

컴퓨터 시각을 이용한 돼지 무게 예측시스템의 개발

Development of a Pig's Weight Estimating System Using Computer Vision

엄천일 정종훈
정희원 정희원
T. Y. Yan J. H. Chung

ABSTRACT

The main objective of this study was to develop and evaluate a model for estimating pigs weight using computer vision for improving the management in Korean swine farms in Korea. This research was carried out in two steps: 1) to find a model that relates the projection area with the weight of a pig; 2) to implement the model in a computer vision system mainly consisted of a monochrome CCD camera, a frame grabber and a computer system for estimating the weight of pigs in a non-contact, real-time manner. The model was developed under an important assumption there were no observable genetic differences among the pigs. The main results were: 1) The relationship between the projection area and the weight of pigs was $W = 0.0569 \times A - 32.585 (R^2 = 0.953)$, where W is the weight in kg; A is the projection area of a pig in cm^2 ; 2) The model could estimate the weight of pigs with an error less than 3.5%.

Keywords : Projection area, Computer vision, Non-contact, Weight estimating system.

1. 서 론

현재 우리나라 육류의 총 소비량 가운데 돼지고기가 차지하는 비중은 대체로 55%의 수준으로 매우 높게 유지되어 왔다(농림부, 1998). 한국양돈협회에서 발표된 축산물 소비 자료에 의하면 우리 나라 국민 1인당 돼지고기 소비량이 1980년부터 현재까지 꾸준히 증가해 왔다. 이는 양돈산업은 우리 나라 농업경제에 큰 비중을 차지하고 있다는 것을 나타내고 있다.

돼지의 생산성에 영향을 미치는 환경요인 중에서 온도, 습도, 풍속, 탄산가스, 그리고 암모니아 가스를 계측하여 돈사내 환경 자동제어에 관한 연구는 수행되었고 지금 국내실정과 맞은 돈사환경 자동제어시스템은 이미 많이 보급되었다(농림부, 1998). 무접촉 방식을 이용한 돼지 성장예측 자동화면에서 아직 많이 부족하기 때문에 양돈 자동화, 무인화 사업중에 중요한 과제로 남아있다. 돼지의 무게 예측 및 측정은 양돈시 아주 중요한 작업이다.

돼지의 무게측정을 통해 돼지의 건강상태를 파악할 수 있으며 공급해야 할 최적의 사료의 양과 종류를 결정하여 비용을 절감할 수 있다. 또한 비육돈의 경우 출하무게에 따른 출하일을 예측하여 적기에 출하하거나 사료를 통한 출하무게를 조절하여 출하시기를 조절할 수 있다. 그리고 무게측정시스템을 통해 증체량이 저조한 돼지를 발견하여, 조기에 조치를 취함으로써 양돈의 생산성을 높일 수 있다(Chang 등, 1999). 영국, 일본 등 다른 선진국에서는 자국의 양돈농가를 위하여 돼지의 무게를 예측할 수 있는 돼지 무게 예측시스템을 개발하였다(Schofield, 1990, 1993; Minagawa 등, 1993, 1994, 2003).

기존 돼지의 무게 측정방법은 주로 기계식, 전기전자식 측정방법으로 분류할 수 있다. 위의 두 방법이 지금 많이 사용되고 있지만 측정과정에서 돼지에게 스트레스를 많이 주어 돼지의 정상적인 발육 및 성장에 억제효과를 초래하며 인력도 많이 소요된다. 때문에 영상처리 등 무접촉 방식을 이용한 생돼지의 무게 예측시스템의 개발

컴퓨터 시각을 이용한 돼지 무게 예측시스템의 개발

필요성이 많이 제기되고 있다.

본 연구에서 컴퓨터 시각을 이용하여 무 접촉·실시간 돼지 무게 측정시스템을 개발하고 이를 이용하여 돼지의 무게를 예측할 수 있는 모델을 개발하고자 하였다. 구체적인 연구목적은 다음과 같았다. 1) 컴퓨터시각 이용해 돼지의 투영면적을 계산함으로써 돼지의 무게를 예측할 수 있는 돼지 무게 예측시스템을 개발하고, 2) 개발한 돼지 무게 예측시스템의 성능을 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

돼지 무게를 예측하고 시스템 개발에 있어서 다음과 같은 3가지 가정을 설정하였다.

가. 가정

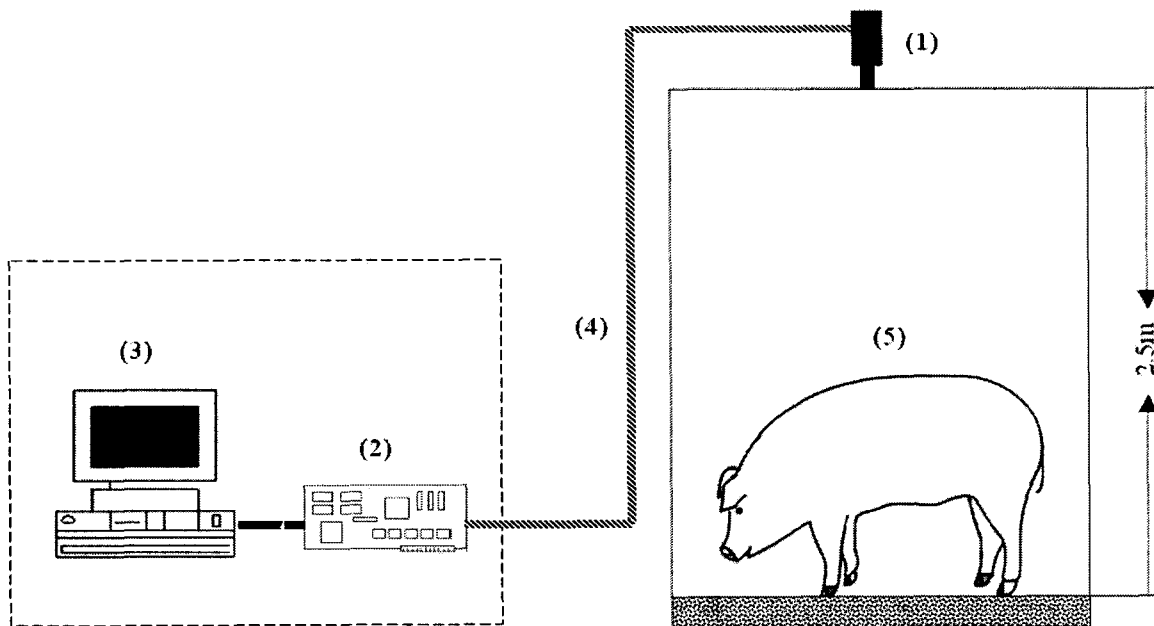
- 1) 각 실험객체(실험용 돼지)는 건강하며, 동일한 품종이며 각 객체간에 큰 유전적인 차이는 없다.
- 2) 각 객체의 표면이 일정한 청결함을 유지하고 있다고 가정한다.
- 3) 각 객체의 높이 차이가 투영면적에 미치는 영향은 고려되지 않았다.

나. 실험장치

돼지의 투영영상을 획득하기 위해 흑백 CCD 카메라(model: BCE 142F, 국제전자)를 돈사 바닥으로부터 높이 2.5 m 위에 설치하였다(그림 1). 영상처리보드는 Meteor-MC (Matrox Co., Canada)를 이용하였다. 돈사내의 조도는 디지털 조도계(model DX-100, Takemura Elec. Co., Japan) 이용하여 측정하였다. 무게측정장치(BS-700F, CAS Co., Korea)를 이용하여 실험용 돼지의 실제무게를 측정하였다. 획득된 영상을 처리하기 위해 Celeron 433 컴퓨터를 사용하였다. 돼지 무게 예측시스템의 처리속도를 향상하기 위해 Visual C++ 6.0를 이용하여 영상분석 알고리즘을 개발하였다.

다. 실험재료

본 연구에서 사용한 실험객체는 전남대학교 농업생명과학대학 농업자원실험장에서 사육한 2마리 돼지와 전라남도 장성군 한 사육장에 사육한 8마리 돼지중 3마리를 이용하여 돼지 무게 예측시스템을 개발하는데 사용하였으며(표 1), 나머지 5마리 돼지는 모델 검증하는데 사용하였다(표 2). 62 kg~139.5 kg의 10마리 실험객체의 건강상태는 정상이고 모든 객체는 모두 백색이다. 실험



(1) CCD camera; (2) Frame grabber; (3) Image processing system; (4) Cable; (5) Pig

Fig. 1 The configuration of the pig's weight estimating system.

Table 1 The pigs used to develop a weight estimating system

Pig number	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Clean or not	clean	dirty	dirty	dirty	dirty
Weight (g)	75,000	89,500	94,500	104,500	120,500

Table 2 The pigs used to evaluate the developed weight estimating system model

Pig number	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
Clean or not	dirty	dirty	clear	dirty	dirty
Weight (g)	62,000	81,500	103,500	121,000	139,500

용 돼지의 투영영상을 획득할 때 두 돈사내의 조도는 5 X 7 lux 범위에 변동하였다.

라. 돼지 무게 예측시스템의 알고리즘

많은 연구에서 이미 증명했듯이 생물학적으로 객체의 투영면적은 객체의 무게와 서로 긴밀한 상관관계를 가지고 있으며(Schofield, 1990), 돼지의 투영면적과 무게는 대략 선형관계를 가지고 있음을 확인할 수 있었다 (Brandl와 Jorgensen, 1996). 농림부(1998)는 생돼지의 몸의 길이, 어깨 폭 및 투영면적을 체중과의 관계를 분석한 결과 투영면적과 무게와 밀접한 관계가 있는 것을 제시한 적이 있었다($R^2=0.881$). 따라서 본 연구에서 바로 투영면적과 무게와의 관계를 이용하여 최종적으로 컴퓨터시각을 이용하여 객체의 무게를 예측하고자 하였다.

생 돼지 무게 예측시스템(그림 2)은 입력한 영상을 그레이 레벨(gray level) 영상으로 처리한 후 처리된 영상을 이진화 영상으로 전환하였다. 조명, 실험객체의 상태, 돈사내 환경에 따라 이진화 영상에 많은 노이즈가 포함된다(그림 3). 돼지 무게 예측시스템은 비교적 정확한 무게를 파악하기 위하여 이진화 영상내에 존재한 노이즈를 제거하여야 한다. 본 연구에서 blob coloring기법을 이용하여 노이즈를 억제하였다. Blob coloring은 연결된 영역 추출이라고도 한다. 실제적으로 이진화한 영상에서 연결된 객체를 추출하는 것이 영상분석시스템에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. blob coloring은 이진화한 영상에서 각 연결된 객체에게 특정한 번호를 부여함으로써 각 구역에 대해서 분석하며 또한 분석한 결과에서 각 구

역을 표현할 수 있는 특성 값을 추출할 수 있다. 예를 들면, blob의 면적, 모멘트, 중심점, 콤팩트, 장축, 단축 및 주축 등이 포함된다 (Pitas, 1993). 추출한 특성 값을 직접적으로 사용하여 패턴인식을 할 수 있지만, 간혹 이들 특성 값을 신경망의 입력층에 연결하여 패턴인식을 할 수도 있다 (Fausett, 1994). Blob coloring을 이용해 이진화 영상에서 영역별로 번호를 부여하였다. 구역번호를 이용해 각 영역의 면적을 구한 후 영역면적이 제일 큰 영역은 바로 객체의 투영이고, 다른 영역은 노이즈로 간주하였다. 노이즈에 해당한 영역을 영상처리방법을 이용하여 제거시키고 나머지 영역에 대해서 객체의 투영면적에 해당하는 영역의 픽셀수를 계산하여 각 객체의 투영면적을 계산하였다.

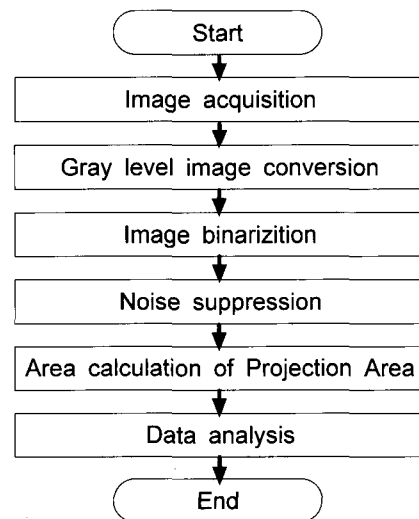


Fig. 2 The algorithm of the proposed pig's weight estimating system.

본 연구에서 blob coloring 이용하여 각 구역의 여러 특성을 추출하는 것보다 각 구역의 면적을 계산함으로써 이들 구역 중에 노이즈에 속한 구역을 제거하고 최종적으로 실험객체의 투영면적을 산출하였다.

마. 문턱값 예측방법

많은 연구에서 이진화영상을 획득할 때 고정된 문턱값을 사용하는 경우가 비교적 많다. 본 연구에서 무게 예측시스템의 성능을 향상하기 위해 영상처리알고리즘에서 사용된 문턱값은 돈사 조명조건에 따라 자동적으로 예측될 수 있다. 문턱값 예측방법은 다음과 같은 순서로 실시하였다(Gonzalez 와 Woods, 2002).

- 1) 우선 초기 예측치(문턱값) T를 선택한다.

2) T를 이용하여 영상을 분할하면 두 영역이 G1과 G2가 생성된다.

3) G1과 G2 영역의 그레이 레벨의 평균치 u_1 과 u_2 를 계산한다.

4) 새로운 문턱 값은 $T = (u_1 + u_2) / 2$ 식으로 계산한다.

5) 연속 두 예측치T의 차이가 T_0 (허용치)보다 작을 때 까지 단계2부터 단계4까지 반복한다.

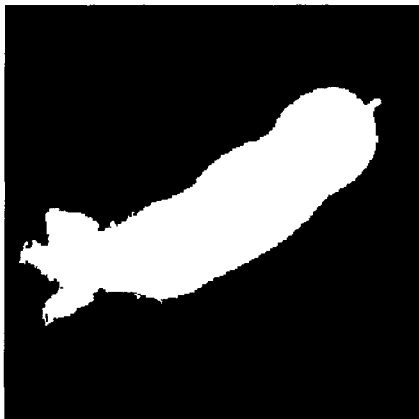
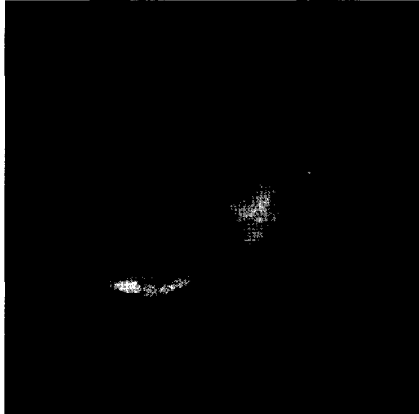


Fig. 3 A pig's gray level image and the effect of noise suppression using blob coloring.

3. 결과 및 고찰

가. 무게 예측 모델

개발한 돼지 무게 예측시스템을 이용하여 실험객체의 투영면적을 계산한 결과 표 3과 같았다. 영상을 획득할 때 동일객체의 위치, 자세 등 요인에 의하여 동일객체의 투영면적이 약간이 차이를 보였다. 객체 1, 2, 3, 4, 5의 투영면적의 표준편차는 각각 16.5, 10.1, 37.3, 49.3, 22.5 cm^2 등으로 나타났다. 여기서 사료투입시간 및 돼지의 자세가 투영면적 계산에 큰 영향을 미쳤다.

입력영상에서의 객체의 투영면적과 무게간의 상관관계는 그림 4와 같이 나타났다.

Table 3 The projection area and weight of each pig

Pig number	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Projection area(cm^2)	801	957	1,053	1,312	1,467
	769	945	1,034	1,351	1,512
	778	937	1,106	1,410	1,489
Weight (g)	75,000	89,500	94,500	104,500	120,500

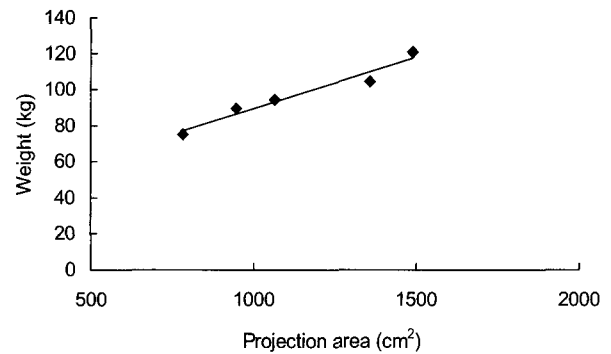


Fig. 4 The relationship between the projection area and weight.

그림 4로부터 쉽게 알 수 있듯이 객체의 투영면적과 객체의 무게는 $W = 0.0569 \times A + 32.585 (R^2=0.953)$ 로 표현할 수 있었다. 여기서 $W(kg)$ 는 돼지의 무게이고 $A (cm^2)$ 는 투영면적이다. 이처럼 돼지의 투영면적으로 돼지의 무게를 비교적 정확히 예측할 수 있었다. 위에서 개발한 모델을 실제로 이용하기 위하여 Visual C++을 이용하여 설계한 돼지 무게 예측시스템(그림 5)에 적용시킨 후 계산한 객체의 면적에 따라서 실시간으로 객체

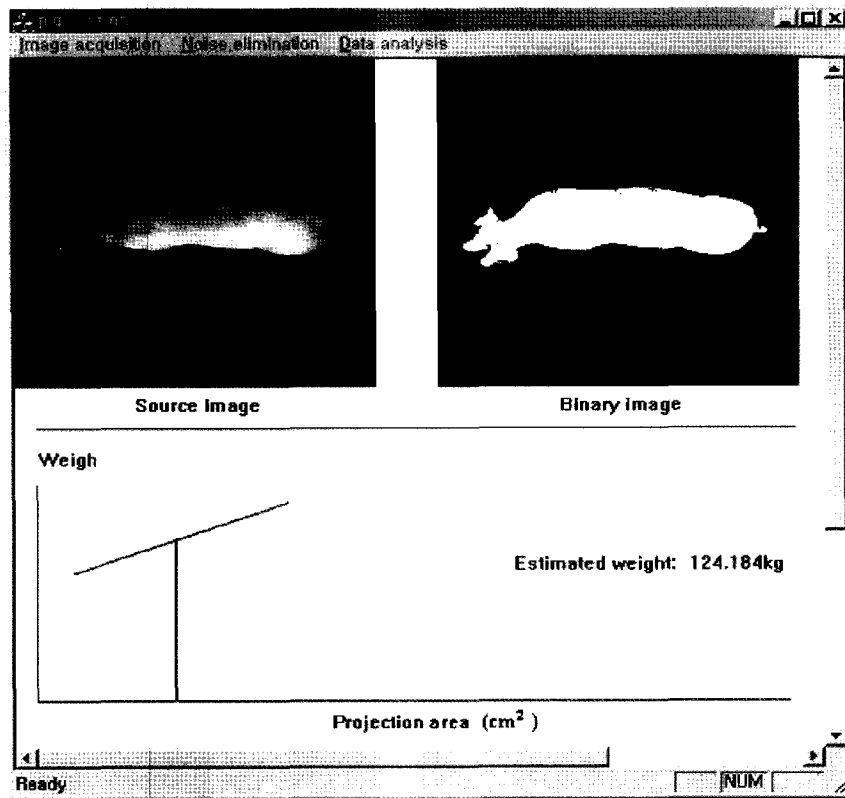


Fig. 5 The developed pig's weigh estimating system.

의 무게를 측정하였다. 개발한 무게 예측모델의 신뢰성을 향상시키기 위해 개발한 무게 예측시스템에 기존 데이터 저장 및 모델갱신 기능을 추가하여 모델개발 초기 한정된 객체 수로 인해 발생 오차를 점차적으로 보상시킬 수 있도록 설계하였다.

나. 모델 검증

본 연구에서 개발한 돼지 무게 예측시스템의 성능을 평가하기 위하여, 실험객체의 실제 무게와 돼지 무게 예측시스템을 사용하여 예측한 무게를 서로 비교하였다. 예측된 문턱값의 오차, 돈사내의 조명조건의 불균일함 및 실험용 개체의 상대적 부족 등 때문에 생돼지의 실제 무게와 예측된 무게사이 약 3.5%의 오차를 보였다. 비교적 청결한 객체 번호8의 영상에 노이즈가 상대적으로 발생했기 때문에 예측된 무게가 실제무게보다 약간 작았고 나머지 불결한 4개체의 영상에서 투영영상과 연결된 노이즈가 많았기 때문에 실제무게 보다 큰 예측치를 얻었다. 실제무게와 예측한 무게와의 비교한 결과는 표 4에 나타나 있다. 만약에 청결한 실험객체의 수를 많

이 보유하고 있었다면 더 좋은 예측치를 얻을 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 4 The real weight and estimated weight of each pig

Pig number	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
Real weight (g)	62,000	81,500	103,500	121,000	139,500
Estimated weight (g)	63,545	82,218	99,885	124,184	143,300
Difference (%)	2.4	0.8	3.4	2.6	2.7

4. 요약 및 결론

양돈산업의 자동화 및 무인화를 위해 본 연구에서 컴퓨터 시각시스템을 이용하여 돼지의 투영면적과 무게의 관계를 규명한 다음 이를 이용하여 돼지의 무게예측시스템을 개발 및 검증하였다. 그 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 돼지의 투영면적은 돼지의 중요한 특성중의 하나

이며 통계학적으로 돼지의 무게와 긴밀한 관계를 가지고 있었다. 다음 관계식으로 돼지의 무게를 예측할 수 있었다. $W = 0.0569 \times A + 32.585 (R^2 = 0.953)$, 여기서 W: 돼지의 무게(kg), A: 돼지의 투영면적(cm^2)이다.

(2) 돼지 실제무게와 예측무게의 오차는 약 3.5% 이내이었다.

(3) 돼지의 투영면적을 영상처리기술로 구하는데 있어서 노이즈를 제거하기 위해 blob coloring 기법을 이용하여 입력영상에 포함된 노이즈를 효과적으로 제어하였다.

참 고 문 헌

1. Brandl, N. and E. Jorgensen. 1996. Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis, Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 14, pp. 57-72.
2. Davies, E. R. 1990. Machine Vision: Theory, Algorithms Practicalities. ACADEMIC PRESS.
3. Fausett, L. 1994. Fundamentals of Neural Networks: architectures, algorithms, and applications. Prentice Hall, Inc., A Simon & Schuster Company.
4. Forst, A. R., C. P. Schofield, S. A. Beulah, T. T. Mottram, J. A. Lines and C. M. Wathes. 1997. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. Computer and Electronics in Agriculture. Vol. 17, pp. 139-159.
5. Gonzalez, R. C. and E. W. Richard. 2002. Digital Image Processing. Prentice Hall, Inc.
6. Minagawa, H. and T. Ichikawa. 1994, Determining The Weight of Pigs With Image Analysis, Transaction of ASAE, Vol. 37(3), pp. 1011-1015.
7. Minagawa, H. and T. Murakami. 2001. A hands-off method to estimate pig weight by light projection and image analysis, Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium. 21-23 May 2001, Louisville Kentucky, USA.
8. Minagawa, H., O. Taira and H. Nissato. 2003. A color technique to simplify image processing in measurement of pig weight by a hands-off method, Swine Husings II Proceeding, North Carolina USA.
9. Pitas, I. 1993. Digital Image Processing Algorithms, Prentice Hall International(UK) Ltd.
10. Schofield, C. P. and J. A. Marchant. 1999. Monitoring Pig Growth Using a Prototype Imaging System, Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 72, pp. 205-210.
11. Chang, D. I., Y. I. Lim, H. H. Chang and J. T. Lim. 1999. Identification of discrimination factors for a pig weighing system using image processing data. Proceedings of the KSAM 1999 Summer Conference. Vol. 4(2), pp. 136-141.(in Korean)
12. 농림부. 1998. 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델개발. 농림부 최종 연구보고서.