

빌렛영상에 포함된 문자인식을 위한 비전시스템 개발

(Development of vision system for the character
recognition of the billet image)

박 상 국*
(Sang-Gug Park)

요 약 본 논문은 철강공장의 연주공정에서 만들어진 빌렛 소재의 관리를 위해 사용되는 소재 관리문자를 실시간으로 인식하기 위한 비전시스템 개발 결과에 대해 기술한다. 빌렛 재질의 단면에 마킹된 소재 관리문자는 소재가 다음 공정으로 이동하기 전에 공정상에서 실시간으로 인식된다. 문자인식용 비전시스템은 영상획득을 위한 카메라 시스템, 영상을 장거리로 고속 전송하기 위한 영상전송 시스템, 기존 시스템과의 인터페이스를 위한 입·출력 장치 및 문자인식용 소프트웨어로 구성된다. 개발된 비전시스템을 실제 철강 선제공정에 설치하여 운용테스트를 실시했다. 테스트를 통해 시스템의 내구성과 신뢰성을 검증하고 최종적으로 문자 인식률을 검증했다. 개발된 시스템에 대해 문자인식 테스트 결과 약 98.6%의 높은 인식률을 가졌다.

핵심주제어 : 빌렛소재, 비전시스템, 문자인식, CCD 카메라, 영상처리, SVM

Abstract This paper describes the developed results of vision system for the recognition of material management characters, which was included in the billet image. The material management characters, which was marked at the surface of billet, should be recognized before billet moves to the next process. Our vision system for the character recognition includes that CCD camera system which acquire billet image, optical transmission system which transmit captured image to the long distance, input and output system for the interface with existing system and software for the character recognition. We have installed our vision system at the wire rod line of steel & iron plant 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, 98.6%.

Key Words : Billet, vision system, character recognition, camera, image processing, SVM

1. 서 론

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

퓨터로 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

* 위덕대학교 컴퓨터공학부

많은 진전을 보이고 있으며 최근 들어 상품화된 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 빌렛(billet) 재질로 변환 후 다음 공정인 열연공정을 거쳐 냉연공정으로 이동하게 된다. 이 과정에서 빌렛의 재질과 용도에 따라서 다음공정에서의 후처리 작업 공정이 달라진다. 이런 목적으로 빌렛을 제조공정별로 분류하기 위해 연주공정을 거쳐 나오는 빌렛의 단면에 소재 관리문자를 마킹시킨다. 그리고 열연공정 전에 마킹된 빌렛 문자를 인식하여 수요자가 요구하는 사양으로 열간 압연을 한 다음, 다음 공정인 냉연공정으로 전달된다. 현재 대부분의 지역 철강회사의 철강공정에서는 빌렛 문자인식은 작업자에 의해 육안으로 식별되어지고 있는 실정이다. 이 공정에서는 하루 평균 약 600~700여개의 빌렛이 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 빌렛 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 빌렛 제품에 대한 이력관리가 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 철강 연주공정에서 생산되는 빌렛 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 모니터링 하기위한 모니터링 시스템으로 구성된다. 개발

된 비전시스템을 실제 철강 선제공정에 설치하여 운용테스트를 실시했다. 테스트를 통해 시스템의 내구성과 신뢰성을 검증하고 최종적으로 문자 인식률을 검증했다. 개발된 시스템에 대해 문자인식 테스트 결과 약 98.6%의 높은 인식률을 가졌다.

2. 문자인식 알고리즘

2.1 General SVM

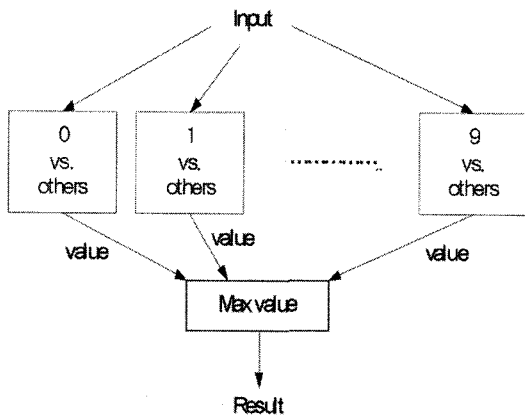
문자인식에서 필기체의 패턴인식 문제를 해결하기 위한 기법이 바로 SVM(support vector machine)이다. 패턴인식을 위한 기존의 방법[2]은 경험적인 위험(empirical risk)을 최소화하는데 기초한 반면, SVM 기법[3][4][5]은 구조적인 위험(structural risk)을 최소화하는 것에 기초하고 있다. 경험적 위험의 최소화 기법은 훈련 집단의 수행도를 최적화하려는 노력을 말하고 있으며, 구조적 위험의 최소화 기법은 고정되어 있지만 알려지지 않은 확률분포를 갖는 데이터에 대해 잘못 분류하는 확률을 최소화하는 것을 의미한다. SVM의 기본개념을 살펴보면 패턴 집단이 선형 시스템이고 분리 가능한 경우의 SVM은 +1과 -1의 두 클래스(class)로 패턴을 분류한다. 훈련(training)집단 S는 클래스를 두 개로 분류하면 각 클래스에 포함된 훈련 패턴들에 의해 초평면(Hyperplane)이 결정된다. 초평면을 결정하는 패턴을 Support vector라 한다. 또한 Support vector는 초평면으로부터 동일한 최소거리에 위치해 있다. 초평면은 각 집단을 분리하는 절단 평면을 의미한다. 즉 SVM은 두 집단 사이의 마진(margin)을 최대화시키는 조건을 만족하는 초평면을 결정하는 것이라 할 수 있다. 그러나 실제의 경우 패턴집단이 선형 시스템인 경우는 거의 드물기 때문에 두 클래스를 선형적으로 분리하는 것이 불가능한 경우가 많을 것이다. 이 경우 초평면과 Support vector는 제약식을 갖는 최적 문제의 해로부터 얻어진다. 최적해는 각 클래스에서의 Support vector사이의 거리를 가장 크게 하는 것과 에러의 수를 최소화 하는 것 사이의 트레이드 오프(trade off)를 가지고 있으며, 이는 페널티 제어 파라미터(Penalty control parameter)에 의해 조정된다.

2.2 다중클래스(Multi-class) SVM

SVM은 기본적으로 두 클래스를 분류하도록 설계되었다. 따라서 숫자(10 클래스) 인식과 같은 실제적인 문제에 있어서는 다중 클래스 분류 문제로 확장되어야 한다. 일반적으로 SVM를 이용한 다중 클래스 분류방법으로는 one-to-others, one-to-one, 그리고 tree structure 방법이 있다. 그림 1은 one-to-others SVM이다. N 개의 클래스 분류 문제에 있어서, 이 방법은 N 개의 SVM이 사용된다. 예를 들어, i -th SVM에 대해서 k 클래스의 훈련 샘플들은 +1, 그 외 클래스들 ($N-1$ 개)의 훈련 샘플들은 -1로 새롭게 라벨(label)을 정해서 훈련시킨다. 가중치 벡터(weigh vector) \hat{w} 와 바이어스(bias) b , 시험표본 \mathbf{x} 대해서 각각의 SVM을 이용하면, 결정경계면 $d_i(x)$ 는 식 (1)로 얻어진다. 이때 \mathbf{x} 의 분류(class of index) $C_i(x)$ 는 식 (2)와 같은 클래스로 분류된다. 여기서 $i = 1, 2, \dots, N$ 이다.

$$d_i(x) = \hat{w} \cdot \mathbf{x} + b \quad (1)$$

$$C_i(x) = \operatorname{argmax} d_i(x) \quad (2)$$

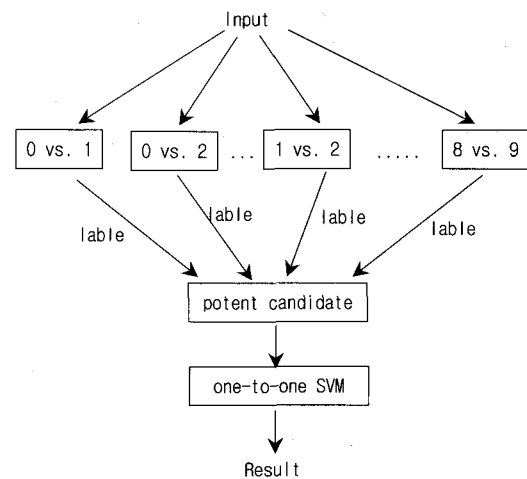


<그림 1> one-to-others SVM

2.3 빌렛 영상의 문자인식

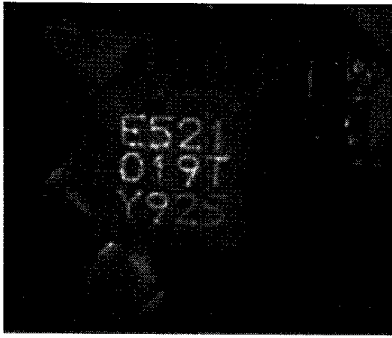
본 논문에서는 인쇄체가 아닌 필기체가 포함된 빌렛 템플릿 마킹 문자에 대해 인식률 향상과 인식 시간을 단축시킬 수 있는 변형된 다중클래스(modified multi-class) SVM 방법 [6]을 적용했다. 이 방법은

1단계에서 모든 클래스에 대해 one-to-one SVM을 실시한 후 2단계에서는 가능성 있는 후보자들(potent candidate)을 추출하여 해당 클래스에 대해서만 다시 one-to-one SVM을 실시하는 방법이다. 예를 들어 0~9까지의 숫자가 있을 경우 1단계에서는 45개 SVM 결정 구조에 대해 테스트를 실시한다. 그 다음 1단계 투표(voting)에서 일정한 표 이상 얻은 후보자가 2개 이상 나올 경우 그 후보자들을 2단계로 진출시켜 그것들에 대해서만 one-to-one SVM을 실시한다. 하지만 1단계 one-to-one SVM에서 최고득표를 얻은 후보자가 존재한다면 2단계를 거치지 않고 바로 결정하는 방식이다. 그림 2는 변형된 다중클래스 SVM 을 나타낸다.

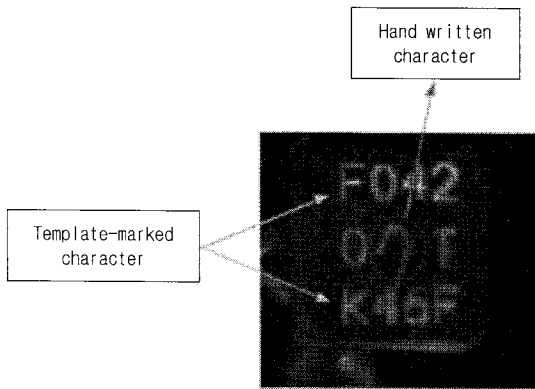


<그림 2> 변형된 다중클래스 SVM

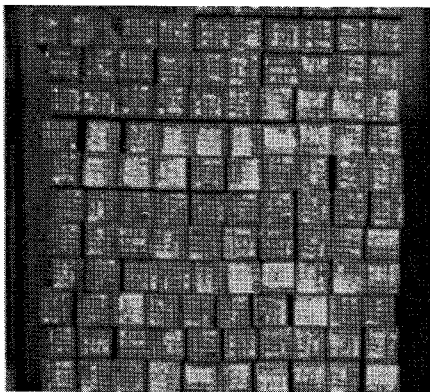
그림 3은 소재관리 문자가 마킹된 빌렛이 작업공정에 있을 때의 사진을 나타낸다. 빌렛의 표면에 마킹되는 소재관리 문자의 글자체는 혼합형이다. 개별 공정라인에 따라서 크게 마킹머신을 이용한 인쇄체 문자, 템플릿 플레이트(template-plate)를 이용한 템플릿 문자 및 작업자가 수기로 표시하는 필기체 문자가 사용된다. 그림 4는 템플릿 문자와 필기체 문자가 혼합된 형태의 문자영상을 나타낸다. 그림 5는 연주공정을 거쳐 나온 빌렛 소재가 다음 공정 대기를 위해서 야드에 적치되어 있는 사진을 나타낸다. 그림에서 보는바와 같이 소재가 야드에 적치될 때 소재 문자 영상은 임의의 4방향으로 회전될 수 있다. 따라서 문자인식 단계에서 이것에 대한 고려가 필요하다.



<그림 3> 공장 라인에 있는 빌렛 소재 단면영상



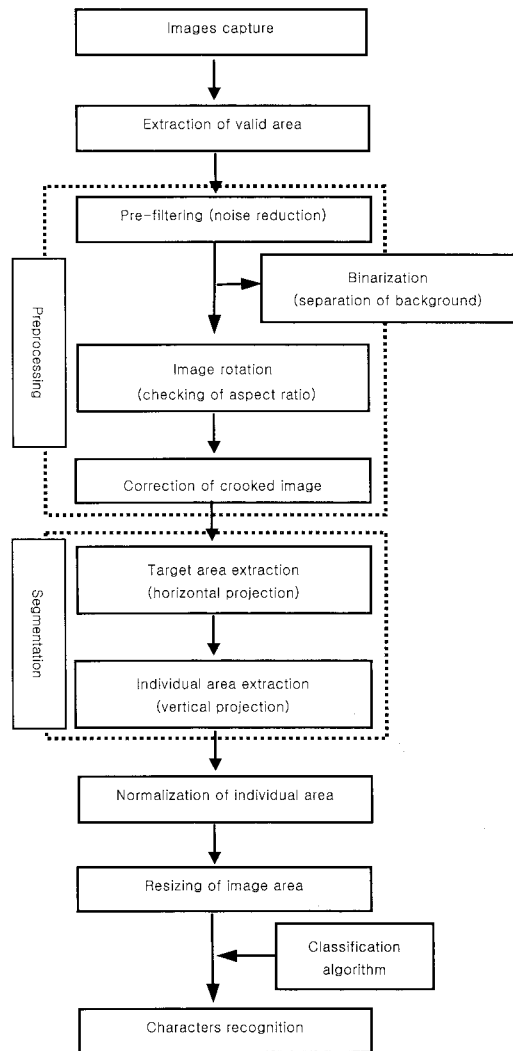
<그림 4> 혼합형 문자 영상



<그림 5> 야드에 적치된 빌렛 소재 단면영상

그림 6은 빌렛의 단면 영상에 포함된 소재관리 문자를 인식하기 위한 인식 알고리즘의 순서도를 나타낸다. 1단계로 먼저 카메라를 통해서 인식 대상체에 대한 단면영상을 획득한다. 2단계는 획득한 영상에 대해 검색영역을 줄이기 위해 관심영역만을 추출한다. 관심영역 설정은 현장 카메라의 초점

거리 등을 고려하여 인식 대상 영역을 충분히 포함하도록 설정한다. 3단계에서는 추출된 영역에 대해서 문턱치를 설정한 후 이진화를 실시해서 배경잡음과 같은 주변 잡음을 제거시킨다. 4단계(image rotation)에서는 영상에 대해서 4방향으로 회전을 실시해서 각각에 대해 인식 알고리즘을 적용한다. 이는 그림 5에서와 같이 소재가 야드에 적치될 때 입자의 4방향으로 회전될 수 있기 때문에 빌렛 단면의 회전을 고려한 것이다. 다음으로 인식하고자 하는 문자열과 문자를 추출하는 과정을 거친다. 5단계에서는 문자열 추출을 위해 수평 방향으로 투영을 실시한다. 6단계에서는 추출된 문자열에 수직 방향으로 투영을 해서 개별 문자를 추출한다. 7단계(normalization)에서는 추출된 개별 문자영상의

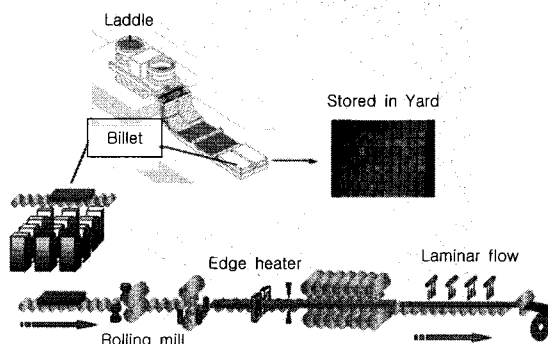


<그림 6> 문자인식 알고리즘

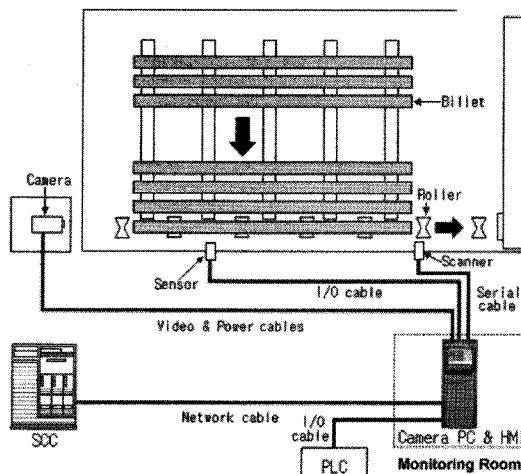
크기를 동일하게 하기 위한 정규화 과정을 거친다. 8단계(resizing)에서는 영상처리에 소요되는 시간과 소요되는 메모리의 양을 줄이고자 개별 문자영상의 크기를 축소시키는 과정을 거친다. 최종적으로 개별 추출된 문자에 대해서 문자인식을 위한 분류 알고리즘(classification algorithm) [6]을 적용한다.

3. 문자 인식용 비전 시스템

철강 제조공정의 초기 단계로서 고로에 담겨진 쇳물은 연주공정을 거치면서 연주주편으로 바뀐다. 연주주편은 슬라브나 빌렛 소재가 되어 다음공정으로 이송된다. 그림 7은 철강제조 공정에 대한 공정 개략도를 나타낸다. 현재 실험을 대상으로 하는 철강공정은 연주공정에서 만들어진 소재가 다음 공정으로 이송되기 전에 야드에 일정기간 적치된다. 이때문에 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 한다. 그림 8은 현장에 설치하는 문자 인식용 비전 시스템에 대한 현장 설치도를 나타낸다. 공정에서 이동 중인 빌렛의 단면을 획득하기 위한 CCD 카메라의 초점거리는 약 3~5 m로 설정했다. 또한 빌렛이 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. 그림에서 공정 감시용 컴퓨터(SCC)는 현재 작업 예정인 소재에 대한 사전 정보를 문자 인식용 비전시스템으로 전송해주는 역할을 한다. 그리고 운전실(monitoring room)의 메인 컴퓨터(main processor)는 전체 비전시스템으로부터 전송되는 신호를 받아서 문자인식을 실시하고 인식 결과를 작업자에게 보여주는 기능을 포함 한다.

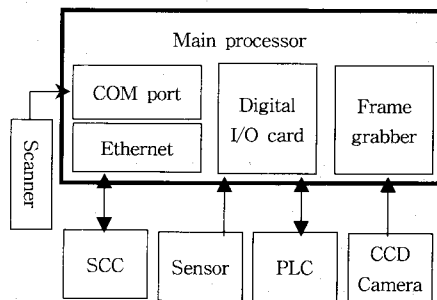


<그림 7> 철강 제조공정에 대한 개략도



<그림 8> 비전 시스템의 현장 설치도

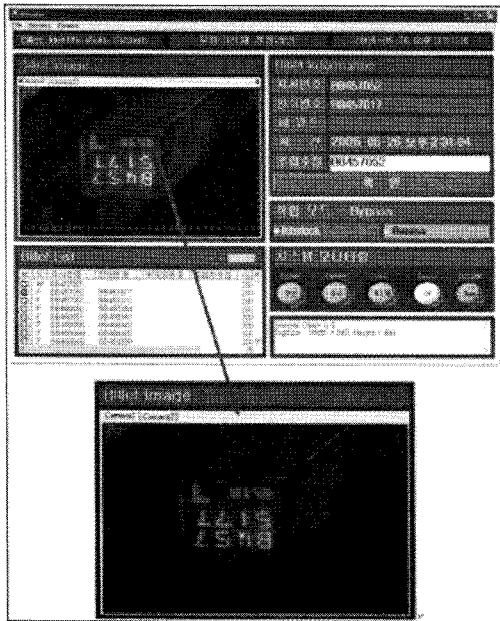
그림 9는 그림 8을 구성하는 비전시스템 메인 컴퓨터에 설치된 인터페이스부 보드에 대한 상호 연결 구성도를 나타낸다. 그리고 표 1은 이들 인터페이스부 보드에 대한 개별 기능을 나타낸다.



<그림 9> 비전시스템 인터페이스부 보드 구성도

<표 1> 인터페이스부 보드에 대한 개별 기능

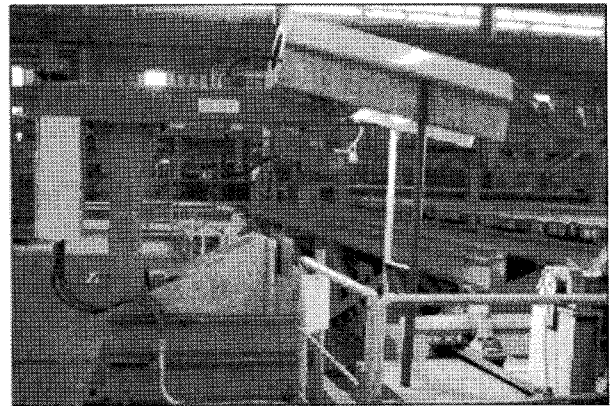
구성요소	기능
Main processor	빌렛 영상의 문자인식을 담당하는 컴퓨터. SOC로부터 사전 정보를 받고, 센서로부터 소재가 들어왔다는 신호를 받으면 빌렛의 문자영상을 획득하여 인식을 수행한다. 그런 후, 인식 결과를 사전정보와 비교하여 최종 판단을 내리고, 빌렛의 영상과 인식 결과를 작업자에게 보낸다.
SOC	인식할 소재의 관리문자에 대한 사전정보를 제공하는 컴퓨터로 전산실에 있으며 현장으로부터 제공된다. 소재가 물러 위에 올려지면, 소재 관리문자에 대한 사전정보를 Main processor로 전송한다.
CCD camera	소재의 전면에 인쇄되어 있는 문자 영상을 획득하는데 사용. (Pulnix TM-6701 series)
Frame grabber	CCD camera로부터 받은 아날로그 영상 신호를 디지털 영상 신호로 바꾸는데 사용되는 보드. Main processor에 장착되어 있음.
Sensor	인식대상의 소재가 지정된 위치를 통과했는지를 검사하는 센서.
Digital I/O card	Sensor가 보내는 신호를 받는데 사용되는 보드. Main processor에 장착되어 있음.
Scanner	소재 관리문자 정보가 바코드(bar code)로 부착된 경우 이를 판독하기 위한 바코드 판독기 임.



<그림 10> 문자인식용 소프트웨어 화면

그림 10은 윈도우 기반에서 개발 한 문자인식용 소프트웨어 화면이다. 화면 좌측 상단에는 카메라로 획득한 빌렛 단면의 영상을 보여준다. 영상화면 하단에는 공정을 지나는 빌렛 소재에 대해 문자인식을 행한 작업 이력을 나타낸다. 이 정보는 데이터베이스에 저장된다. 화면 우측에는 현재 작업 중인 소재에 대해 사전정보와 인식 결과로 판독된 결과정보를 보여준다. 그리고 우측 하단에는 그림 9에 나타난 인터페이스부 각 보드들의 상태를 모니

터링 할 수 있도록 했다. 그림 11은 테스트를 위해 실제로 빌렛 선재공정 라인에 설치한 비전시스템을 찍은 사진영상이다. 실제로 제철 공장은 열간 가공으로 인해 측정 시스템의 주변이 고온이고 또한 분진이 많기 때문에 실험실 환경에 비해 상당히 열악한 조건이다. 따라서 영상을 획득하기위한 카메라 하우징 부는 냉각을 위해 냉각수를 카메라 몸체 주변으로 순환되게 했고 질소가스를 주입하여 분진이 몸체내로 유입되지 않게 했다. 문자인식에 있어서 인식 대상체 주변의 조명은 문자 인식률에 상당한 영향을 미친다. 본 연구에서 현장 실험을 위해 설치한 조명은 시간의 경과에 대해 조명 밝기가 일정하고 전력효율이 좋은 할로겐램프를 사용했다.



<그림 11> 현장에 설치한 비전시스템

4. 결과 및 고찰

본 논문의 연구를 통해 개발한 비전시스템을 이용해 선재 빌렛 공정에서 인식 테스트를 했다. 표 2는 개발한 비전시스템을 이용해 철강 빌렛 공정에서 실제로 인식실험을 한 결과를 나타낸다. 전체 2503개의 소재를 대상으로 실험한 결과 인식 성공이 2356개(94.1%), 인식 실패한 경우가 147개(5.9%)였다.

그러나 인식에 실패한 문자영상 147개에 대해서 문자체를 분석한 결과 글자체가 다른 경우를 포함하는 마킹형태 불량인 경우가 16개 이고 문자를 마킹한 페인트가 흘러내려서 문자의 구별이 곤란한 경우를 포함하는 문자불량의 경우가 97개 였다. 그리고 정상적인 글자체 임에도 불구하고 인식에 실패

Cambridge University Press, 2000.

- [4] Christopher J. C. Burges, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 2, pp. 121-167, 1998.
- [5] Lim, Eun-Young, "Weighted Support Vector Machine for Pattern Recognition," Department of Industrial Engineering Graduate School Hanyang University, 2000.
- [6] 이종학, 박상국, 박수영, "철강 공정용 Template-Marking 문자 인식 기법," HCI 2005, pp. 811-816, 2005.



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