

단조프레스기의 유압유 누유영역 영상 감지 시스템

배 성 호[†]

요 약

단조프레스기의 유압실에서 배관의 연결부위의 손상으로 인한 누유는 인명피해와 기계 파손의 위험성이 있어 이를 조기에 발견하여 예방하는 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 원격지에서 회전형 카메라를 이용하여 유압유의 누유여부를 자동 인식하는 시스템을 구현하였다. 구현한 시스템은 라벨링 과정에서 객체영역을 나타내는 경계사각형을 구하고 경계사각형의 높이와 폭에 대한 비율, 누유형상의 원형도를 이용하여, 올바른 누유영역을 추출하였다. 또한 잡음제거와 영상의 이동과 회전에 대한 보정을 전처리 과정으로 수행한다. 실험을 통하여 제안한 시스템이 여러 가지 조명 환경에서도 누유영역을 정확하게 찾아내는 것을 확인하였다.

Image Detection System for Leakage Regions of Hydraulic Fluid in Forging Press Machine

Sung-Ho Bae[†]

ABSTRACT

In the hydraulic room of a forging press machine, a system which can detect and prevent risks at its early stage is needed because there may be a leakage due to the damage of the connection parts of the piping which can endanger human life and mechanical damage. In this paper, the system to automatically recognize a leakage of hydraulic fluid in terms of using the pan/tilt camera from a remote place is implemented. It finds the bounding boxes which are recognized with object regions in the process of labeling and detects the proper leakage regions of hydraulic fluid with the ratios of width and height of the bounding boxes and compactness of the leakage shape. Also, it performs noise removal and calibration for transition and rotation of image as a preprocessing process. The experimental results show that the proposed system has been verified to detect the leakage regions accurately in various sources of light.

Key words: Leakage detection(누유 감지), Extraction of bounding box(경계사각형 추출), Compactness of leakage shape(누유형상의 원형도)

1. 서 론

우리 주변에서 매일 접하게 되는 기계, 전자제품, 생활 및 주방기기에 사용되는 각종 금속 가공물은 거의 대부분 여러 가지 금형이나 공구를 사용하여 소재에 압축하중을 가하여 성형하는 금속가공 공정

을 거쳐 제품화된 것이다. 그 대표적인 금속가공 형태인 단조공정은 기계와 금속 재료에 다양한 크기와 형상 및 기능을 요구하는 제품으로 가공되는데 사용되고 있다. 특히, 대형 단조용 프레스는 철강 산업, 대형 기계설비, 발전설비, 철도레일 등 국내의 철강, 중공업 업체의 기본 설비이며, 이 설비를 구동하는

※ 교신저자(Corresponding Author) : 배성호, 주소 : 부산광역시 남구 신선로 179(608-711), 전화 : 051)629-1212, FAX : 051)629-1212, E-mail : baesh@tu.ac.kr
접수일 : 2009년 5월 25일, 수정일 : 2009년 6월 19일

완료일 : 2009년 8월 1일

[†] 정회원, 동명대학교 의용공학과 부교수

※ 본 논문은 중소기업청 2008년도 산학공동기술개발사업의 출연금 및 보조금으로 수행한 연구 결과입니다

유압공급장치는 각 설비 하부의 유압실에 위치하여 오일(oil)을 공급하고 있다. 이러한 유압공급장치는 큰 구동력을 얻기 위해 필요한 압력으로 변환하는 과정에서 연결부위의 손상으로 인한 기계 및 인사사고의 위험성이 존재한다.

현재 사용되는 누유감지 시스템중 가장 많은 것은 각종 액체의 누출을 감지하여 액체가 누출되는 지점을 신속히 알려주는 시스템이다. 이는 압력시험 시스템으로서 누유를 확인하기 위해서 작동유(hydraulic fluid) 공급장치를 장기간 정지해야 함으로서, 계속적인 사용이 요구되는 곳에서는 비현실적이다. 또 다른 누유감지 시스템은 센서로 감지하기 위해서 첨가물을 섞거나 파이프 배관을 따라서 추적용 센서라인을 설치하여, 누유시 램프점멸등 및 경보가 울리는 단순한 구조이다. 하지만 경보 설정치가 어느 일정 수준 이상이어야 작동하기 때문에 사전 예방이나 초기의 이상 징후를 발견하기에는 미흡하다. 이러한 기존의 누유감지 시스템은 누유의 조기 발견이 어렵고 육안 확인이 불가능하여 사고 대처가 곤란하므로 인적, 물적 사고 및 손실을 최소화하기 위해서는 유압실 내부의 영상감지에 의한 누유의 조기 자동감지 시스템의 개발은 필수적이다.

최근 정보통신 기술의 발전은 컴퓨터 비전 분야의 급속한 발전을 가져왔으며, 카메라를 통한 영상 인식 방법들은 무인시설물 감시, 교통상황 파악, 항성탐사 로봇, 출입자 관리, 상가 매장의 모니터링 등 산업 전반에 활용되고 있다[1-5]. 그러나 대형 단조 프레스 설비에서 작동유의 누유를 영상 인식을 통하여 감지하는 방법은 없는 상태이다.

그러므로 본 논문에서는, 원격지에서 단조프레스의 유압실에서 주요 감시영역을 회전형 카메라로 영상을 모니터링 하고 기준영상과 입력영상의 변화에 따른 차영상을 구하여 누유여부를 감지하고 누유가 일어날 경우, 누유영역을 표시하는 시스템을 최초로 제안한다. 제안한 시스템은 기존의 누유감지 시스템이 제한적이고 고가의 시스템으로 구성되어 있는 것에 반해, 팬/틸트 기능이 내장된 단일 네트워크 카메라를 통하여 여러 위치의 영상을 입력받아 누유영역의 자동 감지와 누유 위치를 표시하여 실제 운용자가 눈으로 직접 모니터링하고 정확한 위치를 파악하여 누유에 대해 신속한 대응력을 높일 수 있다.

2. 제안한 누유영역 감지 시스템

제안한 시스템은 그림 1과 같이 TCP/IP 기반의 영상획득 보드와 팬/틸트 기능이 내장된 TCP/IP 카메라를 통하여 유압실에서 멀리 떨어진 운용 관리실에서 카메라를 원격 제어한다. 제안한 시스템은 누유 발생 가능성이 높은 파이프의 연결 부위들을 기준 위치들로 설정하여 단일 카메라로 여러 기준위치의 영상을 모니터링한다. 또한 입력영상으로부터 누유 여부를 판단하고, 누유 발생시 누유 영상저장이 실행되고 경보가 울리게 되며, 누유의 위치를 영상에 표시한다.

본 논문에서 제안한 시스템은 감지 인식 시간을 1초 이내로 하기 위하여 누유영역이 없는 정지 영상을 기준영상 R 로 설정하고 카메라 입력영상 I 와의 차영상 $D=|R-I|$ 에서 이진영상을 구하여 라벨링 [6,7] 과정에서 누유영역을 인식하는 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 이전의 기준위치에서 다음 기준위치로 회전시 발생하는 위치 오차에 대하여 보정을 하며, 라벨링(labeling)된 객체영역들에 대해 객체의 모든 화소들을 포함하는 사각형인 경계사각형(bounding box)[8]의 높이와 폭의 비와 누유형상의 원형도(comapactness)[9]를 이용하여 누유영역을 추출한다.

2.1 영상의 잡음제거와 이동, 회전 보정

차영상을 구하기전 유압실내의 진동, 전기적 잡음 제거와 팬/틸트시 발생하는 화소 위치의 변위를 보정하는 전처리 과정이 필요하다. 제안한 시스템에서

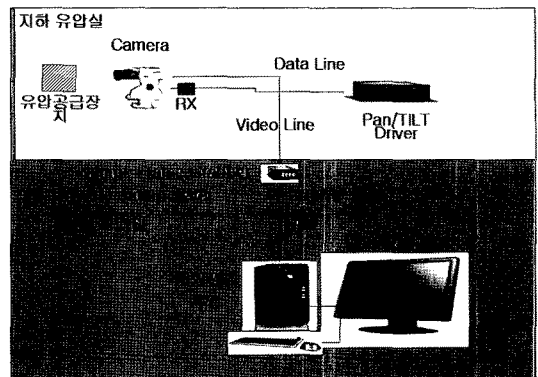


그림 1. 제안한 시스템의 구성

는 3×3 마스크의 가우시안 블러(blur)를 통하여 영상 내 잡음을 제거한다. 그리고 연산량을 줄이기 위하여 입력영상 R의 중심 (\bar{x}, \bar{y}) 를 기준으로 M×M 블록에 대해서만 이동과 회전 변위 값을 구하여 위치 오차에 대한 보정을 수행한다. 이동 변위는 식 (1)과 같이 블록의 유사도를 나타내는 평균절대값차이(MAD: Mean Absolute Difference)를 구하고 최소 MAD 값을 가지는 변위 (m,n)을 구한다.

$$MAD(x,y) = \frac{1}{M^2} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} |R(i,j,k) - I(x+i, y+j,k)|$$

$$(m,n) = \operatorname{argmin} MAD(x,y) , -3 \leq x,y \leq 3 \quad (1)$$

여기서 k는 R, G, B 프레임을 나타내며, 블록의 이동 변위는 영상의 중심을 기준하여 상하와 좌우 각각 -3에서 3 까지로 탐색영역을 제한하였다. 그리고 블록의 이동 위치에서 식 (2)와 같이 회전 최대 변화값을 -3°에서 3° 까지로 제한하여 0.5° 씩 변화하면서 최소 절대값차이의 값을 가지는 회전 변위 (z)를 구한다.

$$S(\theta) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} |(m+i-\bar{x})\cos\theta - (n+j-\bar{y})\sin\theta|$$

$$(z) = \operatorname{argmin} S(\theta) , \theta = -3^\circ, -2.5^\circ, \dots, 3^\circ$$

구하여진 이동과 회전 변위 값들을 역으로 하여 입력영상 전체에 대하여 이동과 회전 변위를 보정하여 차영상 \bar{D} 를 구한다.

2.2 이진 영상화

기준영상과 위치 보정된 입력영상과의 차영상 \bar{D} 에서 누유영역과 누유가 발생되지 않는 배경을 구분하여 이진영상을 만들기 위한 임계치(threshold)는 아래와 같이 반복적으로 순환하여 최적의 값을 구하였다[6,7].

1. 초기 임계치 T를 임의로 결정한다.
2. 화소값이 T보다 작은 화소들의 평균을 M₁이라고 하고 T보다 큰 화소들의 평균을 M₂라고 하여 임계치를 아래와 같이 갱신한다.

$$T = \frac{M_1 + M_2}{2} \quad (3)$$

3. T값에 변화가 없을때까지 2번 과정을 반복한다.

구하여진 임계치 미만은 배경으로 설정하고 임계

치 이상은 객체로 설정하여 \bar{D} 의 이진영상을 구한다. 그러나 객체로 분류된 화소들이 잡음으로 인하여 발생하였는지 아니면 실제 누유에 의해서 발생하였는지를 구분하는 과정이 필요하다.

2.3 누유영역 추출

영상에서 분리되어진 각 영역에 고유한 번호를 부여하는 영역 라벨링(blob labeling)은 영상의 분할, 영역의 특징 추출 및 영상의 복원 등에 이용된다 [10,11]. 2.2절에서 구하여진 객체의 특징을 추출하기 위해 영역 라벨링을 수행하여 그림 2와 같이 라벨링된 영역들에 대해 경계사각형을 구하여 분리된 객체 영역(object region)을 구한다.

본 논문에서는 객체영역들 중에서 잡음영역과 실제 누유영역을 구분하기 위하여 누유형상을 묘사하는 특징으로 경계사각형의 높이와 폭의 비인 식 (4)와 누유형상의 원형도인 식 (5)를 사용하는 방법을 제안한다. 경계사각형의 높이와 폭의 비인 ratio와 누유형상의 원형도 e가 일정 임계치 범위내의 있을 경우에는 누유영역으로 설정하고, 임계치 범위를 벗어날 경우에는 잡음영역으로 설정한다.

$$\text{ratio}[k] = \text{height}/\text{width} \quad (4)$$

$$e[k] = 1 - \frac{4\pi A[k]}{P[k]^2} \quad (5)$$

여기서 k는 분리된 영역의 라벨을 나타내며 width와 height는 경계사각형의 폭과 높이를 나타낸다. A는 누유형상의 면적을 나타내고, P²은 누유형상의 경계 길이를 나타낸다. 원형도는 누유형상의 모양이 얼마나 원에 가까운가를 나타내며, 0에 가까울수록 원의 원형도에 가깝고 1에 가까울수록 보다 복잡한 형상을 가진다. 제안한 방법은 경계사각형 내의 누유형상의 특징 분석을 통해 경계사각형의 폭과 높이의 비인 ratio와 누유형상의 원형도 e가 항상 일정 임계치 범위내의 값으로만 나타나는 것에 기인한다. 그림 3은 제안한 시스템의 전체적인 흐름도를 나타낸다.



그림 2. 경계사각형

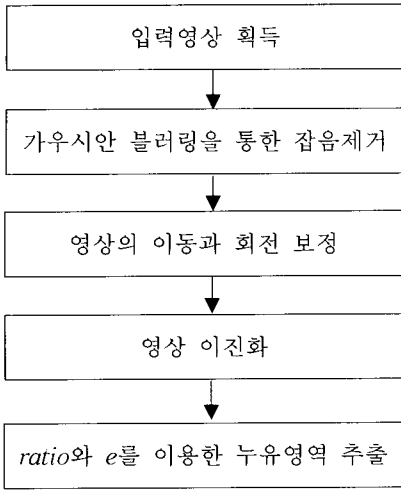


그림 3. 제안한 시스템의 흐름도

3. 실험 결과

유압실 내의 배관 연결과 동일한 가상 환경을 제작하여 실험하였으며, 기름 주입시 컴프레서(compressor)로 압력을 높여 누유를 발생시켰다. 41만 화소 해상도의 팬/틸트 기능이 내장된 네트워크 카메라를 사용하였으며, 입력영상의 해상도는 720×480의 해상도로, 영상 저장은 H.264 포맷으로 하였다. 영상의 이동과 회전 보정을 위하여 블록 유사도를 구하는 과정에 사용된 블록의 크기는 80×80으로 설정하였으며, 잡음영역은 객체영역에 경계사각형 표시를 하지 않았으며 누유영역만 객체영역에 흑색 경계사각형 표시를 하여 구분하였다. 그림 4는 누유가 없는 기준 영상을 나타내고, 그림 5는 경계사각형 영역이 작아서 누유영역이 잘 나타나지 않으므로, 흑색 사각형을 경계사각형 보다 크게 표시하여 누유가 발생된 영역을 나타내었다.

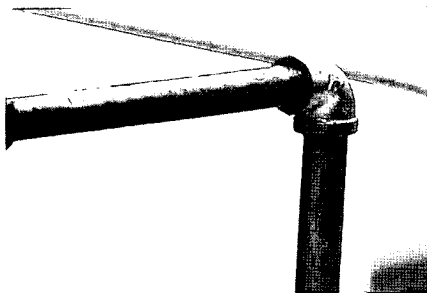


그림 4. 누유가 없는 기준 영상

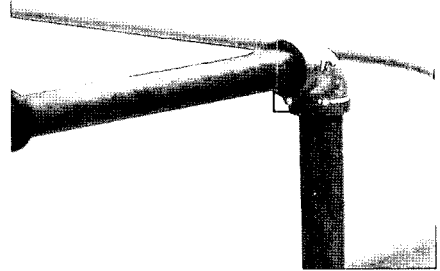


그림 5. 누유가 발생한 영상

그림 6은 라벨링된 이진영상에서 제안한 방법을 적용하여 실제 누유영역을 경계사각형으로 표시하고, 잡음영역은 경계사각형 표시 없이 객체영역을 나타내었다.

그림에서 보듯이 대부분의 실제 누유영역은 잡음영역과 달리 경계사각형의 높이와 폭의 비인 ratio가 0.32에서 0.73 범위 내로, 누유형상의 원형도는 0.84에서 0.91 범위 내로 나타난다. 그림 7은 누유가 발생하지 않았을 경우에, 경계사각형의 높이와 폭의

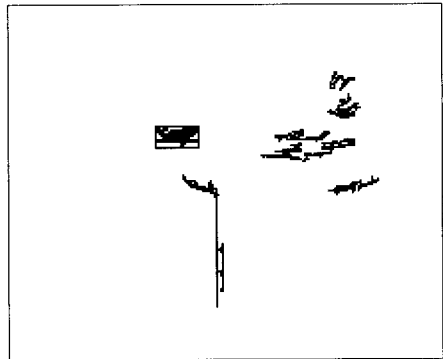


그림 6. 누유영역과 잡음영역 영상

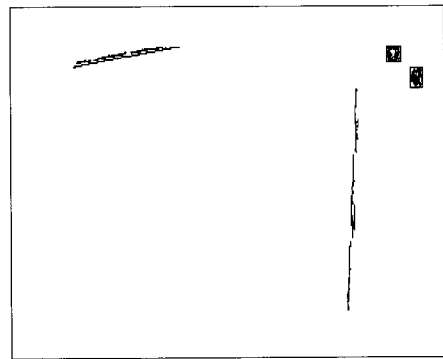


그림 7. 잡음영역을 누유영역으로 표시한 영상

참 고 문 헌

[1] N. Papanikolopoulos, P. Khosla, and T. Kanade, "Visual tracking of a moving target by a camera mounted on a robot : A Combination of Contro and Vision," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, Vol. 9, No. 1, pp. 135, 1993.

[2] D. M. Gavrila, "Pedestrian detection from a moving vehicle," *Proc. Eur. Conf. Comp. Vis.*, Vol. 2, pp. 37-49, 2000.

[3] D. P. Huttenlocher, J. J. Noh, and W. J. Rucklidge, "Tracking non-rigid objects in complex scenes," *Proceedings of 4th ICCV*, pp. 93-101, 1993.

[4] Z. Duric, F. Li, Y. Sun, and H. Wechsler. "Using normal flow for detection and tracking of limbs in color image," *Proc. International Conference on Pattern Recognition*, Quebec City, Canada, Aug. 2002.

[5] G. L. Foresti, "A real-time system for video surveillance of unattended outdoor environments," *IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Tech*, Vol.8, No.6, pp. 142-145, 1998.

[6] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing Analysis, and Machine Vision*, PWS Publishing, 1999.

[7] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2004.

[8] Bernd Jähne, *Digital Image Processing*, Springer, 2002.

[9] S. E. Umbaugh, *Computer Vision and Image Processing Analysis, and Machine Vision*, Prentice Hall, 1998.

[10] D. H. Ballard and C. M. Brown, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1982.

[11] B. Kruse, "A fast algorithm for segmentation of connected components in binary image," *Proceedings of First Scandinavian conference on Image Analysis*, 1980.

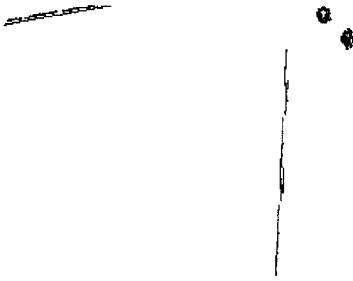


그림 8. 잡음영역을 올바르게 표시한 영상

비인 ratio만 이용하여 누유영역을 추출한 영상이다. 그림 7의 결과에서 보듯이 ratio가 임계치 범위 내에 있을 경우에도 잡음영역이 경계사각형으로 표시되어 누유영역으로 잘못 추출되는 결과를 가져온다.

그림 8은 그림 7의 누유가 발생하지 않았을 경우에, ratio와 누유형상의 원형도 e를 모두 사용하여 누유영역을 추출한 영상이다.

그림에서 보듯이 이전에 누유영역으로 추출된 영상이 경계사각형으로 표시되지 않으므로 잡음영역으로 간주됨을 알 수 있다. 제안한 방법으로 흐린날과 맑은날, 자연광에서의 오전과 오후 및 형광등 조명하에서 실험하였을 경우에도 누유영역을 정확하게 추출하는 것을 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 유압단조프레스를 작동시키는 유압실의 유압유가 높은 유압으로 인해 배관의 연결 부위에 누유가 발생할 경우, 회전형 단일 카메라를 통하여 누유 영역을 자동 인식하고 누유영역의 위치를 경계사각형으로 표시하는 시스템을 구현하였다. 제안한 시스템은 정확한 누유영역을 인식하기 위해 잡음제거와 영상의 위치 변위에 대한 보정을 수행하고, 라벨링된 이진영상에서 경계사각형의 높이와 폭의 비와 누유형상의 원형도를 이용하여 누유영역을 추출하고 표시하였다. 향후 연구 과제로는 석유 송유관 및 배관이 많은 대형공장 등의 누유 발생 가능성이 높은 영역에 적용 범위를 확대시키는 것이다.



배 성 호

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 학사

1993년 2월 경북대학교 전자공학과 석사

1997년 8월 경북대학교 전자공학과 박사

1998년 8월 ~ 1999년 8월 삼성전자 책임연구원

1999년 9월 ~ 현재 동명대학교 의용공학과 부교수

관심분야 : 영상처리, 신호처리, 컴퓨터비전