

## 돼지의 자동 비접촉 체중계측 시스템 개발

임영일 · 장동일 · 임정택 · 장홍희\* · 오권영\*\*

충남대학교 농과대학 농업기계공학과

## Development of a Automated Noncontact Weighing System for Pigs

Lim Young-Il, Chang Dong-il, Lim Jung-Taek, Chang Hong-Hee\* and Oh Kwon-young\*\*

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University  
Taejeon, Korea 305-764

### Summary

A automated noncontact weighing system for pigs consisted of a CCD-type video camera and 10 photo sensors connected to a computer. In the experiment, 20 pigs(Large Yorkshire × Landrace breed), weighing from 95kg to 115kg were used.

Pig's original image data was transformed to a binary image, an image excluding head and tail portion from the whole binary image, and the area of pig was calculated. Then pig's volume was calculated by multiplying the area by the body height measured with photo sensors.

The correlation equation between the above volume(x) and pig's weight was  $y = 0.0007 x - 9.2152(R^2 = 0.9965)$ . Performance of a automated noncontact weighing system for pigs was tested with this equation. The results showed  $\pm 0.65\text{kg}$  average error and 1.63kg maximum error. It was concluded that performance of a automated noncontact weighing system is excellent.

(Key words : Pigs, Weight, Weighing system, Image analysis)

### 서 론

돼지의 체중 측정은 양돈시 매우 중요한 작업이다. 이것은 돼지의 체중을 계속적으로 측정하고 분석함으로써 돼지의 건강상태 파악, 사료의 종류 및 급여량의 결정, 체중별

최적 열환경제어, 출하시기 결정 등을 합리적으로 할 수 있기 때문이다.

돼지고기 생산비의 60~80% 정도(농림부, 1999)를 차지하는 사료비는 체중을 계속적으로 측정된 후 체중에 적합한 사료의 종류 및 급여량을 최적화 함으로써 최소화 될 수

\* 경상대학교 농과대학 축산과학부

\*\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

있다. 또한 비육돈의 경우 출하체중에 따른 출하일을 예측하여 적기에 출하하거나 사료의 종류와 급여량을 조절함으로써 출하시기 및 육질을 조절할 수 있으며, 증체량이 저조한 돼지를 발견하여 도태시킴으로써 경제적 손실을 최소화할 수 있다.

그러나 우리 나라의 양돈가는 돈형기와 같은 체중 측정기를 이용하여 체중을 측정하므로, 이 때 많은 노동력과 시간을 필요로 하며, 또한 돼지에게 많은 스트레스를 주게 되어 생산성 저하를 초래하기 때문에 체중 측정을 거의 하지 않고 있다.

현재 양돈 선진국인 미국과 덴마크 등에서는 돼지의 체중을 계측하는데 소요되는 노동력과 시간을 절약하고 돼지에게 스트레스를 주지 않는 체중 계측방법에 대하여 1980년대부터 계속해서 연구하고 있으며, 여러 가지 방법들 중에서 가장 유망한 방법으로 제시되고 있는 것은 영상처리장치를 통해 획득된 영상의 정보를 이용하는 비접촉 체중 계측방법이다. 이 영상처리기법을 이용한 비접촉 체중 계측방법은 돈사 내에 존재하는 유해가스나 먼지에 의해 내구성이나 정확도가 거의 영향을 받지 않고, 노동력과 시간이 절약되며, 또한 돼지에게 스트레스를 전혀 주지 않는 장점을 가지고 있다.

이와 같이 영상처리기법을 이용하여 돼지의 체중을 계측하기 위해 Schofield(1990), Minagawa 등(1993), 그리고 Brandle 등(1996)은 획득된 영상에서 얻어진 몸체의 길이, 폭, 면적 등과 체중간의 관계를 구명하고자 하였다. 그러나 이들은 영상을 이용하여 체중을 계측할 때 돼지 등의 높이를 고려해야 함을 강조하면서도 객관적인 방법을 제시하지 못하였으며, 영상 정보에 적지 않은 영향을 미치는 머리, 귀, 꼬리의 처리를 언급하지 않았다. 또한 영상을 획득하고 분석함에 있어서 각각의 장치를 이용함으로써 인하여 계측장치가 하나의 시스템으로 구성되지 않아 자동화

를 하는데 어려움이 있다.

따라서, 본 연구는 장 등(1999)에 의해 구명된 돼지의 비접촉 체중 계측 인자들을 이용하여 체중을 자동으로 계측할 수 있는 비접촉 체중 계측장치를 구성한 후, 이 비접촉 체중 계측장치의 성능을 시험하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 장치 구성

영상의 획득 및 분석을 위한 실험장치는 CCD 카메라(WV-CBP410), 6mm 렌즈(WV-LZ62/2), 영상처리 보드(DT-3153), 그리고 펜티엄 컴퓨터로 구성되었으며, 이들에 대한 사양은 Table 1과 같다. 6mm 렌즈는 낮은 높이에서 돼지의 영상을 얻기 위하여 이용되었으며, 바닥으로부터 렌즈까지의 높이는 2.1m 이었다. 영상을 획득할 때 실험 돈사 내의 조도가 자연광에 의해 200.0 lux로 이루어져 영상을 획득하는데 문제가 없었기 때문에 인공 조명을 이용하지 않았다.

장 등(1999)의 연구결과에서 돼지의 등 높이를 고려한 영상 면적과 체중간의 상관관계가 가장 높게 나타났다. 따라서 돼지의 등과 배의 높이를 자동으로 정확하게 측정하기 위한 장치는 광센서(BX700-DDT), 신호처리보드(PCI-9118), 펜티엄 컴퓨터로 구성되었으며, 이들에 대한 자세한 사양은 Table 1과 같다. 본 시험에서 이용된 직접 반사형 광센서는 거울(mirror) 반사형 광센서에 비하여 설치가 용이하고, 높이 보정이 간편하며, 동일한 검출 거리에서 검출 오차가 작은 장점을 갖고 있다. 돼지의 등과 배의 높이를 자동으로 계측하기 위한 비접촉 높이 계측장치는 Fig. 1과 같이 직접 반사형 광센서 10개가 수직으로 배열된 형태로 구성되었으며, 또한 각각

의 광센서 높이를 용이하게 변화시킬 수 있도록 제작되었다. 이때 광센서는 돼지의 등 높이 부근과 배 높이 부근에 집중 배치되었다. 돼지가 광센서가 있는 곳을 지나는 동안

각각의 광센서의 On/Off 신호를 0.25초 간격으로 컴퓨터로 입력을 받아 높이를 계측할 수 있도록 하였다.

Table 1. Specifications of the noncontact weighing system and weighing scale for pigs

Item	Model	Specification	
Frame grabber	DT-3153	Video input	3 multiplexed NTSC/PAL/RS-170
		Processing	Real-time scaling and image clipping
		Resolution	Color level - 24bit Spatial - 640×480
		Frame grab speed	1/30s
		Memory	No one-board memory, uses PC system RAM for image storage
		Display	Uses PCI display card for display
CCD camera	WV-CBP410	Image sensor	1/3" IT color CCD
		Pick-up device	768(H)×494(V)
		Scanning	525 line / 60 fields / 30 frames
		Horizontal frequency	15.734kHz
		Vertical frequency	59.94Hz
		Resolution	480 TV-line
		S/N ratio	50dB
		Electronic shutter	1/60~1/15700 (9step)
Multi-function board	PCI-9118	Channel	4 TTL inputs and outputs
		Output voltage	Low : Min. 0V; Max. 0.8V High : Min. +2.0V; Max. 5.5V
		Driving capacity	Low : Max. +0.5V at 8.0mA(sink) High : Min. 2.7V at 0.4mA(source)
Photo sensor	BX700-DDT	Sensing displacement	700mm
		Response time	1ms
		Material	opaque, translucent, transparent
		Light source	Infrared radiation diode
		Type	Direct mirror type
Weighing scale	BS-700F	Type	Loadcell I type
		Max.	1500 kg
		Min.	0.5 kg
		Size	1450×2550 mm
		Display	Digital indicator

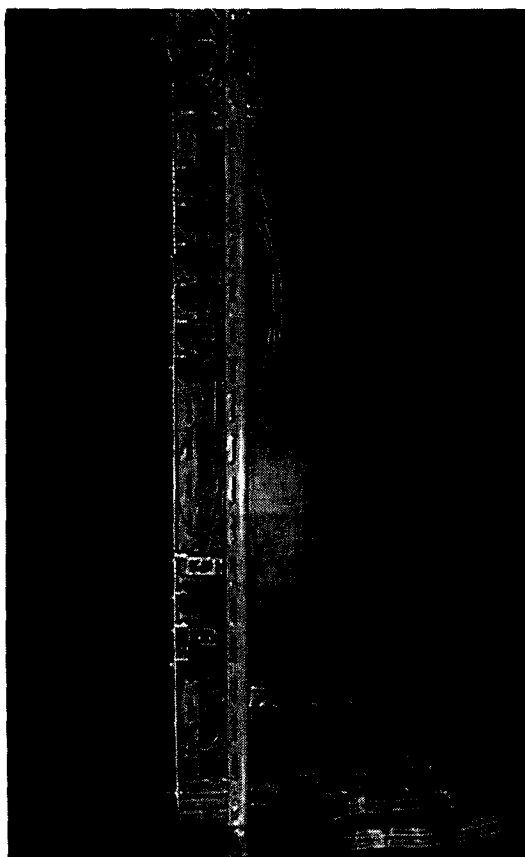


Fig. 1. Photo sensors for measuring height of the pig's back and stomach.

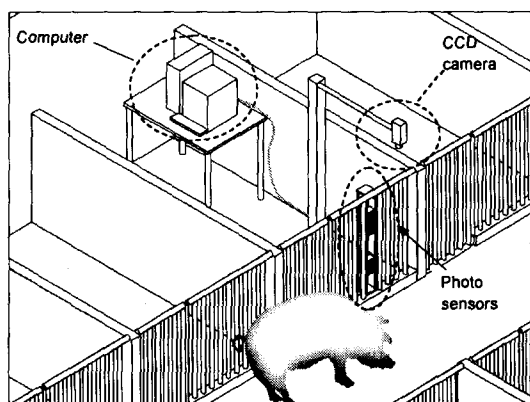


Fig. 2. Noncontact weighing system for pigs.

비접촉 체중 계측시스템은 Fig. 2와 같이 돈사 내의 통로를 활용하여 돼지가 한 마리씩 이동하는 동안 영상을 획득하고 등 및 배의 높이를 계측할 수 있도록 설치되었다. 그리고 돼지가 높이계측 장치를 통과하기 시작할 때 돼지 몸 전체의 영상이 획득 될 수 있도록 프로그램을 작성하였다.

돼지의 실제 체중은 Table 1에 나타낸 바와 같이 돈형기(BS-700F, bong shin)를 사용하여 측정하였다.

소프트웨어는 C++과 호환되고 계측제어용 프로그래밍 언어인 LabWindows/CVI를 사용하여 수동 및 자동으로 영상을 획득하고 배 및 등의 높이를 계측한 후 이를 기초로 체중을 예측할 수 있도록 작성되었다.

## 2. 시험 설계

라지요크셔×랜드레이스(F1) 95~115kg의 20두를 공시하여 비접촉 체중 계측시스템의 성능을 시험하였는데, 공시 돼지의 체중별 두수는 95~100kg 범위의 것이 4두, 100~105kg 범위의 것이 2두, 105~110kg 범위의 것이 4두, 110~115kg 범위의 것이 10두이었다.

비접촉 체중 계측시스템이 설치되어 있는 돈사내 통로 상을 1두씩 지나도록 유도하여 영상을 획득함과 동시에 배 및 등의 높이를 계측한 후 즉시 돈형기로 유도하여 실제 체중을 측정하였으며, 이와 같은 과정을 3반복한 후 평균값을 이용하여 체중을 예측하기 위한 회귀식을 구하였다.

이와 같이 구한, 회귀식을 프로그램에 적용하여 동일한 돼지들을 동일한 방법으로 예측한 체중과 돈형기를 이용하여 계측한 실제 체중을 비교함으로써 성능을 시험하였다. 이때 동일한 돼지를 통하여 실험을 반복하더라도 획득되는 영상과 등높이, 배 높이는 매

실험시마다 다른 값들을 갖게 되므로 실험을 용이하게 하기 위하여 동일한 돼지로 성능 시험을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 3. 영상처리

획득된 영상을 가지고 슬라이딩과 스트레칭을 통하여 콘트라스트를 변화시킨 후 경계 값 처리를 함으로써 노이즈가 완전히 제거된 이진 영상을 만들었으며, 머리와 꼬리를 제거한 영상을 얻기 위해 돼지 몸의 길이 방향 축에 이진 영상의 면적을 투영시킨 뒤 1차 미분을 하여 머리와 꼬리의 위치를 파악하였고, 그에 따라 머리와 꼬리를 제거한 뒤 면적을 구하였다. 이때 돼지의 면적은 획득된 픽셀(pixel)값을  $cm^2$ 로 환산하여 구하였다. (장 등, 1999)

### 4. 몸통 높이의 계산

돼지의 배 및 등의 높이는 수직으로 배치된 광센서에 의해 계측되었다. 이때 돼지가 광센서를 항상 일정한 속도로 지나가는 것이 아니므로, 등 높이는 돼지가 지나갈 때 연속적으로 측정된 상위 값들을 평균하여 구하였으며, 배 높이는 하위 값들을 평균하여 그 대표값으로 하였다. 이와 같이 획득된 등 높이에서 배 높이를 뺀 값을 돼지의 몸통 높이(cm)로 결정하였다.

### 5. 체중 예측

머리와 꼬리가 제거된 이진 영상의 면적과 몸통 높이를 곱하여 돼지의 체적( $cm^3$ )을 계산하였으며, 이 체적과 실제 체중간의 관계를 분석하여 얻어진 회귀식으로 체중을 예측하였다.

### 1. 몸통 영상 생성

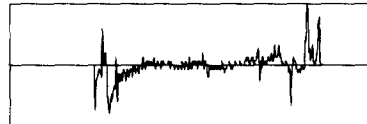
Fig. 3의 [A]는 획득된 원영상에서 노이즈를 제거하여 얻은 이진 영상이며, [B]는 돼지의 길이 방향 축에 돼지의 면적을 투영하여 얻은 영상이다. [C]는 머리와 꼬리를 제거할 목적으로 [B]의 영상을 1차 미분한 그래프이다. [D]는 [A]의 이진 영상에서 [C]의 그래프를 이용하여 머리와 꼬리를 제거하여 얻은 몸통 영상이다.



[A] binary image



[B] projective image



[C] differential graph



[D] partially excluded image

Fig. 3. Image processing methods.

### 2. 몸통 높이

Table 2는 광센서와 multi-function board를 이용하여 획득한 등 높이와 배 높이의 한 예를 나타내고 있다. Table 2에서 등 높이는 각

Table 2. Height of the back and stomach of a pig measured with photo sensors

Sensor		Height (mm)	Sampling time (0.25 sec)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Back	PS 1	840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PS 2	800	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	PS 3	760	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	PS 4	720	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	PS 5	680	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	PS 6	640	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Stomach	PS 7	360	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	PS 8	320	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	PS 9	280	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	PS 10	240	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	

샘플링 시간에 계측한 값 중에서 가장 큰 값들을 평균하여 계산하였는데 742.2mm (sampling time-height; 2-680, 3-720, 4-760, 5-760, 6-800, 7-800, 8-760, 9-720, 10-680의 평균)로 나타났으며, 배의 높이는 각 샘플링 시간에 계측한 값 중에서 가장 작은 값들을 평균하여 계산하였는데 320mm(sampling time-height; 5-320, 6-320, 7-320, 8-320의 평균)로 나타났다. 샘플링 시간인 1번과 2번은 머리 부분에 해당되고, 3번, 4번, 9번, 10번, 11번, 12번은 다리 부분에 해당되기 때문에 배의 높이를 계산할 때 배제되었다.

3. 돼지의 체적과 체중간의 관계

영상처리와 몸통 높이를 3반복하여 계측한 후 평균값을 이용하여 얻은 체적(x)과 실제 체중(y)간의 관계를 규명하기 위하여 회귀식을 구한 결과, Fig. 4와 같이  $y = 0.0007x - 9.3291$ 로 나타났으며, 이때의 결정계수( $R^2$ )는 0.9924, 표준편차는 0.6182로 나타났다.

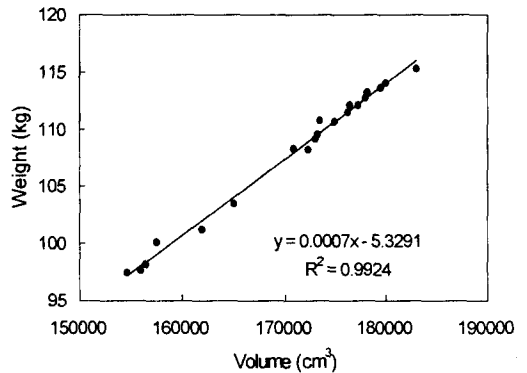


Fig. 4. Relationship between the volume and weight of pigs.

4. 비접촉 체중 계측시스템의 성능

위에서 설명한 회귀식을 이용하여 체중계측 성능을 시험한 결과, 평균 오차는  $\pm 0.65\text{kg}$ 으로 나타났으며, 최대 오차는  $1.63\text{kg}$ 으로 나타났다.

오차가 크게 발생했을 때의 영상을 분석하여 본 결과, 돼지가 이동할 때 외부에서 발생한 소음에 놀라 측정 장소를 빨리 통과함

으로 인하여 선명한 영상이 획득되지 않았거나, 등이나 배의 높이가 정확하게 측정되지 않아 정확한 몸통 높이가 계측되지 않았기 때문이었다. 따라서, 이러한 문제점만 개선이 된다면 비접촉 체중 계측시스템의 성능은 더욱 더 향상되리라 사료된다.

## 적 요

본 연구는 머리와 꼬리가 제거된 몸통 영상의 면적과 몸통 높이를 이용하여 자동으로 체중을 계측할 수 있도록 비접촉 체중 계측 시스템을 구성한 후 이의 성능을 시험하고자 수행되었으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 영상처리부는 6mm 렌즈, CCD 카메라, 영상처리보드로 구성되었으며, 돼지의 몸통 높이 계측부는 10개의 직접 반사형 광센서와 DAQ board로 구성되었다. 이 영상처리부와 몸통 높이 계측부를 펜티엄 컴퓨터와 연결하여 몸통 영상의 면적과 몸통 높이가 자동으로 계측되도록 하였다.

2. 몸통 영상의 면적과 몸통 높이를 곱하여 체적을 계산하였다. 이와 같이 계산하여 얻은 체적(x)과 체중(y)간의 회귀식을 구한 결과,  $y = 0.0007x - 9.3291$ 로 나타났으며, 이때의 결정계수와 표준편차는 각각 0.9924와 0.6182이었다.

3. 회귀식을 이용하여 비접촉 체중 계측시스템의 성능을 시험한 결과, 평균 오차는  $\pm 0.65\text{kg}$ , 최대 오차는 1.63kg으로 나타났다.

## 인 용 문 헌

1. 농림부, 축협중앙회. 1999. '99 조사료 생산·이용 확대 추진. 농림부.
2. 박영일. 1998. 양돈학. 전문사.
3. 우영제. 1997. 돈사시설핸드북. 양돈연구.
4. 장동일, 임영일, 임정택, 장요한, 장홍희. 1999. 영상정보를 이용한 돼지의 비접촉 체중 계측시스템 인자 구명. 축산시설환경학회지 5(2) : 93-100.
5. 천인국, 윤영택. 1998. 영상처리. 기한재.
6. Brandle, N. and Erik., J. 1996. Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. Computers and Electronics in Agriculture 15: 57-72.
7. Minagawa. H., Saito, S. and Ichikawa, T. 1993. Determining the weight of pigs with an image analysis system. Livestock Environment IV, ASAE 7(1993): 528-534.
8. Schofield, C. P. 1990. An evaluation of image analysis as a means of estimating the weight of pigs. Journal of Agricultural Engineering Research 47: 287-296.