

Hot Strip 위치측정을 위한 Vision 기술 적용

Applied machine vision technique in measuring  
the position of the hot steel strip

노경숙\*, 이동원\*\*

\* 포항제철주식회사 설비기술부 열연제어팀 (Tel:220-1379; Fax:220-1099; E-mail:nksook@chollian.dacom.co.kr)  
\*\* 포항제철주식회사 설비기술부 열연제어팀 (Tel:220-4485; Fax:220-1099)

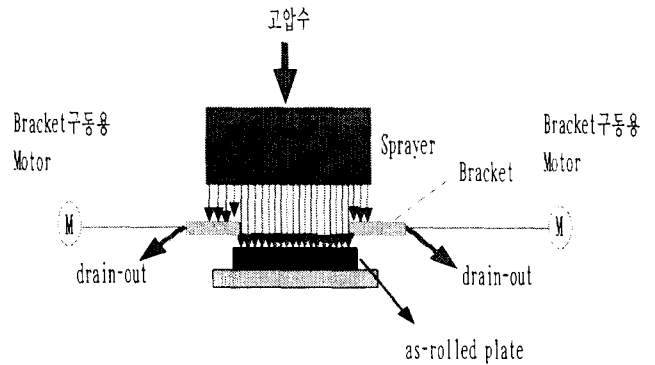
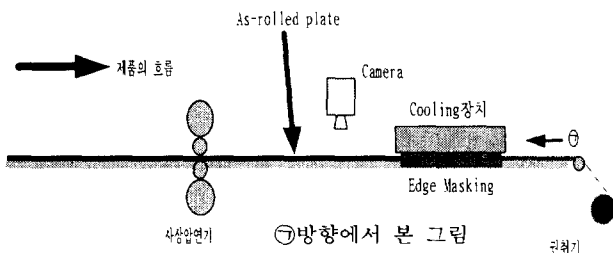
Abstracts In hot rolling process at steel plant, cooling of the rolled strip at the exit of the rolling mill is one of the most important processes that would decide the quality of products. To guarantee the thermal equity over the strip, the device called an edge-masking unit is being used. That is installed between the strip and the sprayers to cover the side edge of the strip from spraying water. The accuracy of positioning the bracket is the key to this operation. A machine vision technique can be applied to measure the position of the side edges before an as-rolled strip enters into the cooling facility to rectify the error of preset position of the bracket. This paper shows the simulation result of applying the machine vision technique to measuring the position of a strip and suggests the solution for the target.

1. 서론

열간압연공정에서는 열간압연을 거친 판을 on-line에서 물로 냉각시켜 원하는 재질을 얻어낸다. 열연공정에서는 이를 Laminar flow식에 의해 치르고, 후관공정에서는 냉각 균일도를 높이기 위해 물을 높은 압력, 즉 Mist상태로 뿌리는 설비를 쓰고 있다. 이 때 냉각Sprayer는 처리가능한 최대소재폭만큼 폭방향으로 설치되어 매번 투입되는 소재 폭에 상관없이 물을 뿌리게 된다. 이렇게 되면 판 가장자리는 중심부보다 훨씬 빠르고 지나치게 낮게 식어버리기 때문에 심한 판내 온도차-재질차-를 드러내게 된다. Edge Masking장치는 가장자리의 지나친 냉각을 막아 온도차-재질차-를 없애기 위해 고안된 설비다. Bracket을 판과 nozzle사이에 설치해서 판에 뿌려지는-특히, 판 가장자리-물을 Roller Table 바깥으로 받아냄으로써 강판가장자리 과냉을 막아 판내 온도차를 줄이기 위함이다. 즉, 투입되는 소재에 따라 Bracket위치를 설정, 가장자리쪽 일정부분에 물이 뿌려지는것을 막아냄으로써 균일냉각을 꾀하고자 한다. 그러나, 가변식 Edge Masking장치는 강판의 가장자리를 소재폭정보에만 의존하므로 실제 가장자리위치가 예측하고 있는 위치가 아닐 경우 엉뚱하게 masking이 이뤄져 결과적으로 불균일냉각을 심화시킬 수도 있다. 강판이 길이방향으로 camber가 졌을 때나 강판이 한쪽으로 치우칠 때 강판의 가장자리는 예측한 지점의 안쪽 또는 바깥쪽으로 30mm이상씩 벗어난다. Edge Masking 설정값이 강판 가장자리의 30mm정도인 것을 고려할 때 가장자리 실측위치에 대한 Bracket위치보상은 반드시 이뤄져야한다. 본고는 냉각대상인 강판가장자리위치를 실시간으로 얻기위한 Vision 시스템을 그렸다. 제시된 Vision System구성은 Algorithm개발 및 Simulation을 위해 마련한 Lab. 환경이다. HM사(England) grabber board를써서 512\*512 256grey level image map을 다뤘다.

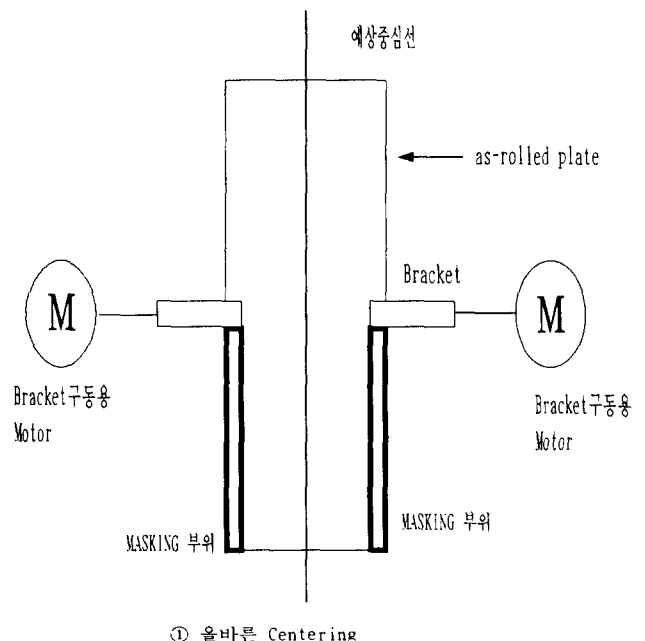
2.1 대상설비 및 제어대상

2.1.1 대상설비 개요

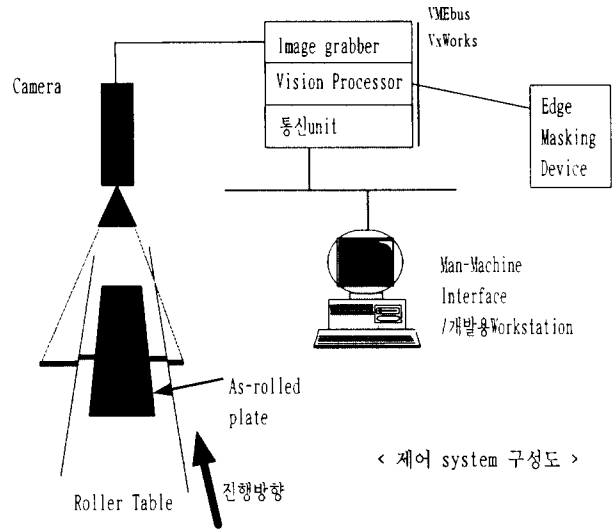


압연된강판은 여전히 800도쯤 고온이며 냉각장치를 거쳐 권취기에 감겨진다. Cooling장치는 폭방향으로 균일하게 물을 뿌려 원하는 재질을 얻게된다. 이때, 강판가장자리가 심하게 식는 것을 막기위해 그림에서 보이 듯이 Motor로 구동되는 Bracket을 설치, 가장자리에 뿌려질 물을 설비밖으로 빼내게 된다.

2.1.2 Edge Masking

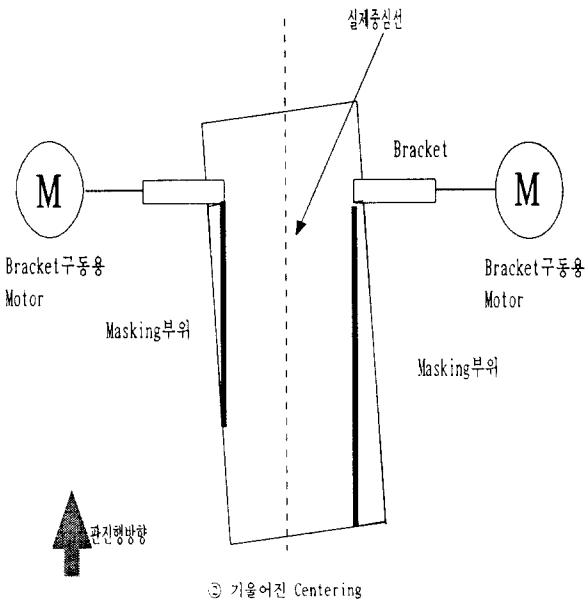
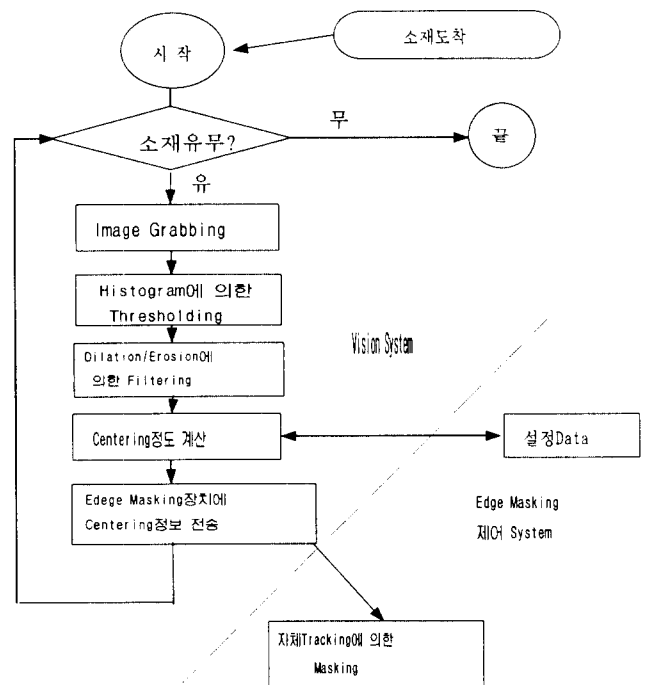


## 2.2 시스템 구성

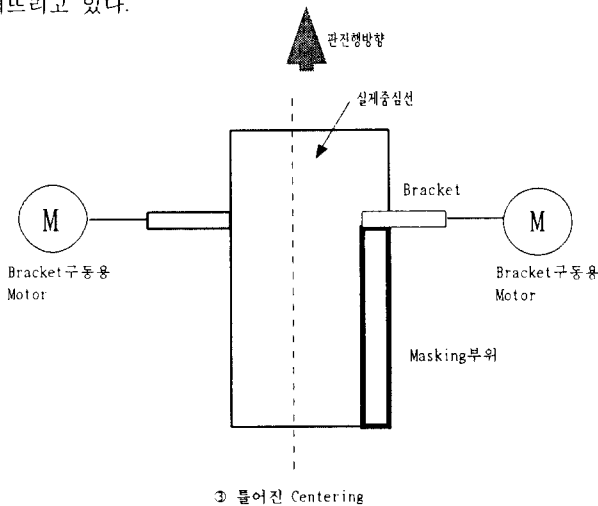


지금까지 거론된 시스템구동환경을 토대로 시스템을 구성하면 그림과 같다. 기존 Edge Masking장치를 논외로 하면 시스템은 Camera, Vision Processing Unit 및 Man-Machine Interface로 나뉜다. Camera는 Grabber Board와 짝을 이뤄 Image를 빛의세기에 따라 256grey level 512\*512 Pixel Map으로 잡아 Vision Processor로 보낸다. Vision Processor는 Image Map을 가공, 강판장자리 실제 위치를 찾아내서 Bracket설정값과 비교결과를 Bracket 구동장치로 보낸다. Man-Machine Interface Unit은 조작에 필요한 Data를 포함, Vision Processing 과정별 결과를 CRT를 통해 뿌려준다. Grabber, Vision Processor 및 통신 Unit은 실시간 처리환경을 마련하기위해 VMEbus에 다중으로 꾸미고 실시간 Operating System인 VxWorks를 채택했다.

## 2.3 처리흐름



Edge Masking장치는 판가장자리로 뿌려지는 물줄기를 막기위해 설치되었지만 이는 강판이 예측하던 곳을 지나갈 때 비로소 효과를 얻을 수 있다. 판이 기울어졌거나 Camber가 질 때는 가장자리 실제 위치는 예측에서 벗어나 장치가 쓸모없게 된다. 실제, 기울어지거나 Camber에 따른 위치편차가 40mm이상인 때가 많아 Bracket의 Masking량(30mm내외)을 넘어서 설비효율을 떨어뜨리고 있다.



### 2.1.3 시스템 구동환경

시스템 구축을 위해 고려해야 할 구동환경은 크게 소재조건과 현장조건으로 가른다. 앞에서 얘기했 듯이 강판Image는 지선 성분을 갖기 때문에 algorithm적용에 유리하다. 또한 여전히 고온이기 때문에 (약 800도) 빛세기로 잡아낸 Image에서 배경과 뚜렷하게 구별되므로 Thresholding과정이 쉬워지는 잇점이 있다.

반면에, Camera가 설치될 설비와 강판주변은 압연중 표면Scale을 걷어내려고 뿌려지는 물때문에 생긴 steam과 가는 먼지가 있다. 이는 Image에서 대표적 noise다. 이 외에도, 관련 Actuator 구동조건 등이 있지만 Vision System조건에서는 논외로 한다.

### 3. Algorithm

#### 3.1 Grabbing

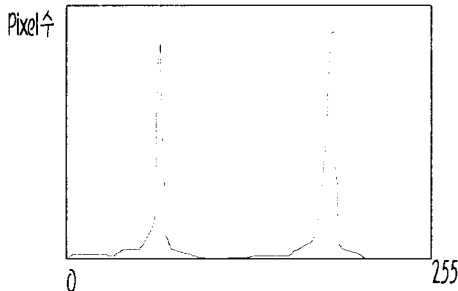
소재이송용 Roller Table상 강판은 Image처리에 상대적으로 유리한 특성을 갖고있다. 첫째, 강판의 Image는 직선성분으로 이뤄져있기때문에 Pattern Matching에 유리하다. 두번째로, 압연후 강판은 여전히 고온(섭씨800도 정도) 이므로 배경-Roller Table 등 구조물-과 빛의 세기에 의해 뚜렷히 구별된다. 그러나, 냉각때문에 생기는 Steam이나 작업장내 먼지의 영향으로 시스템외적 Noise를 포함하는 단점도 지니고 있다. 장점으로 여겨지는 단순 image특성을 고려, 낮은 해상도 및 Pixel수를 갖는 Camera 및 Grabber를 사용할 수 있다.

#### 3.2 Image filtering

256 Grey Level 원래Image에서 소재외곽선을 얻기위해서 Filtering 및 Enhancing과정을 거친다. 일단 Histogram을 이용해서 Thresholding값을 결정한 뒤, Erosion/Dilation을 반복시켜 Noise를 없애면 강판과 배경을 뚜렷히 구별할 수 있는 Image를 얻게된다.

##### 3.2.1 Thresholding

원래 Image의 Pixel을 Grey Level로 구분, Histogram을 작성한다. Histogram오른쪽 밝은 부분이 강판image이고 왼쪽 봉우리는 Roller Table을 포함한 배경을 나타낸다.



Thresholding값은 양 봉우리의 중간값으로 결정된다. Grey Level의 양 쪽에서-0과255-각 Level에 해당되는 pixel수가 Image내 최소object size에 대응하는 값 이상인 level을 scan해가면서 최고pixel수를 갖는 grey level을 찾아 나간다. Scanning Algorithm은 다음과 같다.

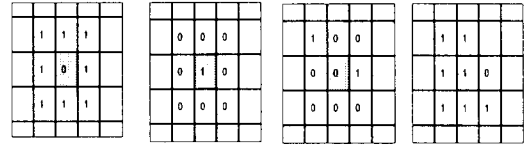
##### 3.2.2 Enhancing

강판Image를 걸러내기 위해서는 Dilation/Erosion기법을 사용하는 것이 효과적이다. 곧바로 Edge부를 찾아내기위한 Gauss혹은 직선성분 추출 Filter는 복잡한 윤곽을 찾기위한 방법으로는 바람직 하지만 직선성 image의 시스템내외적 noise를 품고있는 강판image에서는 적당하지 않다. 대신에, Image자체를 배경과 구별시키는 Dilation/Erosion기법을 쓴다.

원 Image내 대상물의 크기를 지키기 위해 Dilation과 Erosion은 같은 횟수만큼 되풀이 한다. 즉, 5번의 Dilation에 의해 부풀어진 Image를 같은 횟수의 Erosion에 의해 털어내면 원래Image 크기가 그대로 유지되고 Image내 Noise pixel만 걸러진다.

Binarizing결과-0 또는 1-pixel map을 대상으로 삼아 날개

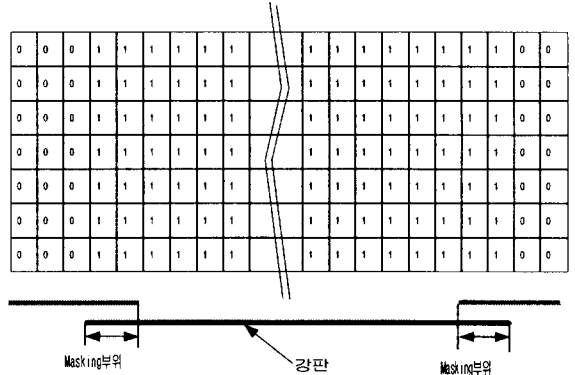
Pixel을 훑어내려가면서 이웃하는 pixel값에 따라 해당pixel값을 결정하는 과정이다. Image의 특성상 1로 둘러싸인 0-pixel은 noise일 확률이 높다. 따라서 그 Pixel값은 1을 갖고 있는 것으로 처리한다. 반대로, 0으로 둘러싸인 1-pixel은 같은 논리로 0으로 set된다.



한발 더 나아가, 1-pixel 주위에 0-pixel이 하나라도 있으면 해당 pixel을 0으로 reset (Erosion), 또는 0-pixel주위에 1-pixel이 하나라도 있으면 1로 set (Dilation) 함으로써 대상체와 배경경계면에 생길 수 있는 noise를 없앤다.

#### 3.3 위치검출

Filtering뒤 Image Pixel의 한쪽 가장자리에서 부터 강판에 대응하는 Pixel Group을 찾아냄으로써 강판의 side edge위치를 찾아낸다.



위 그림에서 0은 배경을 나타내고 1은 강판을 나타낸다. 각 column마다 1의갯수가 적정이상이면 -적정갯수는 noise크기 등 현장조건에 의해 결정-강판부위로 간주한다. 결과적으로 강판의 좌우 가장자리위치를 구할 수 있다. 따라서, 좌우Bracket의 위치는 강판에 해당되는 pixel값 1을 갖는 image의 가장자리에서 적정거리에 설정된다.

### 4. 결론

실 현장작업환경조건을 Lab.에서 구현하기 위해 비슷한 밝기를 갖는 배경물과 강판대용물을 이용해서 적절한Algorithm을 찾아내고자 했다. 처리시간을 줄이기 위해 소재특성을 고려, 대상 image추출 Algorithm을 단순하게 꾸렸다. 직선성분으로 이뤄졌고 배경과 뚜렷히 구별되는 대상체는 윤곽선을 뽑아내는 것보다 Area를 도드라지게 하는 것이 유리하다. 동시에, Area내 Noise pixel을 걸러내기도 쉬워 Grouping처리없이도 대상체를 뚜렷히 가려낼 수 있었다. 그러나, 현장적용을 위해서는 아직 몇가지 보완해야할 것들이 있다.

첫째, 설비가동중 발생하는 먼지와 Steam등에 의한 대책을 세워야 한다. 실험실에서 인위적으로 noise를 섞어 test를 했지만 실제상황에 대한 적응을 위해서현장Test를 통해 일련의 과정이 검증되어야 한다.

둘째, Edge Masking장치를 포함한 기존설비접속방안을 세워야 한다.

셋째, 돌발적 상황에 대한 대책도 필요하다. 실 설비는 거대한 구조물로 이뤄져 사소한 Logic error도 심각한 2차 장애를 일으키므로 안전을 고려한 S/W 및 H/W적보호방안을 세워야 한다. 마지막으로 Vision Pro-cessing주기를 결정, Target system의 구체적 시방을 정해야 한다.

결론적으로, 온전한 시스템을 얻기 위해서는 세밀한 현장조사 및 pilot system의 보완이 이뤄진 후 현장구동Test를 치러야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] Machine Vision,  
Ramesh Jain, Rangachar, Brian G. Schunck, Mc GrawHill 1995
- [2] Fundamentals in Computer Vision,  
Cambridge Univ. Press 1983
  - Algorithms & Hardware, O. D Faugeras
  - Edge Extraction techniques, S. Levialli
- [3] Proceedings of the 1992 IEEE International Conference  
on Robotics and Automation
  - Extraction and Interpretation of Semantically  
significant line segments for a mobile robot,  
Xavier Lebegue, J. K Aggarwal
- [4] Digital Image Processing, Wiely 1994
- [5] Digital Picture Processing, Academic Press 1992
- [6] Image Processing, Analysis and Machine Vision,  
Chapman and Hall 1993
- [7] Computer Vision Course Note  
(<http://www.cm.cf.ac.uk/Dave>)  
Dave Marshall 1993
- [8] On-line Dictionary of Computing  
(<http://wombat.doc.ic.ac.uk/>)  
Denis Howe 1995