

비전시스템을 이용한 재활용기계의 성능 향상을 위한 연구

구경모, 이상걸, 박영미, 차의영
부산대학교 컴퓨터공학과

A study on the Performance Improvement of Recycle Machine using Vision System

Kyung-Mo Koo, Sang-Geol Lee, Young-Mi Park, Eui-Young Cha
Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

최근 '생산자 책임 재활용제도'가 시행되면서 의무재활용 대상인 캔, PET용기류 생산자들은 판매된 제품에 대한 수집·선별·재활용의 편의를 위해 재활용기계 등의 연구·제작이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 부탄가스캔과 비슷한 모양의 일반 음료캔을 부탄가스캔으로 오인식하는 현재의 재활용 기계의 문제점을 분석하고, 비전시스템을 이용하여 부탄가스캔만이 가진 특징형상을 추출하여 기존 선별방식의 문제점을 보완할 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 환경문제에 따른 재활용의 필요성에 대한 의식이 확산되면서 세계 많은 나라에서는 재활용과 관련된 법규들을 제정하여 생산자에게 소비 후 제품에 대한 수집·선별·재활용의무를 부여하였다. 독일과 프랑스, 일본이 각각 91년과 93년, 97년에 법안을 통과시키면서 재활용 목표율에 미치지 못한 업체들에 대해 과징금을 부과하였고, 이에 대응하여 생산자 측에서는 재활용을 대행할 생산자 기구(DSD, Eco-Emballages 등)를 설립하여 운영하고 있다. 우리나라 역시 92년부터 시행해오던 생산자 책임원칙에 의한 예치금제도를 보완하여 2003년 '생산자 책임 재활용제도(EPR)'를 시행하였다[1-2].

이렇게 생산자에게 불리한 여건변화에 능동적으로 대처하기 위하여 의무재활용 대상인 캔, PET용기류 생산자들은 '빈 용기 보증금제도[2]'를 이용하여 수요자 또는 판매자 차원에서 수집·선별을 도와 인건비 절감 및 수거 시간·비용 절감의 효과를 극대화하기 위한 연구를 지속적으로 진행하고 있다. 또한 그 연구의 결과물로서 재활용기계 등을 제작하게 되었다.

본 연구에서는 부탄가스캔과 비슷한 모양을 가진 일반 음료캔을 부탄가스캔으로 오인식하는 현재 재활용기계의 캔 용기 선별방식의 문제점을 지적하고, 컴

퓨터 비전 및 영상처리를 이용하여 부탄가스캔만이 가진 특징형상을 추출하여 일반 캔과 부탄가스캔 등의 폭박가능성이 있는 캔을 가려내고 위험을 피하는 등 기계의 품질향상을 위한 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 재활용기계의 캔 인식·선별 방식을 알아보고, 3장에서는 기존 센서위주의 방식에 비전시스템을 도입하여 기존 방식의 문제점을 보완할 수 있는 방법을 제시하며, 4장에서는 다양한 형태를 가지는 캔들을 통한 실험 및 결과를 비교·분석하고, 마지막으로 향후 연구 방향 및 결론을 5장에서 맺는다.

2. 관련연구

현재 사용되고 있는 재활용기계는 그림 1과 같이 광(적외선)센서, 근접센서, 자장센서의 세 개 센서로 구성된다. 기계에 들어온 캔을 처음 인지하는 센서는 광센서로 발광부에서 보내어지는 광신호가 캔의 끝부분에 가려 수광부의 기준 광량보다 적을 때, 이를 캔의 끝부분으로 인지한다. 두 번째로 근접센서가 캔의 끝부분을 감지한다. 근접센서는 센서에 근접한 물체만을 인식하므로 threshold 값을 적절히 조절함으로써 그림 2와 같이 캔의 모양에 따라 감지시점을 달리할 수 있다. 그리고 마지막으로 자장센서를 통과하면서 자장값의 변화를 감지하여 알루미늄과 스틸을 구분한

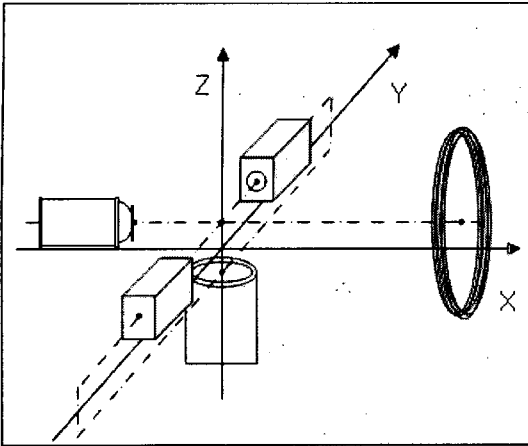


그림 1 캔 용기 형상감지장치 원리도 - 광센서(Y축), 근접센서(Z축), 자장센서(X축)

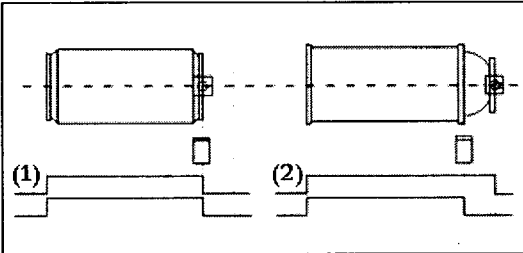


그림 2 광센서와 근접센서의 감응 타이밍도 (1) 일반 캔의 경우 두 센서의 감응시점이 일치 (2) 부탄가스통의 경우 광센서(위)만이 캔의 끝부분을 감지하며, 두 번째 끝부분은 광센서와 근접센서(아래)가 동시에 감지.

다. 이렇게 센서들에 의해 선별된 캔들 중 음료캔 등 각종 알루미늄, 스틸 등 재활용 가능한 캔들은 파쇄되며 스프레이, 살충제, 부탄가스캔 등 파쇄과정에서 폭발위험이 있는 캔들은 배출한다.

하지만 이처럼 기존의 센서만을 이용한 방식은 두 센서 감지점 사이의 시간차 계산만으로 선별을 해야 하므로 그림 3 (a)와 같이 주둥이가 훌쭉한 캔 혹은



그림 3 (a) 부탄가스통과 구별하기 힘든 모양의 캔들 (b) 실험에 사용된 여러 가지 모양의 캔들

몸통과 목 부분의 굵기가 다른 캔의 경우 부탄가스캔으로 인식되므로 선별성능이 좋지 못하다.

본 논문에서는 센서만을 이용했을 때 생기는 오인식 문제를 해결할 수 있는 방법으로 비전시스템의 사용을 제안한다.

3. 특징형상 추출을 통한 캔의 선별

1. 영상획득 및 캔 영역의 해석

기계 내부에는 영상 획득을 위한 도착점인 가이드(Guidance)가 존재한다. 투입된 캔은 모터에 의해 가이드

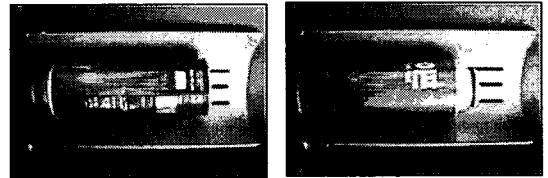


그림 4 가이드에 도착한 캔의 영상 (a) 정방향 (b) 역방향

까지 이동되며 그림 4와 같이 정/역방향의 차이만을 가질 뿐 매번 일정하게 가이드에 수직인 상태로 도착한다. 이때를 영상획득의 가장 적절한 시점으로 보고 가이드의 맞은편에 카메라를 이용한 비전센서를 구현하였다.

획득된 영상은 이진화 후 배경영상과의 XOR연산을 통하여 캔의 모양만을 가지게 되며, 여기서 그림 5와 같이 특징점을 찾을 수 있다[3-6].

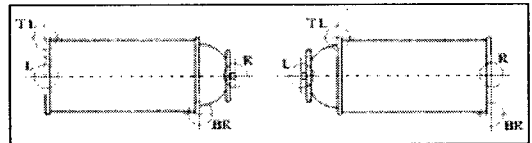


그림 5 찾아진 특징점

여기서 각 특징점의 좌표를 X, Y로 나타낼 때 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$|X_L - X_{TL}| - |X_R - X_{BR}| \quad (1)$$

식 (1)의 값이 양수일 경우 정방향, 음수일 경우 역방향으로 캔이 투입되었음을 알 수 있다. 그림 6 (a)에서 L1, L2, W를 각각

$$L1 = |X_L - X_{BR}| \quad (2)$$

$$L2 = |X_{BR} - X_R| \quad (3)$$

$$W = |Y_{TL} - Y_{BR}| \quad (4)$$

로 두면,

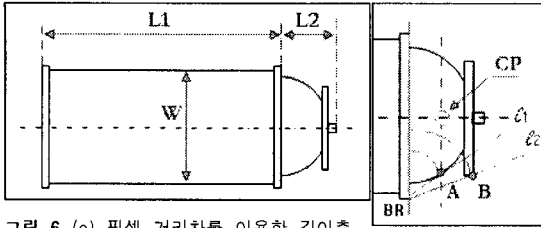


그림 6 (a) 픽셀 거리차를 이용한 길이 측정 (b) 직선의 방정식을 이용한 기울기 계산

$$P1 = \frac{L2}{W} \times 100 \quad (5)$$

$$P2 = \frac{W}{L1} \times 100 \quad (6)$$

식 (5), (6)과 같이 다른 캔들과 구별되는 고유비(일반적인 캔의 P1 값은 0에 가깝다)를 구할 수 있다. 이렇게 구한 고유비는 BR(bottom-right) 부분이 둥근 모양의 캔과 비교했을 때는 효과적이지만, 뚜렷한 각을 가지는 모양의 캔과 비교할 경우 길이비의 차이가 없어 오인식을 야기하는 단점이 있다. 이 단점을 보완하기 위해 부탄가스캔만이 가지는 특징점을 더 알아야 할 필요가 있다.

2. 부탄가스캔의 특징형상 분석

위의 단점을 보완하기 위해, 그림 6 (b)처럼 BR을 지나는 직선을 각각 l_1 , l_2 로 두고 두 직선과 캔의 머리부분의 교점을 각각 A, B로 정의할 때, 이들의 좌표를 점 BR을 지나는 직선방정식

$$y = a(x - X_{BR}) + Y_{BR} \quad (7)$$

의 기울기 a 를 0부터 2까지 증가시켜가며 각각의 x , y 좌표에 해당하는 픽셀 값을 계산하여 찾을 수 있다. 교점 A는 $[X_{BR}, X_{BR} + \left| \frac{X_{BR} - X_R}{2} \right|]$ 범위에

$$\angle A = \tan^{-1} \left(\frac{|X_{BR} - X_A|}{|Y_{BR} - Y_A|} \right), \quad (8)$$

$$\angle B = \tan^{-1} \left(\frac{|X_{BR} - X_B|}{|Y_{BR} - Y_B|} \right) \quad (9)$$

에 의해 구해지는 두 직선과의 내각 $\angle A$, $\angle B$ 는 다른 캔에서는 찾아볼 수 없는 특징적인 값(일반적인 캔의 경우 내각 $\angle A$, $\angle B$ 혹은 $\angle A$ 가 0°에 가까운

값을 가짐)이다.

또 점 CP(X_A , Y_R)의 RGB값은 일반적인 부탄가스캔의 색과 비교하여 오인식률을 낮추는데 이용할 수 있다.

3. 캔 형상의 왜곡 분석

비전시스템을 도입하게 되면, 특징형상에 대한 정보뿐만 아니라 캔의 왜곡 정도에 대해서도 파악이 가능하다.

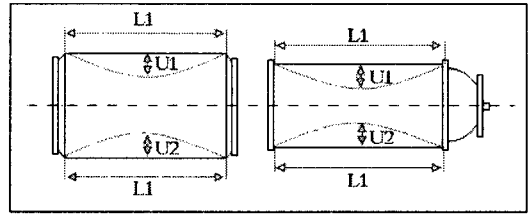


그림 7 캔의 왜곡정도를 캔의 길이에 대한 왜곡의 비로 나타낼 수 있다

왜곡 정도의 계산은 캔의 몸통영역 $[X_{TL}, X_{BR}]$ 사이에서 픽셀 상/하향검색을 통해 캔의 외곽선 좌표를 파악한 뒤, 값들의 근사화를 통해 그림 7 과 같은 곡선을 얻을 수 있다. 왜곡 정도는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$D1 = \frac{U1}{L1} \times 100. \quad (10)$$

$$D2 = \frac{U2}{L1} \times 100 \quad (11)$$

식 (10), (11)에서 구해진 캔의 왜곡정도에 대한 수치는 형상이 왜곡된 캔이 투입되는 경우 분석된 특징형상을 신뢰할 수 없다는 의미를 내포하고 있으므로, 그 캔을 폐쇄대상에서 제외하기 위하여 사용된다.

4. 실험

1. 실험 환경

실험에 사용된 캔의 종류는 23종으로 이들 중에는 부탄가스캔은 물론 스프레이, 음료캔 등이 포함되어 있으며 그림 8 (b)처럼 기존의 방법에서 항상 부탄가스캔으로 구분되었던 일반 음료캔도 다수 포함되었다.

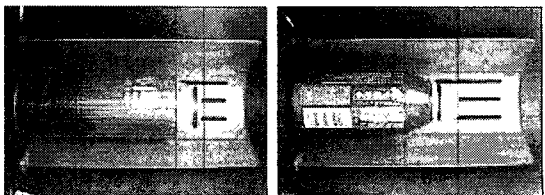


그림 9 (a) 부탄가스캔 (b) 기존방식에서 오인식 되었던 모양의 캔

본 실험은 Celeron 1.2G, 256MB 환경에서 이루어졌으며 32만화소의 저가형 USB CAM을 이용해 640×480크기의 24bit RGB 이미지를 획득하여 처리한다. 기계 내부의 환경과 동일하게 구성하기 위해 재촬영기계의 가이드를 사용하여 실제와 같은 배경에서 캔의 영상을 추출하며, 외부 빛의 간섭은 배제하였다.

2. 처리속도 및 인식결과

캔 하나의 선별에 걸린 시간은 평균 1.27초가 걸린다. 처리시간 중 60%이상이 영상을 획득하는데 소요되는 시간이며 실제 연산량은 크지 않다.

표 1 실험 결과 (a) 부탄가스캔 (b) 일반 음료캔

(a)	부탄가스캔 1 - 그림 8 (a)	부탄가스캔 2	비고
특징점 TL	(52, 174)	(53, 184)	좌표
특징점 L	(24, 250)	(36, 262)	좌표
특징점 R	(487, 252)	(480, 262)	좌표
특징점 BR	(423, 334)	(428, 346)	좌표
식 (2) L1	399	394	픽셀수
식 (3) L2	64	64	픽셀수
식 (4) W	160	162	픽셀수
식 (5) P1	40.00%	41.11%	비율
식 (6) P2	40.10%	39.50%	비율
식 (8) $\angle A$	43.87°	43.72°	각도
식 (9) $\angle B$	60.85°	45.02°	각도
비교색 CP	(249, 253, 250)	(249, 253, 251)	RGB값

(b)	일반 음료캔 1 - 그림 8 (b)	일반 음료캔 2	비고
특징점 TL	(63, 164)	(76, 170)	좌표
특징점 L	(33, 244)	(49, 245)	좌표
특징점 R	(437, 235)	(317, 313)	좌표
특징점 BR	(310, 319)	(349, 250)	좌표
식 (2) L1	277	300	픽셀수
식 (3) L2	127	32	픽셀수
식 (4) W	155	80	픽셀수
식 (5) P1	81.93%	40.00%	비율
식 (6) P2	55.95%	26.66%	비율
식 (8) $\angle A$	57.21°	0.00°	각도
식 (9) $\angle B$	69.90°	23.75°	각도
비교색 CP	(123, 125, 234)	(127, 105, 90)	RGB값

표 1은 본 논문에서 제안한 방법을 시뮬레이션 해본 결과이다. (a)에서 두 부탄가스캔의 P1, P2 $\angle A$, $\angle B$, CP값 모두 거의 일치됨을 확인할 수 있다. 이를 부탄가스캔만이 가지는 특징형상에 대한 수치로 보고 일반 음료캔의 수치 (b)와 비교해보면, 일반 음료캔 1의 경우 일치하는 값이 없으므로 부탄가스캔이 아님을 확실하게 알 수 있고, 일반 음료캔 2의 경우도

비록 P1이 부탄가스캔의 그것에 접근하였지만 P2, $\angle A$, $\angle B$, CP의 값이 확연히 틀리므로 부탄가스캔이 아님을 알 수 있다. 이로써 오인식의 확률이 크게 줄어든다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 비전시스템을 이용하여 캔의 특징점을 추출하고, 추출된 특징점들로부터 일반적인 캔들과는 다른 부탄가스캔만의 특징형상을 분석하여 오인식의 확률을 줄였다. 또한 캔의 머리부분의 RGB값과의 비교를 통해 신뢰를 더하였으며, 캔의 왜곡정도에 대한 정보도 얻을 수 있었다. 더불어 실험을 통해 기존의 방법으로는 선별이 불가능 했던 캔들도 제안한 방법으로 선별됨을 확인하였다.

향후 연구방향으로 다양한 표본집단의 확보와 반복적인 실험을 통해 오인식률에 대한 검증이 필요하며, 실제 모델에의 적용에 적합하게 소형화, 수행속도개선, 생산원가절감 등을 위한 하드웨어적인 연구가 수반되어야 하겠다.

[참고문헌]

- [1] 자원재생공사 홈페이지 (<http://www.koreco.or.kr>)
- [2] EPR(Extended Producer Responsibility) 제도안내 홈페이지 (<http://www.epr.or.kr>)
- [3] Linda G. Shapiro, George C. Stockman, "Computer Vision" 2001 by Prentice Hall
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing 2nd ed." 2002 by Prentice Hall
- [5] John C. Russ, "The Image Processing Handbook 3rd ed." 1999 by CRC Press with IEEE Press
- [6] Chun-Ming Tsai, Hsi-Jian Lee, "Binarization of color document images via luminance and saturation color features", Image Processing, IEEE Transactions on On page(s): 434-451 Volume: 11, Issue: 4, Apr 2002