

슬라브 영상에 포함된 문자영상의 인식을 위한 비전시스템의 개발

(Development of vision system for the recognition of character image which was included at the slab image)

박 상 국*
(Sang-Gug Park)

요 약 철강공정에서 소재에 대한 관리를 위해 소재의 전면에 소재 관리문자를 마킹한다. 본 논문은 철강 연주공정에서 생산되는 슬라브 소재 영상에 포함된 소재 관리문자를 실시간으로 인식하기 위한 비전 시스템 개발 결과에 대해 기술한다. 문자인식용 비전시스템은 영상획득을 위한 카메라 시스템, 영상을 장거리로 고속 전송하기 위한 광 전송시스템, 기존 제어시스템과의 인터페이스를 위한 입.출력 시스템 및 인식결과를 모니터링 하기위한 모니터링 시스템으로 구성된다. 개발된 문자인식용 비전시스템을 실제 철강 연주공정에 설치하여 운용테스트를 실시했다. 테스트를 통해 시스템의 내구성과 신뢰성을 검증하고 최종적으로 문자 인식률을 검증했다. 개발된 시스템에 대해 문자인식 테스트 결과 약 97.4%의 인식률을 가졌다.

핵심주제어 : 비전시스템, 문자인식, 인쇄체 문자, 슬라브 영상, 영상처리, KL변환

Abstract In the steel & iron processing line, some characters are marked for the material management in the surface of material. This paper describes about the developed results of vision system for the recognition of material management characters, which was included in the slab image. Our vision system for the character recognition includes that CCD camera system which acquire slab image, optical transmission system which transmit captured image to the long distance, input and output system for the interface with existing system and monitoring system for the checking of recognition results. We have installed our vision system at the continuous casting line and tested. Also, we have performed inspection of durability, reliability and recognition rate. Through the testing, we have confirmed that our system have high recognition rate, 97.4%.

Key Words : Vision system, character recognition, printed font, slab image, image processing, KL transform

1. 서 론

문자인식은 패턴인식의 한 분야로서, 눈을 통하여 얻은 시각정보를 바탕으로 문자를 인식하고 이로부터 그 의미를 이해하는 사람의 인지능력을 컴

퓨터로 실현하려는 의도로서 수십 년 전 부터부터 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

* 위덕대학교 컴퓨터공학과

많은 진전을 보이고 있으며 꾸준히 상품화된 시스템이 등장하고 있는 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 다음 공정에서의 후처리 작업 공정이 달라진다. 이런 목적으로 슬라브를 제조공정별로 분류하기 위해 연주공정을 거쳐 나오는 슬라브의 단면에 소재 관리문자를 마킹 시킨다. 그리고 다음공정인 열연공정의 가열로 입측에서는 마킹된 슬라브 문자를 인식하여 수요자가 요구하는 사양으로 열간 압연을 한 다음 수요자나 다음공정인 냉연공정으로 전달된다. 현재 대부분의 지역 철강회사의 철강공정에서는 슬라브 문자 인식은 작업자에 의해 육안으로 식별되어지고 있는 실정이다. 이 공정에서는 하루 평균 약 700개의 슬라브가 가열로로 투입되어 열간압연공정을 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 문자의 인식에 오류가 발생하곤 한다. 이 경우 소재 관리문자의 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.

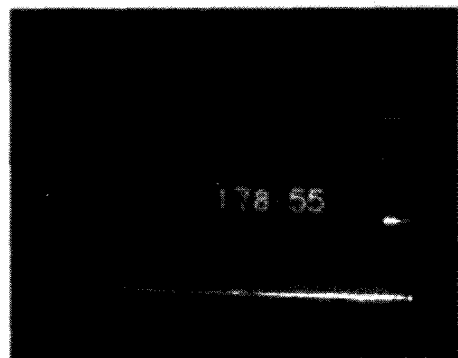
본 논문에서는 철강 연주공정에서 생산되는 슬라브 소재 영상에 포함된 소재 관리문자를 실시간으로 인식하기 위한 비전시스템 개발 결과에 대해 기술한다. 문자인식용 비전시스템은 영상획득을 위한 카메라 시스템, 영상을 장거리로 고속 전송하기 위한 광 전송시스템, 기존 제어시스템과의 인터페이스를 위한 입,출력 시스템 및 인식결과를 모니터

링 하기위한 모니터링 시스템으로 구성된다. 개발된 문자인식용 비전시스템을 실제 철강 연주공정에 설치하여 운용테스트를 실시했다. 테스트를 통해 시스템의 내구성과 신뢰성을 검증하고 최종적으로 문자 인식률을 검증했다. 개발된 시스템에 대해 문자인식 테스트 결과 약 97.4%의 인식률을 가졌다.

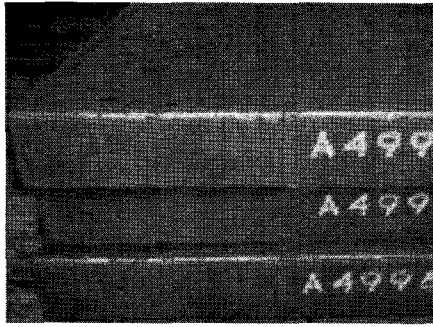
II. 문자인식

인식 대상체인 슬라브 소재의 소재 관리문자는 인쇄체이다. 본 논문에서는 인쇄체 문자에 대해서 높은 인식률과 인식 속도를 가지는 문자인식 알고리즘으로는 N-차원의 입력패턴 공간으로부터 이보다 적은 M-차원의 특징공간으로 차원을 축소시키는 KL(Karhunen-Loeve) 변환 방법을 적용했다.[2][3] KL변환에 의한 인식방법은 입력 데이터의 이차적 통계치를 사용하는 방법으로 입력 데이터를 서로 상관성이 없는 성질의 데이터로 변환하는 방법이다.[4] 그림 1은 본 논문에서 인식 대상으로 하고 있는 소재 관리문자를 포함하고 있는 철강 슬라브 소재에 대한 단면영상에 대한 사진으로서, 온라인 공정 라인에 있는 소재에 대한 영상을 나타낸다. 그림 2는 연주공정을 거쳐 나온 슬라브 소재가 다음공정 대기를 위해서 야드에 적치되어 있는 사진을 나타낸다.

그림 1과 그림 2에서 보는 바와 같이 소재 관리 문자에 대한 문자 개수는 소재의 종류와 작업 공정 라인에 따라 각각 다르다.

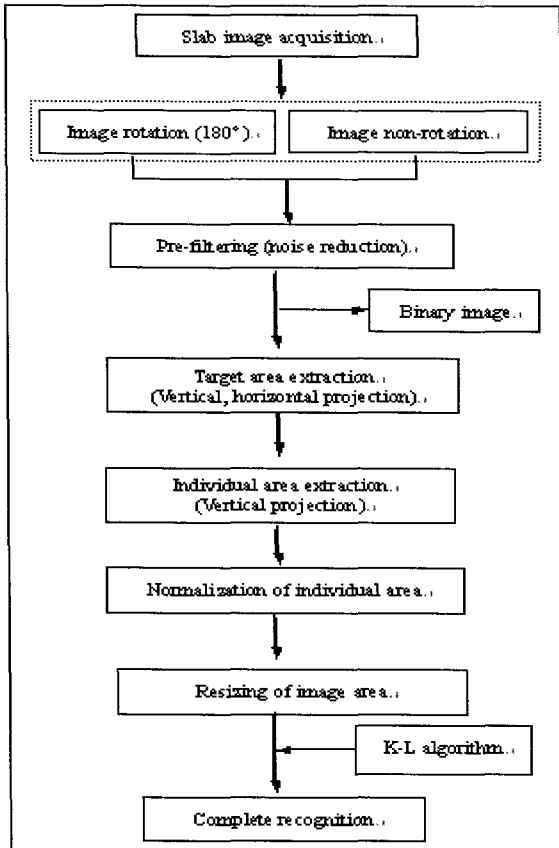


<그림 1> 공정 라인에 있는 슬라브 소재 단면영상



<그림 2> 야드에 적치된 슬라브 소재 단면영상

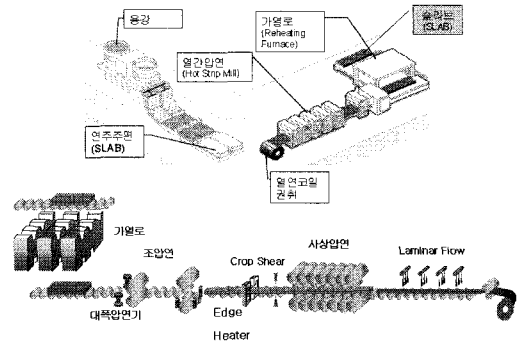
그림 3은 KL변환을 적용한 문자인식 알고리즘에 대한 순서도를 나타낸다.[4] 1단계로 먼저 카메라를 통해서 인식 대상체에 대한 단면영상을 획득한다. 2단계에서는 획득한 영상에 대해 검색영역을 줄이기 위해 관심영역만을 추출한다. 3단계에서는 추출된 영역에 대해서 배경잡음과 같은 주변 잡음을 제거시킨다.



<그림 3> 문자인식 알고리즘

III. 문자인식용 시스템 개발

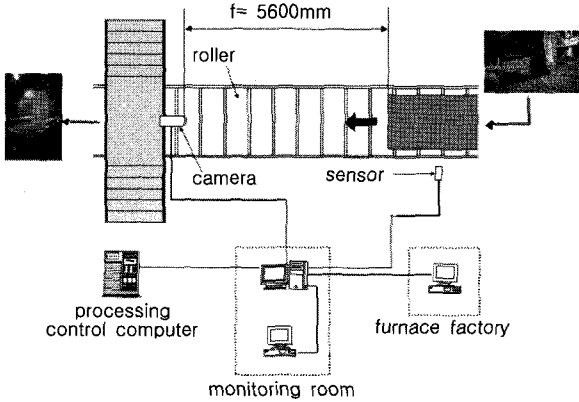
철강 제조공정의 초기 단계로서 고로에 담겨진 쇳물은 연주공정을 거치면서 연주주편으로 바뀐다. 연주주편은 슬라브나 브룸(bloom)소재가 되어 다음공정으로 이송된다. 그림 4는 철강제조 공정에 대한 공정 개략도를 나타낸다. 현재 실험을 대상으로 하는 철강공정은 연주공정에서 만들어진 소재가 다음 공정으로 이송되기 전에 야드에 일정기간 적치된다. 이 때문에 적치된 소재가 다음 공정으로 이동하기 전에 냉각된 소재를 재가열하는 단계를 거친다. 본 논문에서 적용하고자 하는 비전 시스템은 냉각된 소재가 가열로로 재투입되기 직전에 소재 단면에 마킹된 소재 관리문자를 실시간으로 인식하고자 함이다.



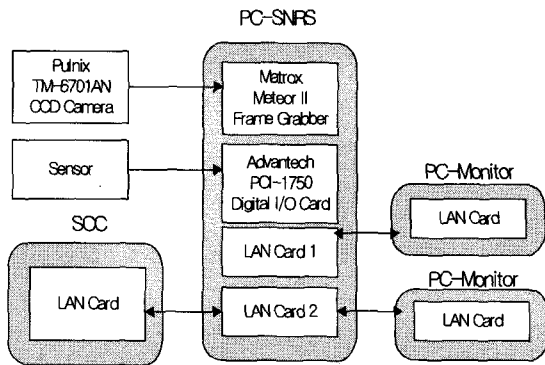
<그림 4> 철강 제조공정에 대한 개략도

그림 5는 현장에 설치하는 문자 인식용 비전 시스템에 대한 현장 설치도를 나타낸다. 공정에서 이동 중인 슬라브의 단면을 획득하기 위한 CCD 카메라의 초점거리는 약 4~5 m로 설정했다. 또한 슬라브가 원하는 위치에 도달했음을 메인 컴퓨터로 알려주기 위해 초음파 위치감지 센서를 적용한다. 실제로 제철공정에 설치되는 비전 시스템과 기존 시스템과의 연결도는 개발된 시스템을 적용하고자 하는 제철공정 라인과 밀접한 관계를 가지고 있다. 그림 5에서 공정제어컴퓨터(processing control computer)는 현재 작업 예정인 소재에 대한 소재 관리문자 정보를 문자 인식용 비전시스템으로 전송해주는 역할을 한다. 그리고 모니터링 컴퓨터(monoring PC)는 현재 인식 중인 소재에 대한 문자인식 결과 정보를 작업자가 별도로 모니터

링 할 수 있게 하기 위함이다. 그림 6은 비전시스템의 메인 신호처리용부(PC-SNRS)와 주변 시스템과의 인터페이스 신호에 대한 연결도를 나타낸다.



<그림 5> 비전 시스템의 현장 설치도



<그림 6> 인터페이스부 연결도

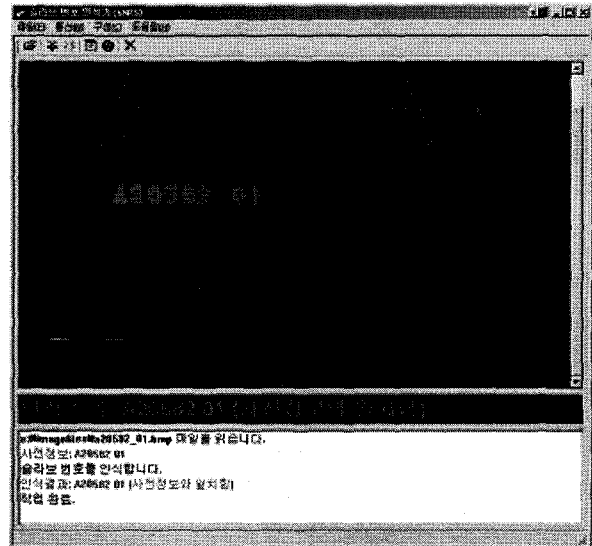
표 1은 그림 6에 도시한 인터페이스부에 대한 각각의 기능을 나타낸다. 그림 7은 윈도우 기반에서 개발한 문자인식용 소프트웨어 화면이다.

화면에 보이는 “사전정보와 일치함”의 출력정보는 본 논문의 비전 시스템을 이용해서 인식한 문자정보가 공정제어컴퓨터인 SCC로부터 보내지는 소재 관리문자 정보와 일치할 경우에 모니터로 출력하는 정보이다.

그림 8은 테스트를 위해 실제로 현장에 설치한 비전시스템을 상부에서 찍은 사진영상이다. 실제로 제철 공장은 열간 가공으로 인해 측정 시스템의 주변이 고온이고 또한 분진이 많기 때문에 실험실

<표 1> 인터페이스부 보드에 대한 개별 기능

구설요소	기능	
PC-SNRS	슬라브 번호 영상의 인식을 담당하는 컴퓨터. SCC로부터 사전정보를 받고, 센서로부터 슬라브가 들어왔다는 신호를 받으면 슬라브 번호 영상을 획득하여 인식을 수행한다. 그런 후, 인식 결과를 사전정보와 비교하여 최종 판단을 내리고, 슬라브 영상 및 판단 결과를 PC-Monitor로 보낸다.	
PC-Monitor	슬라브 번호 영상 및 인식 결과를 작업자에게 보여주는 컴퓨터. PC-SNRS로부터 슬라브 번호 영상과 인식 결과를 받아 화면에 표시하며, 인식 결과는 SCC로 전송한다. 부가적으로 슬라브 번호 영상과 인식 결과의 저장, 검색 및 인쇄 기능을 가지고 있다.	
SCC	인식할 슬라브 번호에 대한 사전정보를 제공하는 컴퓨터. 전산실에 있으며 POSCO로부터 제공된다. 슬라브가 롤러 위에 올라지면, 슬라브 번호에 대한 사전정보를 PC-SNRS로 전송한다.	
CCD Camera	슬라브 전면에 인쇄되어 있는 번호의 영상을 획득하는데 사용.	
	모델명	Pulnix TM-6701AN
Frame Grabber	CCD Camera로부터 받은 아날로그 영상 신호를 디지털 영상 신호로 바꾸는데 사용되는 보드. PC-SNRS에 설치되어 있다. 자세한 사항은 부록 참조.	
	모델명	Matrox Meteor-II
Sensor	슬라브가 지정된 위치를 통과했는지를 검사하는 센서. POSCO로부터 제공된다.	
Digital I/O Board	Sensor가 보내는 신호를 받는데 사용되는 보드. PC-SNRS에 설치되어 있다. 자세한 사항은 부록 참조.	
	모델명	Advantech PCI-1750



<그림 7> 문자인식용 소프트웨어 화면

환경에 비해 상당히 열악한 조건이다. 따라서 영상을 획득하기 위한 카메라 하우징부는 이러한 환경

을 건딜 수 있도록 설계했다.



<그림 8> 현장에 설치한 비전시스템

IV. 결과 및 고찰

본 논문의 연구를 통해 개발한 비전시스템을 이용해 열연 슬라브 공정에서 인식 테스트를 했다. 그림 9는 테스트 기간 중에 공정라인에서 문자인식을 대상으로 하는 슬라브 소재에 대한 관리문자의 글자체를 분류한 결과이다. 전체 100% 중에서 기계를 이용한 표준 인쇄체(standard)가 70%, 기존의 문자에 다시 재차 마킹한 재마킹(remarking)이 20% 그리고 기계를 이용한 인쇄체 마킹이 아니고 작업자가 직접 손으로 쓴 수마킹(handwritten)이 10%였다. 따라서 개발한 비전시스템의 인식을 검증에서는 재마킹과 수마킹의 경우는 제외시키고 정상적인 문자체인 경우에만 고려했다. 표 2는 개발한 비전시스템을 이용해 철강 슬라브 공정에서 실제로 인식실험을 한 결과를 나타낸다.

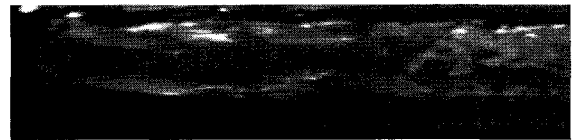
Marking type	Ratio	Slab image
Standard	70%	
Remarking	20%	
Handwritten	10%	

<그림 9> 인식대상 문자체의 유형별 분류

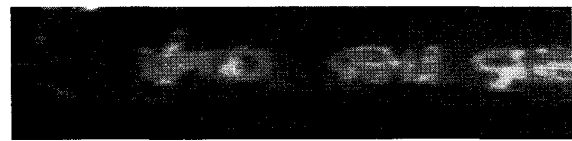
<표 2> 인식을 실험결과

Test result	State of slab	Numbers of slab	Recognition rate(%)
Success	Normal	1787	95.5
Fail	Different marking style	22	1.9
	Character damage	15	
	Normal	48	2.6
Total		1872	100

전체 1872개의 소재를 대상으로 실험한 결과 인식 성공이 1787개(95.5%), 인식 실패한 경우가 85개(4.5%)였다. 그러나 인식에 실패한 문자영상 85개에 대해서 문자체를 분석한 결과 문자의 글자체가 다른 경우가 22개 이고 문자를 마킹한 페인트가 흘러내려서 문자의 구별이 곤란한 경우가 15개였다. 그리고 정상적인 글자체 임에도 불구하고 인식에 실패한 경우는 인식에 실패한 85개 중에서 48개(2.6%)였다. 따라서 비정상적인 문자체의 경우를 제외하고, 정상적인 문자체 임에도 불구하고 인식에 실패한 경우만을 고려한다면 전체 1872개의 문자영상 중에서 인식 성공률은 97.4%였다. 그림 10은 인식에 실패한 문자영상의 한 예를 나타낸다.



(a)



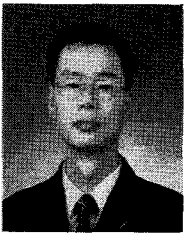
(b)

<그림 10> 인식에 실패한 영상의 한 예

그림 10의 (a)는 필기체 문자로서 육안 식별은 가능하지만 문자영상의 표면이 불규칙하여 자동인식에는 실패한 경우이다. 그림 10의 (b)는 인쇄체 문자위에 다시 작업자가 수기로 마킹하여 육안으로도 식별이 곤란한 영상이다.

참 고 문 헌

- [1] J. H. Jang, Two-stage Recognition of Freight Train ID Number under Outdoor Environment, Proc. ICDAR, pp115-121, 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, pp277-312, 1965.
- [4] 이종학, 박상국, 이문락, "철강공정 슬라브번호 자동인식 시스템 개발", 한국해양정보 통신학회 추계종합학술대회, Vol.7 No.2, pp 986-989, 2003.



박 상 국 (Sang-Gug Park)

- 정회원
- 1986년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1989년 3월 ~ 1993년 12월: 삼성전자(주) A/V 연구소
- 1994년 1월 ~ 2001년 2월: 포항산업과학연구원 (RIST)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 위덕대학교 컴퓨터공학부 조교수
- 관심분야 : 패턴인식, 정보처리, 모바일멀티미디어