

철강공정 슬라브번호 자동인식 시스템 개발

이종학* · 박상국** · 이문락***

*POSCO 기술연구소, **위덕대학교 컴퓨터공학과, ***(주)엠티케이

Development of recognition system of a slab number in the steel production line

Jong-hak Lee* · Sang-gug Park** · Moon-rak Lee***

*Technical Research Institute of POSCO, **Dep. of Computer Engineering in Uiduk University, ***MTK Co. Ltd.

E-mail : *jhak@posco.co.kr · **sanggug@mail.uiduk.ac.kr · ***moonrak@mt-korea.com

요 약

철강공정 중에서 고로에서 용융된 쇳물은 연주공정을 거쳐 슬라브(slab) 재질로 변한 후 다음 공정인 열연공정으로 이동하게 된다. 본 논문은 슬라브 재질의 단면에 마킹된 소재관리번호를 슬라브가 열연공정으로 이동하기 전에 철강공정 상에서 실시간으로 인식하기 위한 인식시스템 개발에 관한 연구다. 이를 위해 획득한 슬라브의 단면 영상에 대해 전처리 필터를 적용하여 노이즈를 제거시킨 그레이레벨 영상에 대해 대략적인 번호영역을 추출한 후, 개별 번호영역을 추출하여 최종으로 소재의 관리번호를 추출하는 방법을 사용한다. 그리고 슬라브의 소재 관리번호 추출을 위해 KL-변환(Karhunen-Loeve transform) 알고리즘을 사용한다. 개발된 슬라브번호 인식 시스템을 사용하여 실제로 공정 상에서 획득한 슬라브 단면 영상데이터에 대해 적용해본 결과 약 94%의 인식률을 가졌다.

ABSTRACT

In the steel production line, the molten metal of a furnace is transformed into slab material and then move to the hot strip line, This paper describe about the real time recognition system of material management number, which is marked at the surface of a slab in the steel production line. This recognition processing should be performed before the slab is moved to the hot strip line. This system include following recognition steps. First, we remove noise from the captured slab image by use pre-filter. Second, we extract rough area, which is include slab number and then, we extract individual number area. Finally, we recognize material management number by use KLT(Karhunen-Loeve transform) algorithm. We applied our system to the real slave image, which was captured in the process line. In the results, we recognized slave number to the 94% accuracy.

키워드

Character recognition, Slave number, KLT, Material management number

1. 서 론

문자인식은 패턴인식의 한 분야로서, 눈을 통하여 얻은 시각정보를 바탕으로 문자를 인식하고 이로부터 그 의미를 이해하는 사람의 인지능력을 컴퓨터로 실현하려는 의도로서 1970년대 이후부터 활발한 연구가 진행되어 오고 있다.[1] 문자인식은

대상에 따라서 인쇄체 문자인식과 필기체 문자인식으로 분류될 수 있다. 인쇄체 문자인식은 기계에 의해서 인쇄된 문자를 인식 대상으로 하는 것으로, 발생할 수 있는 문자의 변형이 적고 어느 정도 예측이 가능하기 때문에 인식기술의 개발에 있어서 많은 진전을 보이고있으며 최근들어 상품화된 시

시스템이 등장하는 추세다. 반면에 필기체 문자인식은 사람에 의해 필기된 문자를 인식대상으로 하므로 필기자에 따라 다양한 필체가 존재한다. 이 때문에 문자의 변형형태를 예측할 수 없으므로 이러한 변형을 잘 흡수할 수 있는 효과적인 인식시스템의 설계가 현재 이 분야에서 가장 큰 과제중의 하나이다.

철강공정 중 고로에서 용융된 쇳물은 연주공정을 거쳐 슬라브(slab) 재질로 변환 후 다음 공정인 열연공정을 거쳐 냉연공정으로 이동하게 된다. 이 과정에서 슬라브의 재질과 용도에 따라서 다음공정에서의 후처리 작업 공정이 달라지게 된다. 이런 목적으로 슬라브를 제조공정별로 분류하기 위해 연주공정을 거쳐 나오는 슬라브의 단면에 번호(소재관리번호)를 마킹 시킨다. 그리고 다음공정인 열연공정의 가열로 입측에서는 마킹된 슬라브 번호를 인식하여 수요자가 요구하는 사양으로 열간 압연을 한 다음 수요자나 다음공정인 냉연공정으로 전달된다. 현재 대부분의 지역 철강회사의 철강공정에서는 슬라브 번호 인식은 작업자에 의해 육안으로 식별되어지고 있는 실정이다. 이 공정에서는 하루 평균 약 700개의 슬라브가 가열로로 투입되어 열간압연 공정을 거치게 되는데, 이 경우 작업자가 반복해서 육안에 의존하여 식별함으로 인해 작업자의 피로가 누적되고 또한 이와 같은 반복 작업은 작업자에 의한 오작업의 가능성을 내재하고 있어 이로 인해 슬라브 번호의 인식에 오류가 발생하곤 한다. 이 경우 소재 관리번호의 오 인식으로 인해 수요자가 바뀌거나 혹은 자동차용 소재가 가스통 소재로 오 인식되어 소재의 용도가 바뀔 수 있는 위험한 결과를 초래할 수 있다. 또한 이러한 일련의 작업들을 수작업에 의존함에 따라 열연 전, 후 공정에서 슬라브 제품에 대한 이력관리가 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 슬라브 재질의 단면에 마킹된 소재관리번호를 슬라브가 열연공정으로 이동하기 전에 철강공정 상에서 실시간으로 인식하기 위한 인식시스템 개발에 관해 연구 했다. 이를 위해 획득한 슬라브의 단면 영상에 대해 전처리 필터를 적용하여 노이즈를 제거시킨 그레이레벨 영상에 대해 대략적인 번호영역을 추출한 후, 개별 번호영역을 추출하여 최종으로 소재의 관리번호를 추출하는 방법을 사용한다. 그리고 슬라브의 소재 관리번호 추출을 위해 KL-변환(Karhunen-Loeve transform) 알고리즘을 사용한다.[2][3] 개발된 슬라브번호 인식 시스템을 사용하여 실제로 공정 상에서 획득한 슬라브 단면 영상 데이터에 대해 적용해본 결과 약 94%의 인식률을 가졌다.

II. K-L 변환

KL(Karhunen-Loeve Transform)에 의한 인식 방법은 입력 데이터의 이차적 통계치(variance) 사

용하는 방법으로 입력 데이터를 서로 상관성이 없는 성질의 데이터로 변환하는 방법이다. 입력 데이터 x 를 N 차원을 갖는 random vector라고 할 때 그의 평균벡터(mean vector)값 m_x 와 공분산 행렬(covariance matrix) C_x 는 다음 식과 같이 구한다.

$$m_x = E[x] \quad (1)$$

$$C_x = E[(x - m_x)(x - m_x)^T] \quad (2)$$

C_x 는 실수값을 갖는 대칭행렬이기 때문에 항상 N 개의 양의 값을 갖는 특성값(eigen value)과 특성벡터(eigen vector)가 존재한다. $\lambda(i)$ ($i = 1, 2, \dots, N$)을 C_x 의 특성 값이라 하고, $e(i)$ 를 정규화된 특성 벡터라고 하면, C_x 는 대칭성을 갖고 있기 때문에 특성 벡터는 Orthonormal 한 특성을 갖고 이는 $\lambda(i) > \lambda(i+1)$ 인 크기 순으로 나열된다. 이때 첫 번째 열(column)을 가장 큰 특성 값에 해당하는 특성벡터를 갖고 마지막 열을 가장 작은 특성값에 해당하는 특성벡터를 갖는 행렬을 특성벡터행렬 E 라고 하면 이는 식 (3)과 같다. 그리고 입력벡터 x 를 y 로 변환시키는 행렬을 E^T 라 하면 이는 식 (4)와 같은 관계를 가진다.

$$E = [e_1 e_2 \dots e_N] \quad (3)$$

$$y = E^T(x - m_x) \quad (4)$$

이때 변환된 벡터 y 를 K-L변환이라하고 E^T 를 K-L변환 행렬이라 한다. 이때 변환된 새로운 random vector y 는 다음과 같은 성질을 갖는다.

$$m_y = E[y] = E^T(E[x] - m_x) = 0 \quad (5)$$

$$C_y = E[(y - m_y)(y - m_y)^T] = E^T C_x E = [a_{ij}] \quad (6)$$

here, $ij = 1, 2, \dots, N$

$$a_{ij} = \begin{cases} \lambda_i & \text{for } i=j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

따라서 KLT 변환을 거친 y 벡터 요소들은 서로 상관성이 없게 된다.(uncorrelated) 일반적으로 입력 벡터의 크기가 N 일 경우 KLT 변환된 y 벡터의 특성 벡터의 크기 또한 N 이 된다. 이 때 N 개의 특성 벡터 중에서 끝 부분의 일부를 잘라 내고 남은 M 개의 특성 벡터로 KLT 변환을 수행할 경우 다음 관계가 성립한다.

$$y_p = E_p^T(x - m_x) \quad (7)$$

$$E_p = [e_1 e_2 \dots e_M], \quad M < N \quad (8)$$

또한 역 변환은 식 (9)로 표현된다.

$$x_p = E_p y_p + m_x \quad (9)$$

이 때, 역 변환된 벡터 x_p 와 원래 입력벡터 x 의 복구 에러는 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \epsilon &= \|x - x_p\|^2 \\ &= \|x - m_x\|^2 - \|y_p\|^2 \end{aligned} \quad (10)$$

식 (10)에서 복구 에러를 구할 때 역 변환 벡터를 별도로 구할 필요가 없음을 알 수 있다. 또한 KLT의 중요한 성질 중의 하나로 $N \times M$ 행렬 변환에 의한 평균 복구 에러가 어떠한 변환 방식보다도 적다는 점이다.

III. 소재번호 인식 시스템

슬라브 단면에 마킹된 소재번호 인식을 위한 인식시스템의 단계별 순서를 그림 1에 나타냈다.

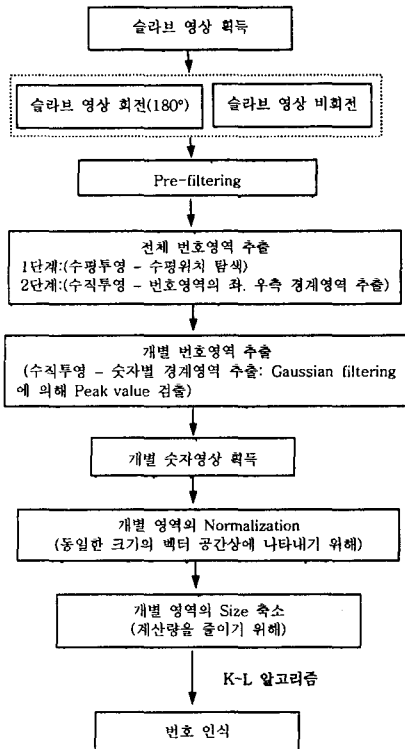


그림 1. 번호인식 순서도

그림에서 획득한 슬라브 영상에 대해서 180°회전을 시키는 이유는 작업공정 상에서 슬라브 재질

이 뒤집혀있는 경우가 발생하기 때문이다. 따라서 영상추출 초기단계에서는 슬라브의 현 상태를 알 수 없기 때문에 획득된 영상에 대해 회전시킨 영상과 회전시키지 않은 영상에 대해 각각 번호인식 알고리즘을 적용한다. 다음으로 인식된 결과를 비교하여 상대적으로 정확도가 높은 영상데이터만을 취하고 그렇지 않은 영상정보를 버리게 된다. 실제로 슬라브 단면에 마킹되는 소재번호는 기계를 사용해 마킹하는 경우와 사람의 수작업에 의해서 마킹되는 경우로 분류된다. 또한 슬라브 번호가 마킹되는 슬라브의 단면이 편평하지 않고 굴곡이 발생한 경우와 마킹에 사용된 페인트의 일부가 탈락되어 오인식을 유발하는 경우가 발생된다. 본 연구에서 사용한 K-L 변환 알고리즘은 카메라로부터 획득한 그레이(gray)영상을 그대로 사용하기 때문에 글자의 일부가 탈락된 경우에도 인식률을 높일 수 있다.

IV. 실험 및 고찰

실험에 사용된 슬라브 영상의 실제 모습을 그림 2에 나타냈다. 그리고 K-L변환 알고리즘 적용을 위해 인식 대상이 되는 개별 숫자영상을 표집하여 숫자영상에 대한 통계적인 특성 분석과 이를 토대로한 인식기의 사전학습과정이 필요하다. 그림 3에 본 논문에서 인식기 학습을 위해 표집한 번호2에 대한 숫자영상을 나타냈다.

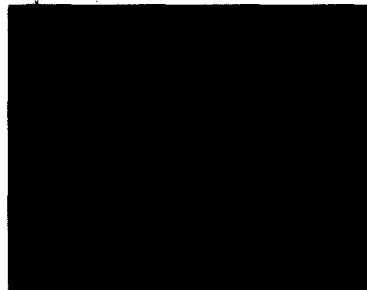


그림 2. 슬라브 영상 사진

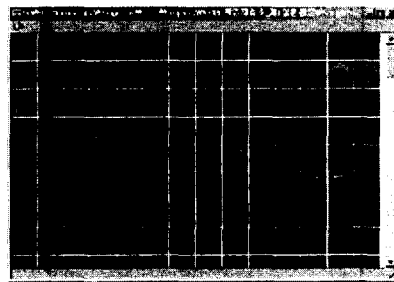


그림 3. 표집한 숫자영상의 예

획득한 슬라브 영상에 대해 소재번호 영역의 대략적인 위치를 추출하기 위해 수평방향과 수직방향으로 투영 프로파일을 구한다. 이때 구해진 프로파일에 대해 적절한 문턱치를 적용하여 문턱치를 넘어선 프로파일 중에서 최대의 폭을 가지는 영역을 취하면 찾고자 하는 소재번호의 수평, 수직 영역이 된다. 그림 4는 수평투영을 해서 얻어진 영상에 대해 수직 투영한 프로파일 나타낸다. 그림 5는 수직, 수평투영을 통해서 대략적으로 찾은 번호영상의 영역을 나타낸다. 그림 6은 그림 5의 영상에 대해 개별 숫자영역을 추출하기 위한 수직투영 프로파일을 나타낸다. 그림 7은 그림 6의 과정에 의해 추출한 개별 숫자영상을 나타낸다. 그리고 그림 8에 실제로 개발한 슬라브번호 자동인식 시스템의 모니터 화면을 나타냈다.

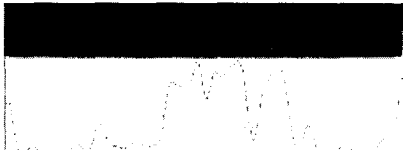


그림 4. 수직투영한 영상의 프로파일



그림 5. 대략적으로 찾은 번호영상 영역

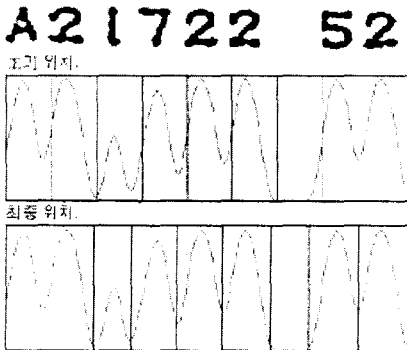


그림 6. 개별숫자 영역추출을 위한 투영



그림 7. 추출한 개별 숫자영상

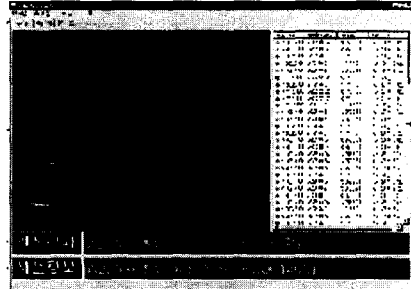


그림 8. 번호인식 시스템의 모니터 화면

개발된 인식 시스템의 인식능력을 측정하기 위해서 2000개의 슬라브 영상에 대해서 인식실험을 했다. 실험결과 120개(6%)의 영상이 오 인식으로 나타났고, 그 중에서 80개(4%)는 문자의 훼손정도가 심해서 육안으로도 식별이 곤란한 경우였다. 그리고 120개 중에서 80개를 제외한 나머지 40개(2%)는 사람의 육안으로는 식별이 되지만 소재번호가 마킹된 슬라브 재질의 표면에 굴곡이 심해서 추출이 곤란한 경우로 판명되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 슬라브 재질의 단면에 마킹된 소재관리번호를 슬라브가 열연공정으로 이동하기 전에 철강공정 상에서 실시간으로 인식하기 위한 인식시스템 개발에 관해 연구했다. 개발된 슬라브번호 인식 시스템을 사용하여 실제로 공정 상에서 획득한 슬라브 단면 영상데이터에 대해 적용해본 결과 약 94%의 인식률을 가졌고, 그 중에서 사람의 육안으로도 구별이 불가능한 영상을 제외시키면 약 98%의 인식률을 가졌다. 개발된 시스템에 대해서 현재 현장적용을 위한 연구를 진행중이다.

참고 문헌

- [1] J.H. Jang, Two-stage Recognition of Freight Train ID Number under Outdoor Environment, Proc. ICDAR, 1995.
- [2] K. Fukunaga, Warren L.G. Koontz, "Application of the Karhunen-Loeve expansion to feature selection and ordering," IEEE trans. on computers, Vol. C-19, No. 4, pp311-318, 1970.
- [3] S. Watanabe, "Karhunen-Loeve expansion and factor analysis theoretical remarks and applications," Proc. 4th Prague Conf. Inform. Theory, 1965.