

RF를 이용한 전자 개체 인식 장치 개발

Development of Electronic Identification Unit Using RF

조성인 류관희 안광재 김유용 유윤관
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
S. I. Cho K. H. Ryu K. J. An Y. Y. Kim Y. G. You

ABSTRACT

In Korea, a need of automatic dairy farm management system has been increased to lower production cost and to strengthen international competition. However, the present management system was mostly relied on foreign technologies and caused some problems in post management and after-sales services. Therefore, though there is a problem of price and quality at present, domestic technologies of the management system should be developed for the long run. This study was conducted to develop an electronic identification unit for an automatic dairy farm management system. The developed system was consisted of a tag, a reader, a switching circuit, and a personal computer. The tag attachable to each individual cow was developed to transmit individual radio frequency(RF) code into the air with modulation of ASK(amplitude shift keying). And the switching circuit was added to avoid confusion on reception and transmittance. The reader attached to a feeding device was developed to transmit activating signal periodically and to identify code of the individual tag when the tag was approached to the device. The reader was consisted of an active filter, a detector, a comparator and a microcontroller. The test result was feasible enough to apply it for the automatic farm management system and the identified maximum distance was about 37cm.

Keywords : Radio frequency, ASK, Tag, Reader, Automatic dairy farm management, Individual identification.

1. 서 론

시장 개방이 날로 확산되고 있는 국제적 흐름 속에서, 세계의 축산 농가들은 국제 경쟁력을 갖추기 위해 규모의 거대화 뿐만 아니라, 보다 적은 인력으로 체계적이고 정확한 관리, 신속한 질병 예방 제제를 확립하고 생산단가의 감소와 품질 향상을 위해 가축의 개체 사양 관리를 자동화시키고 있다. 외국에서는 이미 30여 년 전에 낙농업이 집

차 복잡해지고 규모가 커감에 따라 자동 인식 시스템(automatic identification system)을 농장 관리에 도입시켰고, 현재에 이르러 축산 농가의 가축은 물론 동물원에 있는 동물들의 개체 사양 관리에까지 응용 분야를 확대시키고 있다.

우리나라의 축산 농가 또한 이러한 변화를 겪고 있다. 통계청의 2000년도 농업 총 조사에 따르면, 50마리 이상을 사육하는 젖소 농가는 전국에 3,980호, 한육우의 경우 4,684호로 나타났다. 또한

This work was supported by The Grand for Reform of University Education Under BK21 Project of S.N.U, Republic of Korea and article was submitted for publication in June 2002, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in September 2002. The corresponding author is S.I.Cho, Associate Professor, Dept. of Agricultural Engineering, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea : voice :82-31-290-2393; e-mail : <sicho@snu.ac.kr>. The authors are: S.I.Cho, K.H.Ryu, K.J.An, Y.Y.Kim and Y. G. You, Seoul National University.

통계청 자료에 의하면, 95년에서 99년 사이에 사육두수는 젖소가 약 4%, 한육우가 25% 감소한데 반해, 사육가구수는 젖소가 40%, 한육우가 약 33% 감소하였다. 이렇듯 축산 농가 규모의 거대화로 인하여 기계화 및 자동화에 대한 수요가 증가되고 있다. 그럼에도 우리나라의 경우에는 기술 개발 보다는 수입을 통하여 기계화 및 자동화를 진행해 왔다. 따라서, 우리 축산 농가의 실정에 적절하지 않는 설비의 신뢰성 및 사후 관리 측면에서 많은 문제점이 발생하였으며 축산 농가는 이러한 현실상의 문제들로 인해 기계화, 자동화에 어려움이 있다. 이에 대한 해결방안으로 90년 이후 축산 자동화 기술 개발에 관한 연구가 진행되고 있으나, 축산 자동화의 핵심 기술중 하나인 전자 개체 인식 장치에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서, 전자 개체 인식장치에 관한 연구가 시급히 요구되고 있다.

본 연구에서는 가축의 사양 관리 자동화를 위하여, ISO 표준 RF(radio frequency)를 이용한 비접촉 전자개체인식 장치의 개발을 목적으로 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 가축 사양 관리 시스템의 구성

가축 사양관리 시스템은 그림 1과 같이 효과적으로 젖소를 관리하기 위해 젖소의 나이, 체중, 임신 여부, 착유 가능기간 및 불가능기간, 일일산유량, 질병상태 등의 데이터를 저장 관리하는 Main PC, 젖소를 사료공급 장치 앞으로 유도하는 유도 가이드, 사료 공급장치 앞에 도착하면 젖소의 고유번호를 송신하는 송신 태그, 젖소의 고유번호를 인식하여 PC로 전송하는 태그 리더, 젖소의 고유번호에 따라, 적절한 량의 사료를 공급하는 자동 사료급이장치로 구성된다.

그림 1의 시스템 구성에서 보는 바와 같이 전자개체 인식 장치는 가축의 개체 사양 관리 자동화 시스템의 기본이 되는 것으로, 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

- 1) 축산 농가의 환경 조건에서 확실하게 인식
- 2) 비접촉 방식
- 3) 인식거리는 30~40cm 이내
- 4) ISO의 표준 주파수대인 120~130 kHz

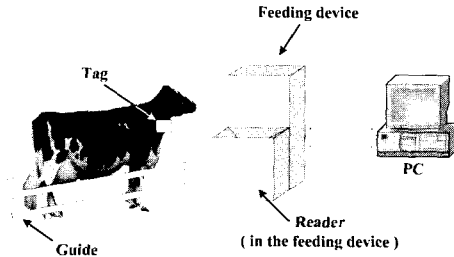


Fig. 1 Schematic of automatic dairy farm management system.

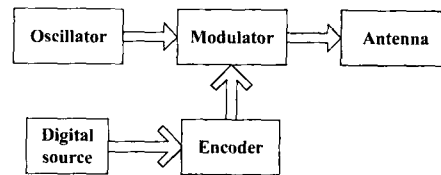


Fig. 2 Block diagram of the transmitting device.

이러한 조건을 만족하도록 자동인식의 한 분야인 RFID(radio frequency identification) 시스템을 이용하였다.

나. 신호전송장치

송신부는 그림 2와 같이 digital source와 encoder (PT 2262)를 이용해 각 개체에 고유코드를 부여하는 코드 할당부, 할당된 고유코드를 전송하기 위해 콜피츠 발진회로를 이용하여 125kHz의 전송신호를 생성하는 발진부, 할당된 고유신호와 전송신호를 혼합하여 피변조파를 생성하는 변조부, 그리고 변조된 신호를 공중으로 발산하는 안테나로 구성되었다.

수신부는 그림 3과 같이 신호를 수신하는 안테나, 안테나에서 검출된 미약한 신호를 증폭하고 무선전송에서 일반적으로 나타나는 저주파 노이즈를 제거하기 위한 능동고역통과필터, 포락선 검파회로, 슈미트트리거 회로, 슈미트트리거에 의해 구형파로 정형된 신호를 디코딩 하는 decoder(PT

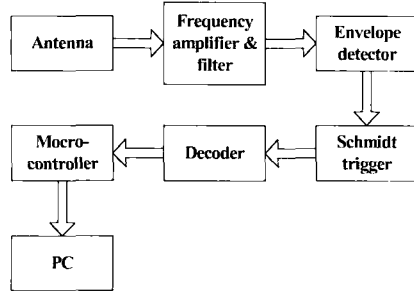


Fig. 3 Block diagram of the receiving device.

2272), 디코딩된 신호를 ASCII 코드로 전환하여 MAX232 chip을 통해 PC로 데이터를 전송하는 마이크로컨트롤러, 전송된 신호를 저장하고 모니터에 디스플레이 하는 PC로 구성되었다.

그림 4는 주파수 신호의 포락선을 검출하는 회로이다. 입력신호는 다이오드를 거치면서 하측부대가 제거되고, RC 병렬회로를 거치면서 포락선이 검출된다. 포락선의 검출정도는 식 (1)과 같은 시상수 값에 의해 결정된다

$$B \ll \frac{1}{2\pi RC} \ll f_c \quad (1)$$

B : bandwidth
 f_c : carrier frequency

본 연구에서는 대역폭(bandwidth)이 10kHz 정도이고, 전송 주파수가 125kHz이므로 위 조건을 만족시키기 위하여, R을 10k Ω , C를 2.2nF으로 하였을 때 시상수 값은 22 μ s이었다.

포락선 검파를 거친 신호는 2진 디지털 신호로 보기에는 불완전하므로 슈미트트리거를 이용하여 파형을 정형화하여 완전한 디지털 신호로 만들기 위해 비교기(LM 311)를 이용한 반전 증폭회로를 구성하였다. 회로의 동작은 다음과 같다. Op-amp의 negative 입력단에 기준전압(1V)을 인가하여, (+) 입력단으로 들어오는 신호가 기준전압 이상인 경우 '0'을 출력하고, 기준전압 이하일 경우 '1'을 출력한다.

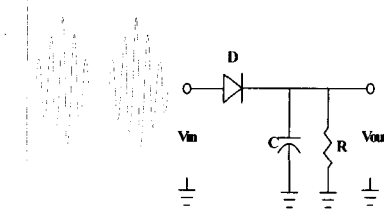


Fig. 4 Schematic of the envelope detection.

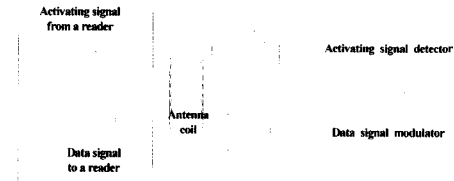


Fig. 5 Block diagram of a tag.

다. 유전지 태그와 리더

태그는 그림 5와 같이 리더로부터 활성화 신호를 받으면 리더에 근접해 있음을 인식하여 자신의 고유 코드 신호를 리더로 전송하는 역할을 하나, 리더로부터 활성화 신호를 받는 동안 데이터 신호를 내보낼 수 없다. 하나의 안테나를 사용하는 시스템이므로, 신호를 받는 중에 신호를 내보내는 것은 불가능하다. 태그의 데이터 신호를 동시에 주고 받을 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 리더와 태그 자체 내에서는 물론 리더와 태그 상호간에도 적절한 송·수신 시간 배분이 필요하다. 시간 배분을 위하여 태그는 리더로부터 활성화 신호의 유무에 따라 송신과 수신모드를 자동 전환한다. 활성화 신호의 검출시 태그는 일정한 시간동안 데이터를 전송하고, 수신모드로 전환한다. 본 연구에서는 송신과 수신사이의 시간 배분을 송신과 수신에 소요되는 시간보다 많게 임의로 리더에서 약 4초간 활성화 신호를 발산하고, 4.5초간 수신하도록 하였으며, 태그에서는 리더의 수신 시간을 고려하여 2배의 시정수를 4.5초보다 약간 작은 값으로 선정하였다.

리더는 타이머 555를 이용하여 일정한 주기로

활성화 신호를 보낸 후 수신모드로 전환하는 것을 반복한다. 리더는 태그로 일정 시간 활성화 신호(activating signal)를 보낸 후, 데이터가 입력되기를 기다려 돌아오는 데이터 신호(data signal)를 받아 복조(demodulate)하고, 컴퓨터로 개체 코드를 전송하는 역할을 한다. 리더의 구성을 그림 6에 나타내었다.

라. 안테나 코일

안테나란 RF에서 필수적인 요소 중 하나로, 변·복조된 신호를 교류하기 위한 최종단 장비이다. 안테나는 철저히 크기와 구조에 따라 특성을 받는 구조물로서 circuit이 아니라 component 혹은 structure로 구분된다. 송신부 안테나는 특정주파수의 에너지만 공진 시켜서 대기 중에 뿌려주고, 수신부 안테나는 특정 주파수의 에너지만 받아들인데, 그 주파수의 파장과 안테나의 길이가 조화를 이룰 때 RF signal은 효과적으로 전송된다. 일반적으로, 안테나로부터 신호가 발산되기 위해서는 안테나의 길이가 파장의 반이나 1/4파장의 길이가 되어야 한다. 그러나, 본 연구에서 사용되는 125kHz의 경우 파장(wave length)은 약 2.4km 정도가 되므로, 규모가 제한되는 본 장치에 실제 안테나는 적합하지 않다.

또한, 개체 인식 장치는 전송이 30~40cm 이내에서만 이루어져야 한다. 인식 가능 거리가 너무 짧아도 문제가 되지만, 너무 원거리까지 신호가 전송되어도 리더에 접근하지 않은 다른 개체를 접근한 개체로 잘못 인식할 수 있기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 특정 주파수에 공진하는 작은 루프 안테나 코일(loop antenna coil)을 제작하여 사용하였다.

실제 목장에 적용 가능성을 평가하기 위해 그림 7과 같이 서울대학교 부속 목장에 장치를 구성하

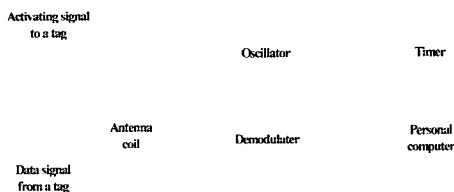


Fig. 6 Block diagram of the reader.



Fig. 7 Configuration of developed electronic identification unit in a pasture land.

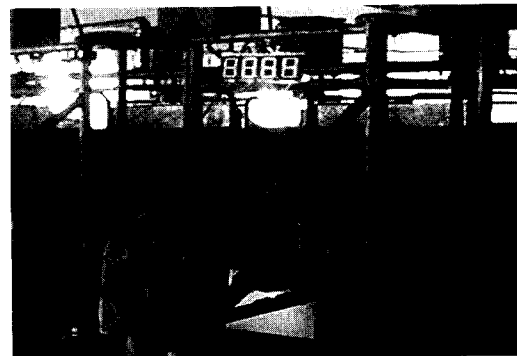


Fig. 8 Test of developed electronic identification unit.

였고, 접근시 인식의 확인을 위하여 7 세그먼트에 ID를 표시하였다.

코일과 커패시터의 변화에 따른 최대 인식거리를 측정하기 위해 그림 8과 같이 사람의 목에 걸고 먹이통에 접근하며 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 9는 encoder에 의해 개체 코드 12비트를 "110001010110"으로 할당하여 ASK변조 방식에 의해 워드로 태그에서 변조된 신호이며, 한번의 코드를 출력하는데 약 40ms가 소요되었다.

그림 10은 앞에서 제작된 수신부와 송신부 안테나를 이용하여 15cm 거리에서 수신부 안테나에 공진되어 형성된 신호 파형을 보여준다. 공진에 의해 12VDC를 기준으로 +0.6V의 진폭으로 피변

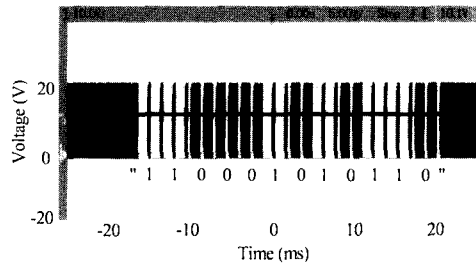


Fig. 9 Result of the modulating circuit.

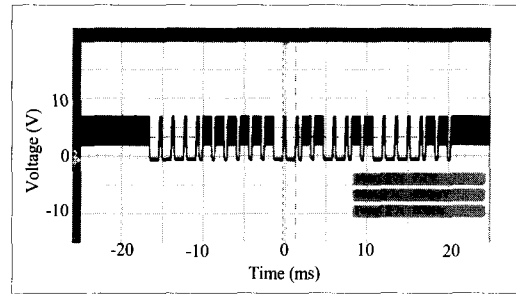


Fig. 12 Result of the envelope detection.

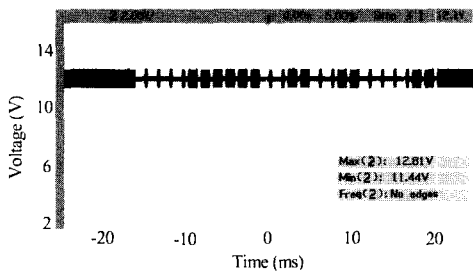


Fig. 10 Wave at the receiving antenna coil.

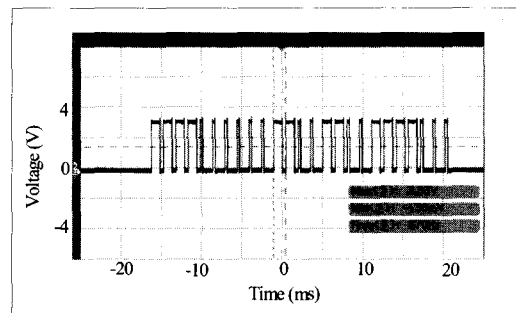


Fig. 13 Demodulated signal.

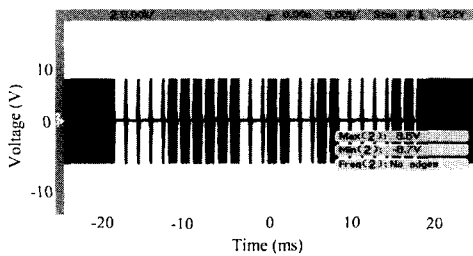


Fig. 11 High frequency amplified wave.

조파가 유도되었다.

수신된 파형은 +0.6V의 진폭으로 그대로 인식하기에는 진폭이 너무 작다. 따라서, DC 오프셋 성분을 제거하고 증폭을 수행하기 위해 능동고역 통과필터회로를 구성하였다. 능동 고역통과필터를 통과한 신호 파형을 그림 11에 나타내었다.

능동 필터를 통과하면서 오프셋이 없어지고 진폭이 +8.6V로 14배 정도 증폭되어 신호를 인식하기에 충분하였다.

그림 12는 그림 4의 포락선 검파회로를 이용한

출력이며, 비정형화된 파형을 나타내고 있다.

그림 13은 포락선 검파회로의 출력신호가 비교기의 입력으로 들어가 비교기의 기준전압으로 설정한 1V보다 높고 낮음에 따라 '1'과 '0'의 정형화된 디지털 신호로 복조된 모습을 나타내며, 진폭이 3.7V로 작아졌을 뿐 엔코더 출력신호와 같은 파형임을 나타낸다.

또한 그림 4의 포락선 검파회로에서 C를 제거한 경우에도 포락선 검파회로의 개념과 달리 비교기(LM 311)의 반응이 느려 복조와 같은 효과를 나타내었으며 신호의 검출거리 또한 증가하였다.

송신 모드일 때는 활성화 신호를 내보내고, 수신 모드일 때는 증폭, 검파, 비교기 및 디코딩을 통하여 CPU 모듈(PB-1S)에서 코드 인식을 하고 PC로 전송하는 리더의 통합 회로도들 그림 14에 나타내었으며, 실제 제작된 리더의 모습을 그림 15에 나타내었다.

그림 16의 태그 회로는 리더로부터 들어오는 활성화 신호검출, 증폭 검파까지는 수신부 설계와 같다. 앞에서 설명된 바와 같이 비교기는 반전되어 있으므로, 리더로부터 활성화 신호가 들어오면

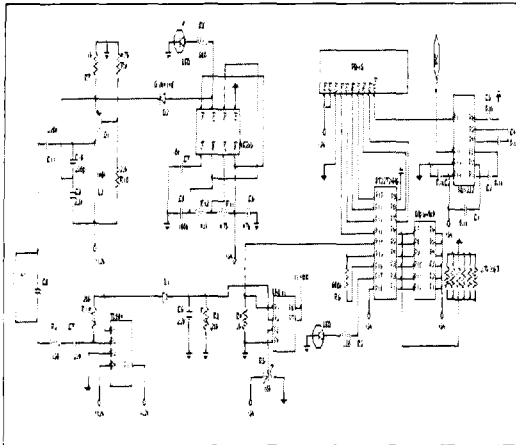


Fig. 14 Circuit of the reader.

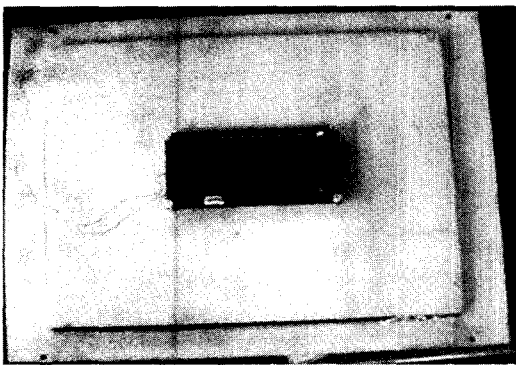


Fig. 15 Photograph of the developed reader.

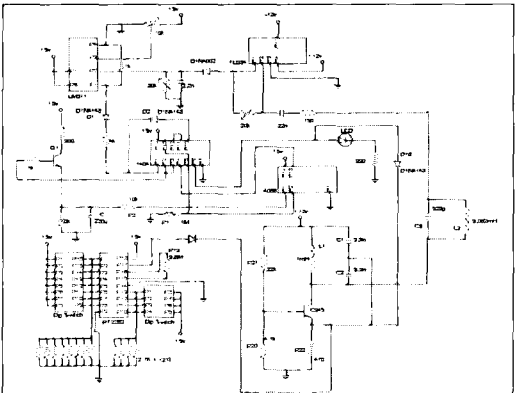


Fig. 16 Circuit of the tag.

LM311은 출력 핀인 1번 핀으로 '0'의 신호를 내보낸다. 반대로, 활성화 신호가 들어오지 않으면 '1'

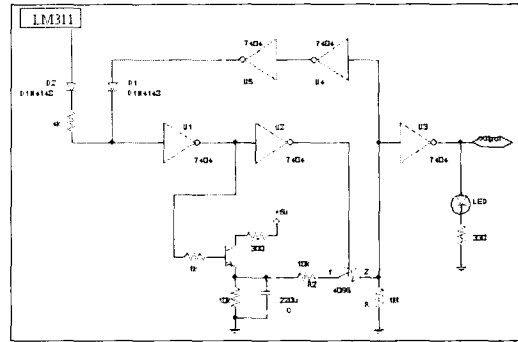


Fig. 17 Schematic of switching circuit.

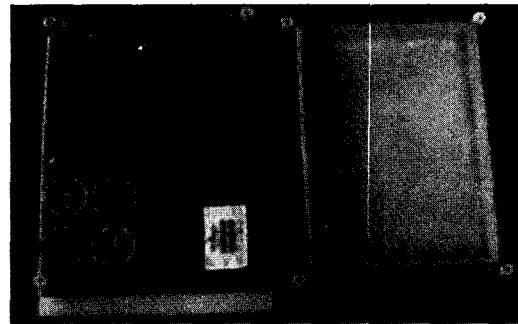


Fig. 18 Photograph of the developed tag.

의 신호를 내보낸다.

태그의 송수신 시간 배분을 위해 그림 15와 같이 태그의 스위칭 회로를 구성하였다. 리더로부터 활성화 신호가 들어오면 스위칭 칩인 4066을 닫아 태그는 신호를 전송하지 않고, 활성화 신호가 끊어지자마자 4066을 열어, 커패시터 C가 방전되는 시간 동안만 신호를 전송하도록 구성되었다.

그림 16와 17의 회로를 이용하여 실제 제작된 태그를 그림 18에 나타내었다.

그림 19는 개발된 리더와 태그를 사용하여 송수신시 리더의 태그코드 인식을 보여준다. 리더로부터 활성화 신호가 끊어지면 태그는 커패시터(ch(1))가 방전되는 시간 동안만 거체 코드 신호를 전송(ch(2))하고, 리더는 태그코드(tag code)를 인식한다.

리더의 디코더 칩은 PT2272로써 12비트의 데이터 코드 중 상위 6비트는 어드레스 매칭에 사용하고, 어드레스가 매칭되면 하위 6비트를 병렬로 출력한다. 앞서 임의로 정한 12비트 코드 "110001010110"

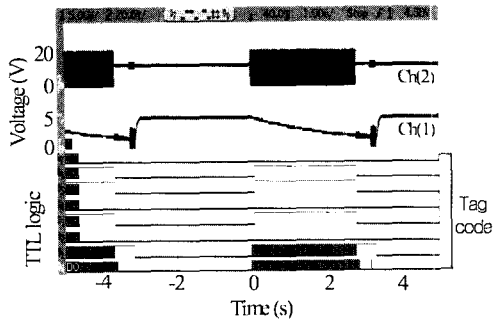


Fig. 19 Identification of a tag code.

Ch(1) : switching capacitor voltage
 Ch(2) : data signal of a tag
 Tag code : code decoded by reader

중 하위 6비트인 "010110"이 D2부터 D7까지 출력되고 있음을 알 수 있다.

앞서 설명한 바와 같이, 어드레스 매칭이 되었을 때만 데이터를 출력하고, 매칭이 되지 않으면 어떤 데이터도 출력하지 않는다. 이의 검증을 위해 10개의 태그를 제작하여 각각 다른 ID를 부여하여 10회 반복 측정된 결과 100회 모두 정확히 인식하였다.

개발된 리더와 태그에서의 안테나 코일과 공진 커패시터는 인식거리에 영향을 주는 중요한 요소이다. 따라서, 리더와 태그의 안테나 코일과 공진 커패시터의 용량 변화에 따른 인식거리의 영향을 조사하였다. 조사에 사용된 코일의 감은 횟수와 인덕턴스, 125kHz 공진을 위해 필요한 커패시터 용량 및 실제 측정된 용량 등을 표 1에 나타내었다. 태그 안테나 코일의 크기는 그림 18에 나타낸 바와 같이 태그부 회로의 크기로 하였고, 리더 안테나 코일의 크기는 벽이통 등에 부착할 수 있는 크기를 고려하여 결정하였다.

실제 목장에서 성능 평가 결과를 그림 20에 나타내었다. 최대 인식거리는 리더 안테나 코일을 20회, 태그 코일을 40회 감았을 때, 최대 37cm의 인식 거리를 보였다.

유·무전지 여부를 떠나 인식 거리만으로 비교할 때, 이 인식 거리는 축산 농가에 보급되어 있는 외국산 장치들의 인식 거리와 비슷하고 최근에 국내 기업에서 개발된 장치보다는 약 1.8배 정도의 긴 인식 거리이다. 따라서, 본 장치는 개체 인

Table 1 Inductance and capacitance of the resonance circuit

NO. of turns	Induc (mH)	Res. capaci(nF)		Res f (kHz)	Size
		Cal	Mea		
20	0.123	13.180	12.820	126.7	12cm × 8cm (for tag)
40	0.464	3.494	3.498	124.9	
60	1.088	1.490	1.499	124.6	
80	2.063	0.786	0.789	124.7	
100	4.004	0.405	0.401	125.6	
10	0.123	13.180	13.155	125.1	32cm × 26cm (for reader)
20	0.488	3.322	3.098	129.4	
30	1.262	1.285	1.284	125.0	
40	2.936	0.552	0.552	125.0	
50	8.150	0.199	0.197	125.6	

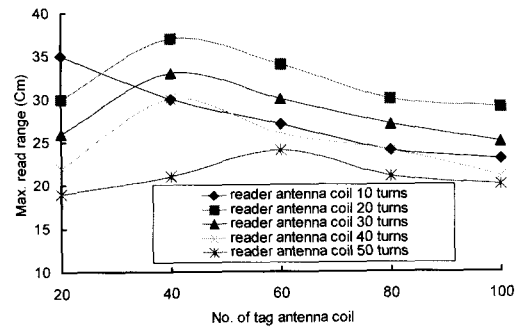


Fig. 20 Read range of developed electronic identification unit.

식 장치로써 실용성이 있는 것으로 판단된다. 본 장치가 상용화된다면, 수입으로 인한 각종 문제의 해결은 물론이고, 보다 국내 현실에 적합한 장치를 저렴한 가격으로 농가에 보급할 수 있게 되어, 축산 농가의 투입노동을 경감할 뿐만 아니라 국내 축산 농가가 국제 경쟁력을 가지는 데 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

가축 사양관리 시스템의 전자 개체 인식장치를

ISO 표준인 125kHz대 RFID 기술을 응용하여 유전자 태그와 리더를 개발하였다. 최대 인식거리는 37cm이었으며, 인식률은 100회 반복실험에서 100%의 성공률을 보였다.

본 연구에서 개발된 유전자 태그에 알칼리 건전지를 사용할 경우 최대 3~4년 정도로 예상되어 젓소의 평균 수명을 6~7년으로 볼 때 유년기를 제외한 성장한 젓소의 사양관리에는 적용 가능하다고 판단되나, 추후 태그의 수명 연장을 위해 저전력 소자 및 무전자 태그에 관한 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한 메모리와 디코딩 회로를 추가하여 개체 코드 비트수를 늘린다면, 태그에 그 개체의 출생 국가 및 지역, 생년월일, 목장 등의 정보 할당이 가능해지므로, 보다 효율적인 사양 관리가 가능해 질뿐만 아니라 전염병 발생시 경로 추적 및 출하 후 병적 추적 또한 가능해 질 것으로 판단된다.

본 장치가 상용화된다면, 수입에 의한 문제점 해결은 물론 국내 현실에 적합한 장치를 보다 낮은 가격으로 농가에 보급할 수 있게 되어, 국내 축산 농가의 국제 경쟁력 확보에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김동균. 1987. 환경과 관리요인이 젓소의 생산성에 미치는 영향, 축산진흥. p.11-12.
2. 한병성, 박경국, 정길도, 김동원, 김용준, 김명순. 1999. 가축의 사양관리 자동화를 위한 전자개체인식장치의 신호전송에 관한 연구, 한국농업기계학회지. Vol.24(1):75-80.
3. 한병성, 정길도, 최명호, 김용준, 김명순, 강복원. 1996. 젓소의 사양관리 자동화를 위한 전자개체인식장치 개발 I. 송수신부 회로설계 및 제작. 한국임상수의학회지. 제13권 2호. pp 171-175.
4. Artmann, R. 1999. Electronic Identification Systems: State of the Art and Their Further Development. Computers and Electronics in Agriculture 24:5-26.
5. Boylestad, R. and L. Nashelsky. 1996. Electronic Devices and Circuit Theory. Prentice-Hall, Inc.
6. Cheng, D. K. 1989. Field and Wave Electromagnetics. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
7. Kampers, F. W. H., W. Rossing and W. J. Eradus. 1999. The ISO Standard for Radio frequency Identification of Animals. Computers and Electronics in Agriculture 24:22-43.
8. Ulrich, L. Rohde, P. David and Newkirk. 2000. RF/Microwave Circuit Design for Wireless Applications. John Wiley & Sons, Inc.