

## AGV 주행제어를 위한 숫자인식에 관한 연구

박영만\*, 박경우\*, 안동순\*

### A Study on the Recognition of Numerals for AGV Navigation Control

Young-man Park\*, Kyung-woo Park\*\*, Dong-soon Ahn\*\*\*

#### 요약

본 연구는 영상처리에 의한 문자인식에 관한 연구로써 기존의 AGV(Automated Guided Vehicle)가 가이드라인으로 사용하는 마그네틱테이프나 전기와이어 등을 사용하지 않고 칼라테이프를 가이드라인으로 사용하였다. AGV는 주어진 경로를 따라 주행하는 것과 목적지를 판별할 수 있는 마크나 숫자 등 표식을 인식하여 정지 동작을 하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 AGV가 정지할 때 사용되는 마크는 자동차 번호판과 같은 폰트, 같은 크기의 청색숫자를 사용하였다. 복도 환경에서 황색 주행라인과 청색의 숫자 마크를 설치하고 Color 특성만을 추출하여 라인을 탐색하여 주행하면서 DP패턴 매칭으로 숫자를 100% 인식하여 일시적으로 정지하는 영상처리 기법과 AGV 주행결과를 제시하였다.

#### Abstract

This study is a research on character recognition based on image processing, using only color tape to mark guidelines instead of magnetic tape or electric wire used by existing AGV. AGV must follow given courses, and stop recognizing signs such as marks and numbers that indicate destinations. In this study, marks to stop AGV employed blue characters of the same font and size as those of number plates. Yellow driving lines and blue numeric characters were marked in corridors. AGV ran abstracting the characteristics of colors and detecting lines, and temporarily stopped recognizing numbers of 100% through DP pattern matching. This study presented the image processing technique and the result of operating AGV.

---

\* 목포기능대학 컴퓨터정보과 부교수  
\*\* 목포대학교 공과대학 컴퓨터공학과 부교수  
\*\*\* 목포대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수

## I. 서론

AGV(automated guided vehicle)는 공장자동화 (FA)의 일환으로 소재·금형의 반송, 자동 적재 하역, 제품의 인수·회수 등을 자동적으로 하는 반송차를 일컫는다. 중앙 제어 컴퓨터의 통제 아래 바닥에 설치된 가이드를 따라 창고와 작업장 간, 공정과 공정 간, 공작기계 간에 재료나 제품을 운반하며 다양한 장소로의 공급을 가능하게 하므로 생산 공정의 유연성을 갖게 된다. 최근에 공장자동화가 활발하게 진행됨에 따라 생산라인을 바꾸는 작업들이 공장 자동화에 어려움을 주고 있으나 AGV를 사용함으로써 생산 공정 라인의 교체 또는 변경 없이 효율성을 높일 수가 있다. AGV는 효율적인 생산시스템을 구축하기 위하여 반도체공장, 자동화창고(AWS), 유연생산시스템(FMS) 등에 널리 이용되고 있다[1][2].

AGV는 작업의 정확성을 위해 주어진 가이드를 충실히 따라가는 동작과 필요한 곳에 정지하거나 회전하는 동작이 매우 중요하다. FMS의 경우에 기계와 기계 사이에 재료나 부품을 실어 이동하면서 정확한 위치에 정지하여야 로봇 팔이나 기타 장치에 의해 재료를 해당하는 기계에 전달할 수 있다. 이를 위해서는 각종 센서나 특정 마크를 사용하여 자기 위치를 인식하여야 할 것이다.

본 연구는 영상처리에 의한 영상 인식 및 문자인식에 관한 연구로써 단일 CCD카메라를 가지고 폭 50mm의 황색 비닐테이프를 가이드라인으로 사용하였다. 가이드라인 주위의 지정된 위치에 자동차 번호판에 사용되는 숫자와 똑 같은 크기의 0~9까지 청색 숫자를 바닥에 부착하여 불균일한 조명환경을 갖는 복도에서 색상 정보만을 이용하여 가이드라인과 숫자를 탐색하여 주행하면서 숫자를 인식하여 정지 동작을 하는 AGV를 구현하였다.

본 연구에서 제시하고자 하는 숫자인식은 AGV가 황색의 가이드라인을 추적하여 주행할 때 주행 바닥에 설치된 청색의 숫자를 계속 주행하면서 색상 정보만을 탐색하여 즉시 숫자를 인식하고 정지하는 동작을 하게 하는 것으로 제한하며, 여기에 관련된 숫자 인식을 위한 영상처리 기술에 대하여 고찰하고자 한다.

## II. AGV 시스템

제작된 AGV 시스템은 영상 처리부, 모터 구동부, 모니터링부와 AGV에 power를 공급하기위하여 battery로 그림1과 같이 제작되었다. AGV는 독립적으로 동작하고 자체의 동력을 가져야 한다. 영상처리에 사용되는 컴퓨터를 구동하기 위하여 DC 12V, 26AH battery에서 DC/AC inverter를 통하여 220V 교류전원을 공급하고 CCD Camera와 DC motor, motor control board 등에는 DC 12V를 battery에서 직접 공급되는 구조로 되어있다. AGV에 장착된 영상처리용 컴퓨터와 CCD 카메라 등 하드웨어와 소프트웨어의 세부적인 사양은 <표 1>과 같다.

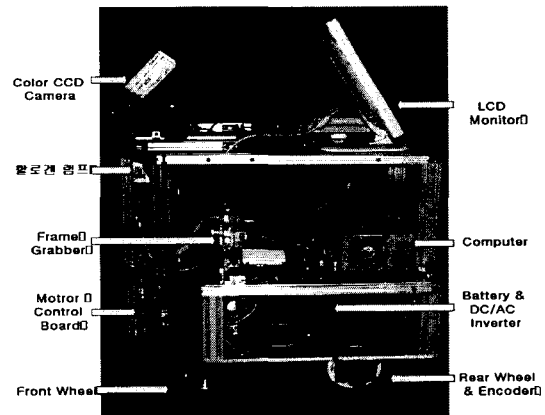


그림 1. 제작된 AGV  
Fig. 1 AGV to be made

표1. AGV 시스템 사양  
Table. 1 AGV system specification

구분		규격	
H/W	AGV	크기(cm)	55(W) * 60(L) * 80(H)
		무게	45kg
		모터	DC 12V, 1.5A 3000rpm, 감속기 : 1/75
		Encoder	분해능 : 600 P/R H40-8-600VL

	Vision	CCD Camera	Color, 1/2", 41만 유효화소(SCC-835)
		frame grabber	My Vision00
	Computer	CPU	펜티엄IV, 1.7GHz
		memory	512MB
		monitor	LCD 15"
S/W	운영체제	Windows98 SE	
	Vision 프로그램	Visual C++6.0	
	모터제어 프로그램	80C196-C	

### III. 숫자인식 영상처리

#### 1. 숫자영상 획득

AGV 주행 경로로 사용되는 황색 라인과 청색의 숫자를 탐색하기 위하여 <그림 2>와 같이 AGV 전면에 카메라를 50°로 경사 시키고 700mm의 높이에 장착하였으며, 렌즈는 가변 줌렌즈에 외부의 불빛이나 형광등에 의한 반사광 영향을 줄이기 위해 편광필터를 장착하였다. 이때 영상에 잡힌 주행로의 카메라 탐색 영역은 사다리꼴 모양의 686mm × 565mm × 450mm 크기이다. 이 범위에서만 주행 라인의 탐색과 숫자 탐색 및 인식이 이루어진다.

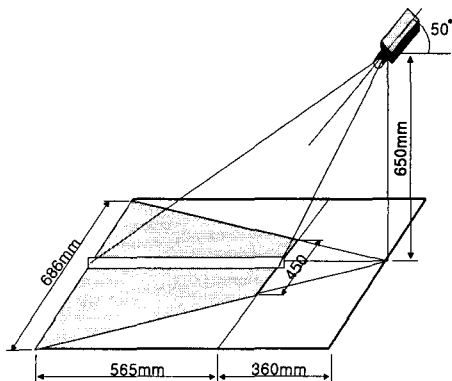


그림 2. 카메라 탐색 영역  
Fig. 2 Camera search area

#### (1) Color Model 선정

영상처리에 사용될 color model은 3가지 기본 색상으로 모든 색상을 표현하는 RGB color model을 사용하였다. RGB color model에도 컬러정보의 크기에 따라 RGB15, RGB24, RGB32 등이 있으나 정밀한 영상을 출력하는 목적으로 하기보다는 실시간으로 라인과 숫자를 탐색하고 인식해야함으로 비교적 데이터 량이 적은 RGB15bit color model을 사용하였다. RGB15는 16비트로 {0,R(5),G(5),B(5)}의 데이터 구조를 갖는다.

#### (2) 마크로 사용된 숫자 모델

보통 자동차 번호판에 사용되는 등록번호 4자리 숫자 중 0부터 9 까지 10개의 숫자를 같은 크기로 복사하여 폰트로 사용하였으며, 60 × 100mm의 백색 바탕 위에 50 × 90mm 크기의 청색 테이프를 오려서 숫자를 제작하고 1개씩을 주행로의 바닥에 부착된 노란색 가이드 라인의 오른쪽에 바짝 붙여서 숫자 마크로 사용하였다.

#### (3) 숫자마크 탐색 영역 설정

카메라로부터 640 × 480 해상도의 1프레임 영상이 입력되면 황색의 가이드라인과 청색의 숫자를 탐색해야 한다. 이때 가이드라인 탐색 범위는 영상의 전체 영역을 탐색 영역으로 하고 숫자는 탐색 시간을 줄이기 위하여 숫자가 부착되어있는 가이드라인 중심선에서 오른쪽 아래 영역만 탐색한다. 영상에서 숫자 탐색 영역은 X가 주행선 중심 좌표일 때 <그림 3>과 같이 (X,359,X + 140,479) 범위에서만 청색의 숫자를 탐색한다.

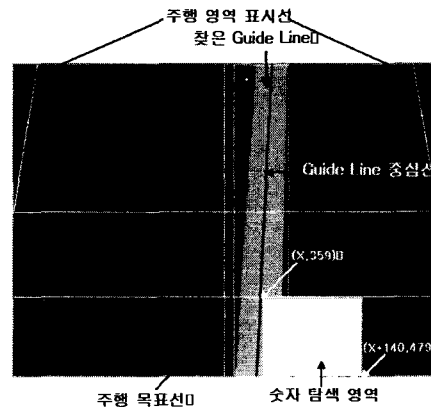


그림3. 숫자마크 탐색 영역  
Fig. 3 Numeric character search area

(4) 숫자 탐색

이미지 상에서 물체를 탐지하는 방법은 edge, coner, pattern matching 등 물체의 모양을 이용하는 방법과 물체의 고유한 성질인 color를 이용하는 방법이 있다. color는 물체의 모양이 왜곡, 변형되어도 영향을 받지 않는 특성이 있다. 본 연구에서는 주행 라인과 숫자 마크를 color 특성만을 사용하여 탐색하고 영상처리용 프로그래밍은 Visual C++ 6.0을 사용하였다.

color 특성을 이용하여 물체를 분리할 때 LUT를 사용하여 탐색 시간을 줄이고 특정한 color를 추출하기 위하여 color 정보를 미리 저장해 놓는 LUT가 필요하다[3]. 그 크기는 RGB15 color 모델을 사용하므로 R:G:B = 5:5:5, 215 = 32K 크기의 테이블을 사용한다. <그림 4>와 같이 입력된 영상에서 color 설정 시 color data에 해당하는 LUT에 1로 set되며 영상처리 시 각 픽셀과 LUT와 비교하여 원하는 color를 추출하게 된다. 임의 픽셀의 RGB 데이터가 (R,G,B) = (12,8,7)일 경우 LUT의 0x3107번지를 비교하여 1로 set되어 있으면 설정된 color와 같으므로 녹색으로 출력하고 같지 않으면 그 영상을 그대로 출력하게 된다. 설정된 color와 동일한 연속된 픽셀을 찾고 그 크기가 설정된 범위 안의 물체를 찾게 되면 영상 잡음에 해당하는 동일한 color를 갖는 작은 점들은 선택되지 않게 되어 크기에 의한 필터링이 이루어진다.

<표 2>는 AGV가 정지한 상태에서 0부터 9까지의 숫자에 대한 크기(면적 : 픽셀 수)를 실험한 결과이다. 이 결과를 적용하여 1000~4200 픽셀의 크기를 갖는 청색 물체를 숫자 후보로 판단한다. 이 크기 이외의 물체는 잡음으로 처리하여 탐색하지 않는다. 숫자를 탐색 영역 안에서 찾게 되면 적색으로 사각형을 그린다.

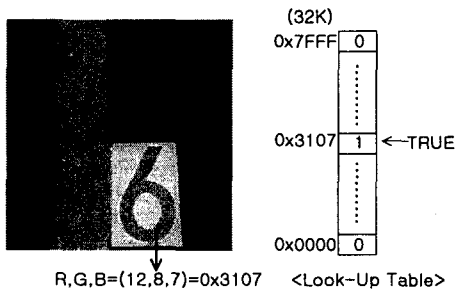


그림4. LUT에서 숫자의 분리

Fig. 4 Isolation of the numeric character in LUT

AGV가 계속 주행 중이므로 사각형의 상단 Y 좌표 값이 360보다 크고 사각형의 하단 Y 좌표 값이 472보다 적은 범위 내에서만 중심에 + 표시를 하게 된다. 이때 탐색한 사각형 영역을 배열에 저장하여 패턴 매칭을 하기 위한 특징을 추출하는데 사용하며 디스플레이 화면의 우측 상단에 따로 출력하여 숫자 인식의 진행 과정을 살펴 볼 수 있게 하였다.

표 2. 숫자에 대한 면적(픽셀 수)  
Table. 2 area about the numeric character (number of pixel)

숫자	0	1	2	3	4
면적	3197	1550	2830	2960	3130
숫자	5	6	7	8	9
면적	2995	2940	2080	3700	2880

2. 특징 추출

패턴인식 과정은 입력된 영상을 크기나 기울기를 조정하거나 잡음성분을 제거하는 전 처리 단계를 거친 후 입력 패턴을 정확히 표현하는 특징 값을 구하여 특징 공간상의 한 점으로 사상시킨다. 특징 공간에 점으로 사상되어 있는 특징 점들 중 대표되는 표준패턴을 생성하여 입력되는 패턴과 비교하여 인식결과를 생성하게 된다[4].

본 논문에서는 히스토그램 데이터를 이용한 특징 공간과 숫자의 가로방향 두께를 이용한 특징 공간에서 특징을 추출하였다.

(1) 히스토그램 데이터를 이용한 특징 공간 추출

숫자 이미지 공간에서 숫자간의 구별을 보다 신속히 특징을 추출하기 위하여 가로로 10등분, 세로로 18등분한 다음 등분선에 해당하는 부분만 투영(projection)을 하였다. 숫자 영역을 찾은 후 흑백 영상으로 변환하여 이진화 하지 않아도 LUT에 set 된 값과 각 픽셀의 칼라 값과 비교하면 히스토그램의 데이터를 얻을 수 있다. 이에 따른 픽셀 분포도는 그림5와 같으며 등분 위치에 따라 숫자간에 픽셀 분포 값이 다르게 됨을 알 수 있다. 숫자간에 픽셀 분포 값이 가장 많이 차이가 나는 곳을 특징공간으로 추출할 수 있다.

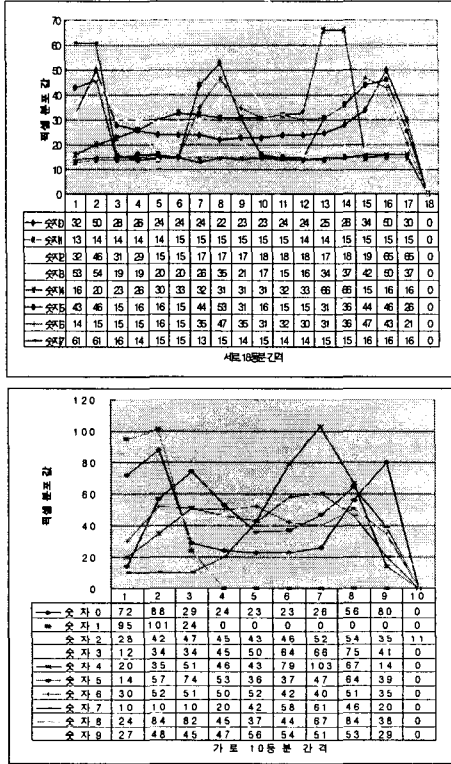


그림5. 숫자의 픽셀 분포도  
Fig. 5 Pixel distribution of the number

(2) 숫자의 가로방향 두께를 이용한 특징 공간 추출

히스토그램을 이용한 특징 공간만을 사용할 경우에는 숫자가 아닌 다른 형상을 가진 물체도 color가 같고 우연히 히스토그램 데이터가 같을 경우에는 숫자로 오인식 할 수 있다. 따라서 숫자가 갖는 또 다른 특징 공간이 필요하다. 탐색한 숫자를 보면 각 숫자별로 가로 방향으로 서로 다른 두께를 가지고 있다. 그리고 숫자의 수직중심선에서 보면 숫자를 구성하는 Pixel의 분포가 사각형의 숫자 영역에서 서로 다르게 된다.

사각형의 숫자 영역에서 y좌표가 36인 가로 선상에서 보면 0, 1, 4, 8, 9는 수직 중심선에 좌우로 숫자를 이루는 선들이 존재한다. 1의 경우는 사각형 숫자 영역의 전체에 존재하지만 수직 중심선을 기준으로 보면 좌우에 선들이 존재하는 것과 같다. 또한 2, 3, 5, 6, 7도 y좌표가 39인 가로 선상에서 각 숫자의 경사진 각도가 다르므로 두께가 다르게 된다. 이들의 두께를 특징 공간으로 활용하였다. 사각형의 숫자 영역에서 숫자의 두께를 측정하는 방법은 가장 숫자들을 구별할 수

있는 y좌표가 39인 가로 선상에서 수직 중심인 charX/2를 기준으로 좌측의 연속된 픽셀의 수와 우측의 연속된 픽셀의 수를 합하여 숫자의 두께 데이터로 활용하였다.

표3. 숫자의 가로방향 두께  
Table. 3 Template

숫자	좌측 두께 (Pixel 수)	우측 두께 (Pixel 수)	전체 두께 (Pixel 수)
0	10	10	20
1	5	7	12
2	0	7	7
3	0	13	13
4	6	13	19
5	14	0	14
6	11	0	11
7	0	8	8
8	12	9	21
9	12	10	22

3. 표준 패턴 생성

0~9 까지 숫자에 대하여 각각의 특징 공간 중에서 숫자를 구별하는데 대표할 수 있는 특징 값을 결정하여 표준 패턴으로 사용하고 영상으로 입력된 입력패턴과 비교하여 인식 결과를 출력해야한다.

각각의 숫자 표준 패턴 공간은 가로로 10 등분한 곳의 픽셀 분포 값은 V1~V10로 세로로 18 등분한 곳의 픽셀 분포 값을 H1~H18로 하고 각 숫자별 특징 공간에서 숫자 구분에 유리한 가장 대표되는 특징 점 3개씩을 표4와 같이 결정하였다. 각 특징 점과 비교할 값은 등분 라인에서의 픽셀 수를 의미하며 영상 잡음을 고려하여 10~20 정도 여유 값을 고려한 것이다.

〈표3〉에서 측정된 숫자 선 두께에 해당하는 데이터 중 숫자 구분에 유리한 특징 점을 표준 패턴으로 사용하였다. 각 특징 점과 비교할 값은 y좌표가 36인 가로 선상에서 숫자 선을 구성하는 Pixel 수를 의미하며 영상 잡음을 고려하여 3~5 정도 여유 값을 고려한 것이다. 히스토그램 데이터에 의한 표준패턴 3개와 숫자 선 두께에 의한 표준 패턴 1개를 합하여 〈표4〉와 같이 표준 패턴을 구성하였다.

표4. 표준 패턴  
Table. 4 Template

숫자	표준 패턴(특징 점과 비교 값)			
	수직 수평 히스토그램 데이터			숫자 선 두께 (line_size)
0	V1 > 70	V5 < 40	V8 > 70	line_size > 15
1	V1 > 80	V6 < 10	V9 < 10	line_size < 13
2	H7 < 20	H11 < 20	H15 > 60	line_size < 8
3	H0 > 50	V8 < 50	H15 < 55	line_size1 < 3
4	V6 > 100	H13 > 60	H16 < 20	line_size < 8
5	V2 > 50	H7 > 50	H10 < 20	line_size2 < 3
6	H1 < 20	H4 < 20	H7 > 40	line_size2 < 3
7	V1 < 20	H1 > 55	H7 < 20	line_size1 < 3
8	H4 > 27	H6 > 40	H10 > 25	line_size > 18
9	V4 > 40	H8 > 40	H15 < 30	line_size > 18

4. 패턴 매칭

본 연구에 응용된 DP(dynamic programming) 매칭은 두 패턴 요소간에 대응을 수행하여 유사도(similarity)를 계산하는 방법이다[5][6].

표 4에서 설정된 각 숫자별 4개의 표준 패턴과 입력된 패턴과 비교하여 유사도를 계산하게 된다. 픽셀 값이 표준 패턴 값의 범위에 들면 유사도 값을 1씩 증가 시켜서 0부터 9까지 반복하여 가장 큰 값의 유사도를 갖는 것을 인식 문자로 결정하게 된다.

IV. 숫자인식 실험 및 결과

직선의 주행라인 오른쪽에 청색의 숫자를 부착하고 실내조명 환경 하에서 AGV를 주행하면서 숫자인식 실험을 하였다.

실험한 결과는 히스토그램 표준패턴의 3개 특징 점만을 사용하여 인식한 결과 2, 4, 7 숫자의 인식률이 평균 94% 결과를 보였으나 숫자 두께 표준패턴을 포함하여 4개의 특징 점을 가지고 인식한 결과 표5와 같이 100%의 인식률을 보였다. 직선 라인의 경우 최대 335mm/s의 속도로 정속한 직선 주행을 하였다. 실제 AGV에서는 필요한 장소에 정확히 정지할 필요가 있으므로 숫자를 탐색하여

숫자인식이 되면 정지하도록 마이크로컨트롤러에게 명령을 보내어 구동 바퀴 회전을 0.5초 동안 지연 시켰다.

표 5. 숫자인식 결과  
Table. 5 The result of the numerals recognition

구분	Histogram 표준패턴만 사용				Histogram 표준패턴과 숫자두께 표준패턴 사용			
	실험 회수	인식	오인식	인식률 (%)	실험 회수	인식	오인식	인식률 (%)
0	50	50	0	100	50	50	0	100
1	50	50	0	100	50	50	0	100
2	50	48	2	96	50	50	0	100
3	50	50	0	100	50	50	0	100
4	50	47	3	94	50	50	0	100
5	50	50	0	100	50	50	0	100
6	50	50	0	100	50	50	0	100
7	50	46	4	92	50	50	0	100
8	50	50	0	100	50	50	0	100
9	50	50	0	100	50	50	0	100
총계	500	491	9	98.2 %	500	500	0	100%

영상의 1프레임을 입력받아 라인만을 탐색하기까지 6ms가 소요되며 라인 탐색과 숫자인식을 동시에 수행하면 평균 12ms가 소요되었다.

본 실험에서는 AGV가 주행하면서 0~9까지 10개의 숫자를 완벽히 인식하였고 주행라인을 정속히 주행하였다. <그림 6>은 주행 중에 숫자를 인식하는 그림을 보인 것이다.

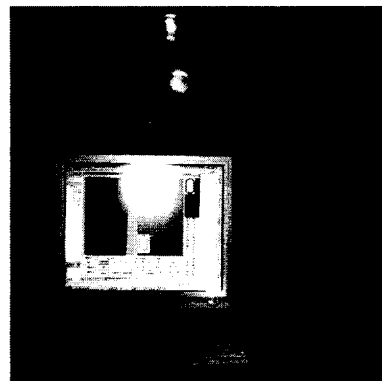


그림6. 숫자인식 장면  
Fig. 6 scene of numerals recognition

## V. 결론

본 연구는 영상처리에 의한 영상 인식 및 문자인식에 관한 연구로써 기존의 AGV가 가이드라인으로 사용하는 마그네틱테이프나 전기와이어 등을 사용하지 않고 칼라테이프를 가이드라인으로 사용하였다.

AGV는 주어진 경로를 따라 주행하다가 목적지에서 마크나 숫자 등 표식을 인식하여 정지하거나 필요한 동작을 할 필요가 있다. 본 연구에서는 AGV가 정지할 때 사용되는 마크는 자동차 번호판과 같은 폰트의 청색숫자를 사용하였다. 복도 환경에서 황색 주행라인과 청색의 숫자 마크를 설치하고 AGV가 주행하면서 0~9까지 10개의 숫자를 color 특성만을 추출하여 숫자를 탐색한 후 DP패턴 매칭으로 숫자를 100% 인식하여 일시적으로 정지하는 방법을 보였다.

본 연구에서 사용하는 방법은 라인을 탐색과 숫자를 인식하는 영상처리 시간이 12ms 밖에 걸리지 않아 실시간으로 숫자를 인식하고 가이드라인을 따라 목적지까지 정속히 주행하였다.

추후 주행경로에 장애물이 있을 때 이를 회피하여 주행하는 방법에 관한 연구가 더 이루어져야 되리라 본다.

## 참고문헌

- [1] T.Tsumura, "AGV in Japan-recent trends of advanced research, development, and industrial applications," Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, vol.3, pp. 1477-1484, 1994.
- [2] 홍성철, "무인반송차 기술동향," 한국과학기술정보연구원 기술동향 분석 보고서, KISTI, pp. 1-17, 2002.

- [3] Brusey, J. and Padgham, L. "Techniques for obtaining robust, real-time, colour-based vision for robotics," RoboCup-99: Robot Soccer World Cup III, LNAI 1856, P. 243-253, 2000.
- [4] 오영환, "패턴인식의 개관," 한국정보학회지(패턴인식 특집), Vol.11, No.5, pp. 11-20, 1993.
- [5] 李義東, 金太均, 安居院猛, 中鳴正之, "擴張된 DP매칭법에 의한 홀림체 한글 온라인 認識," 대한전자공학회 논문지, Vol. 26, No. 1, pp. 29-37, 1989.
- [6] H. Sake and S. Chiba, "Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition," IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 26, No. 1, pp. 43-49, 1978.

## 저자소개

### 박영만

1996. 2월 ~ 현재 목포기능대학  
컴퓨터정보과 부교수



### 박경우

1995. 3월 ~ 현재 목포대학교  
공과대학 컴퓨터공학과  
부교수



### 안동순

1990. 3월 ~ 현재 목포대학교  
공과대학 컴퓨터공학과 교수

