회로 소자의 구성 변조는 직류부하를 변조하기 위한 양자택일로써 분로 저항을 제공한다. 즉, 데이터 구동 스위치는 데이터 비트가 0일 때 하나의 회로구성과 데이터 비트가 1일 때 다른 회로 구성을 가능하게 한다. 두 회로 구성은 비슷한 전력효율 외에 매우 다른 교류부하를 제공할 필요가 있다.

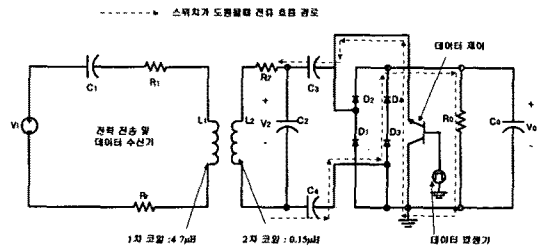


그림 3. 데이터와 전력전송 설명도

Fig. 3. The illustration of the data and power transmission.

그림 3은 기본적인 회로구성 변조기를 보여주고 있다. 이 회로에서 R_0 은 직류부하 저항이다. C_0 은 직류부하 커패시터이다. f 는 무선 전력 링크의 동작 주파수이다. $R_0 C_0 \gg 1/2\pi f$ 에서 C_0 는 이 회로 분석에서 무시될 수 있다. 2차 탱크 회로 $L_2 C_2$ 에 걸리는 최대 교류전압 V_{2pk} 은 다이오드 $D_1 \sim D_4$ 로 흐르는 전압보다 훨씬 크다. 따라서 $V_{2pk} \approx V_0$ 과 같다. 스위치 S가 개방되었을 때 이 회로는 전파정류기이다. 등가 교류 부하저항 R_{ac} 은 R_0 에서 많은 등가 전력을 직류 전력이 방출하게 될 것이다.

$$R_{ac} = \frac{R_0}{\sqrt{2}} \quad (14)$$

스위치가 닫혔을 때 교류부하 등가 저항은

$$R_{ac} = \frac{R_0}{8} \quad (15)$$

두 회로 구성에서 전송 효율은

$$\eta = \frac{P_0}{P_i} = \left(\frac{R_L}{R_L + R_2}\right) \left(\frac{R_r}{R_r + R_1}\right) = \frac{k^2 Q_1 Q_2^3 R_2 R_{ac}}{(R_{ac} + Q_2^2 R_2) [(1 + k^2 Q_1 Q_2) R_{ac} + Q_2^2 R_2]} \quad (16)$$

여기서 R_L 은 2차 코일에 적용된 부하이다.

$$R_L = \frac{(\omega L_2)^2}{R_{ac}} \quad (17)$$

P_r 는 무선전력원의 출력전력이며, P_0 는 R_L 에서 방출되는 전력이다. Q_1 과 Q_2 는 1차 코일과 2차 코일에 대한 선택도이고 R_1 과 R_2 는 1차 코일과 2차 코일의 각각의 직렬 저항값을 나타낸다. R_r 은 반사된 저항을 나타내며, 공진에서 Z_2 는 실수값이므로 Z_r 은 순수한 저항성분만을 가지므로 R_r 로 기입할 수 있다. 방정식 (16)을 다시 쓰면

$$\eta = \frac{k^2 \omega^4 L_1 L_2^3}{\left(R_2 + \frac{\omega^2 L_2^2}{R_{ac}}\right) \left(R_1 R_2 + k^2 \omega^2 L_1 L_2 + \frac{R_1 \omega^2 L_2^2}{R_{ac}}\right)} \quad (18)$$

이론적으로 만약 $\partial \eta / \partial R_{ac} = 0$ 이면 전송 효율 η 은 R_{ac} 의 독립적이므로 부하 이동에 영향을 받지 않는다. $\partial \eta / \partial R_{ac} = 0$ 인 동안 R_2 나 R_{ac} 의 해가 음의 값이면 그것은 실현될 수 없다. 어찌든 R_2 가 $\omega^2 L_2^2 / R_{ac}$ 보다 아주 크다면 식 (18)에서 R_{ac} 의 영향을 받지 않을 것이다. 이것은 R_2 , R_{ac} 둘 다 상대적으로 독립효율 결과에 영향을 받는다는 것을 내포하고 있다. 반대로 R_2 값이 크면 효율은 감소하게 될 것이다.

3. 결과 및 고찰

측산자동화를 위한 개체인식 시스템을 목장에서 직접 모의실험을 실행하기 위해 호퍼모터가 있는 사료 자동 급이기 부분과 체중계가 있는 착유실 안쪽 급이통 아래에 설치하였다. 그림 4는 어떤 고유번호를 부여받은 개체가 설치된 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 측정한 한 주기동안의 파형을 보여주고 있다. 한 주기 안에는 16bit의 개체정보가 들어간다. 이 고유정보는 마이크로프로세서로 들어가며, 그림 5와 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 8427 개체가 들어왔을 때 PC 화면에 S111008427N이 나타난다. 개체인식장치를 지정한 곳에 설치하면 몇 번째의 개

체가 어디서 무엇을 하는지 인식함으로써 사양관리에 대한 정보를 알 수 있는 계기를 마련할 수 있다.

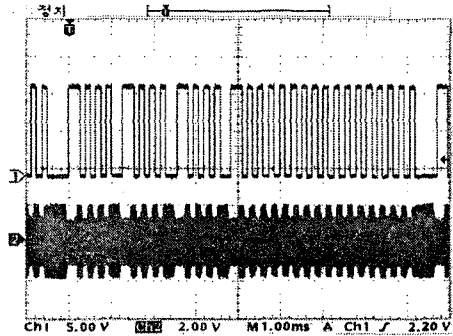


그림 4. 수신기와 고유코드발생기의 출력파형
Fig. 4. Output waveforms of the receiver and original code transmitter

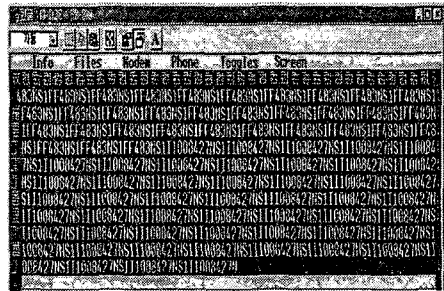


그림 5. 개체인식 코드신호의 통신데이터
Fig. 5. Telecommunications data of individual recognition code signal

그림 6, 7은 호퍼모터가 있는 자동 급이기와 착유실에 설치된 개체인식 장치를 보여주고 있다. 그림 8은 젖소의 고유번호를 부여하여 고유코드 신호발생기 PCB를 투명한 플라스틱에 집어넣고 본드로 동봉하여 끈을 집어넣을 수 있게 하여 젖소의 목에 부착할 수 있도록 한 케이스를 보여주고 있다. 실용화 단계가 되면 고유코드 신호발생기 케이스를 플라스틱으로 성형 주조해서 습기나 물기가 베지 않도록 해야 할 것이며 젖소들이 서로 몸싸움을 해도 쉽게 부서지지 않도록 할 것이다. 1차 코일과 2차 코일이 수평을 유지해야 작동이 가능하지만 수평을 이루지 않으면 그만큼 거리가 가까워져야 작동이 되기 때문에 위치를 잘 결정해서 설치해야 한다. 실제적으로 실험실에서 내부 실험을 끝낸 개체인식장치를 자동 급이기

와 착유실에 설치하고 전원과 통신선을 연결하여 현장실증시험을 하였다. 또한 노이즈 문제를 해결하기 위해 필터나 접지시설을 하였다.

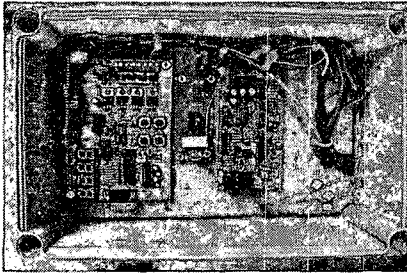


그림 6. 자동급이기에 설치된 개체인식장치
Fig. 6. Individual recognition device to be instituted at the Auto-Feeder

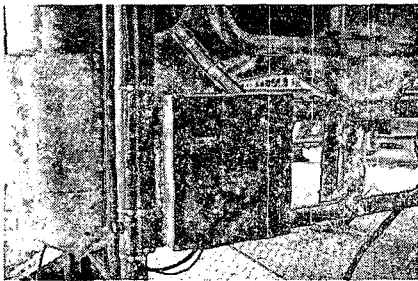


그림 7. 착유기에 설치된 개체인식장치
Fig. 7. Individual recognition device to be instituted in the dairy farm



그림 8. 고유코드발생기 케이스
Fig. 8. Case of original code transmitter

4. 결 론

본 연구는 가축의 사양관리 자동화에 있어서 우선적으로 수행되어야만 하는 개체구별을 위한 고유번호 신호 및 전력 전송시스템 개발에 관한 내용이다.

안테나가 없고, 별도의 전원용 배터리가 필요 없는 인덕터 전송방식을 이용하여 전력 및 고유코드 신호를 수신기로 전송시켜 통신모듈을 통해 전송된 개체 고유코드를 퍼스널 컴퓨터가 인식할 수 있게 하였으며 이를 현장 적용실험을 통해 입증하였다.

앞에서 고유코드발생기와 수신기의 출력파형을 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 급이기에 있으므로 사료공급을 시행하라는 명령을 보내게 되고, 호퍼모터가 작동되어 사료공급을 수행한다.

가축의 목에 달려있는 고유코드발생기는 9999개까지 인식코드를 만들 수 있도록 하였다. 개체인식장치가 설치된 곳에 어떤 개체가 들어오면 수신기에서 고유코드를 검출하여 증폭한다. 이 증폭된 신호는 통신모듈을 통해 퍼스널 컴퓨터에 전송된다. 컴퓨터에 인식된 이 고유코드 번호는 다수의 개체들을 구분함으로써 개개의 가축에 대한 많은 정보를 데이터베이스화하여 개체별 사양관리를 실현시킬 수 있리라 본다.

감사의 글

본 내용은 “농림기술관리센터”의 연구비 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] 장동일. “축산기계화 현황과 발전방향” 농수축산 박람회 심포지움, pp.103-131, 1995.
- [2] Cristo da cost. “Hardware for production test of RFID interface embedded into chips for smart cards and labels used in contactless applications” International Test Conference. pp.485-491, 2000.
- [3] 한병성의 4인, “가축의 사양관리 자동화를 위한 전자개체인식장치의 신호전송에 관한 연구” 한국농업기계학회지, 24권, 1호, pp.75-80, 1999.
- [4] Steve C. Q. Chen, “Optimization of Inductive RFID Technology” IEEE. pp.82-87, 2001.