

패턴인식기법을 이용한 로봇의 비주얼 가이드런스 연구

김효제*, 신기수**, 김태화*, 박명환**, 권순재*
 부경대학교 기계공학부* (주)로봇밸리**

Study on the Robot Visual Guidance using Pattern Recognition Techniques

Hyo-Je Kim*, Gi-Soo Sin**, Tae-Hwa Kim*, Soon-Jae Kwon*, Park-Miung Hwan**
 Pukyong National University, School of Mechanical Engineering*, Robot Valley Co.,Ltd**

ABSTRACT

본 연구는 알루미늄 단조 라인의 가열로 컨베이어에 적용된 6관절 이송용 로봇에 Machine Vision System을 구축한 것으로 이송용 로봇이 작업 대상물을 적재하기 위한 위치정보를 획득하고 재처리하여 로봇 컨트롤러에 제공하는 비주얼가이드런스 기법을 연구하여 이를 적용하였다. 적용된 Machine Vision System이 실제 구동에 있어서 안정함을 확인하였다. Machine Vision System에 적용된 CCD 센서로는 Sony사의 XC-HR50이 적용되었으며 Frame Grabber는 Matrox Meter II 카드가 적용되었다. Machine Vision System 제어기로는 범용 PC(2.4Ghz, Windows 2000)를 사용하였으며 제어 Software는 Microsoft 사의 Visual Basic 6.0 version을 사용하였다.

1. 서론

금속재료를 소성유동(塑性流動; plastic flow)하기 쉬운 상태에서 압축력 또는 충격력을 가하여 단련하는 것을 단조(forging)라고 한다. 대부분의 금속재료는 고온에서 소성이 크고 가공하기가 쉬우므로 단조할 재료는 고온으로 가열하는 것이 상례이다.^[1] 자동차 서스펜션용 소재의 가공을 위한 알루미늄 단조라인에서도 소재의 가공을 용이하게 하기 위해 가열로에서 전처리 과정으로 소재를 고온으로 가열하고 이를 크랭크 프레스(4000ton)의 형태로 이송하게 된다. 이 이송과정을 자동화 함으로써 제품의 생산속도 향상과 프레스의 동작에 의한 안전사고의 배제와 제품의 질을 향상시켜 불량률을 줄이는 등 많은 이점이 있다. 이에 적용되는 6관절 이송용 로봇은 언제나 정해진 위치에서 물건을 획득하여 정해진 적재장소에 적재하게 설계되어 있다. 하지만, 가열로의 소재적재에 있어서는 기존의 시퀀스 동작은 많은 한계점을 가지고 있다. 가열로는 언제나 소재와 함께 고온에서 가열되

므로 자연 냉각된다하더라도 가열로 컨베이어 벨트의 열팽창을 막을 수 없다. 이는 특정위치에 소재를 적재하는 이송용 로봇에는 큰 문제가 된다. 이를 정상적으로 작업하기 위해서는 팽창한 가열로 컨베이어 벨트의 가이드라인이 열팽창으로 인해 얼마나 어느 위치로 이동했는가를 알아내는 과정이 필요하다. 하지만 기존의 센서를 이용해서는 불특정한 가이드라인의 위치를 판단하기에 힘이 든다. 이를 해결하기 위해 Machine Vision System을 적용하여 열팽창으로 인한 컨베이어의 가이드라인의 오차에 대응하여 오차를 측정 및 보정하여 로봇에 적용하는 실시간 비전 시스템을 구현하였다.

본 연구에서는 획득된 영상을 분석하여 기하학적 특징을 추출한 후 하나의 패턴으로 데이터베이스화하고 차후 인식된 대상에 대해 가장 가까운 패턴을 찾는 패턴인식기법을 이용하여 6관절 이송용 로봇에 적용하여 로봇의 비주얼 가이드런스 연구를 수행하였다.

2. 패턴인식기법의 구현

2.1 영상

실제 물리적 화상은 연속적이지만 디지털 컴퓨터에서 이 화상을 다루기 위해서는 2차원 화상을 바둑판 모양으로 나누어 유한개의 격자(grid)를 만들고 각 격자의 중심에서 그 격자의 농담값(intensity)을 취한다. 이는 표본화(sampling)와 양자화(quantization)의 과정으로 요약된다.

표본화란 공간에서 연속적인 화상을 이산적으로 유한개의 격자로 분할하는 것을 말한다. 표본화를 통해 얻어진 각각의 격자를 화소(pixel)라고 한다. 즉 디지털 컴퓨터에서 화상은 화소로 구성된 2차원 배열이라고 할 수 있다. 그림 1은 $m \times n$ 화상 배열(image array)로 구성된 화상을 나타낸다. 표본화율(sampling rate)은 디지털 화상이 갖는 화소의

수를 결정하므로 이것은 화상 분해도 (image resolution)에 직결된다. 한편, 각 화소에서의 농담 값은 본래 연속적이지만 디지털 컴퓨터에서는 이것을 이산적인 정수 값으로 나타내게 되는 데 이것을 양자화라고 한다.

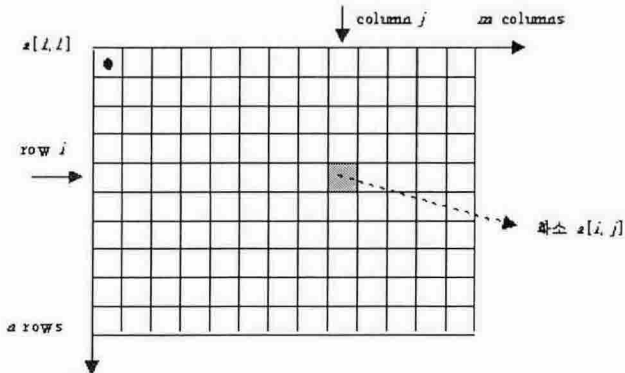


그림 1 $m \times n$ 영상 배열과 화소

2.2 임계값 처리(Thresholding)

2진화상은 농담 값이 0 또는 1로서, 256개의 농담 값 또는 칼라를 갖는 화상에 비해 그 데이터 양이 적으므로 빠른 계산 시간과 적은 메모리 비용의 효과를 얻을 수 있다. 대신 화상에 대한 상세한 정보를 나타낼 수는 없다. 하지만 2진화상 처리 기법들은 컴퓨터 비전에서의 기본 내용이다. 2진화상을 만들기 위해서는 임계값 처리 과정이 필요하다. 양자화 과정을 통해 얻어진 각 화소는 주어진 범위의 정수 값을 갖게 된다. 임계값 처리란 특정 임계값 범위 내에 있는 화소값은 1, 그 밖에 있는 것은 0으로 2진화하는 것을 말한다.

일반적으로 다음과 같은 2진화 방법들이 있다. $F[i, j]$ 는 원래 화상의 i 행, j 열 화소의 농담값을 나타내고 $F_T[i, j]$ 는 이것을 임계값 처리한 농담값을 나타낸다. T, T_1, T_2 는 임계값으로 다음과 같이 $F_T[i, j]$ 에 대한 방법들을 정의할 수 있다.

$$F_T[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if } F[i, j] \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

농담레벨이 T 값 이상이면 1, 그렇지 않으면 0이다.

$$F_T[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if } T_1 \leq F[i, j] \leq T_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

농담레벨이 T_1 이상이고 T_2 이하이면 1이고 그렇지 않으면 0이다.

이로부터 2진화상의 i 행, j 열 화소의 농담값을 $B[i, j]$ 라고 하면 $B[i, j] = F_T[i, j]$ 의 관계가 있다.

2.3 기하학적 특징 추출

임계값 처리를 이용한 2진 영상을 추출한 후 실제 패턴인식에 필요한 기하학적인 특징을 추출하여야 한다. 물체들의 크기나 위치, 방향 등의 비교적 단순한 특징들을 가지고도 물체를 인식할 수 있다. 이러한 물체 인식을 위하여 $m \times n$ 크기의 2진 영상 $B[i, j]$ 가 주어졌다고 가정한다.

물체의 크기를 나타내는 면적 A 는 다음 식에서 구할 수 있으며 이것은 물체를 나타내는 화소들의 개수와 같다.

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B[i, j] \quad (3)$$

2진화상에서 물체의 중심 위치는 그 물체의 면적 중심과 같으므로 다음과 같이 면적 중심법을 이용해 물체의 위치 (\bar{x}, \bar{y}) 를 구할 수 있다.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m jB[i, j]}{A} \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m iB[i, j]}{A} \quad (5)$$

물체의 방향이 유일하게 정의되기 위해서는 물체가 긴 모양이어야 한다. 주어진 2진화상 $B[i, j]$ 에 대해, 직선에 대한 최소자승 정합법 (least-squares fit of line)을 사용하여 그 2진 화상에 있는 물체에 대응되는 점들에 정합하는 직선을 구한다. x 축으로부터 이 직선까지의 각도를 그 물체의 방향 θ 라고 정의한다.

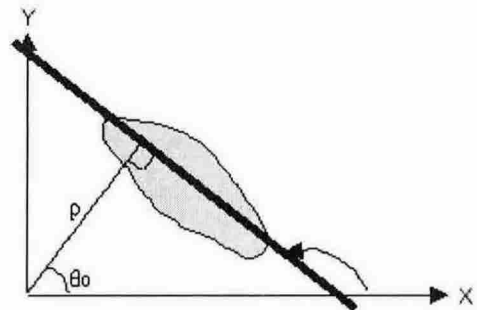


그림 2 물체의 방향 구하기

$$\rho = x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0 \quad (6)$$

θ_0 는 원점으로부터 직선까지의 수직선이 x 축과 이루는 각이고 ρ 는 원점과 직선사이의 최단 거리이다.

$$\rho = \bar{x} \cos \theta_0 + \bar{y} \sin \theta_0 \quad (7)$$

여기서 (\bar{x}, \bar{y}) 는 물체의 중심위치를 나타낸다.

여기서 $(\bar{x}_{ij}, \bar{y}_{ij}) = (x_{ij} - \bar{x}, y_{ij} - \bar{y})$ 라고 정의한다. 여기서 매개변수들 a, b, c 는 다음과 같

이 정의된다.

$$a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{x}_{ij})^2 B[i, j] \quad (8)$$

$$b = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \bar{x}_{ij} \bar{y}_{ij} B[i, j] \quad (9)$$

$$c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{y}_{ij})^2 B[i, j] \quad (10)$$

그러면 θ_0 는 다음과 같다.

$$\tan 2\theta_0 = \frac{b}{a-c} \quad (11)$$

역함수를 이용하면

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_0 + \frac{\pi}{2} \\ &= \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{b}{a-c} \right) + \frac{\pi}{2} \end{aligned} \quad (12)$$

로 얻어진다.

2.4 가열로의 패턴인식 정의

작업을 수행하기 위해서는 가열로의 가이드 라인의 위치를 비전 센서를 통하여 획득할 수 있어야 한다. 그림 3은 제품의 소재가 적재될 가열로의 컨베이어 라인을 나타내었다. 가열로에서의 가이드 라인을 비전센서가 인식하기 위해서는 정규적인 형태의 벡터 이미지를 인식할 수 있어야 한다. 하지만 가열로의 가이드 라인이 제작시부터 오차를 가지고 있다. 또한 가이드라인의 빛의 난반사로 하여금 정확한 이미지를 인식하기가 곤란하다. 이를 해결하기 위해 가이드라인 상부에 인식을 위한 페인팅을 수행하여 패턴의 인식을 수행하였다.



그림 3 가열로

그림 4는 가이드라인을 페인팅 한후 이를 패턴으로서 정의한 그림이다. 주 가이드라인과 보조가이드라인을 각각 한 개의 패턴으로 인식하고 이를 데이터베이스에 저장한다.

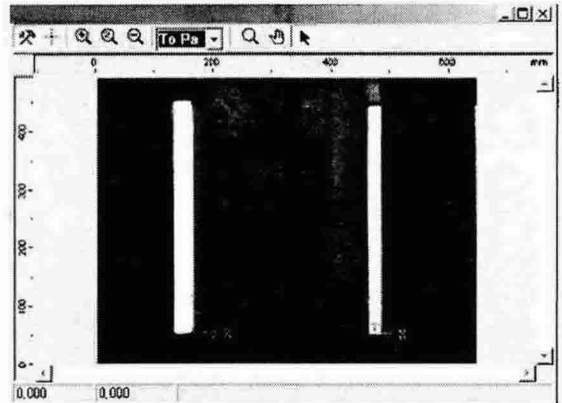


그림 4 가열로 가이드라인의 패턴인식

3. 비전 제어기 구성

3.1 Machine Vision System

Machine Vision System은 영상 획득장치인 카메라를 통해 획득된 영상정보를 분석하여 취득되어진 영상데이터가 자동화 공정에 제어변수로 활용될 수 있도록 처리하는 산업기술을 말한다. 그림 5는 산업용 로봇 비전 시스템의 구성도를 나타내었다. 시스템의 구성은 소재를 이송시키는 6관절 이송용 로봇, 로봇을 제어하고 비전 시스템과 통신하는 로봇 컨트롤러, 영상을 획득하는 CCD 비전 센서, 획득된 영상을 디지털화 시키는 그래픽, 그리고 이미지 영상처리를 하는 컴퓨터로 구성되어있다.

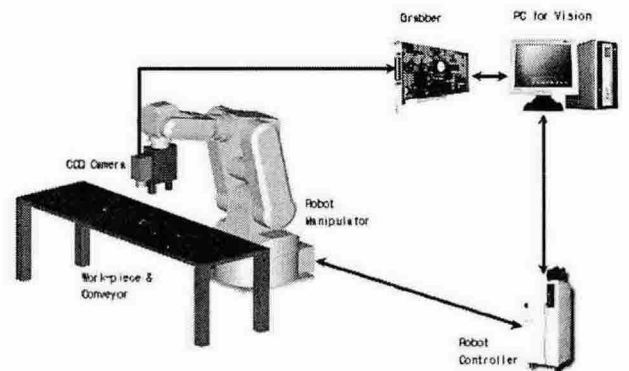


그림 5 산업용 로봇 비전 시스템의 구성도

3.2 제어알고리즘

그림 6은 알루미늄 단조 라인에 적용된 비전 시스템의 제어 구성도이다. 적용된 로봇 시스템은 소재 적재 장소의 소재를 획득하여 가열로에 소재를 적재한다. 이 과정을 위해 소재 판별용 CCD 센서와 가열로 가이드라인 인식용 CCD 센서를 적용하여 구현하였다.

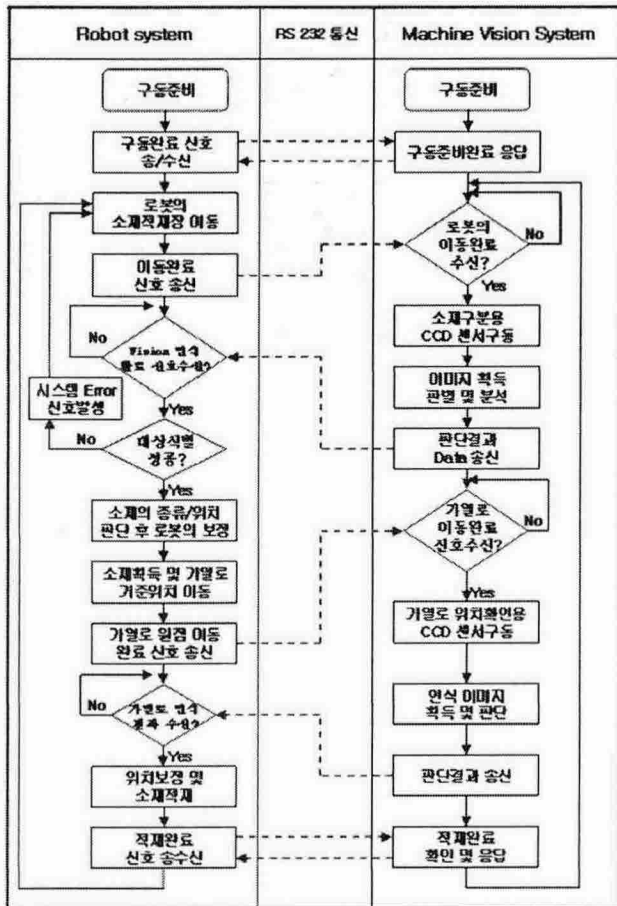


그림 6 머신 비전 시스템의 제어구성도

최초 머신 비전 시스템의 구동시 로봇 시스템과 비전 시스템은 구동준비를 하게 되고, 로봇 시스템을 중심으로 하여 구동 준비 완료가 되었는지를 판단한다. 로봇이 소재 적재장으로 이동한 후 비전 시스템으로 이동 완료 신호를 송신하게 되면 비전 시스템은 소재 구분용 CCD 센서를 구동하여 소재의 종류와 위치를 분석하게 되고 이 데이터를 로봇 컨트롤러로 송신하게 된다. 로봇 컨트롤러는 받은 데이터를 기초로 하여 위치를 보정하고 소재를 획득하여 가열로로 이동한다. 가열로의 원점으로 이동한 후 비전시스템으로 이동 완료 신호를 보낸다. 비전시스템은 가열로의 가이드 라인을 인식한 후 소재의 적재 가능성 및 위치 오차량을 판단한다. 이 데이터를 로봇 컨트롤러가 수신하여 위치를 보정하고 소재를 가열로에 적재하게 된다.

3.3 비전 제어 소프트웨어

그림 7은 로봇 비전 시스템의 제어소프트웨어를 나타내었다. 제어소프트웨어는 로봇 위치 판별용 CCD 센서를 나타내는 부분과 작업 대상물 구분용 CCD 센서를 나타내는 부분으로 나누어져 있다. 각 창은 CCD 센서를 출력하는 디스플레이창과 인식된 패턴의 정보를 출력하는 데이터창, 실제계 좌표로 환산하고 로봇 컨트롤러가

보정해야 하는 데이터를 출력하는 정보창으로 구성되어 있다. 디스플레이 창은 CCD 센서를 통해 들어온 이미지를 출력하는 창이고, 데이터 창은 인식된 이미지를 등록된 데이터베이스의 패턴과 비교하여 같은 타입의 패턴을 찾아내고 타입, 배율, 위치, 각도를 출력하는 창이다. 정보창은 인식된 패턴을 처리하는데 걸린 시간, 실제계 좌표 및 로봇 컨트롤러로 보내게 되는 데이터를 출력한다.

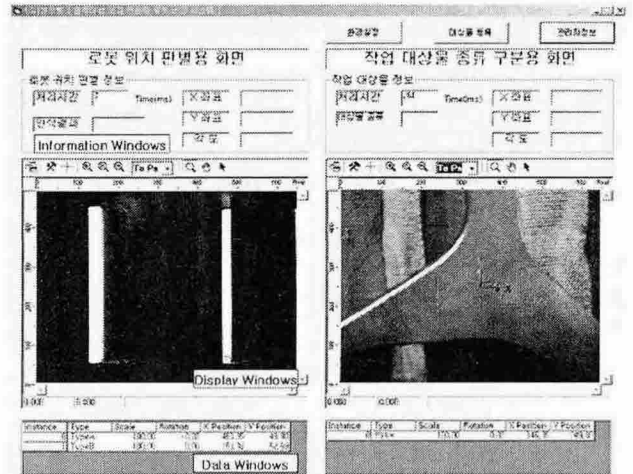


그림 7 산업용 로봇 비전 시스템의 제어 소프트웨어

4. 결론

본 연구는 알루미늄 단조 라인의 가열로 컨베이어에 적용된 6관절 이송용 로봇에 Machine Vision System을 구축하였다. 단조라인의 가열로는 열팽창으로 인해 정해진 위치에 소재를 적재하는 자동화 시스템에 많은 문제를 가지고 있다. 이 시스템에 비전시스템을 적용하여 유동적인 오차에 대응하였다. 또한 Kawasaki ZX-165 6관절 로봇에 적용하여 실제 구동에도 안정함을 확인하였다.

이 논문은 중소기업청에서 시행한 중소기업기술혁신개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] 廉永夏, "機械工作法", 東明社.
- [2] M.G. Fairhurst, "Computer Vision for Robotic Systems", Prentice Hall, 1988
- [3] 이상길, "C언어에 의한 디지털 영상처리", 성안당, 2000
- [4] R.Jain, R.Kasturi, B.G. Schunck, "MACHINE VISION", McGraw-Hill, Inc., 1995
- [5] 주경민, 박성완, 김민호, "Visual Basic Programming Bible ver.6.x", (주)영진출판사, 2001