

소 발정의 자동감지장치 개발에 관한 연구

조한근 · 홍원표

(충북대학교 농과대학 농업기계공학과)

Study on the Development of an Automatic Estrus Detection Device for a Cow

Cho, Han-Keun · Hong, Won-Pyo

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Coll. of Agric., Chungbuk National Univ., Cheongju 361-763, Korea

적 요

한우 생산에서 발정의 정확한 감지는 생산효율 향상을 위해 중요한 위치를 차지한다. 생산규모가 증대됨에 따라 육안감지는 효율이 낮은 단점을 갖고 있다. 본 연구는 소의 발정을 실시간 내에 자동으로 정확히 감지하기 위한 장치를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 소의 발정과 상관관계가 높은 승가행위를 압력 센서로 측정하여, 무선 송신기로 수신기 및 버퍼를 통해 컴퓨터에 전송하는 시스템을 구성하고, 전송자료를 분석하여 사용자에게 특정 개체의 발정 여부를 알려주는 알고리즘을 개발하였다. 국내에서 생산되는 압력스위치, 무선 송수신 장치 및 접속 장치 중 적절한 것을 선택하여 시스템을 구성한 후, 모의실험을 통해 발정감지에 적절한 압력 값, 압력 지속시간 및 감지 횟수를 결정하고, 농장에서 현장실험을 통하여 시스템의 성능을 분석하였다. 본 연구는 대규모화하는 한우 사육농가 혹은 낙농가에서 발정감지의 정확도 제고, 육안감지에 필요한 노력과 인건비의 절감, 그리고 우유와 송아지의 생산성 향상 등에 필수적인 발정 감지의 자동화를 위한 기초 연구로서, 발정이 온 소에 많이 나타나는 생리적 변화인 승가행위를 무선 원격방법으로 측정하였다.

본 연구를 통해 얻은 연구 결과를 요약하면 다음과 같다:

1. 예비 성능시험에서 모의 승가에 대한 감지율은 100%를 보였으며, 소의 둔부에 송신기 부착으로 인한 소의 반응은 긍정적으로 확인되었다.
2. 발정이 온 3마리 한우에 대한 4일간의 농장실험 결과, 소 1마리에 대한 승가행위는 컴퓨터에 기록되었으며, 다른 1마리는 미약한 발정으로 승가행위가 발생하지 않았고, 나머지 1마리는 낮은 기온의 영향으로 인한 건전지의 성능저하로 송신기 작동에 문제가 있었다.
3. 지속적인 연구를 통해 저온에 의한 송신기의 성능문제를 극복하고 승가횟수와 발정간의 상관관계를 구명할 경우, 인력에 의한 발정 감지작업을 자동화할 수 있을 것으로 판단된다.
4. 본 연구를 통해 개발된 장치를 기초로 산업화 과정을 거치면 국내 농장에 보급이 가능하여 수입대체 효과는 물론 수출에 의한 외화 획득에 기여할 것으로 예상된다.

I. 서론

현재 우리나라 대부분의 농가에서는 소의 발정(發情)상태를 육안으로 관찰하고 있다. 그러므로, 발정을

감지하기 위해서는 숙련된 기술과 풍부한 경험이 필요하다. 특히, 대규모 농가에서 소의 발정을 정확하게 감지하기는 더욱 어려운 실정이다.

한우사육 또는 낙농업이 발전하기 위해서는 소의 번식력을 지속적으로 유지시켜야 하며, 성공적인 번

식관리는 효율적이고 정확한 발정 감지에 좌우된다. 만약 발정감지에 실패하거나 발정판정이 부정확하게 되어 인공수정 적기를 놓치게 된다면, 소의 공태(空胎)기간, 즉, 소가 임신을 하지 않은 기간이 길어지므로 우유 생산량의 감소나 송아지 생산량이 줄어들어 농가의 손실이 증가하게 된다. 미국의 경우, 부적절한 번식관리로 인한 손실이 한해에 3억 달러에 이른다 고 보고했다(Senger, 1994).

발정(estrus, 發情)이란 암소가 수소를 받아들여 교미를 허용하는 성욕(性慾)의 발동을 의미하는 것으로, 평균 21일마다 발정이 오며, 그 징후로는 수소가 승가(乘駕)하는 행위를 허용하거나, 점액을 배출하기도 하고, 거동의 변화를 보이기도 한다(맹원재 외, 1992). 하루 중 소의 발정시기는 대체로 낮보다는 밤에 많으며, 특히 새벽에 많이 온다(조석진 외, 1992). 발정지속시간은 평균 21시간으로 이보다 더 짧은 소는 이른 밤에 발정이 오면 다음날 아침에는 발정을 관찰할 수 없는 경우가 많다. 따라서, 90% 이상의 발정을 육안으로 확인하려면 이른 아침, 늦은 저녁시간, 그리고 하루 4~5시간 간격으로 세심한 관찰이 필요하다.

본 연구에서는 소의 발정을 자동으로 감지하기 위해서 발정 징후 중의 하나인 승가행위를 검출하였다. 승가행위의 검출방법은 발정 온 소의 둔부에 압력을 검출하는 무선원격측정장치를 부착하여 주위 소가 승가행위를 했을 때 승가횟수를 측정하여 발정의 유무를 판단하려 하였다.

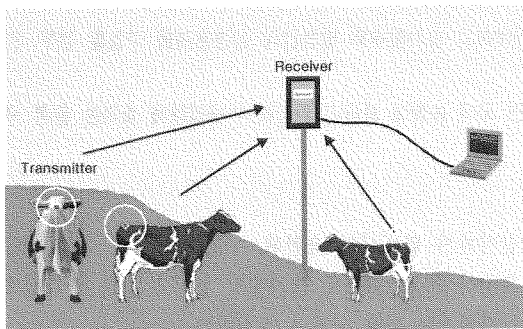


Fig. 1. Schematic of an estrus detection system developed.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치

본 연구에서 사용된 무선 원격측정장치는 무선 송신기, 수신기, 직렬통신 및 컴퓨터로 구성된다. 송신기에 의해 소의 승가행위가 감지되고 농장 중앙에 설치된 수신기에 송신되면 수신된 자료는 컴퓨터의 프로그램에 의해서 소의 식별번호와 승가시각을 기록하게 된다. 그림 1은 실험에서 사용된 시스템의 개략도이다.

(1) 송신기

송신기에 사용된 송신모듈(CM-447-TX1, 청우산업)은 반경 100m인 대규모 사육농가에서 원만한 무선 송수신이 가능하도록, 100m이상의 송신능력과 송출 중심주파수 447.725MHz를 사용하는 제품이 선택되었다. 송신기의 전원은 시중에 판매하는 9V(6F22) 배터리를 사용되었다.

그림 2는 실험에 사용된 송신기의 개략도이다. 송신기는 케이스 뒷면 중앙에 승가 압력 스위치를 부착하고, 내부에는 RF모듈, 신호수집 관련 전자회로,

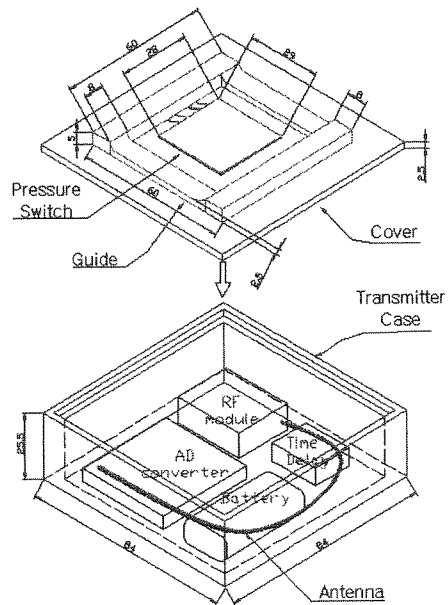


Fig. 2. Schematic of the transmitter.

건전지, 그리고 안테나로 구성되는 최소한의 크기(84mm×84mm×28mm)가 되도록 설계되었다. 케이스의 재질은 5mm 두께의 아크릴이 사용되었으며, 케이스 안쪽에는 얇은 보온재를 사용하여 동절기에 예상되는 건전지 성능저하에 대비했다.

(2) 승가 압력 스위치

발정 온 소를 주위의 다른 소가 증가했을 때, 소의 무게를 인식하도록 그림 2의 송신기 윗면 중앙에 승가 압력에 의해서 눌리는 스위치를 부착하였다. 승가 이외의 행동, 즉, 스위치를 턱으로 누르거나, 꼬리로 치는 행동에 대한 스위치 눌림을 방지하기 위해, 스위치 주위에 5mm 두께의 아크릴로 만든 가이드를 부착하였다. 가이드의 크기는 폭이 8mm이고, 사각형의 외형 치수가 60mm×60mm 되도록 제작하였다. 순간적인 스위치 눌림에 의한 오동작을 방지하기 위해 눌림 시간이 약 1.5초 이상 지속되어야 송신되도록 설정하였다. 또한, 증가한 소의 압력을 효과적으로 감지할 수 있게 하기 위해서 그림 2에서와 같이, 소의 등뼈에 접촉하게 될 위쪽과 아래쪽의 가이드를 깎아서 높이를 낮추었으며, 스위치 위에 얇은 판(29mm×28mm)을 부착하여 눌리는 면적을 크게 하였다.

(3) 송신기 부착

압력 스위치가 부착된 송신기를 소의 둔부에 부착할 때, 건전지 교체나 송신기의 관리 보수를 위해 송신기를 넣을 수 있는 형질 포켓을 만들고 포켓을 다시 넓은 형질에 붙여서 형질을 소의 둔부에 부착하는 방법을 채택하였다. 대략 400mm×200mm 크기의 천 중앙에 송신기를 넣을 수 있고, 출입구 개폐가 가능한 포켓을 만들어 견고하게 붙였다. 포켓의 바깥쪽에는 방수천을, 안쪽에는 보온천을 붙였다.

(4) 수신기와 컴퓨터의 설치

본 실험에 사용된 수신기(CT-RS232-04, 청우산업)는 컴퓨터에서 공급되는 12V전원을 사용하였으며, 유효한 데이터가 검출되면 RS232 케이블을 통해 컴퓨터로 보내지고, 컴퓨터는 입력받은 데이터를 화면 상에 표시하게 된다. 송·수신간의 데이터 처리는 폴

링(polling)방식을 채택하였으며, 데이터 수신 및 처리를 위해 Visual Basic 6.0으로 프로그램을 작성하였다. 프로그램을 통해 직렬통신으로 컴퓨터에 들어오는 데이터 중 유효한 데이터만 선별하여, 송신기 별로 모니터에 표시해 준다. 그림 3은 농장실험을 위해 측사에 설치한 컴퓨터와 수신기의 전경이다.

나. 실험방법

(1) 모의실험

본 연구에서 구성한 장치들의 기본성능을 확인하기 위해 실험실에서 모의 실험을 실시했다. 실험실의 한쪽에 수신기에서 전송한 데이터를 받는 컴퓨터를 설치하였고, 약 2m 높이에 수신기를 설치하였다.

압력 스위치가 부착된 송신기는 실험실의 네 곳에 임의로 위치해 놓고 실험을 하였다. 두 개의 송신기는 1m 이하, 나머지 송신기는 1m 이상으로 간격을 두었고, 수신기로부터 송신기의 위치는 2~5m 거리를 유지했다. 소의 승가로 인한 스위치 작동을 모의로 재연하기 위하여, 사람이 송신기 위에 가볍게 걸터앉아 엉덩이로 스위치를 누르는 방법을 사용하였다. 각 송신기마다 10회씩 스위치를 눌렀으며, 각각의 위치를 10회 바꿔서 총 400회의 승가 실험을 실시했다.



Fig. 3. A computer and a receiver installed at field for test.

(2) 농장실험

농장에서의 성능 실험은 충청북도 청주시 내수면에 위치한 충청북도 축산 위생연구소 종축시험장에서 실시하였다. 종축시험장에는 약 100m길이의 축사가 4개 동이 있으며, 축사는 측면의 반 정도가 개방되어 있고 송,수신 장애는 특별히 없는 것으로 확인되었다. 실험당시 300두 정도의 한우가 사육되고 있고, 발정감지는 1명의 연구사와 3명의 관리자들에 의해 육안으로 검사되고 있다.

1차 농장실험에서는 송신기 부착에 대한 소의 반응을 알아보기 위해서 1마리의 소를 선택하여 송신기포켓 부착실험을 하였다. 먼저 송신기 포켓을 부착하기 위해 소 둔부의 긴 털을 가위로 제거했다. 긴 털이 제거된 소의 둔부와 송신기 포켓의 접착면에 접착제를 골고루 바른 뒤, 접착제가 묻은 송신기포켓을 소의 둔부에 밀착하여 단단히 부착시켰다. 소의 꼬리털이 접착제에 닿아 송신기가 떨어지는 일이 없도록 주의하여 부착하였고, 부착된 송신기포켓 속에 송신기의 케이스만을 집어넣어 3일 동안 관찰하였다.

2차 농장실험에서는 한 축사에 1마리, 이웃 축사에 2마리 모두 3마리의 소를 대상으로 실험을 실시하였다. 실험대상 개체 우들은 3회의 출산을 경험한 4~5년 생으로, 모두 출산을 마치고 난 후, 발정이 가장 빨리 올 것으로 기대되는 소들을 선별하였다. 1차 농장실험에서와 같이 소의 둔부 털을 제거하고 송신기포켓을 접착제로 고정시켰다. 송신기포켓을 부착한 후에 압력스위치를 눌러 송신 여부를 점검한 후, 성

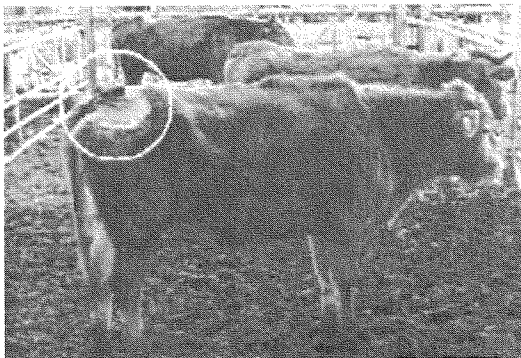


Fig. 4. Picture of cows under testing with the transmitter attached.

능시험을 실시하였다. 수신기와 컴퓨터와 두 축사의 중간지점에 설치하였다. 실험은 2001년 1월 8일부터 1월 11일까지 4일간 실시되었다. 그림 4는 소의 둔부에 송신기 포켓(원 표시)을 부착한 모습이다. 발정의 확인은 관리자의 육안관찰과 컴퓨터에 수신된 데이터를 비교하여 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 모의실험

실험실 모의 송가실험에서는 총 400회의 신호를 측정하였으며, 표 1은 송신기에 부착된 스위치가 눌린 횟수와 발정감지 프로그램에 출력된 횟수를 비교하여 나타낸 결과이다. 실험결과 4개의 송신기 모두 정확한 데이터를 송신했으며, 송·수신의 정확성은 100%로 나타났다. 이것은 송신기에 부착된 압력스위치의 중앙을 정확하게 눌렀을 때 나타나는 결과로, 실제 목장실험에서 소의 둔부에 송신기를 정확한 위치에 부착시킨다면, 실제 송가와 같은 횟수의 송가 정보를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

나. 농장실험

1차 실험인 송신기 부착에 따른 거부반응실험 결과, 송신기포켓을 소의 둔부에 부착할 당시에는 상당한 거부감을 표시하며 꼬리와 허로 둔부 쪽을 접촉하였지만, 약 1시간 이후 평상시와 같은 행동이 관찰되었다. 송신기 부착 3일 후의 관찰결과 다른 소가 핏은 흔적은 있었으나, 부착된 송신기 포켓은 제 위치에 그대로 있었다. 따라서 송신기 포켓은 부착한

Table 1. Results of mounting counts from laboratory test.

Transmitter ID	No. of Input	No. of correct data	Error (%)
Tx1	100	100	0
Tx2	100	100	0
Tx3	100	100	0
Tx4	100	100	0
Total	400	400	0

소나 이웃한 소들에게 별다른 이질감을 주지 않는 것으로 확인되었다.

표 2는 2차 실험에서 수신기를 통해 컴퓨터에 저장된 승가시각을 보여준다. 소-1, 소-2, 소-3의 경우 각각 0, 0, 1회의 승가시각이 기록되었고, 관리인의 육안 관찰과 비교한 결과 발정으로 판명되었다. 소-1은 미약 발정이었으며, 소-2와 소-3은 정상 발정으로 확인되었다. 소-1의 경우는 미약한 발정으로 인해 실제 승가는 없었으며, 소-2는 4일째 새벽에 육안관찰결과 승가가 있었으나, 장치에 의한 승가기록이 없었던 원인은 기온이 영하 10°C이하로 내려감에 따라 송신기의 배터리가 정상적으로 작동하지 않았던 것으로 판단된다. 이같은 사실은 현장에서 해당 송신기를 수동으로 작동하였을 때 송신이 되지 않았으나, 배터리 교체 후 송신이 잘 되는 것으로 유추할 수 있었다. 소-3의 경우에는 많은 승가횟수는 아니지만 확실한 승가의 기록을 보였으며, 또한 육안으로 승가를 확인할 수 있었다.

배터리 성능저하에 따른 보완조치를 강구한다면, 모의 실험과 같은 정확한 승가감지가 가능할 것으로 판단된다. 비록 짧은 기간에 적은 수의 가축에 대한 실험이었지만, 본 연구를 통해 무선원격측정에 의한 발정감지의 자동화에 대한 가능성을 확인할 수 있었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 대규모화하는 한우 사육농가 혹은 낙농가에서 발정감지의 정확도 제고, 육안감지에 필요한 노력과 인건비의 절감, 그리고 우유와 송아지의 생산성 향상 등에 필수적인 발정 감지의 자동화를 위한 기초 연구로서, 발정이 온 소에 많이 나타나는 생리

적 변화인 승가행위를 무선 원격방법으로 측정하였으며, 연구 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 예비 성능시험에서 모의 승가에 대한 감지율은 100%를 보였으며, 소의 둔부에 송신기 부착으로 인한 소의 반응은 긍정적으로 확인되었다.
2. 발정이 온 3마리 한우에 대한 4일간의 농장실험 결과, 소 1마리에 대한 승가행위는 컴퓨터에 기록되었으며, 다른 1마리는 미약한 발정으로 승가행위가 발생하지 않았고, 나머지 1마리는 낮은 기온의 영향으로 인한 건전지의 성능저하로 송신기 작동에 문제가 있었다.
3. 지속적인 연구를 통해 저온에 의한 송신기의 성능문제를 극복하고 승가횟수와 발정간의 상관관계를 구명할 경우, 인력에 의한 발정 감지작업을 자동화할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 맹원재 외(1992), 유우생산학, 향문사, 서울, p. 387.
2. 조석진 외(1992), 최신축산경영학, 유한문화사, 서울, p. 221.
3. Dransfield M. B. G., R. L. Nebel, R. E. Pearson, and L. D. Warnick(1998), Timing of Insemination for Dairy Cows Identified in Estrus by a Radiotelemetric Estrus Detection System, *J. Dairy Sci.* 81:1874~1882.
4. Senger P. L.(1994), The Estrus Detection Problem : New Concepts, Technologies, and Possibilities, *J. Dairy Sci.* 77:2745~2753.
5. Xu Z. Z., D. J. McKnight, R. Vishwanath, C. J. Pitt, and L. J. Burton(1998), Estrus Detection Using Radiotelemetry or Visual Observation and Tail Painting for Dairy Cows on Pasture, *J. Dairy Sci.* 81:2890~2896.

Table 2. Records of mounting counts from field test.

Day	Cow 1	Cow 2	Cow 3
08	×	×	×
09	×	×	×
10	×	×	05:07:29
11	×	×	×