영상처리와 인공신경망을 이용한 돼지의 체온조절행동 분류 시스템 개발

Development of classification system for thermal comfort behavior of pigs by image processing and neural network.

장동일* 장홍희* 임영일*
정회원 정회원 정회원
D.I. Chang H.H. Chang Y.I. Lim

1. 서론

돈사 내부의 환경제어는 돼지의 쾌적함, 건강, 그리고 생산 능력을 유지하기 위하여 필수적이며, 이에 가장 많이 영향을 미치는 요소는 체감온도이다. 체감온도는 공기 온도, 공기 속도, 바닥 온도의 복합작용에 의해 결정되므로 복합적으로 이 세 가지 요소를 제어하는 것이 필요하다(Boon, 1981; Geers et al, 1986).

현재 대부분 환경제어는 문헌으로부터 얻은 주요 환경요소의 기준값을 근거로 하여 이루어지고 있다. 하지만 공기 온도만을 근거로 하여 환경제어를 하고 있기 때문에 생산성의 저하 및 건강 문제를 초래할 가능성이 있다. 또한 현재까지 공기 온도, 공기 속도, 바닥 온도와 체감온도 사이의 복합관계가 명확히 구명되지 않았으므로 이 요소들의 값에 근거하여 환경을 제어한다는 것은 매우 어려운 일이다.

이와 같은 복합적인 열환경을 제어하기 위해서 돈사내 열환경요소들의 계측값에 근거하지 않고, 돼지의 자발적인 체온조절행동에 근거하여 돈사내 환경을 제어하려는 연구가 진행중이다(Shao et al. 1998). 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도의 복합작용에 의한 체감온도의 변화에 따라 다르게 나타나는 돼지의 체온 조절 행동을 영상처리시스템을 통해 입력받고, 그 영상을 체온 조절 행동에 따라 분류함으로써 열 환경을 제어한다면 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도를 복합적으로 제어하는 효과를 나타낼 수 있다.

각종 센서를 이용하여 환경제어를 하였을 때, 많은 유해 가스와 먼지 등 열악한 돈사 환경에 의해 센서의 정밀도 및 내구성이 저하되어, 적정하게 환경제어를 하기 어려울 뿐만 아

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

니라 센서의 유지보수를 위한 비용이 추가적으로 소요된다. 이에 반하여 영상 처리 기술을 이용하여 환경제어를 하면, 유해 가스와 먼지의 영향을 받지 않고 영상을 획득하여 환경제어를 할 수 있을 뿐만 아니라 유지보수를 위해 추가적 비용이 소요되지 않는다. 또한 영상처리 기술은 돼지의 사양관리, 이상행동 감시, 건강상태 파악, 침입자의 침입 여부를 파악하는데 이용될 수도 있기 때문에 장기적으로 보아 영상 처리 기술을 이용하여 환경제어를 함이 바람직하다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 복합 열 환경의 변화에 따른 돼지의 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 인공 신경망에 의한 영상 처리 시스템을 개발하고자 하였으며, 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

가. 문헌연구를 통하여 복합 열 환경의 변화에 따른 돼지의 체온 조절 행동 유형을 분석한다.

나. 돼지의 체온 조절 행동별로 영상을 획득한 후 영상 처리과정을 통하여 행동분류에 사용될 이진영상을 획득하고, 둘레, 내부면적, FFT(Fast Fourier Transform)를 할 수 있는 영상처리 시스템을 개발한다.

다. 이진영상의 둘레, 내부면적, FFT의 퓨리어 계수 등의 정보들을 인공신경망의 입력 패턴으로 이용하여 분석함으로써 체온조절 행동을 분류할 수 있는 방안을 제시한다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치의 구성

크기가 1.4m(W) × 2.2m(L) × 2.0m(H)인 돈방에 평균 체중이 25kg인 자돈 4두를 위치시켰다. 더운 환경을 제공하기 위하여 온풍기(용량 : 15,000kcal/h)에 알루미늄 주름관(직경 : 200mm)을 연결하여 돈사 내부로 열풍을 불어넣어 주었으며, 추운 환경은 겨울에 실험하였기 때문에 단지 환기량을 조절함으로써 제공하였다. 돼지의 체온 조절 행동을 완전하게 영상 처리하려면 하나의 돈방을 모두 영상 처리하여야 한다. 따라서 하나의 돈방을 모두 영상처리할 수 있도록 6mm 렌즈(WV-LZ62/2)를 부착한 칼라용 CCD(Charge Coupled Device) 카메라를 돈방 바닥으로부터 1.8m 위에 설치하였으며, 돈사 내부에는 항상 많은 먼지가 있기 때문에 카메라 렌즈를 먼지로부터 보호하기 위하여 비닐 랩(wrap)으로 씌웠다. 실험하는 동안(35일) 먼지가 전혀 비닐 랩에 부착되지 않아 카메라 렌즈를 보호할 수 있었으며, 돼지의 영상을 명확하게 획득할 수 있었다.

군사육을 하는 자돈사와 육성·비육돈사 내의 권장 조도는 각각 107.6 lx와 53.8 lx 이다(MWPS-8, 1991). 그러나 영상처리 시스템을 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과를 근거로 환경제어를 하려면 24시간 동안 영상 획득을 위한 조명이 요구되며, 돼지의 증체 및 사료효율을 높이기 위하여 돼지의 여러 행동을 최대한 억제하기 위해서는 최소의 조도가 필요하다. 따라서, 돼지의 영상을 명확하게 획득하는데 최소한 10 lx가 요구되었기 때

문에 조도를 10 lx로 하였다.

나. 돼지의 체온조절 행동 유형

Mount(1978), Geers et al(1991), 그리고 Shao et al(1996)은 돼지의 체온 조절 행동은 추운 경우, 적정한 경우, 더운 경우의 행동으로 나타난다고 보고하였다. 그림 1에서와 같이 추운 경우 돼지는 체온을 유지하기 위하여 최대한 밀집하여 누우며, 적정한 경우 돼지는 거의 접촉하여 나란히 눕는다. 그리고 더운 경우 돼지는 최대한 멀리 분산하여 눕는다.

a. cold　　b. comfort　　c. too warm

Fig. 1. Behaviors of pigs under the different environmental conditions.

다. 영상처리

1) 영상처리 시스템의 하드웨어

영상처리 시스템은 CCD 카메라, 영상처리 보드, 그리고 컴퓨터로 구성되었다. CCD 카메라와 영상처리 보드에는 각각 칼라용 WV-CBP410 모델과 DT3153 모델이 사용되었고, 컴퓨터는 133Hz, 64MB Pentium이 사용되었다.

2) 영상처리 시스템의 알고리즘

프로그램용 언어는 C++과 호환이 되고, 계측제어용 언어인 LabWindows/CVI를 이용하여 구현하였다. 프로그램은 그림 2와 같은 알고리즘에 따라 작성되었다.

획득된 영상은 이진화 처리되었고, 그 과정에서 시스템의 성능을 높이기 위해 축소되었다. 축소된 이진 영상으로부터 잡음을 제거하고 세선화 과정을 거쳐 최종 영상을 생성하였다. 생성된 세선화 영상에서 픽셀 수에 따른 둘레, 면적, FFT의 퓨리어 계수를 구한 후 이들을 인공신경망의 입력 패턴으로 이용하여 체온 조절 행동을 분류하였다.

라. 인공신경망을 이용한 체온 조절 행동의 분류

인공신경망의 학습자료로 사용하기 위한 영상은 온도 변화에 따라 획득된 영상을 사용하였다.

획득된 영상을 육안에 의해 더운 상태, 적정 상태, 추운 상태로 각각 10장씩 분류한 뒤 분

류된 영상의 둘레, 내부면적, FFT의 퓨리어계수, 둘레와 내부면적, 둘레와 FFT의 퓨리어계수, 내부면적과 FFT의 퓨리어계수, 둘레와 내부면적 및 FFT의 퓨리어계수의 정보를 입력패턴으로, 출력 패턴은 더움, 적정, 추움의 상태로 출력되도록 학습을 시켰다.

여기서, FFT의 퓨리어계수는 5×5 배열, 즉 25개의 퓨리어계수만을 이용하였다.

신경망의 학습방법은 오류 역전파 알고리즘을 사용하였으며, 한 개의 은닉층과 한 개의 출력층을 갖는 2층 신경망 구조를 채택하였다. 은닉층의 뉴런의 수는 10으로 하였고, 전달함수는 로그-시그모이드(log-sigmoid) 함수를 사용하였으며, 학습 패턴의 오차가 0.01 이하가 되도록 학습횟수를 2,000회로 하였다.

학습이 끝난 후 각각 20장의 열 환경 상태별로 분류된 영상 정보를 인공신경망에 입력하고, 이때 출력된 값을 근거로 하여 분류 성공 여부를 결정하였다.

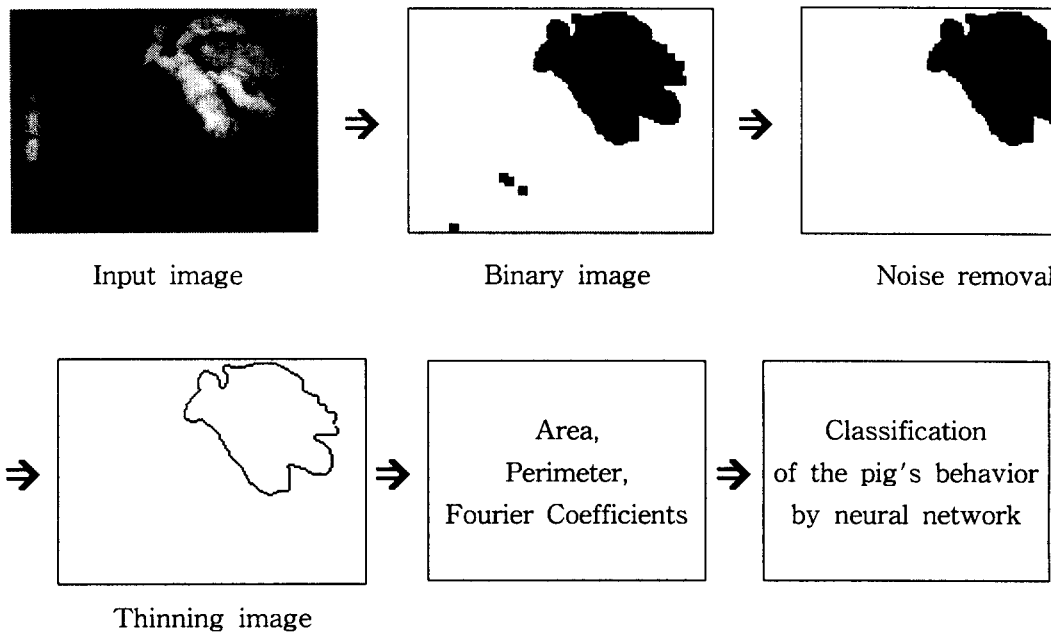
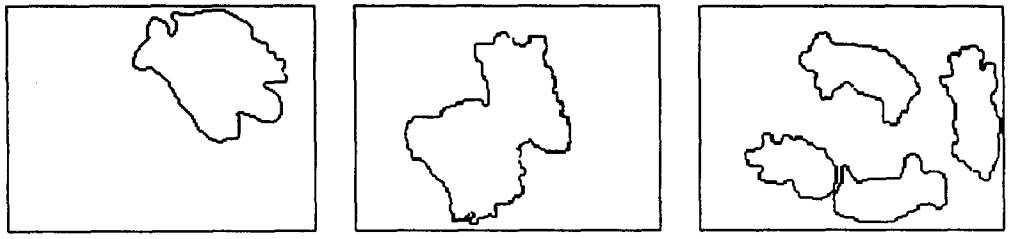


Fig 2. Algorithm for classifying the pig's behavior by image processing and neural network

3. 결과 및 고찰

가. 영상 획득

그림 1과 같이 열 환경에 따른 돼지의 체온 조절 행동의 영상을 획득한 후 160×120의 영상으로 세선화한 결과는 그림 3과 같다.



a. cold b. comfortable c. too warm

Fig 3. Processed thinning images of pigs under three environmental conditions.

나. 인공신경망에 의한 행동 분류

세선화된 영상의 픽셀에 따른 둘레, 내부면적, FFT의 퓨리어계수, 둘레와 내부면적, 둘레와 FFT의 퓨리어계수, 내부면적과 FFT의 퓨리어계수, 둘레와 내부면적 및 FFT의 퓨리어계수를 입력패턴으로 하여 인공신경망을 이용하여 각각 학습시킨 후 학습결과를 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과는 표 1과 같다.

Table 1. Correct classification rate of neural network using different feature selections

Item	Perimeter	Area	Fourier coefficients	Area and perimeter	Perimeter and fourier coefficients	Area and fourier coefficients	Perimeter, area, and fourier coefficients
No. of training data	30	30	30	30	30	30	30
No. of testing data	60	60	60	60	60	60	60
Training data (%)	29/30 (96%)	29/30 (96%)	29/30 (96%)	30/30 (100%)	30/30 (100%)	29/30 (96%)	30/30 (100%)
Testing data (%)	53/60 (88%)	52/60 (86%)	56/60 (93%)	58/60 (96%)	55/60 (91%)	54/60 (90%)	59/60 (98%)

학습 자료는 각 항목에 따라 95% 이상 학습된 것으로 나타났으며, 그 학습 결과를 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 결과, 둘레만을 이용한 경우 88%, 내부면적만을 이용한 경우 86%, FFT의 퓨리어계수만을 이용한 경우 93%, 내부면적과 둘레를 조합한 경우 96%, 둘레와 FFT의 퓨리어계수를 조합한 경우 91%, 내부면적과 FFT의 퓨리어계수를 이용한 경우 90%, 둘레와 내부면적 및 FFT의 퓨리어계수를 조합한 경우 98%로 나타나, 둘레와 내부면적 및 FFT의 퓨리어계수를 조합하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류한 것이 가장 효과적인 방법인 것으로 분석되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 돼지의 체온 조절 행동에 근거하여 환경을 제어할 때 필요한 체온 조절 행동을 분류할 수 있는 방법을 마련하기 위하여 수행되었는데, 이 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 영상 처리 시스템의 하드웨어는 CCD 카메라, 영상 처리 보드, 컴퓨터로 구성되었으며, 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성되었다.

2) 돼지의 체온 조절 행동 분류를 위한 알고리즘은 획득된 영상을 체온 조절 행동별로 분류하고 각 영상의 둘레, 내부면적, FFT의 퓨리어계수, 둘레와 내부면적, 둘레와 FFT의 퓨리어계수, 내부면적과 FFT의 퓨리어계수, 둘레와 내부면적 및 FFT의 퓨리어계수를 이용하여 인공 신경망으로 행동을 분류하는 순으로 구성되었다.

3) 개발된 영상처리 시스템을 이용하여 분류 성능을 평가한 결과, 여러 방법중에서 둘레와 내부면적 및 FFT의 류리어계수를 조합하여 행동을 분류하는 것이 98%로 가장 성공률이 높았다. 따라서, 돼지의 체온 조절 행동을 효과적으로 분류하기 위해서는 둘레와 내부면적 및 FFT의 퓨리어 계수를 조합하여 분류하여야 할 것으로 분석되었다.

5. 참고문헌

1) Boon, C. R. 1981. The effect of departures from lower critical temperature on the group postural behavior of pigs. Anim. Prod. 33 : 71-79.

2) Geers, R., H. Ville, V. Goedseels, M. Houkes, K. Goossens, G. Parduyns, and J. Van Bael. 1991. Environmental temperature control by the pig's comport behavior through image analysis. Transactions of the ASAE 34(6) : 2583-2586.

3) Geers, R., V. Goedseels, G. Parduyns, and G. Vercruysse. 1986. The group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. Appl. Anim. Behav. Sci. 16 : 353-362.

4) Mount, L. E. 1978. The Climate Physiology of the Pig. Edward Arnold, London.

5) MWPS. 1991. Structures and Environment Handbook. Publication MWPS-8, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.

6) Shao, J., H. Xin and J. D. Harmon. 1996. Evaluating thermal comfort behavior of young pigs by neural network. ASAE Paper No. 96-4058.

7) Shao, J., H. Xin and J. D. Harmon. 1998. Comparison of image feature extraction for classification of swine thermal comfort behavior. Computer and Electronics in Agriculture 19 : 223-232.