

## 영상처리방식에 의한 OMCR시스템 설계에 관한 연구

正會員 李 基 敦\* 正會員 金 禹 成\*\*

### A Study on the Design of OMCR(Optical Mark and Character Reader) System based on Image Processing

Ki Don Lee\*, Woo Sung Kim\*\* *Regular Members*

#### 要 約

전적으로 수입에 의존하는 마크판독장치(OMR: Optical Mark Reader)와 문자판독장치(OCR: Optical Character Reader)는 line scan 방식으로 급지장치가 복잡하며 용지에 제한을 받는 등의 단점을 갖는다. 본 논문에서는 새로운 방식인 CCD카메라와 디지털이저를 입력장치로 하여 영상처리와 패턴인식에 근거한 마크와 숫자를 동시에 실시간 인식 가능한 일명 OMCR(Optical Mark and Character Reader) 시스템을 연구, 개발하였다. 또한 착오에 의하여 마크를 잘못 기입함으로써 발생할 수 있는 문제점을 개선하기 위한 표기방법으로 마크 대신에 제한된 7-segment의 필기체 숫자형식을 본 논문에서 제안하였다.

대학의 입학원서, 입시 답안지, 수강신청, 성적평가표 및 주소에 대한 수만장의 마크용지와 영수증에 포함된 40개 이내인 인쇄체 숫자부분에 대한 문자용지를 실험대상으로 하였다. 실험결과, 마크용지와 문자용지 모두 판독 어려움이 초당 3~4장의 실시간 판독이 가능하였으며 line scan방식의 OMR이나 OCR이 갖는 단점을 해결하였음을 입증하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, OMR system based on image processing is developed which improve the performance of conventional OMR system based on line-scan method. Based on this OMR system, real-time OCR system which recognizes alphanumerics is also developed. We propose the OMCR system which recognize the mark and numerals at the same time. Besides, we improve the input system using constrained 7-segment type handwritten numeral instead of mark to solve the problem caused by miswriting the mark. In summary, we verified the real-time recognition performance of developed OMCR system using application form for admission, answer sheet for college entrance examination and receipt sheet.

#### I. 서 론

\* 湖西大學校 電子計算學科  
\*\* 湖西大學校 컴퓨터工學科  
論文番號: 93-137

하여 폭증하는 자료 입력은 대부분 키에 의존하고 있는 실정이다. 우리나라에서는 자료입력 자동화의 초보단계로 학교나 관공서에서 마크화가 가능한 답안지 등의 판독을 위한 마크판독기(OMR: Optical Mark Reader)<sup>(1,2)</sup>와 영수증에 포함된 인쇄체 숫자의 판독을 위한 문자판독기(OCR: Optical Character Reader)<sup>(3,4,5)</sup>를 고가로 수입하여 사용하고 있는 실태이다. 정보화사회의 많은 분야에서 OMR과 OCR의 수요가 급증하지만 이 분야의 개발이 전혀 이루어지지 않은 상태이며 전적으로 수입에 의존하고 있다. 기존의 OMR은 LED와 Photo TR을, OCR은 line scanner를 판독장치로 사용하여 line단위로 판독하므로 급지장치가 복잡하고 판독속도가 느리며 용지의 판독범위에 제한을 받는 단점을 가지고 있다.

70년대부터 영상처리(image processing)와 패턴인식(pattern recognition)에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나 크게 다음 세가지 이유에 의하여 영상처리에 의한 OMR과 OCR이 실용화되지 못하였다. 첫째는 영상을 취득하는 부분인 카메라의 해상도(resolution)가 낮고 촬상관식으로 정확한 영상을 얻을 수 없었다. 둘째는 카메라에서 출력되는 아날로그신호를 실시간에 디지털신호로 변환시키는 디지털라이저(digitizer)<sup>(6,7,8)</sup>의 설계 및 제작이 어려웠다. 셋째는 실시간에 영상처리를 할 만큼 처리속도가 빠르고 큰 메모리 용량의 마이크로컴퓨터가 개발되지 못하였다. 그러나 현시점에서는 고 해상도의 CCD카메라와 실시간처리가 가능한 A/D변환기 및 처리속도가 빠르고 메모리 용량이 큰 IBM-PC와 같은 저렴한 컴퓨터가 실용화되어 본 논문의 영상처리에 의한 OMR 및 OCR의 연구, 개발이 가능하게 되었다.

본 논문에서는 CCD카메라와 디지털라이저를 판독장치로 한 영상처리방식으로 마크 및 숫자의 용지전체를 실시간에 판독하는 일명 OMCR(Optical Mark and Character Reader)시스템을 제안하였고 착오에 의하여 마크를 잘못 기입함으로써 발생할 수 있는 문제점을 개선하기 위한 표기방법으로 마크 대신에 제한된 7-segment의 필기체 숫자형식을 제안하였다. 대학의 입학원서, 답안지, 수감신청, 성적평가표 및 주소에 대한 마크용지와 제한된 7-segment의 필기체 숫자형식의 용지 및 영수증에 포함된 인쇄체 숫자부분에 대한 문자용지를 대상으로 실험하였으며 기존의 OMR이나 OCR보다 성능이 우수함을 입증하였다.

영상 처리방식의 OMCR 시스템을 위하여 본 논문의 II 장에서는 마크 판독 및 자동 급지 시스템 설계

에 대해 서술하고, III 장에서는 숫자 인식을 서술하였다. 또한 IV 장에서는 실험결과를 분석하였으며 V 장에서 결론을 맺었다.

## II. 마크판독 및 자동급지 시스템 설계

### 2-1. 시스템 구성

OMCR 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다. 영상을 취득하는 장치로 해상도가 768×493인 흑백 CCD 카메라와 본 연구 시스템에 적합하게 해상도가 720×480이고 밝기가 1bit의 실시간처리가 가능하도록 본 연구에서 설계한 디지털라이저<sup>(6,7,8,9)</sup>를 사용하였다. 급지제어와 판독을 자동화하기 위한 컴퓨터는 보편화된 VGA 모니터를 갖는 IBM-PC(CPU:i80386)를 사용하였으며 1M bytes의 용량이면 대입 객관식 답안지 약 1만매[답안지 1매당 약 100byte]의 판독자료를 저장할 수 있으므로 주컴퓨터가 없는 중·고등학교에서 본 시스템으로 판독 및 판독자료의 처리까지 가능한 장점을 갖는다.

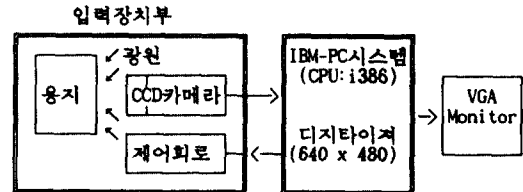


그림 1. 시스템 구성도

Fig. 1. Block diagram of system

### 2-2. 본 시스템과 외국의 OMR 및 OCR시스템의 차이점

60년대 초에 개발되어 70년대부터 사용이 증대되고 있는 OMR의 판독원리는 그림 2(a)와 같이 한 줄에 여러개의 광센서와 광원을 부착하여 용지의 타이밍 마크를 기준으로 줄단위 방식으로 판독한다. 또한 70년대에 개발한 OCR도 line scanner를 이용하여 줄단위로 문자패턴을 입력하여 판독하며 수요가 폭증하는 OMR과 OCR의 국내시장을 미국과 일본제품이 양분하고 있다.

외국의 OMR과 OCR의 line scan방식과 본 연구에서 제시한 영상처리 방식의 입력방법에서의 근본적인 차이점을 개략적으로 나타내면 그림 2(a), (b)와 같다.

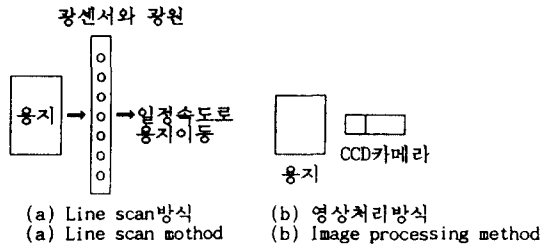


그림 2. Line Scan 방식과 영상처리 방식  
Fig. 2. Line scan method and image processing method

본 논문의 영상처리 방식에 의한 OMR시스템은 line scan 방식과 비교하여 다음과 같은 장점을 갖는다.

1. Line scan 방식에서 OMR의 경우에 타이핑 마크가 인쇄된 용지를 일정속도로 이동하여 판독하고 OCR의 경우에 줄단위로 지정된 문자폭까지만 문자패턴을 입력하여 판독하므로 판독범위에 극히 제한적이다. 그러나 본 연구의 영상처리 방식은 용지 전체를 한번에 판독하는 화면처리기법이므로 판독속도가 빠르고 용지를 자동으로 공급하는 급지장치간편하며 판독 오차를 영으로 줄일 수 있다.
2. 본 연구시스템에서 카메라 렌즈의 거리와 배율을 조정하여 OMR용지 뿐만 아니라 OCR용지의 처리도 가능하다. 왜냐하면 최대 15cm의 OCR용지안에

50자 이내의 OCR-폰트 숫자가 존재하며 120 DPI (720dot ÷ 5.9inch) 이상의 해상도를 가지므로 숫자 인식에 지장이 없다.

3. 처리화면을 VGA 모니터에 나타낼 수 있으므로 잘못 판독된 용지 상태(수험번호의 누락, 이중마크 및 훼손된 문자 등)를 화면을 통하여 볼 수 있는 시각적인 효과를 얻을 수 있다.

4. 보편화된 IBM-PC로 급지장치를 제어하고 용지를 판독하므로 시스템의 가격을 낮출 수 있다.

2-3. 판독할 마크의 위치좌표 추출

OMR용지의 실험대상 중에서 그림 3의 답안지를 예로 들어 판독할 마크의 위치좌표를 추출하여 본다. 판독할 마크의 위치좌표인 x, y 값을 추출하기 위하여 그림 4와 같이 모든 마크를 칠한 표본용지를 이용하여 화살표의 순서로 위치정보를 추출한다.

그림 4에서 괄호안 숫자(①, ②, ③)와 화살표는 추출영역과 추출순서를 의미하며 모든 마크의 위치좌표를 추출하는 과정은 다음과 같다.

(단계 1) 표본용지의 이진영상을 VGA모니터에 나타낸다.

(단계 2) 위치좌표의 추출영역인 괄호안 숫자로 이루어진 직사각형 안에 검게 칠한 마크부분만 흑점(화소값이 0)으로 되고 나머지는 백점(화소값이 1)이 되도록 밝기를 소프트웨어로(키보드의 상, 하 화살표 이

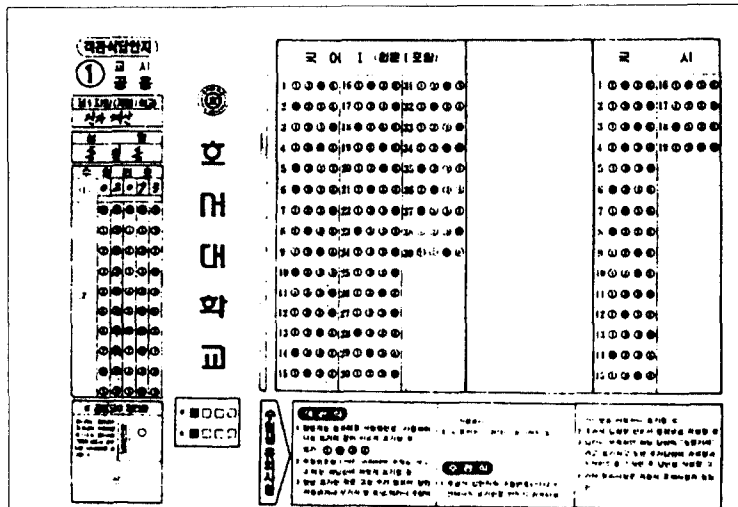


그림 3. OMR 용지 예  
Fig. 3. Example of OMR sheet

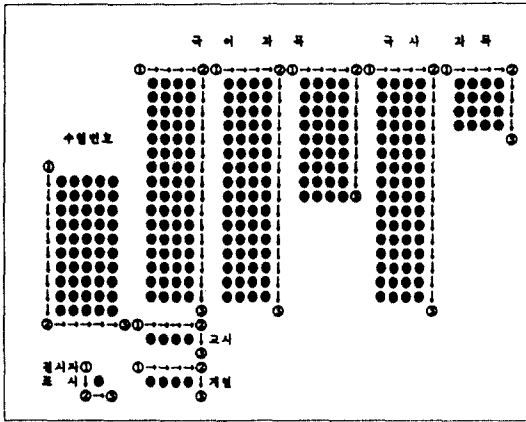


그림 4. 그림 3의 위치좌표 추출 순서  
Fig. 4. Position coordinates of extraction order to Fig.3

동) 조정한다.

(단계 3) 그림 4에 표시한 화살표는 커서 이동을, 괄호안 숫자는 리턴키를 의미하며 판독할 마크의 순서에 따라 위치좌표를 추출한다. 그림 4에서 수험번호영역은 세로의 순서이며 교시, 계열 및 과목영역은 가로의 순서이다. 또한 영역에 대한 순서는 교시, 계열, 결시자, 수험번호, 국어, 국사 순이다. 예로, 수험번호에 대한 50개(세로 10개×가로 5개)의 위치좌표를 추출하는 과정은 다음과 같다.

(단계 3-1) 괄호안 숫자로 이루어진 그림 5의 직사각형 안에서 좌측상단의 시작점( $x_s, y_s$ )을 출발하여 위에서 아래로( $y_s$ 부터  $y_e$ 까지), 좌에서 우로 scan하여 첫 흑점이 만나는 x 좌표인  $x_a$ 를 구하고 이 점부터 다시 scan하여 첫 백점이 되는 x 좌표인  $x_b$ 를 구한다.  $x_1$ 과  $x_2$ 사이의 범위는 첫번째 세로줄의 10개의 수험번호 마크 범위에 해당한다.

(단계 3-2)  $x_a$ 와  $x_b$  범위에 대하여 좌에서 우로, 위에서 아래로 scan하여 첫 흑점이 만나는 y 좌표인  $y_1$

을 구하고 이 점부터 다시 첫 백점이 되는 y 좌표인  $y_2$ 를 구한다.  $y_1$ 과  $y_2$ 범위에 대하여 위에서 아래로,  $x_a$ 와  $x_b$  범위에 대하여 좌에서 우로 scan하여 첫 흑점이 만나는 x좌표인  $x_1$ 을 구하고 이 점부터 다시 첫 백점이 되는 x 좌표인  $x_2$ 를 구한다. 두 점( $x_1, y_1$ )과, ( $x_2, y_2$ )으로 이루어진 직사각형 영역은 수험번호의 좌측상단에 위치하는 첫번째 마크 부분을 의미한다.

(단계 3-3) 단계 3-2에서 구한 두 점으로 이루어진 직사각형의 중심점( $x_0, y_0$ )을 다음 식으로 구하며 이 점의 좌표가 좌측상단에 위치하는 수험번호의 첫번째 마크의 위치좌표이다.

$$x_0 = x_1 + (x_2 - x_1)/2$$

$$y_0 = y_1 + (y_2 - y_1)/2$$

(단계 3-4) 수험번호의 첫번째 10개의 세로 마크 중에서 나머지 9개의 마크도 y좌표의 시작점을 다르게 하여 단계 3-2, 3을 반복 수행하여 위치좌표를 추출한다.

(단계 3-5) 수험번호와 두번째, 세번째, 네번째와 다섯번째의 각각 10개의 세로 마크도 x 좌표의 시작점을 다르게 하여 단계 3-1, 2, 3, 4을 반복 수행하여 위치좌표를 추출한다.

(단계 4) 추출한 위치좌표의 정확성을 모니터상에서 확인하고 부정확하면 단계 2부터 다시 실행하여야 한다.

## 2-4. 마크판독 및 자동금지 과정

자동금지 및 입력장치부의 구성도인 그림 6에서 solenoid-1, 2로 용지를 stacker에 내보내며 sensor-1, 2는 용지의 정상적인 공급여부를 감지하는 기능을 갖는다. 1초당 3~4장을 판독하고 금지하는 과정은 다음과 같다.

(단계 1) Hopper에 판독할 용지를 넣는다.

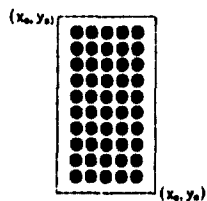


그림 5. 수험번호 마크의 위치추출 영역  
Fig. 5. Region for position extraction of examinee's number

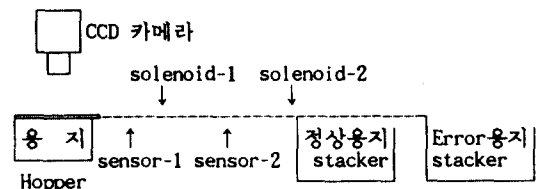


그림 6. 자동금지장치부의 구성도  
Fig. 6. Block diagram of automatic sheet feeding unit

(단계 2) Sensor-1으로 판독할 용지의 존재여부를 감지한다.

IF(Empty) THEN 용지가 없으므로 멈춘다.

(단계 3) 위치좌표를 이용하여 마크를 판독하고 마크 에러(double 또는 blank)여부 결정

IF(Error) THEN solenoid-2를 작동하여 용지를 error-용지 stacker에 보낸다.

ELSE solenoid-1을 작동하여 용지를 정상용지 stacker에 보낸다.

(단계 4) Sensor-2로 용지가 stacker에 정상적으로 담지되었나 확인한다.

IF(Error) THEN 급지중에 jamming되었으므로 판독을 멈춘다.

ELSE (단계 2)부터 반복 수행한다.

### Ⅲ. OMCR 시스템의 숫자인식

#### 3-1. 규격화된 필기체 숫자용지 설계 및 인식

대학에서 수험생의 입시를 신속하고 정확하게 처리하기 위하여 사용하는 OMR용 답안지는 수험번호 및 답을 컴퓨터용 사인펜으로 해당번호에 마크하게 되어 있다. 그러나 수험생이 착오에 의하여 잘못 마크하는 경우가 가끔 발생하였다. 호서대학교 91, 92, 93년도(대략 160,000매) 입시 주·객관식 OMR답안지를 처리하는 과정에서 그림 7과 같은 수험번호의 마크를 잘못표기하는 경우가 100장당 1~2장이 발생하였으며 확인할 방법은 없었지만 답의 마크도 잘못표기하는 확률이 비슷하게 발생할 것이다. 이 경우에 수험생 본인이 불이익을 받아야 하는 모순이 있다.

보통 성인이 숫자위치에 마크하는 것보다는 습관적으로 원하는 숫자를 기입하는 방법이 오류를 줄이

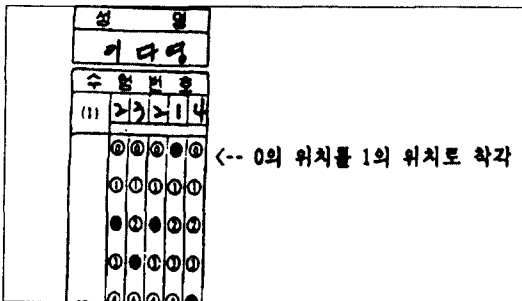


그림 7. 수험번호 오기 예  
Fig. 7. Example of examinee's number mistake in writing

고 간편하기 때문에 본 연구에서는 마크용지 대신에 그림 8의 7-segment로 규격화된 숫자를 설계하여 입력방식을 개선하였다. 규격화된 형식이라는 제약으로 인하여 초당 3~4장을 실시간으로 인식할 수 있다. 이때 7-segment표시 용지는 이진화 과정에 흑점으로 오인되지 않도록 연한 칼라로 인쇄한다.

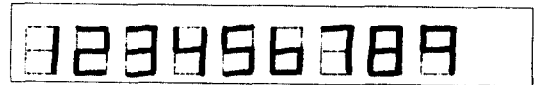


그림 8. 7-segment의 숫자표기  
Fig. 8. Number inscription in 7-segment

그림 9의 OMR용지를 그림 8의 숫자표기 형식에 맞게 새로이 설계한 답안지가 그림 10과 같다. 답안지 형식이 OMR답안지보다 간소화되었음을 알 수 있

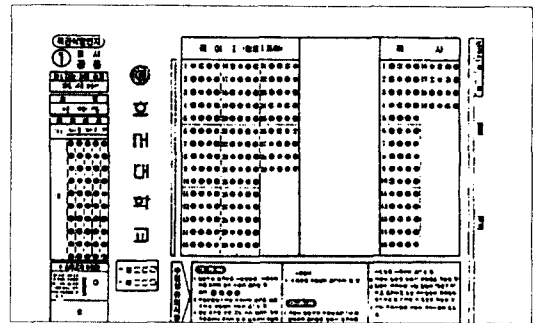


그림 9. OMR 답안지  
Fig. 9. OMR sheet

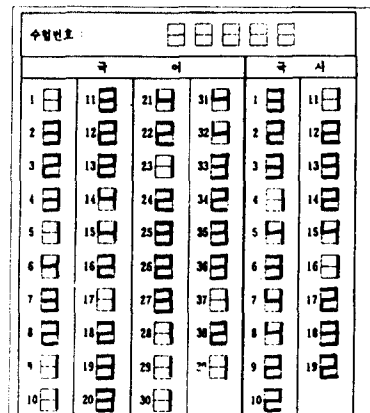


그림 10. 그림 9를 숫자화한 답안지  
Fig. 10. Numbering sheet of Fig.9

고 마크보다는 습관적으로 숫자를 기입하는 것이 오류를 없앨 수 있음을 실험결과 확인할 수 있었다.

1) 판독할 위치정보 추출

규격화된 숫자의 위치정보를 추출하기 위하여 그림 11과 같이 인식할 용지안에 있는 모든 숫자의 7-segment에 대하여 여섯부분(A, B, C, D, E, F)에 겹치게 칠한 표본용지를 이용하여 다음 과정으로 판독할 위치정보를 추출한다.

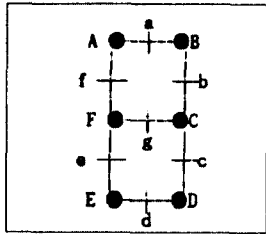


그림 11. 위치 정보추출을 위한 표본  
Fig. 11. Sample for position information extraction

- (단계 1) 표본용지의 이진영상을 모니터에 나타낸다.
- (단계 2) 겹치게 칠한 부분의 중심점 좌표를 구한다.
- (단계 3) 각 중심점의 이동분점인 a, b, c, d, e, f, g의 7개의 좌표를 구한다.

2) 인식 알고리즘

규격화된 필기체 숫자, 0부터 9까지의 표준패턴은 다음과 같다.

표 1. 규격화된 필기체 숫자의 표준패턴  
Table 1. Standard pattern of normalized handwritten numbers

숫 자	특 징
'0'	g점을 제외한 모든 점이 흑점
'1'	b, c점이 흑점 또는 f, e점이 흑점
'2'	c, f점을 제외한 모든 점이 흑점
'3'	e, f점을 제외한 모든 점이 흑점
'4'	b, c, f, g점이 흑점
'5'	b, e점을 제외한 모든 점이 흑점
'6'	a, b점을 제외한 모든 점이 흑점
'7'	a, b, c점이 흑점
'8'	모든 점이 흑점
'9'	d, e점을 제외한 모든 점이 흑점

여기서 a, d, g점의 흑점 여부에 대한 검사는 이 화소를 중심으로 아래 위로 이웃하는 3개의 화소 중에서 한 점이라도 흑점이면 그 segment는 싸인펜으로 칠한 것으로 간주한다. 왜냐하면 급지시 약간의 용지 흔들림이나 숫자를 기입할때에 규격의 범위를 약간 벗어나도 인식오차가 없도록 하기 위함이다. b, c, e, f점의 흑점 여부에 대한 검사는 이 화소를 중심으로 좌우로 이웃하는 3개의 화소 중에서 한 점이라도 흑점이면 그 segment는 싸인펜으로 칠한 것으로 간주하며 규격화된 필기체 숫자 용지를 인식하는 과정과 처리속도는 마크판독과 동일하다.

3-2. 영수증의 인쇄체 숫자 인식

실험대상으로 기존의 OCR이 처리하는 영수증에 포함된 인쇄체 숫자부분을 선택하였으며 본 연구는 영상처리 방식이므로 마크판독 시스템의 변형없이 숫자의 실시간 인식이 가능하다. 인쇄체숫자이기 때문에 인식방법 중에서 특징추출이 용이하고 판독오차가 없는 구조적인 방법(10,11,12,13,14)을 적용하였다. 영수증 등의 숫자를 본 개발시스템으로 입력하여 개별숫자영역으로 분리하고 세선화(thinning)(15)한 후에 특징을 추출하며 표준패턴과 비교하여 숫자를 판독하였다. 특징으로 끝점(endpoints, -), 분기점(bifurcations, ⊥), 교차점(crosspoints, +)의 위치와 각도를 이용하였고 다양한 인쇄체 숫자, 500여개를 인식한 결과 실시간에 100%의 인식율을 얻었다.

그림 1의 시스템을 이용하여 이진화된 그림 12의 보험영수증에서 미리 설정된 숫자부분을 인식하는 과정은 그림 13과 같다.

컴퓨터에 입력된 숫자영상의 인식 과정을 구체적으로 서술하면 아래와 같다.

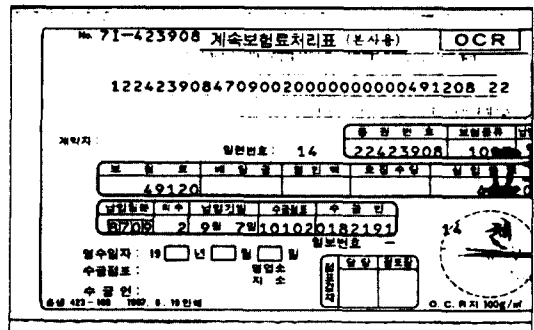


그림 12. OCR 용지  
Fig. 12. OCR sheet

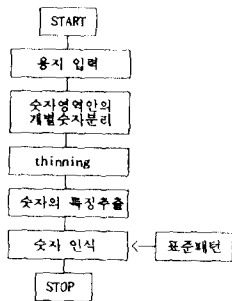


그림 13. 숫자인식 흐름도  
Fig. 13. Flowchart of number recognition



그림 14. 그림 12의 숫자영상  
Fig. 14. Number image of Fig. 12

1) 전처리(preprocessing)

영수중에 포함된 숫자의 이진영상을 인식하고자 할때에 숫자영역은 정해져 있으므로 인식할 숫자영역을 미리 지정한 후에 그림 14의 영상으로 부터 인식과 특징추출을 쉽게하기 위하여 개별 숫자로 분리하고 세선화<sup>15)</sup>의 전처리(preprocessing)과정을 거친다.

개별 숫자의 분리는 숫자영역에서 위에서 아래로, 좌에서 우로 scan하여 첫 흑점의 x좌표인  $x_1$ 과 이 점에서 다시 scan하여 첫 백점의 x좌표인  $x_2$ 를 구한다.  $x_1$ 과  $x_2$  범위에 대하여 좌에서 우로, 위에서 아래로 scan하여 첫 흑점이 되는 y 좌표인  $y_1$ 과 이 점에서 다시 첫 백점이 되는 y 좌표인  $y_2$ 를 구한다. 한 숫자의 개별영역은  $(x_1, y_1)$ 와  $(x_2, y_2)$ 의 두점으로 이루어진 직사각형 범위이다. 숫자영역과 개별 숫자로 분리한 예는 그림 15와 같고 이를 세선화한 결과는 그림 16이다.



그림 15. 그림 14의 개별숫자분리 결과  
Fig. 15. Result of individual number separation

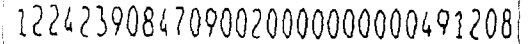


그림 16. 그림 15의 세선화 결과  
Fig. 16. Thinned result of Fig 15.

2) 특징 추출

숫자인식에 필요한 특징점으로 끝점, 분기점, 교차점을 이용하였다. 이를 추출하는 방법은 8-이웃점에서 처리점 P를 중심으로 인접화소(i, i+1)간에 0에서 1로, 또는 1에서 0으로 변화하는 갯수, N을 다음과 같이 정의한 때

$$N = \sum_{i=1}^8 |P(i+1) - P(i)|, \text{ 단 } P(8) = P(0) \text{ 이다.}$$

N값이 2 이면 처리점 P는 끝점이고 6이면 분기점이며 8이면 교차점이다.

개별 숫자영역안에 존재하는 모든 특징점의 위치 좌표와 각도를 추출하여 각 숫자에 해당하는 표준패턴과 구조적인 유사성을 비교하여 숫자를 인식한다.

3) 표준패턴

표준패턴의 알고리즘을 기술하기 위하여 기호를 정의하면

첫째, 개별숫자영역의 위치 기호를 그림 17과 같이 정의한다.

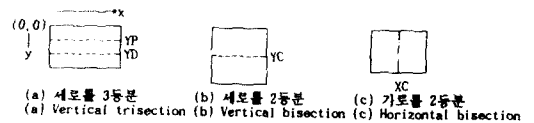


그림 17. 위치 기호  
Fig. 17. Position symbol

둘째, 특징점의 갯수, 종류, 위치 및 각도에 대한 기호를 다음과 같이 정의한다.

인식할 숫자를 0에서 9까지 순차적으로 표준패턴과 비교하여 인식하지 않고 인식율을 높이며 처리시간을 단축하기 위하여 특징점의 종류, 위치 및 갯수에 따라 0→1→8→2, 7, 3, 5→6, 9와 같이 계층구조로 표준패턴과 비교, 인식한다.

표 2. 특징점의 갯수, 종류, 위치 및 각도에 대한 기호  
Table 2. Symbol for number, variety, position and angle of feature points

기 호	의 미
$n_1$	끝점의 총수
$n_2$	분기점의 총수
$n_3$	교차점의 총수
$E_{ij}$	j번째 끝점의 특징 : i=1, 2,는 x, y좌표값 i=3은 각도 j=1, 2, ..., $n_1$
$B_{ij}$	j번째 분기점의 특징 : i=1, 2,는 x, y좌표값 i=3, 4, 5는 사잇각 j=1, 2, ..., $n_2$
$C_{ij}$	j번째 교차점의 특징 : i=1, 2,는 x, y좌표값 i=3, 4, 5, 6은 사잇각 j=1, 2, ..., $n_3$

#### IV. 실험결과 및 분석

본 연구의 기초연구로 영상처리방법과 수동급지장치(2~3초당 1장)로 OMR 답안지를 공급한 그림 18과 같은 판독 시스템을 개발하여 약 14,000장의 91학년도 호서대학교 대입 객관식 답안지를 판독하였으며 2,000여장을 무작위 추출하여 대조해 본 결과, 판독 에러가 0%이었다. 또한 연구개발이 완료된 상태인 현재는 그림 19와 같이 자동 급지장치를 개발하여 초당 3~4장을 판독할 수 있는 상태에 이르렀으며 92, 93년도 주·객관식 답안지 약 146,000장을 판독해 본 결과, 마찬가지로 판독 에러가 전혀 없었다.

그러나 2-3절의 위치좌표 추출에서 기준점을 중심으로 몇개의 이웃하는 점을 판독하느냐에 따라서 표 3과 같이 기입자가 잘못 기재한 부분도 보완하여 거의 정확하게 판독할 수 있다.

본 개발 시스템을 호서대학교 전자계산소에 설치

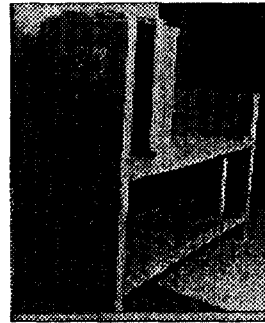


그림 18. 수동급지 OMCR시스템  
Fig. 18. OMCR system of feeding sheets by hand

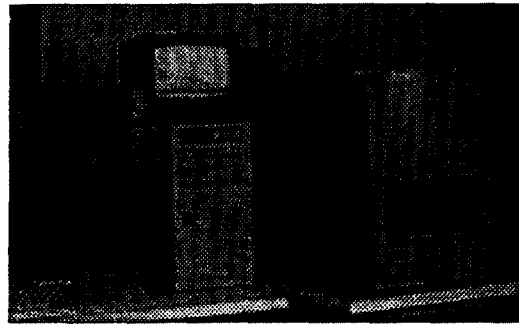


그림 19. 자동급지 OMCR시스템  
Fig. 19. OMCR system of automatic feeding sheets

하여 실험 가동 중에 있다. 그리고 많은 시간이 소요되고 여러번 확인 작업이 필요한 키 입력의 수작업을 없애기 위하여 임시 OMR 판독뿐 만 아니라 수강신청, 성적, 및 주소의 OMR 판독 실험을 완료하였으며 에러가 없음을 확인하였다.

대학입시의 모든 수험생에게 이용되는 OMR 답안

표 3. 최적의 검색 좌표수와 흑점수  
Table 3. The most suitable search pixel and black pixel number

검색 화소수	검게 칠한 마크로 인정하기 위한 흑점수	80개의 일부 칠한 마크(●, ○, √)의 판독	정상적으로 칠한(●) 100장의 용지 중에서 혼동됨에 의한 판독 에러
한개의 기준점	1 pixel	50개가 공백으로 판독	0
한개의 기준점과 4개의 이웃점(+)	1 pixel 이상	7개가 공백으로 판독	1장을 이중마크로 판독
	2 pixels 이상	12개가 공백으로 판독	0 ※ 최적의 상태
	3 pixels 이상	25개가 공백으로 판독	0
	4 pixels 이상	72개가 공백으로 판독	4장을 공백으로 판독
	5 pixels	80개가 공백으로 판독	10장을 공백으로 판독



지는 사용자로 하여금 습관적 차이로 인한 착오를 유발하기가 쉽다. 본 연구에서는 해당번호에 마크하는 대신에 직접 원하는 숫자를 기입하도록 하여 착오에 의한 오류를 없애도록 새로운 형식인 7-segment로 규격화된 필기체 숫자를 제안하였다. 200장의 OMR 입시 답안지를 규격화된 숫자용지로 변환하여 판독한 결과, 1초당 3~4장을 처리하였으며 인식 에러가 전혀 없었다. 그러나 그림 20과 같이 기입자의 실수로 규격을 벗어나는 경우에는 인식할 수 없지만 처리 화면이 모니터에 나타나므로 시스템 운영자가 육안으로 확인하여 올바른 숫자를 입력하여 오인식을 보

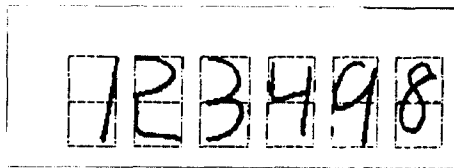


그림 20. 규격을 벗어난 예  
Fig. 20. Example of getting rid of normalization

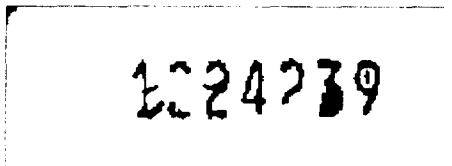


그림 21. 손상된 숫자 예  
Fig. 21. Example of damaged number

완할 수 있다.

또한 영수증에 포함된 400여개의 다양한 인쇄체 숫자를 판독한 결과, 그림 21과 같이 손상된 숫자를 제외하고는 실시간처리를 할 수 있었다. 그러나 이 경우에도 시스템 운영자가 화면을 관찰함으로써 올바른 숫자를 입력할 수 있다.

본 연구시스템은 영상처리방식이기 때문에 용지 전체를 한번에 인식하므로 기존의 OMR이나 OCR에 비하여 다음과 같은 장점을 가짐을 실험결과 확인하였고 여러 기능을 구체적으로 비교한 내용을 표 4에 나타내었다.

첫째로, 판독 속도가 빠르며(1초당 3~4장 판독가능), 두번째로 금지장치가 간단하고, 세번째로 용지 크기에 구애받지 않는다. 네번째로 처리 화면을 VGA 모니터에 나타낼 수 있으므로 잘못 기재한 마크나 숫자를 화면을 통해 육안으로 확인할 수 있다. 마지막으로 시스템의 변형없이 문자인식을 위한 소프트웨어를 추가로 개발함으로써 그 응용 범위를 계속 확장할 수 있다.

### V. 결론 및 앞으로의 과제

사회 전반에 걸친 정보화 물결에 따라 국내의 OMR과 OCR에 대한 수요가 급증하고 있지만 전적으로 외국산 고가제품을 100% 수입하여 사용하고 있는 실정으로 이 시스템의 국산화가 시급히 요청되는 상황에서, 외국제품에 비하여 성능이 우수하고 저렴한 시스템을 본 연구에서 개발하였다.

표 4. 외국의 OMR, OCR과 본 연구의 OMCR 성능 비교

Table 4. Performance comparison between foreign's OMR, OCR and this paper's OMCR

성능 구분	본 연구의 OMCR		외국의 OMR <sup>(1)(2)</sup> & OCR <sup>(1)(3)</sup>	
	OMR처리시	OCR처리시	OMR	OCR
판독 방식	화면처리 방식		line scan 방식	
판독 속도	3 ~ 4매 / 초		1 ~ 2매 / 초	
시스템복잡도	간 단		복 잡	
판독 에러율	0%	인쇄체 숫자는 0% 필기체 영숫자는 연구중	0%	인쇄체 숫자 0%
판독 부호	마크 및 규격화된 숫자	인쇄체 및 필기체 영숫자 가능	마크	규격화된 폰트의 인쇄체 영숫자
판독 범위	최대 A4용지	최대 15cm	최대 A4용지	최대 13cm
마킹 도구	감정 사인펜		컴퓨터용 사인펜	
특 정	OMR과 OCR 겸용, 예리 용지 상태를 화면으로 확인			

대학 입시 답안지 등의 OMR용지를 본 개발에서 제안한 숫자형식의 용지로 변환시킴이 바람직하다. 왜냐하면 마크를 잘못 기입함으로써 발생할 수 있는 문제점을 해결할 수 있고 입력용지를 더욱 간단하게 설계할 수 있다.

앞으로의 연구과제는 제한이 없는 필기체 숫자를 실시간에 인식할 수 있는 알고리즘의 개발과 마크와 영·숫자 및 한글을 동시에 인식할 수 있는 통합 OMCR 시스템의 개발이다.

### 참 고 문 헌

1. "Computer System Opscan 4000," National Computer System Co., 1989.
2. "Mark sheet reader manual," sekonic Co., 1988.
3. E.Mandler, "A Computer-Trainable OCR-System," ICDAR pp.341-358, 1991.
4. K.Sato, I.Isshiki, A.Ohoka and K.Yoshida, "Hand-scan OCR with a one-dimensional image sensor," Pattern Recognition, Vol.17, No.3, pp. 459-467, 1983.
5. C.J.Evangelisti, "Some experiments in the evaluation of a character recognition scanner," Pattern Recognition, Vol.16, No.3, pp.273-287, 1983.
6. "VFG Frame Grabber user's manual," Visionetics Co., 1987.
7. "CFG Frame Grabber user's manual," Visionetics Co., 1987.
8. "User manual for DT2803," Data Translation, Inc., 1985.
9. James W. Coffron, "The IBM connection," Sybex, 1984.
10. 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.
11. 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.
12. S.Kahan, T.Pavlidis and H.S.Baird, "On the Recognition of Printed Characters of Any Font and Size," IEEE Trans. PAMI, Vol.9, No.2, pp.274-288, March, 1987.
13. J.Mantas, "An overview of character recognition methodologies," Pattern Recognition, Vol.19, No.6, pp.425-430, 1986.
14. K.S.Fu, "Recent developments in pattern recognition," IEEE Trans. Computer, Vol.C-29, No.10, pp.845-854, Oct., 1979.
15. E.S.Deutsch, "Thinning algorithms on rectangular, hexagonal and triangular arrays," Commun. ACM, 15, 9, pp.827-837, Spet. 1972.
16. "OCR Sheet Reader Type : R 7000," Pheonix System Co., 1990.

본 연구는 1991~1992년도 상공부 공업기반기술개발사업 지원하에 이루어진 것임.



**李 基 敦 (Ki Don Lee) 正會員**  
 1977년 : 한국항공대학 전자공학과 학사  
 1979년 : 연세대학교 전자공학과 석사  
 1987년 : 연세대학교 전자공학과 박사  
 1980년 ~ 1984년 : 동양공업전문대 전강, 조교수

1990년 ~ 1992년 : 호서대학교 전자계산소장  
 1985년 ~ 현재 : 호서대학교 전자계산학과 부교수  
 ※주관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전 등



**金 禹 成 (Woo Sung Kim) 正會員**  
 1980년 3월 : 서강대학교 전자공학과 졸업  
 1983년 5월 : 미국 Texas A&M 대학 전기공학과 공학석사  
 1993년 8월 : 서강대학교 전자공학과 공학박사

1983년 ~ 1984년 : 한국통신 전임연구원  
 1985년 ~ 1986년 : 한국 전자통신연구소 연구원  
 1987년 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터 공학과 부교수  
 ※주관심분야 : 컴퓨터 비전 패턴인식 신경회로망