

영상정보에 기반한 산업용 부품 문자 인식 시스템

(Character Recognition System for the Components Used in Industry by the Information of Their Images)

박희주* 김진호** 부기동*
(Hee-Joo Park) (Jin-Ho Kim) (Ki-Dong Bu)

요약 본 논문에서는 상용 CDC 카메라를 통하여 각종 산업용 부품들의 영상 정보를 입력한 후 이를 이용하여 부품에 기록된 각종 문자들을 자동 인식하고 인식된 문자 정보를 활용하여 부품의 제조, 조립 및 검사 공정 등을 자동화시킬 수 있는 산업용 부품 문자 인식 시스템을 구축하였다. 이러한 영상 정보 기반 산업용 부품 문자 인식 시스템을 작업 현장에 적용할 경우 생산성 향상, 경비 절감, 고품질 제품의 생산 및 공정의 자동화 등 다양한 요구를 충족시킬 수 있을 것이다.

Abstract In this paper, we developed a character recognition system which could be applied to the automation of construction, assembling, and testing process of components by the recognition of characters on the components used in industry department. In this system, the image information of each component was caught by the CCD camera and then characters on the images were recognized automatically. If we apply the system to the industrial field, it will meet the various requirements such as high productivity, low cost, and high quality products and factory automation.

1. 서론

70년대 초정밀 수치제어 공작기계가 국내에 도입되어 공장 자동화가 소개된 이후, 여러 분야에서 고정밀 제품 생산을 위한 공장 자동화에 대한 필요성이 매우 높아지고 그 기술의 응용이 활발하게 이루어지고 있다. 특히 고도의 분업 생산 체계를 이루고 있는 현재의 공장 시스템에서는 단순 반복적인 작업이 많기 때문에 사람이 처리하는 것보다는 공정을 자동화하는 것이 제품의 생산성 및 신뢰도를 더 높일 수 있는 방법이 된다. 현재 널리 이용되고 있는 일반적인 자동화 공정에서는 그 공정을 시작하기 이전에 부품 또는 계기의 규칙적인 배열 정도에 의해서 그 성패가 좌우될 수 있다. 그에 비하여 인간의시각 장치를 모방한 컴퓨터 비전 시스템을 도입할 경우에는 부

품의 종류 및 위치 판단 그리고 완성품 검사 등의 과정을 실시간에 자동으로 처리할 수 있어서 제품의 산성을 극대화시킬 수 있다. 특히 전자 부품들의 제조, 조립 및 검사 공정에서와 같이 많은 정밀 부품들을 취급하는 경우에는 부품에 기록된 문자 정보들을 자동으로 인식하여 전체 공정 중에서 많은 부분들을 자동화시킬 수 있다. 또한 원자력 발전소와 같이 인간이 소정의 거리에 접근하기 어렵거나 일정기간 이상 작업을 할 수 없는 분야의 경우에도 외부로 연결된 원격 감시장치 즉, 컴퓨터 비전 시스템을 통하여 각종 계기판이나 제어용 부품들의 상태를 자동으로 파악하고 이들을 제어할 수 있는 자동화 시스템의 구축이 필수적으로 요구되고 있다. 따라서 이러한 컴퓨터 비전 시스템은 제품의 생산 공정상에서 작업자가 직접 수행하기 어렵거나 위험한 작업 등에 많이 응용되고 있으며, 또한 생산성 향상이 요구되고 높은 품질 및 일정한 작업 성취도가 요구되는 분야에서도 널리 응용되고 있다. 그리고 작업자들이 단순 반복적인 작업을 수행할 경우에 초래될 수 있는 작업 속도의 변화나 일관성의 결여 등을

* 경일대학교 컴퓨터공학과 교수

** 경일대학교 전자정보공학과 교수

극복하여 단위 노동생산성을 높여 생산 능력을 향상시킬 수 있는 분야에서도 컴퓨터 시각 장치를 이용한 자동화가 요구된다.

본 논문에서는 상용 CCD 카메라를 통하여 각종 부품들의 영상을 입력받은 후 이를 이용하여 부품에 기록된 각종 문자들을 자동으로 인식하고 인식된 문자 정보를 활용하여 부품의 제조, 조립 및 검사 공정 등을 자동화시킬 수 있는 영상정보기반 산업용 부품 문자 인식시스템을 구축하였다. 부품 문자들은 다양한 폰트와 다양한 크기로 기록되어 있으며 배경 무늬도 균일하지 않을 수 있으므로 이들을 고려하여 전처리 과정을 거쳤으며, 작업 현장에서 다양하게 변화될 수 있는 조도 환경의 변화에 대해서도 비교적 안정된 인식률을 얻도록 하기 위해서는 고성능의 영상 입력장치를 구현하였다.

또한 일반 부품 문자들을 자동으로 인식하여 각종 공정들을 자동화시킬 때 적용대상 부품문자들의 학습과정과 실제 인식처리과정들을 동시에 구현하여 구축시스템을 보다 다양한 분야에 쉽게 응용할 수 있도록 하였다. 컴퓨터 비전 시스템을 Windows 95 기반에서 Visual C++을 사용한 모듈형태의 GUI 시스템을 구축하여 인식시스템의 유지 보수 및 응용성을 극대화시킬 수 있도록 하였다.

2. 산업용 부품 문자 자동 인식시스템

본 인식 시스템에서는 컴퓨터 비전을 이용하여 산업용 영상정보를 획득하고 이를 자동으로 인식하여 공정을 자동화시킬 수 있도록 하였다. 즉, 수많은 부품들이 사용되는 자동차 생산 및 검사 공정에서 각종 부품에 기록된 문자들을 정확하게 인식한 다음 이 정보를 이용하여 공정의 자동 감시와 관리가 가능하도록 하고 수작업에 따른 오류를 줄여 생산성을 증대시킬 수 있다. 컴퓨터 비전을 이용한 산업용 부품문자 자동 인식시스템의 전체적인 구성과 처리과정은 다음과 같다.

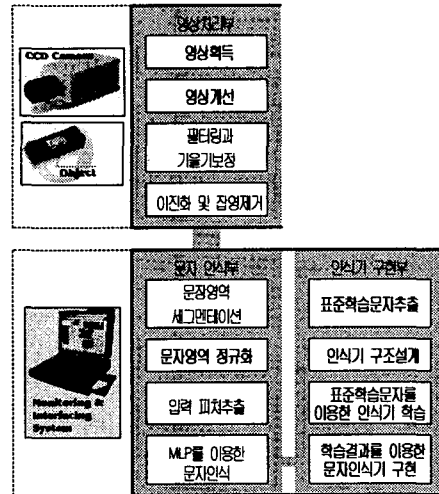
본 장에서는 <그림 1>에 예시한 각 부분별 이전 기술을 단계별로 정리하였다. 즉, 영상 처리부, 인식기 구현부, 문자 인식부 등에 대한 구체적인 기술을 소개하고 실제로 구현한 시스템을 나타내었다.

2.1 영상 획득부 구현

영상 획득부에서는 CCD 카메라를 이용하여 256레벨

의 명도 영상을 입력받아서 컴퓨터로 입력시킨다. 본 논문에서 고려한 영상 획득부의 규격과 기능은 아래와 같다.

- ① 카메라(SONY RGB CCD Vision Camera Module)
- 영상획득용 카메라
- ② 프레임 그레이버(Meteor/PPB Board) - 디지털이저



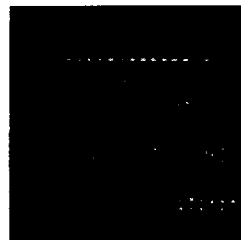
<그림 1> 부품문자 자동 인식시스템의 전체적인 구성과 처리과정

및 영상저장

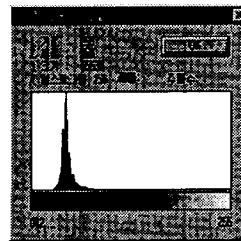
③ 영상획득용 S/W (Mill 라이브러리를 활용한 자체제작) - 온라인 영상데이터 획득

④ 렌즈(VCL-16Y-M) - 영상입력

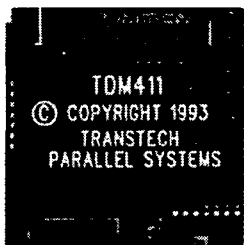
다음은 본 논문에서 대상으로 하고 있는 산업용 부품 획득 영상의 예를 도시하였다.



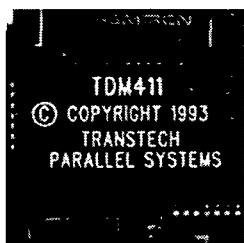
(a) 어두운 조명하의 영상



(b) 영상(a)의 히스토그램



(c) 밝은 조명하의 영상



(d) 영상(c)의 히스토그램

<그림 2> 조명의 밝기가 각각 다른 경우에 획득한 부품 영상의 예

<그림 2>에서 보인 바와 같이 영상 획득부에서 획득한 명도 영상은 조명이나 주위 환경의 변화로 인해 명도 레벨의 분포에 대한 변화가 크게 달라질 수 있다.

컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 산업용 부품 문자 영상 정보를 획득하고 영상 데이터로부터 부품에 기록된 문자들을 자동으로 인식하여 공정을 자동으로 제어할 수 있는 부품 문자 인식시스템을 구축하기 위해서 다음과 같은 단계별 기술을 이전하였다. 즉, 산업현장의 실제 환경 하에서 양질의 영상을 얻기 위해서는 카메라의 종류 그리고 조명 장치의 종류 및 형태, 조도, 렌즈에 관한 제반 변수 등을 대상 물체의 영상 정보 획득에 가장 적합한 환경을 구축하였다.

또한 디지털 영상을 CCD 카메라로 획득할 때 조명 기구의 종류, 상태 및 방향에 따라 영상의 질적 변화 및 왜곡이 발생할 수 있어서 소프트웨어적인 영상 처리 알고리즘의 성능을 상당히 저하시킬 수 있다. 따라서 비교적 양질의 디지털 영상을 입력받기 위해서 최적 조명 장치를 구축하였다.

<그림 2>와 같은 명도 영상을 이진화 영상으로 만들기 전에 전처리 과정을 거쳐 영상을 개선시키는 과정을 수행해야 한다. 영상 개선을 위한 전처리 단계에서는 히

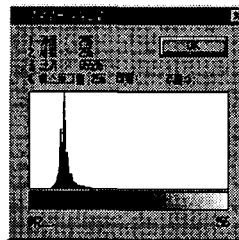
스토그램 평탄화와 명도 레벨 정규화를 사용하였다. 특히 반도체 칩의 명도 영상에서 인식 대상이 되는 문자 부분의 화소 개수가 매우 적기 때문에 이와 같은 영상 개선 과정은 다음 단계인 문자 인식 과정에 매우 큰 영향을 준다.

2.2 명도 영상 개선

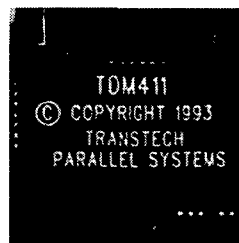
CCD 카메라로 입력받은 명도 영상은 영상 획득 당시에 적용된 조명의 영향에 따라 명도 레벨이 어두운 쪽이나 밝은 쪽으로 편중되는 현상이 포함될 수 있다. 이렇게 명도 레벨이 편중된 영상을 이진화시킬 경우 문자에 해당하는 화소들이 사라지거나 반대로 매우 많은 수의 배경 화소들이 이진영상에 포함되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 명도영상을 개선시킨 다음 이진화를 수행해야 한다.



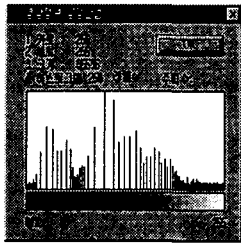
(a) CCD카메라로 획득한 부품



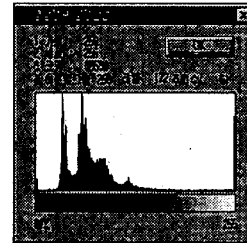
(b) 부품 영상 (a)의 히스토그램 영상의 예



(c) 부품 영상 (a)를 히스토그램 평탄화시킨 결과 영상



(d) 히스토그램 평탄화된 명도 영상의 히스토그램



(b) 부품영상 (a) 의 히스토그램

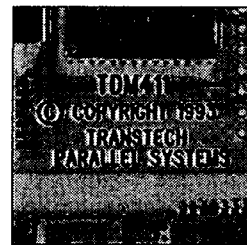
<그림 3> CCD 카메라로 획득한 부품 영상의 개선 예

영상 개선(image enhancement)에 사용되는 일반적인 방법으로는 <그림 3>에서 보는 것처럼 히스토그램 평탄화(histogram equalization)와 명도 레벨 정규화(gray-level normalization) 등이 있다.

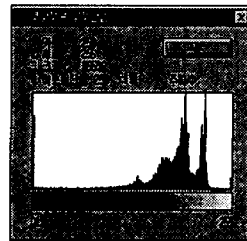
2.3 명도 영상의 이진화

인식 대상 문자 영역을 세그멘테이션 하기 전에 명도 영상을 이진화 시켜야한다. 그리고 본 논문에서 대상으로 하고있는 부품 영상에서 문자 부분이 흰색이고 배경 부분이 흑색으로 되어 있으므로 먼저 초기 명도영상을 반전시킨 다음 이진화 시켰다.

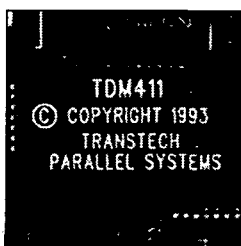
명도 영상을 이진화 시키는 알고리즘들이 많이 발표되어 있지만 그 중에 비교적 이진화 성능이 우수하다고 알려진 Otsu의 방법과 사전 지식 정보를 이용하여 명도 영상을 이진화 시켰다.



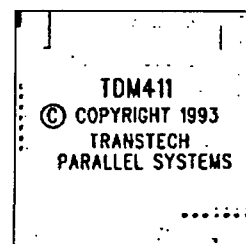
(c) 부품영상 (a)의 반전영상



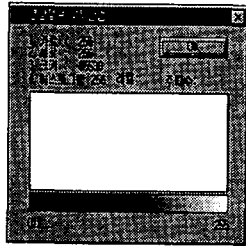
(d) 반전영상 (c)의 히스토그램



(a) 획득한 부품영상의 예



(e) 반전 영상 (c)를 이진화시킨 영상

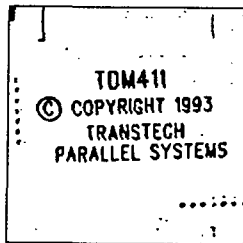


(f) 이진화 영상 (e)의 히스토그램

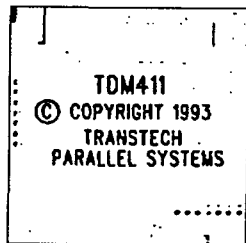
<그림 4> 반전영상을 이진화 시킨 예와 각 영상들의 히스토그램

2.4 영상 기울기 보정

CCD 카메라로 입력받은 영상은 카메라 고정 받침에서의 오차나 부품의 위치 에러 등으로 인해 기울어진 경우가 있을 수 있다. 이러한 영상의 기울기를 보정하기 위해서는 투영 결과나 Hough 변환 결과를 이용할 수 있고 nearest-neighbour clustering 결과를 이용할 수도 있다. 따라서 명도 영상을 이진화 영상으로 변환한 다음 기울기 정보를 찾아내는 것이 보다 효과적인 방법이 된다.



(a) 기울어진 영상의 예(+2 σ)



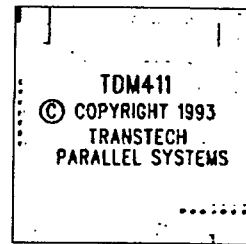
(b) 기울기를 보정한 영상(-2 σ)

<그림 5> 기울어진 영상을 보정한 예

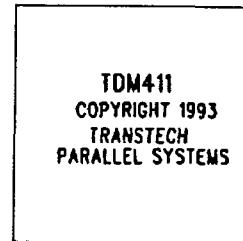
2.5 이진 영상 잡음 제거

<그림 4>의 (e)에서 볼 수 있듯이 이진화된 영상에는 많은 잡영들이 존재한다. 이들을 효과적으로 제거해야만 문자 영역의 세그멘테이션과 인식 과정에서 발생할 수 있는 에러를 최소화시킬 수 있다. 본 논문에서는 잡영 제거에 가장 많이 이용되는 알고리즘들 중의 하나인 메디안 필터를 이용하여 일차적인 잡영을 제거하였다.

본 논문에서는 부품 영상의 이진 영상을 대상으로 메디안 필터링을 수행하였기 때문에 창내에 있는 흑색 화소 개수의 합이 중간값인 5이상일 때 기준 화소를 흑색으로 하고 그렇지 않을 경우 흰색으로 설정하여 잡영을 제거하였다. 또한 본 연구에서 대상으로 하고 있는 입력 영상에는 회사의 로고 심볼 등이 포함될 수 있으므로 블롭 해석을 통해 일정 크기 이상의 블롭을 제거하는 방법으로 이들을 고려 대상에서 제외시켰다. 그림 7은 본 연구에서 수행한 잡영 제거 알고리즘의 수행 결과를 도시한 것이다.



(a) 잡영이 포함된 이진영상



(b) 잡영이 제거된 이진영상

<그림 6> 잡영이 포함된 이진영상에서 잡영을 제거시킨 예

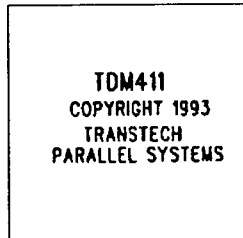
2.6 문자영역 세그멘테이션

문자 영역을 세그멘테이션 하는 방법에는 기능적 해석법과 구조적 해석법이 사용될 수 있는데 이 중에서 구조적 해석법은 영상의 포맷에 따른 사전 정보 없이 독립된 단어, 문자열, 로고 심볼 등을 추출한다[3].

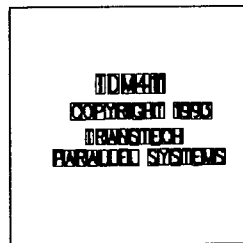
구조적 해석법에는 하향식(top-down)방식과 상향식(bottom-up) 방식이 있다. 하향식 방식은 영상을 크게 한 두 개의 열 블록으로 구분하고 각 열 블록은 다시 문단 블록으로 나누어지며 각 문단 블록들은 다시 문자열로 나누어지게 된다. 상향식 방식은 문자영역에서 단어 영역으로 합쳐지고 이들은 다시 더 큰 영역으로 합쳐진다. 하향식 방식의 알고리즘들이 비교적 안정되게 세그멘테이션할 수 있다는 장점이 있으며 상향식 방식은 계산이 복잡해질 수 있다는 단점이 있다. 이 두 방법을 결합시킨 방법을 이용하면 더욱 효과적으로 문자영역을 해석하고 세그멘테이션하는 알고리즘을 구축할 수 있다.

상향식 방식에서 기본 블록들을 해석하기 위해서는 블록 컬러링 알고리즘을 이용할 수 있다. 컬러링된 각 블록들을 해석하여 문자 영역정보와 단어영역 정보를 찾아내고 또한 접촉된 문자영역을 분리해 낼 수 있다. 그리고 하향식 방식에서 필요한 열 블록과 문단 블록들을 구분하기 위해서는 가로방향 및 세로방향 투영기법을 사용할 수 있다.

<그림 7>은 부품 영상에서 개별 문자 영역을 세그멘테이션한 결과 영상을 도시한 것이다.



(a) 잡영이 제거된 이진영상



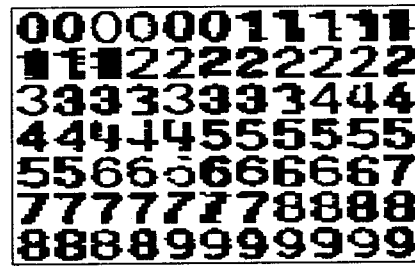
(b) 세그멘테이션 결과영상

<그림 7> 잡영이 제거된 이진 영상에서 세그멘테이션을 수행한 예

2.7 문자 영상 정규화

부품 영상에는 다양한 폰트와 다양한 크기의 문자들이 포함되어있다. 따라서 이들을 학습시킨 표본 문자와 비교하기 위해서는 입력 문자 영역을 학습시킨 표본 문자의 크기로 정규화 시켜야한다. 정규화 기법은 선형 정규화와 비선형 정규화로 구분된다. 선형 정규화는 문자 영상의 가로 및 세로 길이의 비율에 따라 영상 매핑을 하며, 문자 영상의 확대 및 축소를 빠르게 수행할 수 있다. 그러나 확대, 축소 비율이 클 경우 문자 정보를 소실할 수 있다. 비선형 정규화는 문자의 획의 밀도 정보를 반영하여 문자 영상자체를 변형시켜 정규화한다[5].

<그림 8>은 정규화 영상의 예를 도시한 것이다.



<그림 8> 부품 영상으로부터 추출한 프로토타입 문자들을 정규화 시킨 예

2.8 문자 인식을 위한 특징 추출

최근까지 문자 인식을 위해 사용할 수 있는 많은 특징들이 발표되었지만 그 중에서 성능이 비교적 안정된 입력특징들은 메쉬 특징과 CDC(contour direction code)등이 있으며 퍼지 함수를 이용하여 문자의 회전이나 이동 현상을 최소화시킬 수 있다. 명도 영상을 이진화 시킨 영상에는 블러링 현상으로 문자들의 획 정보들이 소실될 수가 있다[4]. 따라서 문자 영상을 세선화 시킨 골격화 영상(skeletonized image)으로부터 특징을 구하면 문자의 대표적인 특징이 반감될 수 있다. 그러므로 인식 성능이 저하될 수 있어서 구조적이고 기하학적인 특징만으로는 부품의 명도영상에서 많이 볼 수 있는 굵은 문자를 표현하기가 매우 힘이 들기 때문에 메쉬 특징과 CDC 등을 이용하여 문자 특징을 추출하였다.

2.9 문자 인식을 위한 분류기술

명도 영상에서 추출한 인쇄 문자들을 효과적으로 인

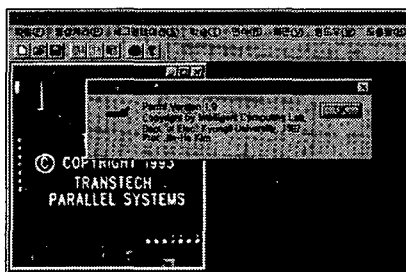
식하기 위해 많이 이용되는 분류기로는 역전파(backpropagation) 학습 알고리즘을 이용한 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron)과, 수정형 LVQ 네트워크(modified LVQ network) 그리고 KL 확장을 이용한 최소거리 분류기(minimum distance classifier with KL(karhunen-Loeve) expansion), 신경 퍼지 네트워크(neuro-fuzzy network) 그리고 RBF network 등 많은 종류가 있다. 역전파 학습 알고리즘을 이용한 다층 퍼셉트론은 문자 인식 분야에 가장 많이 이용되고 있는 분류기 중의 하나이며 일본의 NEC 회사에서는 이를 상용 문자 인식에 적용하여 99% 이상의 인식 성능을 얻을 수 있었다[1,2].

LVQ 알고리즘은 다중 템플릿 분류 방법인 K-nearest neighbour 형태의 학습 알고리즘의 일종으로서 높은 군집화 성능과 빠른 수렴 특성 그리고 효과적인 재학습 능력을 가지고 있어서 명도영상에서 볼 수 있는 다양한 종류의 변형된 문자들을 고성능으로 인식하는데 많이 이용된다. 문자 인식에 이용되는 LVQ 네트워크는 3층 구조로 모델링할 수 있다[6].

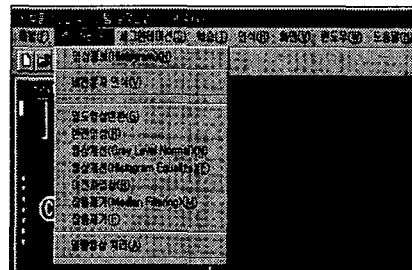
구현단계에서는 전술한 명도영상 문자 인식 과정들을 소프트웨어로 구현하여 프로토타입 문자들을 학습시키고 인식루틴을 구현하여 성능 평가 및 수정 보완 작업을 진행하였다. 목표 사양에 부합되는 정도의 인식 성능을 확보한 다음에 이를 Windows95용 응용 소프트웨어로 구현하였다. 이때 학습 및 인식 루틴들을 라이브러리와 함으로써 향후 별도의 코드 변경 없이 다양한 폰트 데이터를 학습시킬 수 있을 뿐만 아니라 부품영상 인식을 위한 Windows95용 응용 소프트웨어의 구현에 효과적으로 이용할 수 있도록 하였다.

2.10 인식 소프트웨어 구현

본 논문에서는 전술한 과정을 종합하여 Window98 환경에서 동작하는 비전 문자 인식 소프트웨어를 구축하는 기술을 이전하였다. <그림 9>와 <그림 10>은 구현한 인식 소프트웨어의 초기화면과 메뉴화면을 도시한 것이다.



<그림 9> 구현한 부품 영상 문자 인식 소프트웨어



<그림 10> 부품 영상 문자 인식 소프트웨어의 메뉴 구성 화면

<그림 10>에서 [영상 처리] 메뉴에 명도 영상의 전처리 과정과 인식과정 등이 구현되어 있다. [세그멘테이션], [학습] 및 [인식] 메뉴는 모두 화면으로 모니터링 하면서 각 과정이 수행되도록 구현하였다.

3. 결 론

최근 들어 공장 자동화를 통한 생산품 품질 개선, 생산비 절감, 위험한 작업 공정의 자동화 등 새로운 생산 시스템을 구축하기 위한 관심이 매우 증대되었다. 이와 같은 자동화에서 자동화를 위한 파라미터 추출에 필수적으로 요구되는 부품의 자동 인식에 대한 연구들이 많이 진행되었다.

본 논문에서는 컴퓨터 비전을 사용하여 부품에 기록된 문자들을 자동으로 인식하여 자동화에 필요한 데이터를 자동으로 추출할 수 있는 시스템을 구현하였다. 특히 자동화용 컴퓨터 비전 시스템을 구축하였으므로 본 시스템의 활용분야는 단지 문자인식을 위한 활용분야 외에도 다양한 영상 자동 인식에도 활용할 수 있을 것이다. 또한 비전 시스템 구축 기술을 바탕으로 문자 정보 외에도 영상 패턴의 자동 인식을 통한 자동화 시스템 구축도 효과적으로 이룰 수 있을 것으로 기대된다.

컴퓨터 비전을 활용한 부품 문자 인식을 위한 프로토타입 소프트웨어를 구현하여 비교적 양호한 인식 성능과 인식 속도를 얻을 수 있었으므로 생산업체의 자동화 관련 소프트웨어 개발 및 사업화에 활용할 수 있게 되었다. 또한 최근의 자동화 관련 소프트웨어들이 외국으로부터 많은 양이 수입되고 있는 실정을 비추어 본다면 이와 같이 국산 자동화용 비전 시스템 구축 소프트웨어의 구현은 매우 시급한 실정이었으므로 자동화 관련 분야의 산업적인 측면에서도 높은 가치를 인정받을 수 있을 것 같다. 특히 공정의 자동화에 따른 생산비 절감, 제품의 고급화 등을

이룩할 수 있어서 그 경제성이 매우 높을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] A. Khotanzad, J. H. Lu, "Distortion invariant character recognition by a multilayer perceptron and back propagation learning," IEEE Int. Conf. on Neural Network, Sandiego, California, vol. 1, pp. 309-315, 1988.
- [2] A. Krzyzak, W. Dai and C. Y. Suen, "Classification of large set of handwritten characters using modified back propagation model," Proc. of IJCNN, Sandiego, vol. 3, pp. 225-232, 1990.
- [3] D. G. Ellman and I. T. Lancaster, "A review of segmentation and contextual analysis technique for text recognition," Pattern Recognition, vol. 23, pp. 337-346, 1990.
- [4] H. Takahashi, "A neural network OCR using geometric and zonal pattern features," ICDAR '91, Paris, vol. 2, pp. 821-828, 1991.
- [5] K. T. Blackwell, T. P. Vogl, S. D. Hyman, G. S. Barbour and D. L. Alkon, "A new approach to hand-written character recognition," Pattern Recognition, vol. 25, no. 6, pp. 655-666, 1992.
- [6] P. D. Wasserman, "Neural computing : Theory and practice," Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 43-59, 1989.
- [7] P. Gader, B. Forester, M. Ganzberger, A. Gillies, B. Mitchell, M. Whalen and T. Yocum, "Recognition of handwritten digits using template and model matching," Pattern Recognition, vol. 24, no. 5, pp. 421-431, 1991.



박희주

1978년 영남대학교 전자공학과 졸업
1981년 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1995년 대구효성가톨릭대학교 전산통계학과(이학박사)

현재 경일대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 신경회로망, 퍼지시스템



김진호

1986년 경북대학교 전자공학과 졸업
1988년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1992년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

현재 경일대학교 전자정보공학과 부교수

관심분야 : 패턴인식, 병렬처리



부기동

1983년 경북대학교 전자공학과 졸업
1988년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1996년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

현재 경일대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 데이터베이스, GIS