

라인스캔 카메라 시스템을 이용한 스크랩 자동선별 연구[†]

[‡]金燦旭 · 金倅久*

浦項産業科學研究院, *POSCO

Automated scrap-sorting research using a line-scan camera system[†]

[‡]Chan Wook Kim and Hang Goo Kim*

Research Institute of Industrial Science & Technology(RIST), Pohang, Kyungbuk 790-660

*Pohang Iron & Stee Co., Ltd.(POSCO), Pohang, Kyungbuk, 790-360

요 약

본 연구에서는 라인스캔 카메라를 이용한 색도인식 스크랩 선별시스템을 설계 제작하고 제작한 시스템을 이용하여 철스크랩에 혼합되어 있는 Cu 스크랩을 자동으로 분리하는 연구를 수행하였다. 스크랩 자동선별 시스템은 크게 측정부, 이송부 그리고 이젝터로 구분되며 라인스캔 카메라, 광원 및 frame grabber로 구성된 측정부에서 스크랩 표면의 색도를 이미지 프로세싱 알고리즘에 의해 인식함으로써, 임의로 지정한 특정한 표면색상의 스크랩만에 에어노즐을 작동케하여 선별하도록 되어 있다. 본 연구에서는 선별처리의 고속화에 대응하기 위하여 주파수 가변 광원시스템을 제작하여 선별시스템에 적용하였으며, 최적실험조건으로 스크랩 이송속도 25 m/min.에서 철스크랩중에 포함되어 있는 Cu스크랩을 90%이상 인식하여 약 80%의 선별효율을 얻었다.

주제어 : 색도인식, 라인스캔 카메라, 광원시스템, 자동선별

Abstract

In this study, a scrap sorting system using a color recognition method has been developed to automatically sort out specified materials from a mixture, and its application has been examined in the separation of Cu and other non-ferrous metal parts from a mixture of iron scraps. The system is composed of three parts; measuring, conveying and ejecting parts. The color of scrap surface is recognized by the measuring part consisting of a line-scan camera, light sources and a frame grabber. The recognition is program-controlled by a image processing algorithms, and thus only the scrap part of designated color is separated by the use of air nozzles. In addition, the light system is designed to meet a high speed of sorting process with a frequency-variable inverter and the air nozzleed ejectors are to be operated by an I/O interface communication with a hardware controller. In the functional tests of the system, its efficiency in the recognition of Cu scraps from its mixture with Fe ones reaches to more than 90%, and that in the separation more than 80% at a conveying speed of 25 m/min. Therefore, it is expected that the system can be commercialized in the industry of shredder makers if a high efficiency ejecting system is realized.

Key words : color recognition, line-scan camera, lightening system, automatic sorting

1. 서 론

색도인식 선별시스템 기술은 영상처리와 분석에 의해

얻어진 영상 데이터를 이용하여 검사 및 처리를 수행하는 기술분야로 이를 구현하기 위해서는 이미지 프로세싱, 색도 및 형상인식, 제어기술 등 관련 요소기술의 접목이 요구되며, 최근 영상처리 기술의 비약적인 발전에 힘입어 산업전반에 걸쳐 급속히 응용이 되고 있는 추세이다. 이는 육안으로는 분별이 불가능한 가시광선

[†] 2008년 6월 3일 접수, 2008년 10월 10일 수리

[‡] E-mail: cwkim@rist.re.kr

(380~760 nm) 영역을 벗어나는 적외선 및 자외선 영역까지 분광특성을 이용한 인식처리를 행함으로써, 방송 미디어 분야를 위시하여, 반도체 및 전기전자 분야, 자동차분야, 의약품분야, 농수산물 및 식품분야 등의 형상 및 결함검사 등 다양한 분야에 적용이 되고 있다. 그러나 대부분 영상처리의 적용분야는 자동차 생산라인의 안착불량, 이물질 분리, 색도불량 등 이미지를 이용한 검사분야^{1,4)} 및 자동화기계의 제어, 로봇 등에 활용성이 높은 광학센서분야^{5,6)}가 대부분으로 영상처리 기술을 금속소재에 적용한 연구 사례⁷⁾는 매우 적다.

색도인식에 의한 금속소재의 선별은 통상, 광센서를 이용하는 방법, X-ray를 이용하는 방법, 이미지 처리 방법 등에 의해 이루어 질 수 있으나, 센서의 특징이나 처리대상물의 크기 및 형상, 내구성 측면을 고려하여 선정해야한다. 일반적으로 색도인식분야는 일정한 크기나 패턴을 갖는 물체나 물질인식에 광센서를 활용하는 것이 효율적이나 철스크랩의 경우는 크기 및 형상이 다양하여 광센서나 X-ray를 적용하는 것 보다는 이미지 처리를 이용한 방법이 보다 효율적이다. 그러나 이미지 처리방법은 대상물체의 표면상태나 광원특성이 색도인식에 민감하게 작용하는 매우 큰 단점을 갖고 있어 이러한 단점을 극복할 수 있는 효율적인 색도인식 방법에 대한 연구가 요구되고 있다.

본 연구에서는 철스크랩에 혼입되어 있는 Cu스크랩의 선별처리 고속도화에 따른 인식효율을 향상시키기 위하여 라인스캔 카메라 시스템과 주파수 가변 광원장치를 설계하여, 스크랩 자동선별시스템을 제작하고, 시스템의 색도인식 및 선별시험과 분석을 행함으로써 향후 스크랩 자동선별시스템의 산업적용 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 색도인식 자동선별시스템의 구성 및 제작

2.1. 색도인식 및 판별

색도인식 자동선별시스템을 제작하기 위해서는 우선적으로 색도인식 및 데이터 처리과정의 무엇보다도 중요하다. 본 연구에서는 금속표면의 색도 데이터를 취득하고 분석하기 위하여 색도데이터 취득 알고리즘을 구성하고 Visual C++로 색도인식 및 데이터 프로세싱용 S/W를 제작하였다. 인식하려는 대상물체에 대하여 광원을 조사함으로써 CCD 카메라에서 얻은 영상데이터는 frame grabber라는 이미지 취득기를 통하여 이미지를 취득한 후 컴퓨터로 보내게 되며 연속적인 영상 데이터를 full

frame으로 디스플레이 영역에 전송하게 된다. 획득한 영상데이터는 RGB(red, green, blue) 값으로 데이터화하며, 연산이 용이한 색도 데이터로 변환하기 위해서 전보⁸⁾에서 보고한 바와 같은 변환식을 이용하여 RGB 데이터를 HSV 데이터로 변환한다.

여기서 H, S 및 V는 각각 명도, 색도 및 채도를 나타내며 HSV 데이터는 데이터 처리과정을 거쳐 오차를 줄이기 위하여 평균값 등이 계산되어 file로 저장이 되며 이를 기본값으로 한다. 자동검출시에는 콘베이어로 이송되어 오는 물체의 이미지를 취득하여 연산된 색도값이 사전에 저장이 되어 있는 기본값과 비교하여 원하는 색상인지 여부를 판별하여 검출하고 그 결과에 따라 I/O 신호를 출력하여 이젝터를 구동하게 된다.

2.2. 시스템의 구성 및 제작

색도인식 자동선별 시스템은 크게 측정부, 제어부 그리고 구동부로 구성되어 있으며 측정부는 색도를 측정하기 위한 구성요소로써 자연광에 의한 영향을 제거하기 위하여 폐쇄된 공간내부를 암실구조로 하였다. 그리고 그 내부에 3CCD camera 및 조명기구가 설치되어 콘베이어로 운송되어 오는 소재에 빛을 조사함으로써 반사되는 가시광의 파장을 분석하여 영상데이터를 컴퓨터로 전송하는 역할을 수행한다. Fig. 1은 색도데이터를 취득하기 위한 기능을 수행하도록 제작한 시험용 색도인식 선별시스템의 개념도를 나타낸 것이다. 시스템에 사용된 카메라는 BASLER의 라인스캔 카메라(Model: L104K)로 하였으며 LM 가이드를 사용하여 100~300 mm 까지 높이조절이 가능하도록 하였다. Frame grabber는 i2s camera link방식의 Matrix vision의 mv GAMMA-CL(i2s camera link방식)을 사용하였다. 조명은 20W용량의 형광램프를 사용하여 색도 측정 중에 1000 룩스 이상의 조도를 유지하도록 하였다. 특히, 본 연구에서는 선별처리 고속화에 따른 최적광원을 도출하기 위하여 주파수를 17KHz ~ 40KHz 범위에서 2KHz단위로 가변할 수 있는 고주파 인버터가 내장된 광원시스템을 설계제작하여, 콘트롤부와 연동되도록 하였다. 제어부는 시스템을 제어하는 콘트롤러와 컴퓨터로 구성되어 있으며, 시스템의 모든 구성요소가 연동되도록 설계하였다. 그리고 측정부에서는 측정된 색도데이터를 분석하고 모든 동작은 컴퓨터상의 메인화면에서 이루어지도록 하였다. 구동부는 검출할 대상소재, 즉 본 연구에서는 스크랩을 이송하는 수단인 콘베이어와 10개의 이젝팅용 에어노즐 분사기구로 구성되어 있으며 콘트롤러에서 송출한 신호

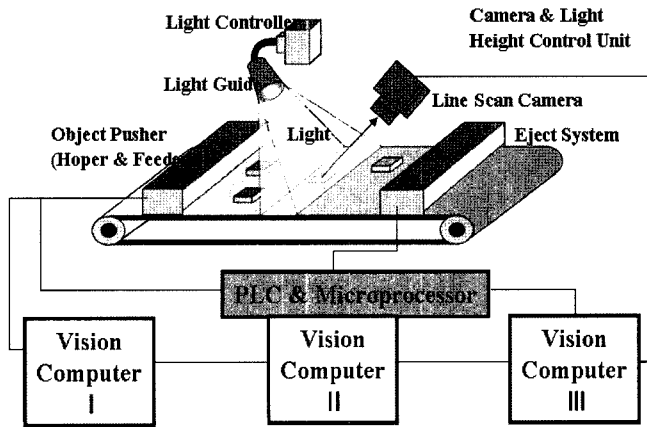


Fig. 1. Schematic diagram of the scrap sorting system proposed in this study.

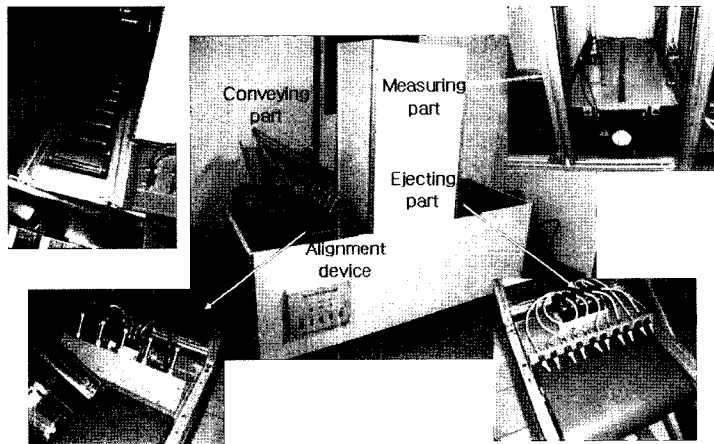


Fig. 2. Lab-scaled scrap sorting system used in this study.

에 따라 이송되어 오는 스크랩을 겨냥하여 공기를 분사하도록 설계하였다. Fig. 2에 본 연구에서 제작한 선별시스템을 나타낸다.

3. 실험방법

최적의 고주파광원을 도출하기 위하여 조도를 500 룩스로 고정하고 고주파인버터의 주파수를 약 2KHz 간격으로 17kHz에 40KHz까지 가변시키면서 주파수변화에 따른 광량 및 소비전력을 측정하였다. 조도는 조도계로 소비전력은 주파수 변화에 따른 투입 전압 및 전류를 파워미터로 측정하였다. 또한 컨베이어 속도변화가 3 CCD 카메라로 캡처되는 이미지 크기에 어떻게 영

향을 미치는지 알기 위하여 컨베이어 속도를 5 m/min. 간격으로 5 m/min.에서 60 m/min. 까지 컨베이어가 진행되는 방향의 시편길이(L)와 너비(W)를 이미지 캡처하여 측정하였다. 또 기존의 형광램프와 본 연구에서 시험제작한 고주파 광원의 특성을 비교분석하기 위하여 주파수를 22 KHz로 고정하고 기존의 형광램프와 본 연구에서 시험제작한 고주파 광원으로 바탕이 녹색계열인 컨베이어의 표면에 빛을 조사하여 각각의 이미지를 캡처하여 RGB 데이터 분포 및 이미지 분석을 행하였다.

자동선별 시험은 고주파 광원시스템과 연계한 스크랩 선별시스템을 이용하여 시험을 행하였다. 시험용 철스크랩 및 Cu스크랩은 자동차 슈레더 공장에서 생산된 자동차 스크랩을 회수하여 본 시스템의 규모에 적합하

도록 적당한 크기로 절단하여 시험편을 제작하였다. 자동선별 시험은 컨베이어 속도를 25 m/min.으로 고정하고 최적의 노출반응시간, 복귀시간 및 인접검출시간 등 최적의 조건을 도출한 후에 인식효율 및 선별효율 측정 시험을 행하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1. 고주파 광원시스템의 성능평가

색도인식 선별기술을 상용화하기 위해서는 선별효율 뿐만 아니라 시간당 선별처리용량을 동시에 높여야 하므로 콘베이어의 고속화에 따른 고주파 광원 개발이 필요하다. 그 이유는 스크랩이 이송되어 오는 속도가 빨라지면 빨라질 수록 단위시간당 스크랩 표면에 조사되는 광량이 적어지기 때문에 색도인식에 필요한 광량을 충분히 유지시키기 위해서는 광원의 주파수를 되도록 높이는 방안을 강구해야 한다. 그러나 광원을 고주파화하는 경우, 파형이 정현파에서 왜곡이 발생하며 또한 인버터의 전압이 고압인 관계로 누전문제 등 신뢰성 및 내구성에 문제가 발생되므로 사용주파수에 따른 광량변화 및 소비전력의 변화를 분석하여 최적의 광원조건을 도출할 필요가 있다.

Fig. 3은 조도를 500룩스로 고정하고 주파수 변화에 따른 광량 및 고주파 인버터의 소비전력에 대한 변화의 일례를 나타낸다. 주파수를 17KHz에서 40KHz로 변화 시킴에 따라 소비전력은 22KHz 부근에서 최소치를 보이다가 계속 증가하고 있는 반면에 광량은 주파수가 증가함에 따라 높아졌다 낮아지는 주기적인 패턴을 보이고 있다. 광량 및 소비전력 측면에서 유리한 광원조건은 그림에서 보는 바와 같이 주파수가 되도록 낮은 20~27 KHz의 광을 조사하는 것이 최적임을 알 수 있

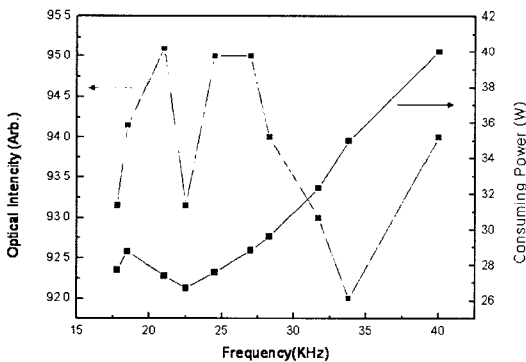


Fig. 3. Variations in optical intensity and consuming power with frequency.

다. 본 시험의 목적은 광량 및 소비전력 모두 만족하는 조건의 광원주파수를 도출하는 것이나 반복실험에 의해 주파수에 따른 광량변동폭이 1~3%로 확인되었으며 이는 동일한 광량의 빛을 조사하는 데는 주파수변동이 발생함을 의미한다. 따라서 그림에서 보면 최적광원 주파수가 25~27 KHz로 나타나고 있으나 광량이 93이상을 나타내는 20~27 KHz범위, 즉, 색도인식에 미치는 영향이 크지 않는 광량범위내에서는 광원주파수를 되도록 낮추는 주파수를 선택하는 것이 바람직 하다고 판단된다. 그 이유는 주파수가 높아짐에 따라 전력소모와 더불어 파형에 왜곡 발생율이 커져 이로 인하여 색도인식 능이 크게 저하하는 문제가 발생하므로 되도록 낮은 주파수 대역의 광원조건을 찾는 것이 우선적이기 때문이다. 따라서 이러한 이유로 인하여 본 연구에서도 스크랩 선별시험은 최적 주파수 범위내에 있으면서 되도록 낮은 주파수인 22 KHz를 선정하여 시험을 행하였다.

Fig. 4는 본 연구에서 시험제작한 광원시스템의 광원 이미지를 기존 시스템의 이미지와 비교한 결과를 나타낸다. 그림은 라인스캔 카메라로 캡춰한 이미지 중심부 (1023 픽셀라인)의 폭방향으로 분포하는 RGB데이터를 히스토그램으로 출력한 결과를 나타낸 것으로 기존 시스템과 본 연구에서 제작한 시스템간에 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 본 연구에서 제작한 시스템으로 캡춰한 이미지는 RGB 광분포가 균일한 반면 기존 시스템의 이미지는 RGB 각 색요소의 분포가 불균일하여 진폭의 고저가 크게 나타나고 있으며 특히 녹색과 적색광의 산과 골의 고저가 어긋남으로써 RGB 분포곡선 하단에 나타난 이미지에 적색줄무늬가 나타나고 있음을 알 수 있다. 반면 본 연구에서 제작한 시스템의 이미지는 기존 시스템의 이미지와 달리 줄무늬가 나타나고 있지 않고 있어 이러한 광원특성이 스크랩 선별시스템의 색도 인식능 향상에 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 시편의 길이가 약 230 mm인 시편을 콘베이어 속도가 5 m/min에서 60 m/min로 변화함에 따라 콘베이어 진행방향으로 시편길이(L)의 축소변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 콘베이어 진행방향과 수직인 폭방향(W)에서는 콘베이어 속도에 관계없이 길이가 일정함을 알 수 있다(그림 6참조). 반면, 콘베이어 진행방향의 길이를 보면 콘베이어 속도가 빨라질수록 콘베이어 진행방향의 길이는 지속적으로 감소하여 콘베이어 속도가 60 m/min가 되면 그 길이가 원래길이의 약 90%나 축소됨을 알 수 있으며 이는 색도 인식능 저하와 직결된다. 선별처리 생산성을 높이기 위

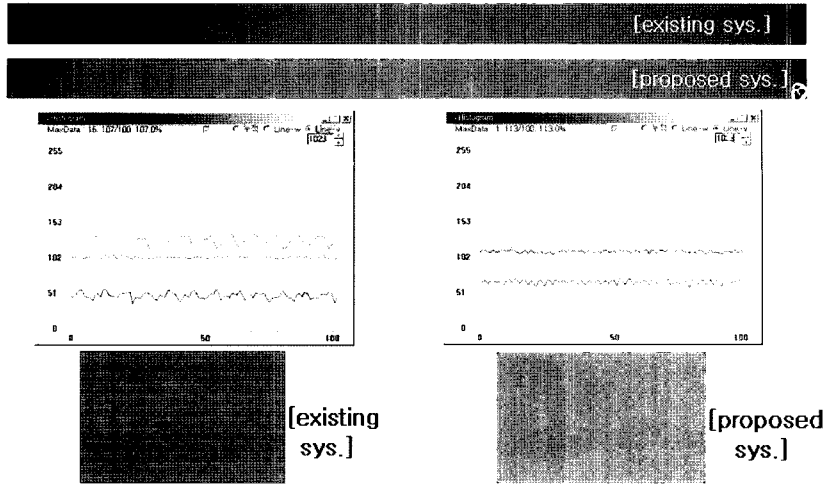


Fig. 4. Comparison of captured image characteristics between the existing and the proposed light systems.

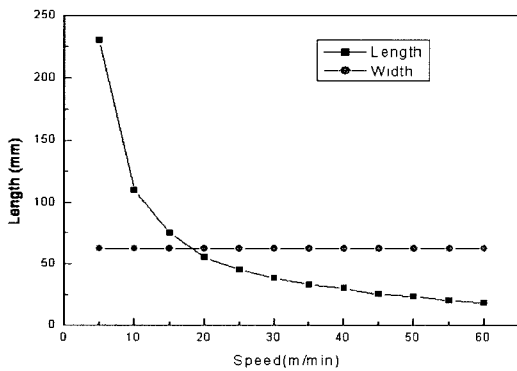


Fig. 5. Variation in captured scrap image size with conveying speed.

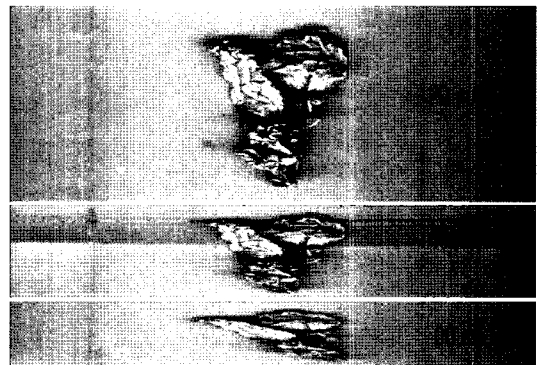


Fig. 6. Variation in captured image shape of a scrap with conveying speed.

해서는 콘베이어 속도를 빠르게 할 수 밖에 없으며 콘베이어 속도가 빨라지면 전술한 바와 같이 카메라로 캡춰되는 선별 대상소재의 이미지 크기가 점차 작게 되어 색도인식능이 저하되기 때문이다. 색도인식은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 카메라로 캡춰한 영상이메지를 색도 데이터로 변경하고 동일한 값을 갖는 영역을 연결하는 라벨링 처리를 행함으로써 이루어 진다. 따라서 콘베이어 속도가 빨라지면 색도인식능이 저하되는 것은 콘베이어 속도가 빨라질 수록 선별대상소재의 이미지가 점점 작아져 라벨링 처리가 원활하지 못하며 또한 조사되는 광량이 적어져 광량분포의 균일성이 저하되기 때문이다.

4.2. 스크랩 자동 선별효율 평가

스크랩 자동선별 시험은 먼저 콘베이어 속도 및 스크

랩 선별시스템의 선별조건을 결정한 후에 행하였다. 스크랩 선별시스템의 선별조건은 반응시간, 복귀시간 및 인접검출 등 3가지 항목으로 구성되며, 전보⁸⁾에서 기술한 선별시스템 운전 메인화면상에서 ms 단위로 임의로 입력을 하여 조정을 하면서 최적의 조건을 도출하였다. 여기서 반응시간은 카메라에서 스크랩표면색을 인식하여 에어노즐을 분사할 때 까지의 시간을 의미하며 복귀시간은 분사 후 다음 분사동작까지의 시간을, 인접검출은 연속하여 이송되어 오는 스크랩이 동일한 재질인 경우 한 몸체로 인식되는 시간을 의미한다. 즉, 스크랩이 한 순간도 지연됨이 없이 연속적으로 검출될 때 다음 검출시에 어느정도 시간까지를 하나의 물체로 인식하는가를 나타낸다. 예로써 인접검출시간이 100 ms인 경우 첫번째 검출 후 두번째 검출까지의 시간이 100 ms이내

에 검출하였다면 이는 하나의 물체로 인식하여 분사를 행한 후 분사동작을 중단하지 않고 계속 분사를 하는 상태로 있게 되는 것을 의미한다. 자동선별시 컨베이어 속도는 25 m/min로 일정하게 하여 컨베이어상에 스크랩을 투입하였으며 예비선별 시험을 행한 결과 도출된 최적의 반응시간이 2500 ms, 복귀시간이 150 ms, 인접 검출은 100 ms이었다.

스크랩 자동선별시험은 철스크랩, Cu스크랩, 그리고 철스크랩에 Cu스크랩을 일정한 비율로 혼합한 혼합스크랩 등 3개 그룹의 시편을 준비하고 그룹별로 색도인식 및 선별시험을 하였다. 혼합스크랩은 5~6cm인 크기의 철스크랩 100개와 50개의 Cu스크랩을 2:1로 혼합하여 총 150개의 스크랩으로 시험하였다. 선별시험은 스크랩 시편을 Fig. 2의 컨베이어상에 형성된 자동정렬기에 투입하면 컨베이어의 폭 방향으로 자동정렬기가 왕복운동을 하면서 인식하기 용이하도록 컨베이어 상에 균등히 스크랩을 자동으로 배치시킨다. 컨베이어상에 배치된 스크랩은 광원과 카메라가 설치된 폐쇄된 측정공간을 지나치는 과정에서 라인카메라로 스크랩의 이미지를 캡처하고 이미지를 칼라데이터로 전환하여 연산처리하여 분석하게 되며, Cu 스크랩인 경우 에어노즐을 분사하여 이젝팅하게 된다. 선별효율의 산출은 선별 후 투입된 철스크랩에 몇개의 Cu스크랩이 혼합되는 지를 계수하여 산출하였다. Table 1에는 도출된 시험조건 하에서 스크랩 그룹별로 자동선별을 행한 결과를 나타낸다. Table에서 보는 바와 같이 그룹별로 인식효율은 모두 94%이상으로 매우 높게 나타났으나 선별효율은 80%로 상대적으로 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 결과는 인식성능은 매우 우수하나 에어노즐시스템의 특성상 스크랩을 이젝팅하는 능력에 한계가 있음을 의미한다. 즉, 금속스크랩의 컨베이어벨트 표면과의 마찰력이 커 에어노즐이 정확히 스크랩을 향하여 분사를 하지만 분사력에 한계가 있어 15 Kg/cm²이상으로 분사력을 크게 하더라도 이젝팅이 안되는 경우가 발생하여 선별효율을

저하시키는 요인임을 확인하였다. 선별효율을 보다 향상시키기 위해서는 향후 이젝팅 시스템의 개선이 필요할 것으로 판단되었다.

5. 결 론

본 연구는 색도인식을 이용한 스크랩의 선별처리 속도를 높이기 위하여 이미지 캡처를 기존의 에어리어 카메라를 라인스캔 카메라로 대체하고 컨베이어 고속화에 대응한 고주파 광원시스템을 도입한 스크랩 선별시스템을 제작하여 그 성능을 시험하였다.

고주파 광원시험결과, 광량 및 소비전력 측면에서 인버터의 주파수를 20~27KHz로 하여 광을 조사하는 것이 최적임을 알 수 있었으며, 또한 최적의 고주파 광원 하에서 라인스캔 카메라를 통하여 획득한 이미지는 RGB 광분포가 균일하여 라인스캔 카메라를 이용한 스크랩 선별처리의 고속화가 가능함을 확인하였다. 스크랩 선별효율 평가결과, 스크랩 이송속도가 25 m/min.에서 90% 이상의 인식효율과 약 80%이상의 선별효율을 나타내었으며 향후 고정도의 이젝팅 시스템이 구현된다면 자동차 슈레더 업체, 재활용업체 및 전기로 제강 업체 등으로의 산업적으로 적용가능성이 매우 높은 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부에서 추진하는 중점기술개발 사업의 일환으로 연구가 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. C. Boukouvalas, F. D. Natale, G. D. Toni, et al., 1998 : *Automatic system for surface inspection and sorting of tiles*, J. Mater. Proc. Tech., **82**, pp. 179-188.
2. D. Wang, J. Zou, and Y. Yang, 1996 : *Agricultural produce grading and sorting system using color CCD and color identification algorithm*, Proceedings of SPIE, **2899**, pp. 637-645.
3. D. Lee and R. S. Anbalagan, 1995 : *High-speed automated color sorting vision system*, Proceedings of SPIE, **2622**, pp. 573-579.
4. F. Pla, J. M. Sanchiz, and J. S. Sanchez, 2001 : *An integral automation of industrial fruit and vegetable sorting by machine vision*, IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, **2**, pp. 541-546.

Table 1. Recognition and separation efficiency for various samples

Samples	Recognition efficiency (%)	Separating efficiency (%)
Shreddered Fe scrap	96	-
Cu scrap	94	-
Shreddered Fe scrap + Cu scrap	90	80

5. J. M. Oestreich, W. K. Tolley, and D. A. Rice, 1995 : *The development of color sensor system to measure mineral composition*, Mineral Eng., 8(1/2), pp. 31-39.

6. A. M. Sabatani, V. Genovese, E. Guglielmelli, et al. : A Low-cost, composite sensor array combining ultrasonic and infrared proximity sensors, IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, 3, pp. 120-126.

7. J. E. Gebhardt, W. K. Tolley, and J. H. Ahn, 1993 : *Color measurements of minerals and mineralized froths*, Miner. Metall. Process., May, pp. 96-99.

8. 김찬욱, 김행구, 2006 : *머신비전 시스템을 이용한 스크랩 자동선별연구*, 자원리사이클링, 15(6), pp. 3-9.

金 燦 旭

- 1981년 한양대학교 금속공학과 학사
- 1993년 일본 동경대학교 금속공학 박사
- 현재 포항산업과학연구원 책임연구원

金 倅 久

- 1981년 한양대학교 금속공학과 학사
- 1994년 The University of Utah 금속공학 박사
- 현재 The University of Utah, 부교수

《광 고》 본學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다.

- * EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, 價格 : 20,000원
(The 2th International Symposium on East Asian Recycling Technology)
- * 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, 價格 : 15,000원
- * 학회지 합본집 I, II, III, IV, V, VI 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원)
(I : 통권 제1호~제10호, II : 통권 제11호~제20호, III : 통권 제21호~제30호, IV : 통권 제31~제40호, V : 통권 제41호~제50호, VI : 통권 제51호~제60호)
- * 한 · 일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽, 價格 : 30,000원
- * 한 · 미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽, 價格 : 15,000원
- * 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽, 價格 : 18,000원
- * '97 미주 자원재활용기술실태조사(1997년) 107쪽, 價格 : 15,000원
- * 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽, 價格 : 22,000원, 발행처-文知社
- * EARTH 2001 Proceeding (2001) 788쪽, 價格 : 100,000원
(The 6th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology)
- * 오재현의 자동차 리사이클링기행(2003년 2월) 312쪽, 價格 : 20,000원, 발행처-MJ미디어
- * 리사이클링백서(자원재활용백서, 1999년) 440쪽, 價格 : 15,000원, 발행처-文知社
- * 리사이클링백서(자원재활용백서, 2004년), 578쪽, 價格 : 27,000원, 발행처-淸文閣