

다중 신경망을 이용한 차량 번호판의 자동인식 시스템

Automatic Recognition System for Number Plate of Car using Multi Neural Network

박상후 · 최규종 · 안두성

S. H. Park, G. J. Choi and D. S. Ahn

Key Words : Automatic Recognition System(자동 인식 시스템), Multi Neural Network(다중 신경망), GDR:Generalized Delta learning Rule(일반화된 델타 학습 규칙)

Abstract : This paper presents the automatic recognition system for car number plate. In our country, two types of number plate pattern is used. The one is old type of number plate, the other is new type of number plate. To recognize both new and old type number plates, the system must have flexibility. Therefore, in this paper, automatic recognition system is developed by use of the neural network for good adaptation, good generalization, and modulation. And because the number plate is made of three codes, the multi neural network consists of three networks. Neural network is learned by GDR(Generalized Delta learning Rule) and it is verified the effectiveness of the method through experimental results.

1. 서론

최근 소득의 증대와 삶의 질적 향상으로 인하여, 자동차의 수는 기하급수적으로 불어나고 있으며, 그에 따른 교통 문제 또한 심각한 수준에 이르고 있다. 따라서, 현재 효율적인 교통량 관리를 위하여 많은 연구들이 진행되고 있다. 번호판 인식 시스템이 응용될 수 있는 분야는 주차장의 무인시스템, 톨게이트에서의 무인 온라인 요금 청구 시스템, 범죄 및 도난 차량 검거 시스템, 과속 차량검거 시스템 등이 될 수 있다.

그러나, 우리나라에서 현재 사용되고 있는 신 번호판과 구 번호판의 문자 모양에는 차이가 있기 때문에 인식시스템 설계시 이러한 특성을 고려하여야 한다. 따라서, 본 논문에서는 신 번호판과 구 번호판 모두를 인식할 수 있는 유연성(flexibility)을 지닌 시스템을 개발하기 위하여 다중 신경망(multi neural network)을 이용한 방법을 제안한다. 번호판의 각 문자들의 인식에 있어서는 패턴 정합 방식, 문자패턴의 특징을 이용한 방법, 신경망을

이용하는 방법 등이 있다. 이 중 신경망을 이용하여 문자를 인식하는 방법의 장점^{1, 2)}은 학습을 통하여 문자패턴에 대한 내적 지식 형성과 학습 후 다른 패턴에 대해서도 적절히 반응할 수 있는 일반화(generalization) 능력, 그리고 잡음(noise)에 대한 성능저하가 완만하다는 점이다.

본 논문에서는 단일 신경망(Single Neural Network)대신에 다중 신경망(Multi Neural Network)을 사용함으로써, 번호판 문자들의 각 영역에 대해 보다 향상된 학습능력과, 일반화 성능을 얻을 수 있도록 하였다. 번호판 인식에 있어서 다중 신경망을 사용한 이유는 우리나라 번호판은 숫자부분과 문자부분으로 구성되어 있으며, 단일 신경망 사용시 과다한 학습시간 및 학습 후 성능 저하와 신경망의 크기가 방대해지며, 이로 인한 연산속도 저하를 들 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 우리 나라 번호판의 특성에 맞는 차종별 분류코드, 용도별 분류코드, 숫자부분코드를 인식하기 위해 3개로 구성된 다중 신경망(Multi Neural Network)구조를 사용하였다.

접수일 : 2000년 2월 26일

안두성 : 부경대학교 기계공학부

박상후, 최규종 : 부경대학교 대학원

2. 번호판 인식의 과정

2.1 전처리(Pre-Processing)단계

2.1.1 이치화(Threshold)과정과 윤곽선 추출

차량 영상은 배경과 번호판이 하나의 영상으로 구성되므로 전역적 이치화방법을 사용시 번호판 영역에 많은 잡음이 섞일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 전역적 이치화방법³⁾ 대신 지역적 이치화방법을 이용하여 영상을 이치화 하였다.

전역적 이치화 방법:

$$T = \frac{1}{(x_{max} \times y_{max})} \sum_{x=0}^{x_{max}} \sum_{y=0}^{y_{max}} f(x, y) \quad (1)$$

$$g(x, y) = 1 \quad \text{if } (f(x, y) \geq T) \\ g(x, y) = 0 \quad \text{if } (f(x, y) < T) \quad (2)$$

지역적 이치화 방법:

$$T(i) = \frac{1}{(80 \times 80)} \sum_{x=0}^{80} \sum_{y=0}^{80} f(x+k, y+k) \quad (3)$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, \quad k = 80 * i$$

지역적 이치화 영역의 가로 세로 크기 : 80

$$g(x+k, y+k) = 1, \quad \text{if } f(x+k, y+k) \geq T(i) \\ g(x+k, y+k) = 0, \quad \text{if } f(x+k, y+k) < T(i) \quad (4)$$



(a)Local threshold (b)Global threshold

Fig. 1 Local threshold and Global threshold

Fig. 1에서 볼 수 있듯이 지역적 이치화 방법이 잡영에 대한 영향을 적게 받음을 알 수가 있다. Fig. 1(b)는 전역적 이치화 방법으로 이치화한 영상으로 주변 배경에 따라 이치화된 영상에서 잡영이 많이 나옴을 알 수 있다.

2.1.2 라플라시안 연산자(Laplacian Operator)에 의한 윤곽선의 추출

라플라시안^{4,5)} 연산은 2차미분의 형태로서, 윤곽의 강도를 계산하는데 쓰인다. 함수 f(x,y)의 라플

라시안(Laplacian)은 다음과 같이 정의된다.

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (5)$$

본 논문에 사용한 라플라시안 연산자는 다음과 같다.

$$Laplacian = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

라플라시안 연산의 차분형식의 표현은 다음과 같다.

$$g(x, y) = 8f(x, y) - \{f(x-1, y-1) + f(x, y-1) + f(x+1, y-1) + f(x-1, y) + f(x+1, y) + f(x-1, y+1) + f(x, y+1) + f(x+1, y+1)\} \quad (7)$$

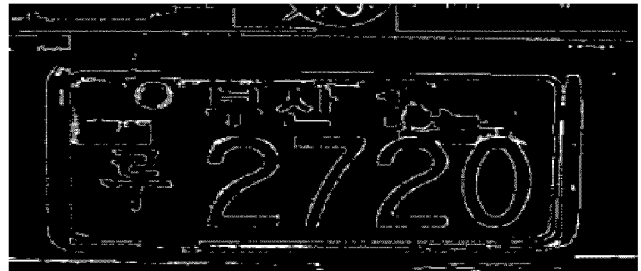


Fig. 2 Edge extraction by Laplacian operator

Fig. 2와 같이 윤곽선 추출을 한 결과 필요 없는 배경부분을 제거할 수 있는 이점이 있다. 이런 일련의 전처리 과정의 목적은 번호판 영역의 추출에 있다. 윤곽선 추출영상은 번호판 테두리 부분의 팽창(Dilation)을 위해서 쓰이게 된다.

2.1.2 번호판 테두리의 강조를 위한 팽창

윤곽선이 추출된 영상에서 번호판의 테두리 부분을 강조하기 위해서 팽창⁴⁾이 사용되었다. 본 논문에서는 차량의 이미지 정보를 이용하여, 차량 번호판의 지역별 분류코드, 차종별 분류코드, 용도별 분류코드, 숫자부분을 자동 인식함으로써, 효율적인 교통관리에 유용하게 사용될 수 있는 방법을 제시한다. 즉, 윤곽선 추출 영상의 각 픽셀의 명암도를 조사하여 현재 픽셀의 명암도가 255이면 그 주위 4×4영역의 명암도를 255로 설정하였다. Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 번호판의 테두리 부분이 강조되어 나타남을 알 수 있다.

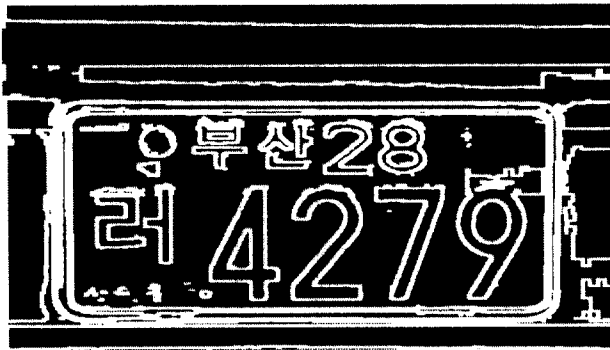


Fig. 3 Dilation image

2.2 번호판 영역의 검출

번호판 영역의 검출은 팽창된 영상에서 Fig. 4와 같은 수평, 투영 히스토그램^(6,7)의 분석을 통하여 농도 분포가 가장 높게 나타나는 번호판의 최상단과 하단의 좌표를 구하였다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 번호판의 테두리 부분에서 수평, 투영 히스토그램의 값이 최대로 나타남을 알 수 있다. 이때의 좌표값이 Fig. 5와 같이 번호판 영역 검출후의 좌표

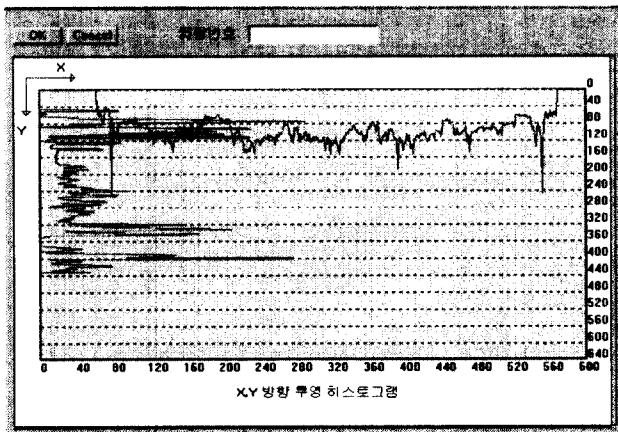


Fig. 4 Horizontal and vertical projection histogram

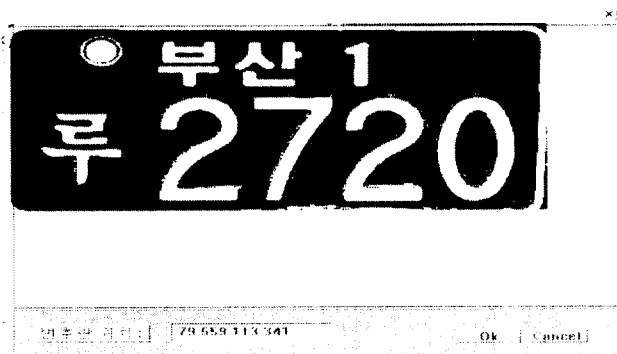


Fig. 5 Number plate region extraction

가 된다.

2.3 개별 문자의 추출

2.3.1 번호판 영역의 상하 분할

문자들을 개별적으로 분리하기 전에 먼저 Fig. 6와 같은 알고리즘을 이용하여 Fig. 7과 같이 번호판의 상위 부분과 하위 부분을 분할하였다. 즉, 번호판 영역에 대한 수직 투영 히스토그램을 조사하여, 검색 영역 안에서 농도 분포가 최저인 지점을 상하 분할 지점으로 선택하였다.

$$y_{start} = y_{min} + (y_{max} - y_{min})/3 \quad (8)$$

$$y_{end} = y_{min} + (y_{max} - y_{min})2/3 \quad (9)$$

여기서, y_{start} 과 y_{end} 는 각각 농도 분포 검색 시작점과 농도 분포 검색 끝점을 나타낸다.

수직 투영 히스토그램의 검색은 y축 방향의 1/3 지점부터 2/3지점까지를 검색함으로써 불필요한 부분의 검색을 방지하였다.

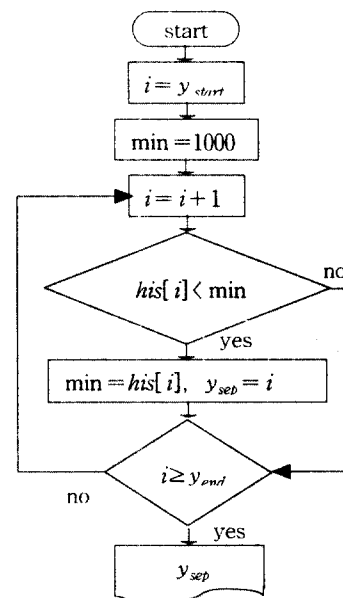


Fig. 6 Upper and lower part segmentation algorithm

2.3.2 개별 문자의 분리

상하 두 개의 영역으로 나눈 다음의 단계는 Fig. 8과 같이 각각의 개별 문자로 분리하는 과정이 필요하다. 이를 위해서 각각의 두 영역에서 수평 투영 히스토그램을 고려하였다. 수평 투영 히스토그램을 고려해 보면 문자사이의 공백 부분에서는 농

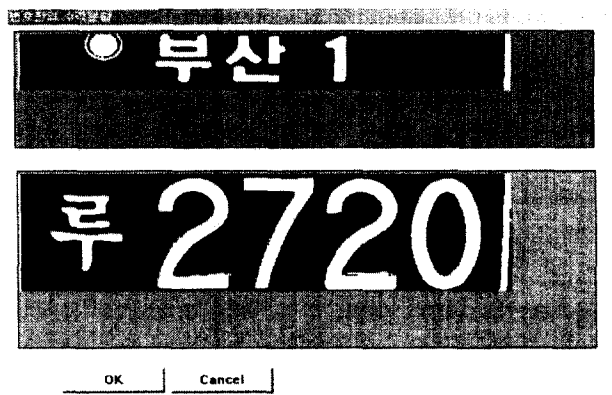


Fig. 7 Upper and lower separation of the number plate

도값이 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있으며, 이 지점이 각각의 문자로 분리하는 x 좌표값이 된다. 이때 각 x 좌표값의 검색 영역은 상하 분리된 영역에서 각 문자의 위치는 번호판의 규격이 일정하므로, 가로 크기에 비례한 농도 분포의 검색 영역을 지정하였다. 그러나 이 경우 각 개별 문자의 정확한 시작과 끝 좌표를 계산하기 어려운 문제점이 있고, 각 개별 문자 영역에서 불필요한 공백부분이 나타난다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 나누어진 각 문자 영역에서 다시 수평 수직 투영 히스토그램의 농도 분포를 검사하여 각 영역 문자의 정확한 시작점과 끝점을 찾는 방법을 사용하였다.

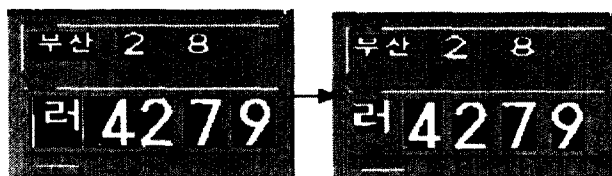


Fig. 8 Each character extraction

2.4 분리된 문자의 정규화와 패턴화

각각의 영역으로 분리된 개별 문자들은 신경망의 입력층으로 입력 되기 전에 Fig. 9과 같이 일정한 크기로 정규화하는 과정이 필요하다. 각 문자영역의 정규화된 크기는 다음과 같다.

- 지역별 코드 : 40×20 (pixels) (1개)
- 차종별 코드 : 15×15 (pixels) (2개)
- 용도별 코드 : 20×20 (pixels) (1개)
- 수자 부분 : 15×15 (pixels) (4개)

크기가 M×N인 영상 $f(x_L, y_L)$ 를 $m \times n$ 인 영상 $g(x_S, y_S)$ 로 만드는 식은 다음과 같다.

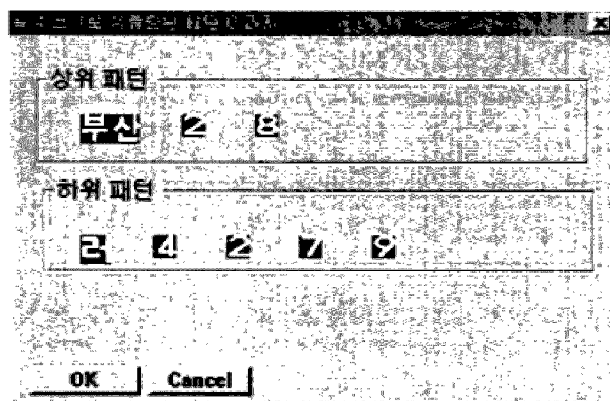


Fig. 9 Character size normalization

$$g(x_S, y_S) = f\left(\frac{x_L \times M}{m}, \frac{y_L \times N}{n}\right) \quad (10)$$

$$0 \leq x_L < x_{\max} \quad (\text{각 영역의 } x \text{ 최대값})$$

$$0 \leq y_L < y_{\max} \quad (\text{각 영역의 } y \text{ 최대값})$$

다음 단계로는 정규화된 이미지를 Fig. 10과 같이 신경망의 입력 패턴으로 바꾸어 주는 과정이 필요하다. 본 논문에서 사용한 패턴은 '1'과 '0'의 값을 가지는 1차원 배열의 형태를 취하였다. 패턴의 변환식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{if } (g_i(x_S, y_S) = 255) \text{ then } p_i[j] = 1 \\ &\text{else if } (g_i(x_S, y_S) = 0) \text{ then } p_i[j] = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

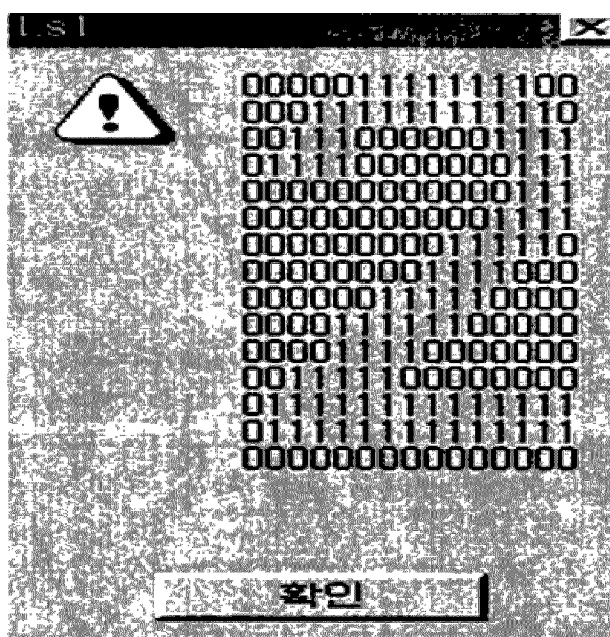


Fig. 10 The character patterned with '1' and '0'

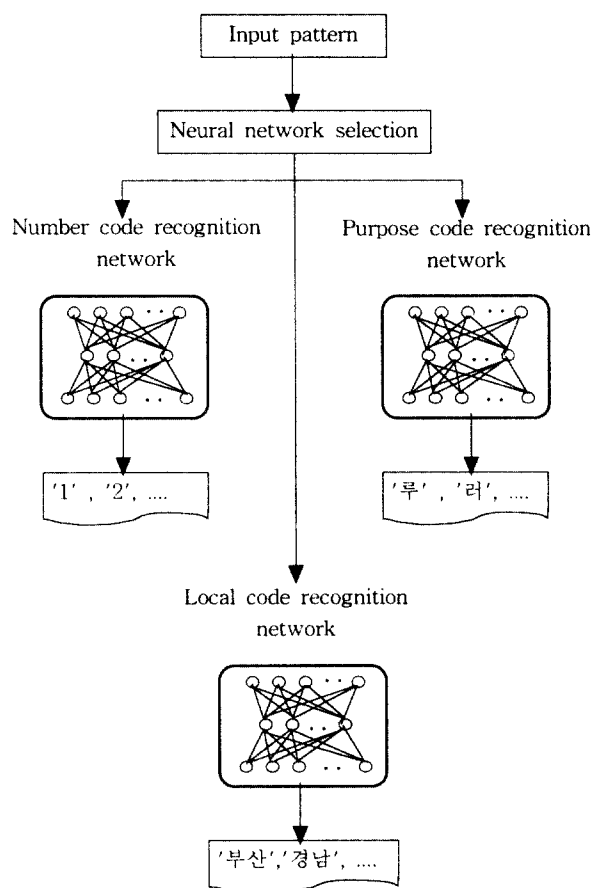


Fig. 11 Multi Neural Network : MNN

여기서,

i : 분리된 문자영역의 수 ($1 \leq i \leq 8$)

$p_i[j]$: 패턴을 저장할 배열

j : $0 \leq j < m \times n$

각각의 패턴은 1차원 배열로서 저장되어 진다. 저장된 각각의 패턴은 신경망의 입력층으로 입력된다.

2.5 다중 신경망(Multi Neural Network)을 이용한 문자의 인식

본 논문에서는 학습에 의하여 새로운 패턴에 적용할 수 있으며 패턴의 국부적인 변형 및 잡음에 민감하지 않은 신경망을 이용하여 번호판의 문자들을 인식하였다. 신경망의 구조에 대해서는 본 논문에서는 신경망을 구성함에 있어 단일한 신경망으로 구성하지 않고, Fig. 11과 같이 지역코드 인식 신경망, 용도별 분류 코드 인식 신경망, 숫자 코드 인식 신경망으로 총 3개의 신경망으로 구성

하였다.

2.5.1 신경망의 구성

다중 신경망 각각의 구성은 Table 1과 같다. 세 개의 신경망들은 병렬적으로 연결되어 있으며, 입력패턴의 종류에 따라서 신경망이 선택된다.

Table 1 Components of the Multi Neural Network

Component	i input neuron	j hidden neuron	k output neuron	w_{ij} connection	w_{jk} connection
Local code network	$40 \times 20 = 800$	35	16	$800 \times 35 = 28000$	$16 \times 35 = 560$
Purpose code network	$20 \times 20 = 400$	35	25	$400 \times 35 = 14000$	$35 \times 25 = 875$
Number code network	$15 \times 15 = 225$	35	10	$225 \times 10 = 2250$	$35 \times 10 = 350$



(a) New plate

(b) Old plate

Fig. 12 Distinction between the old and new number plates

우리 나라 번호판의 경우, 신(new) 구(old)번호판의 패턴 모양이 차이가 있으므로, 입력패턴의 제시 단계에서 신, 구 번호판을 구별하도록 하였다. 신, 구 번호판의 가장 큰 차이점은 차종별 코드의 수자의 개수이다. 즉 Fig. 12과 같이 현재, 신 번호판의 차종별 분류코드의 수자의 개수는 2개(예: "22", "33"등)인데 반해, 구 번호판의 경우는 1개(예: "1", "3"등)이다. 따라서, 차종별 코드의 두 번째 수자 패턴의 농도를 계산하여, 농도값이 영(zero)에 가깝다면 구(old)번호판으로, 그렇지 않다면 신(new)번호판으로 판별한다.

신, 구 번호판의 또 다른 차이점은 Fig. 13와 같이 패턴의 글씨체 자체도 차이가 난다는 점이다. 이러한 문제점은 신경망을 학습할 때 학습패턴으로 신, 구 패턴 모두를 선택하여 학습시킴으로써 해결할 수 있었다.

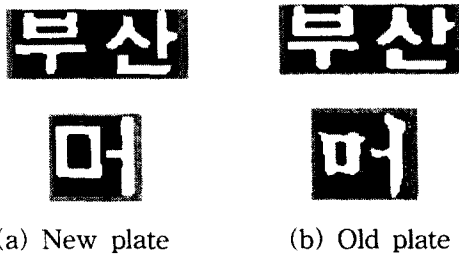


Fig. 13 Comparison between the new and old number plate character writing

2.5.2 신경망의 학습

본 논문에서 사용한 신경망의 학습 규칙은 Fig. 14의 EBPT (Error Back Propagation Training)^{1,8)} 알고리즘을 이용하는 GDR(Generalized Delta learning Rule)을 사용하였다.

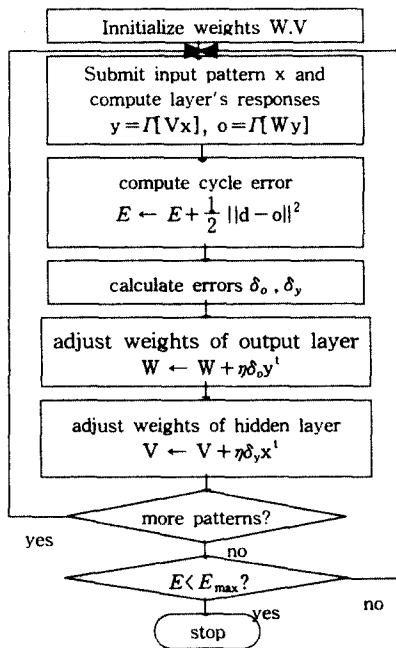


Fig. 14 EBPT algorithm

3. 실험 및 고찰

3.1 실험 장비

실험 장비는 Table 2와 같다. 실험은 256 Gray Scale BMP 파일로 실험을 하였고 본 실험에 사용하기 위해 만든 통합 프로그램은 Visual C++를 사용하였다.

Table 2 Equipment for the experiment

Computer	MMX-233
Image	256Gray Scale BMP file
Camera	Sony MVC-FD81

3.2 실험 결과

각 신경망의 학습에 소요된 학습패턴 및 목적패턴의 수는 용도별 코드 인식 신경망은 50쌍, 숫자 인식 신경망은 30쌍, 지역별 코드는 24쌍으로 하였다. 학습 반복횟수는 각각 1000번으로 하였다. 학습 반복 횟수에 따른 최종 에러의 변화는 Table 3과 같은 결과를 얻을 수 있었으며, 학습 후 학습 패턴과 다른 문자 패턴에 대해서 인식율을 조사해 본 결과 Table 4과 같이 신 번호판과 구 번호판의 차이 없이 90%이상의 인식 결과를 얻을 수 있었다.

Table 3 Cycle error after the iteration 1000

Iteration	Neural network	Cycle error $E \leftarrow E + \frac{1}{2} \ d - o\ ^2$ d : target pattern o : output
1000	Number code	0.4699
1000	Purpose code	0.7615
1000	Local code	0.1057

Table 4 Recognition rates of the number plates

Character	Pattern number	Failure	Recognition rate
Number code	264	8	97%
Purpose code	44	4	91%
Local code	44	1	98%

4. 결론

본 논문은 번호판 인식 시스템을 구성함에 있어서, 다중 신경망구조를 사용함으로써, 학습성능 및 연산 속도의 향상을 도모하였고, 현재 우리 나라에서 통용되고 있는 신, 구번호판 모두에 대해서 효과적으로 인식할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 인식률에 있어서도 만족할 만한 결과를 얻을 수

있었다. 또한 인식된 번호판에 대한 데이터 베이스 모듈을 첨가함으로써, 효과적으로 데이터를 관리할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. Robert J. Schalkoff, "Artificial Neural Networks", MCGRAW-HILL company, pp. 256~285, pp. 146~183, 1997
2. 이상원, "학습하는 기계 신경망", Ohm사, pp. 51~59, 1998
3. 전병태, 소 정, 유장희, "훼손된 차량 번호판 영상의 혼합적 이치화 방법" 전자 공학회 논문집, 제31권, 제10호, pp. 1550~1559, 1994
4. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, pp. 101~102, pp. 526~532, 1993
5. 이문호, 염재훈, "C언어를 이용한 영상신호처리", 대영사, pp. 79~81, 1998
6. Nadeem A.Khan, Ron J.De la haye, and Hans A.Hegt, "A Licence Plate Recognition System", SPIE Conference on Applications of Digital Image Processing, SPIE Vol 3460. pp. 14~24, 1998
7. 김경민, 이병진, "상관 계수와 하프 변환을 이용한 차량 번호판 자동인식", 제어 자동화 시스템 공학 논문지, 제3권, 제2호, pp. 511~519, 1997
8. J. M. Zurada, "Artificial Neural Systems", PWS Publishing Company, pp. 163~232, 1999
9. J. Barro, J. Bulas-Cruz, A. Rafael, E.L.Dagless "Number Plate Recognition For Car Park Control", TSI Press Albuquerque, 1998