



문자 인식 (Character Recognition)

저자 (Authors)	방승양
출처 (Source)	대한전자공학회 워크샵 , 1991.1, 33-86 (54 pages)
발행처 (Publisher)	대한전자공학회 THE INSTITUTE OF ELECTRONICS ENGINEERS OF KOREA
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE00389510
APA Style	방승양 (1991). 문자 인식 (Character Recognition). 대한전자공학회 워크샵, 33-86.
이용정보 (Accessed)	한성과학고등학교 118.221.173.*** 2018/10/29 15:35 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

문자 인식 (Character Recognition)

포항공과대학 전자계산학과

방 승 양

차 례

1. 패턴 인식

- 1.1 정의
- 1.2 관련 분야
- 1.3 응용 분야

2. 문자 인식의 개요

- 2.1 정의
- 2.2 문자 인식의 처리 과정
- 2.3 한글의 구조적 특성
- 2.4 On-line과 Off-line 인식
- 2.5 기존의 문자 인식 방법

3. 신경회로망을 이용한 한글 인식의 연구 현황

- 3.1 한글 인식에 적합한 신경회로망 모델
- 3.2 기존의 컴퓨터와 신경회로망과의 비교
- 3.3 연구 현황

4. 네오코그니트론을 이용한 한글 인식

- 4.1 Neocognitron의 기본 구조
- 4.2 형태별 신경회로망의 동작 방법
- 4.3 학습 방법
- 4.4 전체 시스템의 동작 방법
- 4.5 실험 결과 및 검토
- 4.6 결론

5. 앞으로의 연구 방향

6. 참고 문헌

1. 패턴 인식

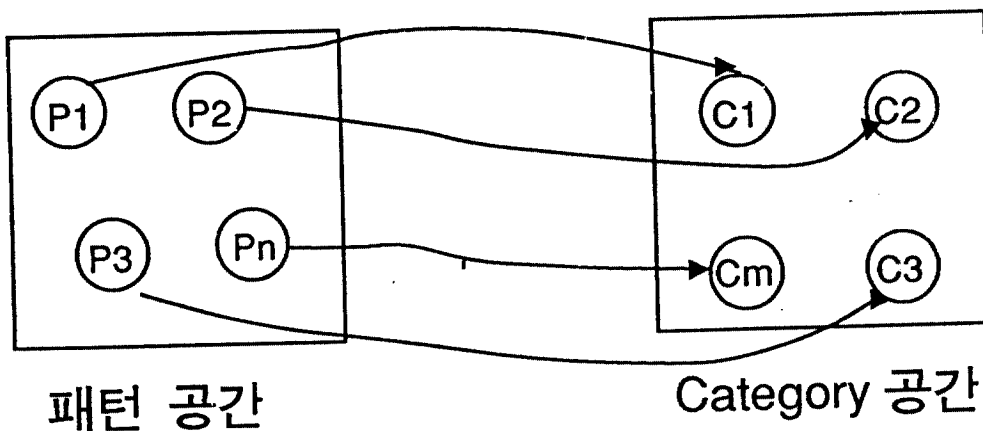
1.1 정의

정보공학적 측면

취급할 대상과 그것을 관측하는 주체가 존재하고, 주체가 그 대상을 관측하는 것에 의해 자기의 내부에 그 정보 모델을 구축하는 것

공학적 측면

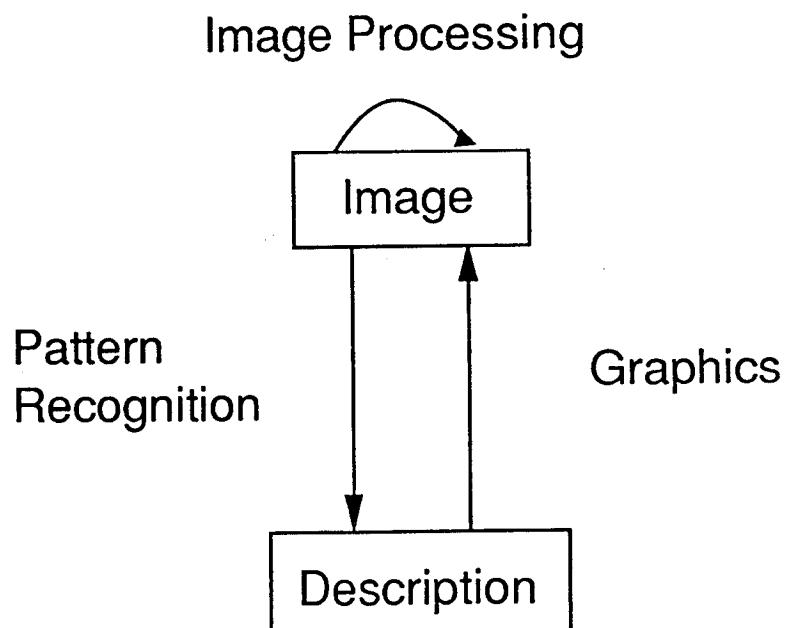
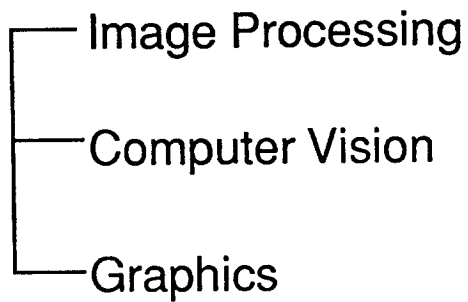
취급할 패턴의 집합(패턴공간)에서 각각의 패턴이 어느 category에 속하는가를 분류하는 것



패턴들

문자, 음성, 도형, 텍스트 등등

1.2. 관련 분야



1.3 응용 분야

I. 화상(Image) 인식

- 시각 정보를 기계적, 자동적으로 처리하여 인식하는 것
- 의학용 화상 처리 (X선 화상, 현미경 화상 등)
- Remote Sensing
대기, 수질 오염, 해양 연구, 광물, 자원 탐사에 유용
항공기, 인공위성에서 정보 수집

II. 음성 인식

- 단어별 발음 인식
- 연속 단어, 연속 음성 인식
- 특정 화자, 특정 다수 화자, 불특정 다수 화자 인식

III. 문자 인식

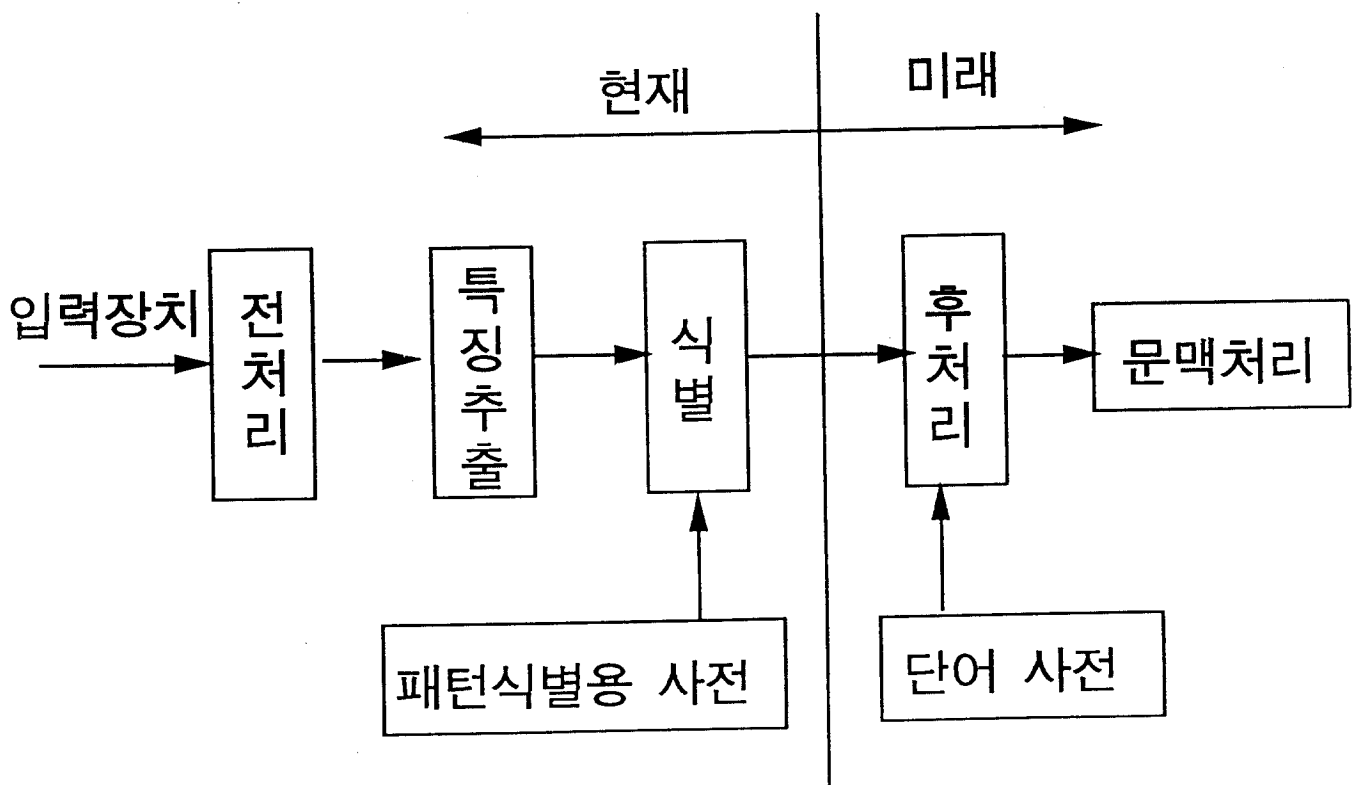
- bar code, OMR, OCR 등
- 인쇄체 또는 필기체 대상

2. 문자 인식의 개요

2.1 정의

- 패턴 인식의 한 부분
- 문자 인식 시스템
- 문서 이해 시스템

입력 장치 + 문자 인식 시스템 + 워드프로세서 기능
→ 키보드로부터 인간의 해방



2.2 문자 인식 처리 과정

I. 전처리 단계

- 특징의 정확한 추출을 용이하게 하는 작업
- 정형화
 - └ 잡음 제거
 - └ 정규화 -- 위치, 크기, 기울기, 문자 선폭

II. 특징 추출 단계

- 문자 stroke의 길이와 각도, stroke의 분포 등의 인식에 필요한 특징 추출

III. 문자 인식 단계

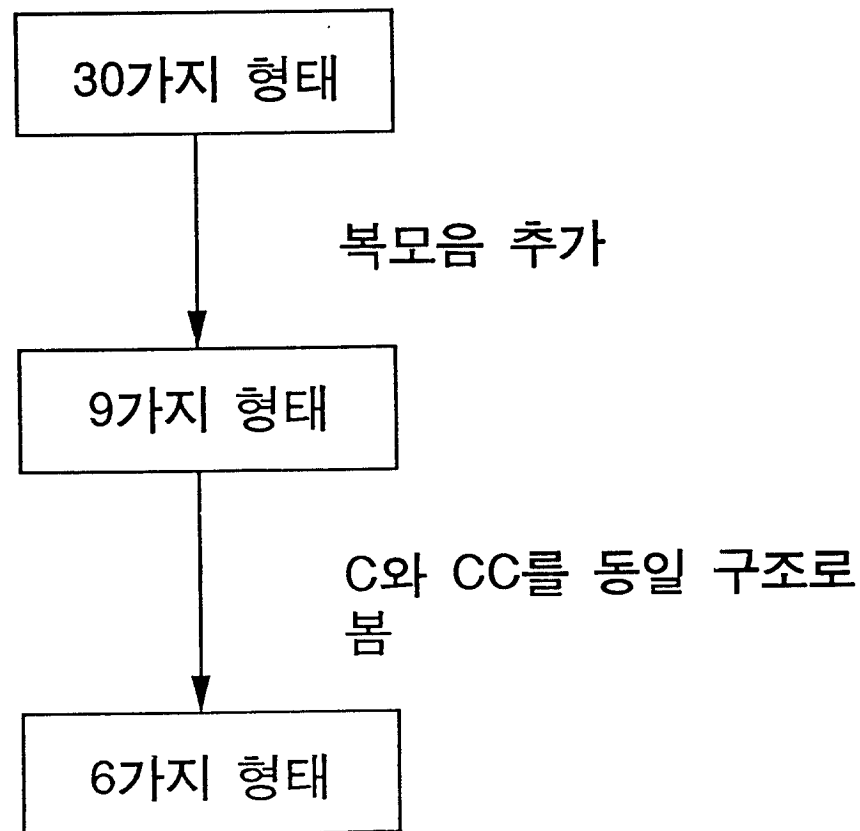
- 특징 추출 단계에서 넘겨받은 문자 단위의 영상을 분석하여 부호화하는 과정
- 패턴 분석 및 인식 제어 전략

IV. 문자 확인 단계

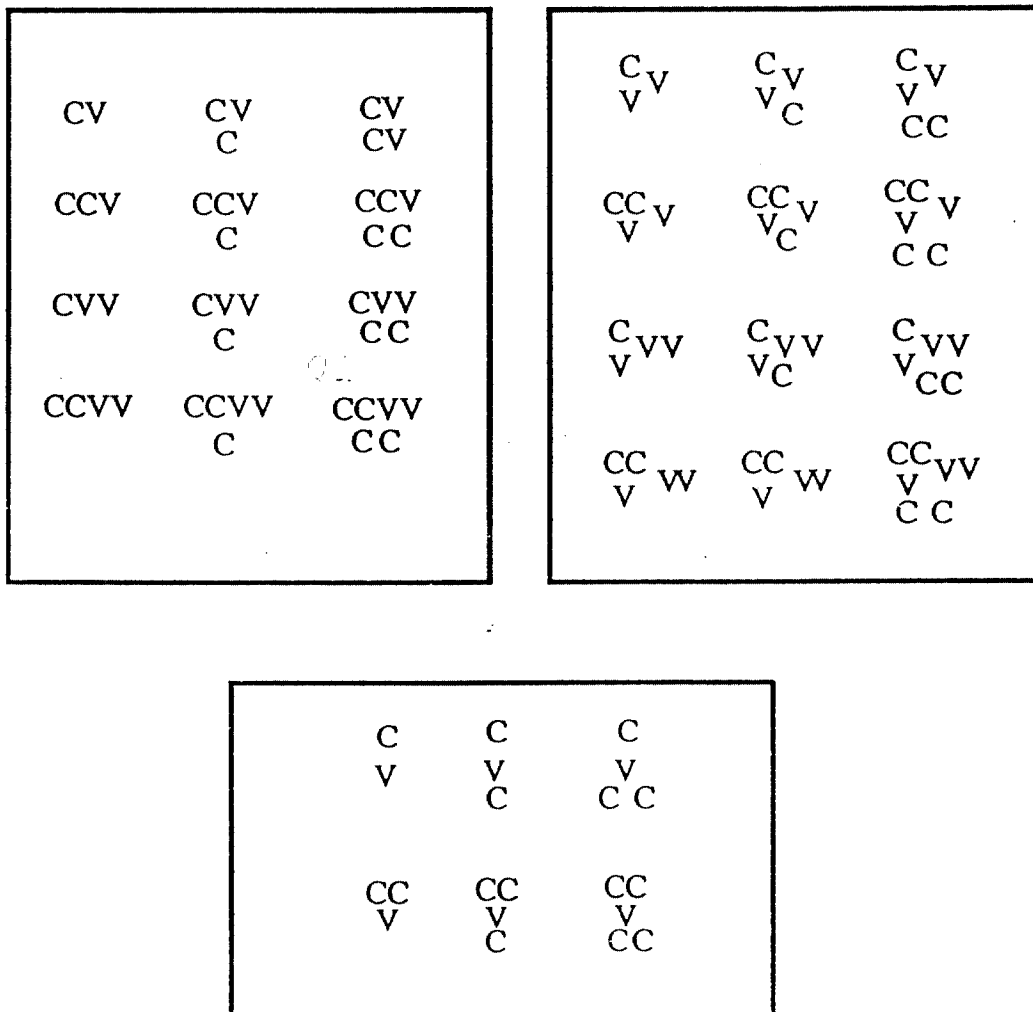
- 제대로 인식되었는지의 여부 조사
- 문자 단위 인식을 단어 레벨로 확대하여 오인식을 처리하는 후처리 단계
- 문맥적 지식을 이용하여 오인식을 수정하는 문맥 처리 단계

2.3 한글의 구조적 특성

- 14개의 자음과 10개의 모음의 이차원적 결합
- 기본자소중의 초소 2개, 최대 6개의 모아쓰기에 의해 결합
 - > 생성 가능한 문자는 총 11,172자
- 형태 분류



한글의 조합 형태



간소화된 한글의 조합 형태

자음(C) : ㄱ ㅋ ㆁ ㄷ ㅌ ㄴ ㄹ ㅂ ㅍ ㅅ ㅈ ㅊ ㅍ ㅍ

모음(V) : ㅏ ㅓ ㅗ ㅛ ㅜ ㅠ ㅡ ㅟ ㅢ

추가된 기본 자소

<div> <div>형</div> <div>기본구조</div> </div>	0	1	2
<div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>	CV	CV C	CV CC
<div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>	C V	C V C	C V CC
<div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>	C V V	C V V C	C V V CC

한글의 6가지 형태

C1	V2
V1	
C2	

포괄적인 원형

C1	V2
----	----

형태 1

C1
V1

형태 2

C1	V2
V1	

형태 3

C1	V2
C2	

형태 4

C1
V1
C2

형태 5

C1	V2
V1	
C2	

형태 6

2.4 On-line과 Off-line 인식 -- 입력 방식에 따라

I. On-line 인식

- Pointing device를 이용한 입력
- 필기구의 down과 lift로부터 각 획의 시작점, 끝점, 상대적 stroke위치의 발생순서(시간적 정보) 등의 정보 추출

- 특징

- 1) 문자를 쓰는 과정의 정보 추출이 용이
- 2) 인식시스템에서 인식한 결과를 즉각적으로 필기자에게 응답
 - > man-machine interface 구축이 용이

- 문제점

- 1) 상용화 하기가 힘들(device tablet의 가격)
- 2) 대상 문자에 따라 인식 방법이 각각 다르므로 범용적인 문자 인식이 불가능
- 3) 입력시 펜의 각도 및 필기 속도에 의하여 잡음의 영향이 크다.

2.4 On-line과 Off-line 인식

II. Off-line 인식

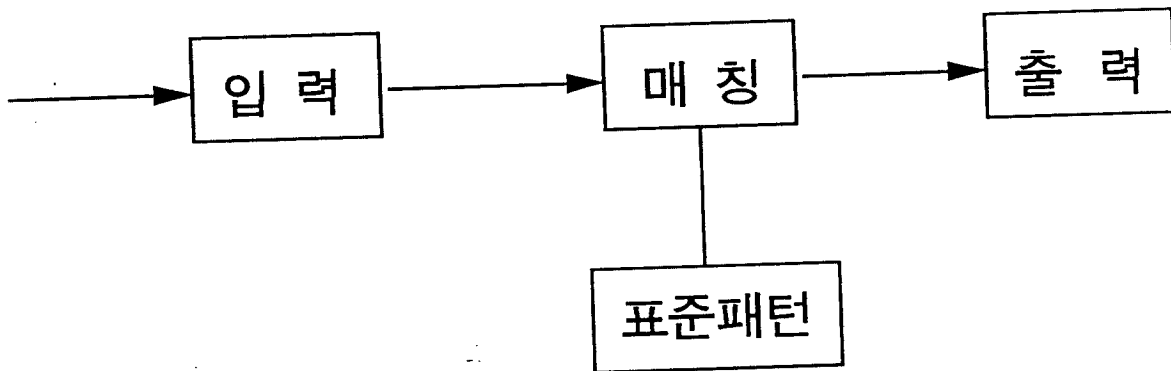
- 이미 쓰여진 문자를 digitizing 장비(CCD 카메라, 스캐너, OCR 등)를 이용하여 입력
- 필기 순서에 무관한 정보를 분석하여 인식
- 어려운 점

ex) 한자(인쇄체) 인식의 경우

- 자종이 많음. 적어도 2000자 이상이 상용
- 형상이 복잡하고 문자를 구성하는 stroke가 많다.
- 구조가 매우 유사한 글자들이 존재
- 문자의 크기와 글씨체가 다양

2.5 기존의 문자 인식 방법(1)

1. 원형 비교 방법

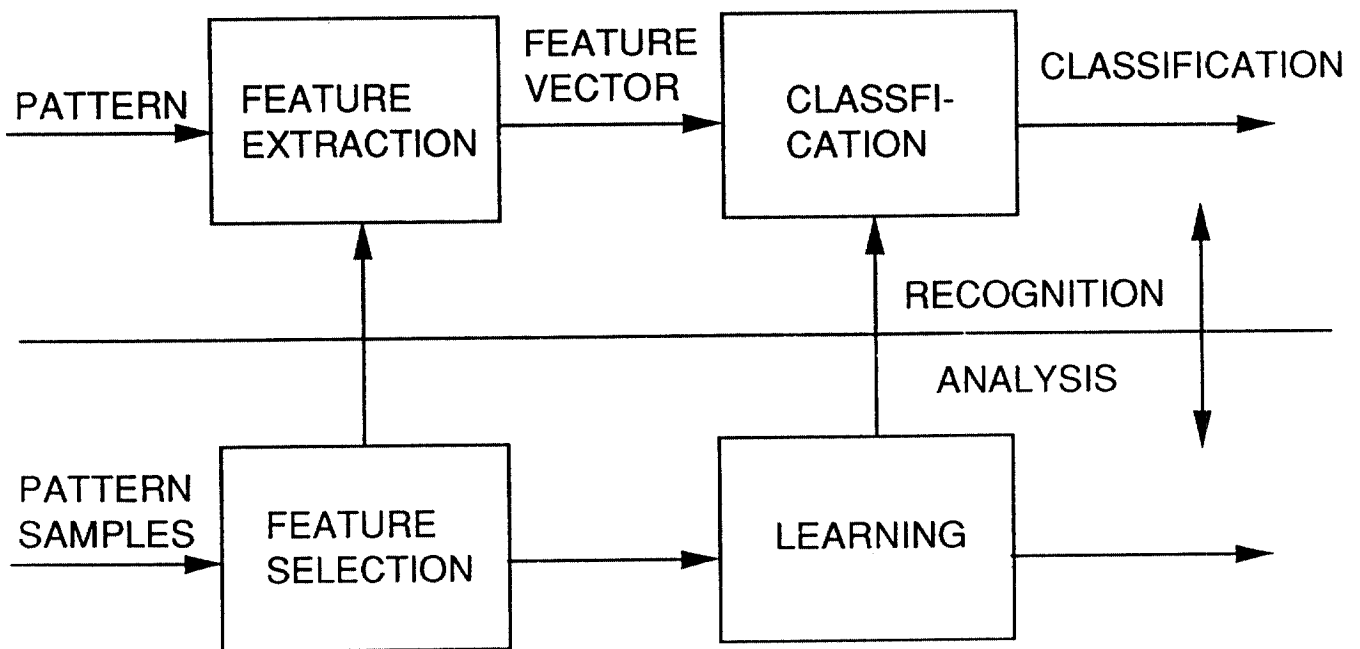


- raw data를 그대로 사용
- 인식 대상 문자를 미리 저장된 표준문자 패턴들과 비교한 다음 차이가 가장 적은 문자를 선택하여 인식
- 초기의 패턴인식 시스템에 많이 사용됨
- 잡음과 변형에 많은 영향을 받으므로 주로 인쇄체에 적용

2.5 기존의 문자 인식 방법(2)

II. 통계적 방법

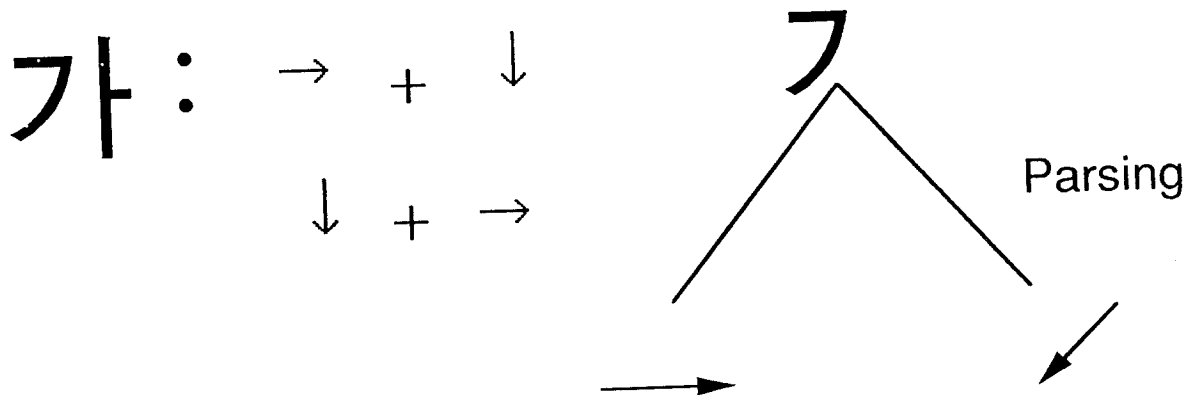
- 인식 대상 문자를 특징 벡터로 표현하고 그 특징 벡터를 통계적으로 분석하여 인식하는 것
- 문자가 복잡하면 인식 효율이 떨어짐
- 인쇄체에 적합하나, 문자의 구조적 특성을 활용 못함



2.5 기존의 문자 인식 방법(3)

III. 구조적 방법

- 문자를 구성하는 기본적인 primitive 추출
- 언어학에서 사용하는 syntax 법칙을 사용하여 패턴 구조를 parsing하여 패턴을 식별하는 방법
- primitive 선택에 의해 인식률, 인식시간 등이 크게 좌우된다.



3. 신경회로망을 이용한 한글 인식의 연구 현황

3.1 한글 인식에 적합한 신경회로망 모델

Multi-layer Perceptron

- Error Back Propagation
- 가장 일반적인 모델
- Local Minima
- Slow Learning Speed

Neocognitron

- 문자인식용으로 Fukushima가 제안
- Position, Scale Invariant
- 복잡, 엄청난 계산량

3.2 기존의 컴퓨터와 신경회로망의 비교

폰노이만형 컴퓨터	신경회로망
<p>디지털 데이터 처리</p> <p>수학적, 논리적 함수 사용 yes/no 판단</p> <p>데이터를 미리 정해진 알고리즘에 따라 순차적으로 처리하므로 항상 제어가 필요하며, 결과의 예측이 가능하다.</p> <p>충분히 시간이 주어진다면(solvable) 문제의 정확한 해를 구한다.</p> <p>특정 데이터가 쉽게 추출될 수 있도록 정보가 저장된다.</p> <p>학습기능의 프로그래밍이 어렵다.</p>	<p>아날로그 데이터 처리</p> <p>모호하거나, 불완전하고 서로 상충되는 데이터로부터 weighted 판단</p> <p>데이터 처리 방법을 독립적으로 생성할 수 있으며, 흔히 계산 결과를 예측하기가 어렵다.</p> <p>복잡한 문제에 대한 근사해를 신속히 찾아낸다.</p> <p>어떤 단편적 정보로써 연관된 전체적 정보를 쉽게 추출할 수 있도록 정보가 저장된다.</p> <p>학습기능의 프로그래밍이 용이하며 복잡한 문제를 학습방법에 의하여 풀 수 있다.</p>

3.3 연구 현황

- 경쟁하는 신경망 조직을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식
- 신경망 모델을 사용한 한글 문자의 형태 분류
- 신경망 기법의 현실적 적용을 위한 개선 전략
- 신경망 모델을 이용한 한글 문자의 형태 분류와 인식
- 신경망 모델을 이용한 한글 형태 분류 및 음소 인식
- 인공 신경망 모델을 이용한 한글 필기체 On-line 인식
- 한글 필기체 자모 인식을 위한 신경회로망
- Coulomb Energy Network를 이용한 한글 인식 신경회로망
- Sejong - Net

경쟁하는 신경망 조직을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식

연구 기관

KAIST 김진형, 고병기 : 1988 년

대상 문자

인쇄체 한글 상위 597자 - 누적사용빈도율 99% 이상

NN 모델

Back Propagation

특징

Mesh Feature 사용

한글문자의 구조적 특성에 따라 12개의
유형별 신경회로망 구축

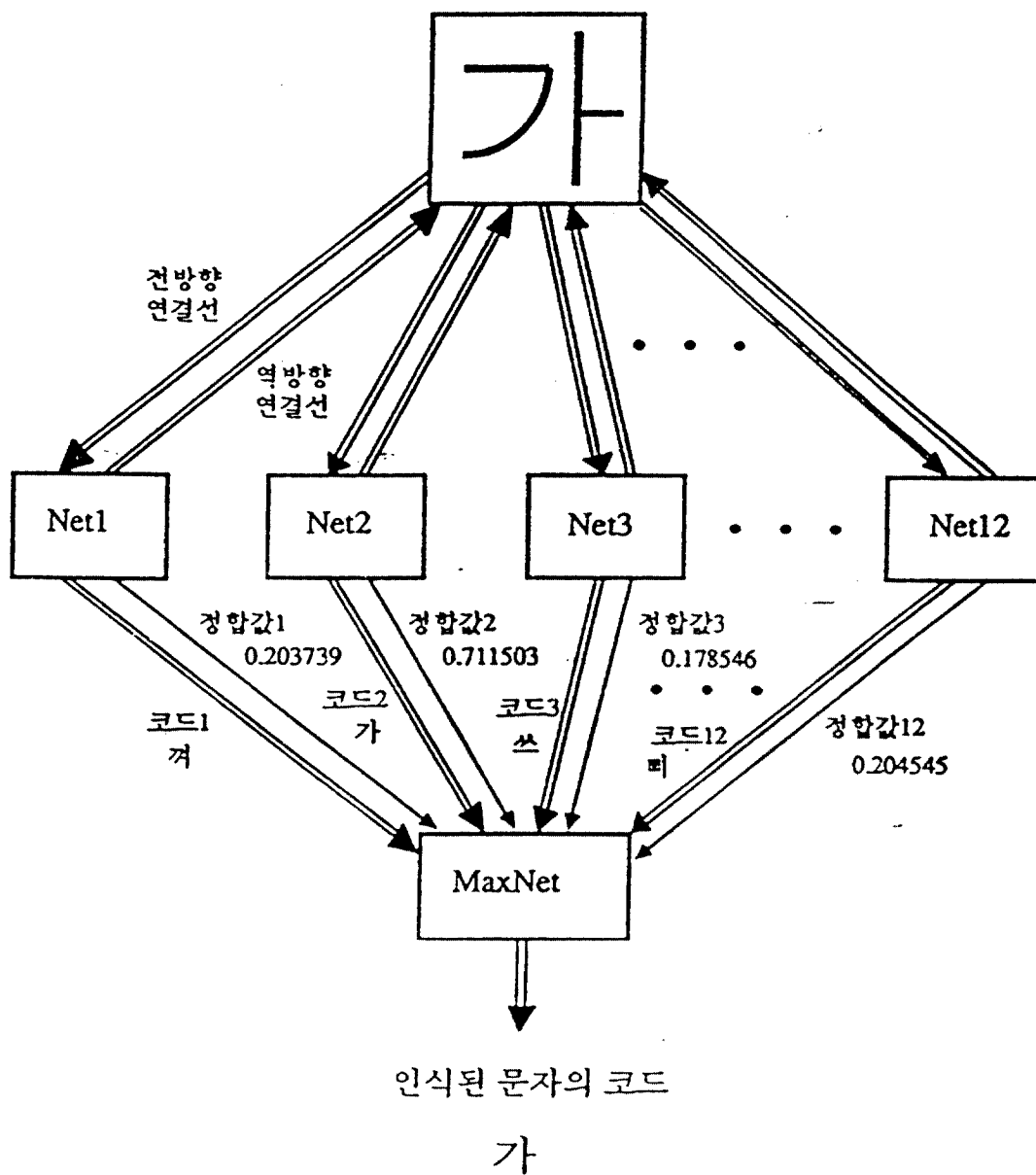
각 유형별 신경회로망은 병렬적으로 동작
역방향 연결선 추가 하여 학습시 원형 재현
-> 입력패턴과 비교하여 정합값 계산

인식율

전체 신경망의 인식율: 83.6%

유형별 신경망의 인식율: 96%

한글 인식 신경망의 구조와 동작



신경망 모델을 사용한 한글 문자의 형태 분류

연구 기관

KAIST 양 현승 : 1989년

대상 문자

인쇄체 한글

NN 모델

Back Propagation 1600*17*6

특징

Mesh Feature 사용

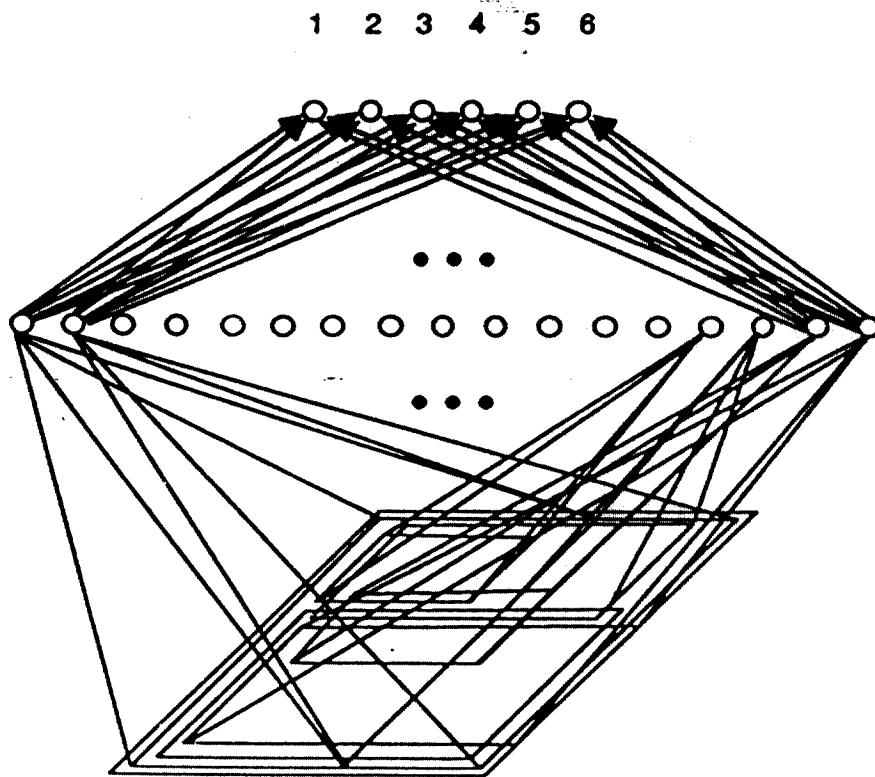
한글 문자를 6가지로 분류하는 신경회로망

하나의 중간층 뉴런이 분할된 소영역 담당
17개 뉴런 : 17개 소영역

인식율

100 %(학습한 데이터) 98.5%(미학습 데이터)

형태 분류 신경회로망



신경망 기법의 현실적 적용을 위한 개선 전략

연구 기관

KAIST 김 진형, 조 성배

대상 문자

인쇄체 한글 990자 - 누적사용빈도율 99%

NN 모델

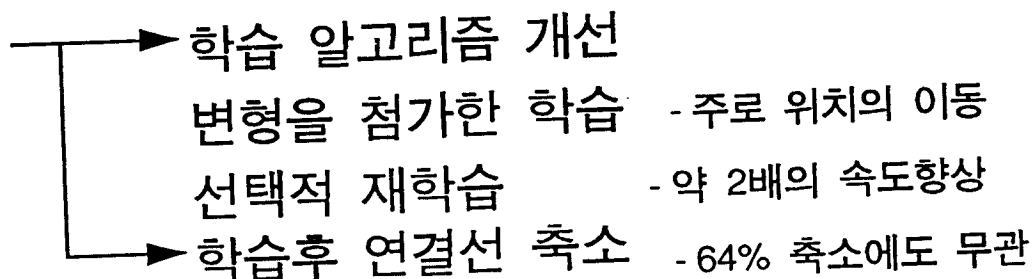
Back Propagation 1600*17*6

특징

Mesh Feature 사용

한글문자를 6가지로 분류하는 신경회로망

다양한 개선 전략



인식율

인식율: 98.3%

형태분류 인식율: 99.3%

신경망 모델을 이용한 한글 문자의 형태 분류와 인식

연구 기관

경북대 김 항준 : 1989 년

대상 문자

인쇄체 한글 상위 510자

NN 모델

Back Propagation

특징

형태 분류후 인식

중성의 형태에 따라 15가지로 분류

형태별신경회로망

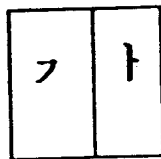
초성:15개, 중성:15개, 종성:7개로 구성

인식율

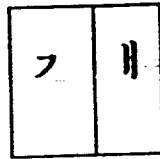
인식율: 98.6%

형태분류 인식율: 97.65%

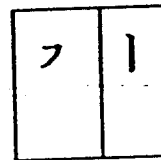
한글의 15가지 형태



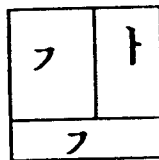
형태 1



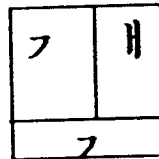
형태 2



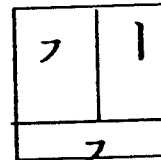
형태 3



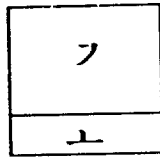
형태 4



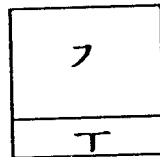
형태 5



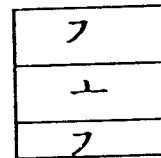
형태 6



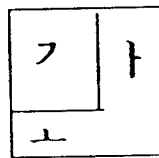
형태 7



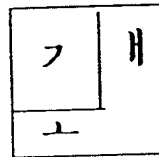
형태 8



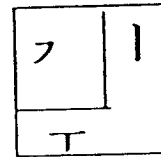
형태 9



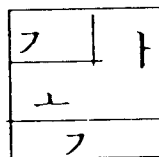
형태 10



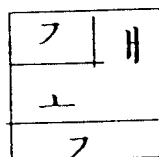
형태 11



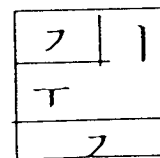
형태 12



형태 13



형태 14



형태 15

신경망 모델을 이용한 한글 형태 분류 및 음소 인식

연구 기관

부산대 차 의영 : 1989년

대상 문자

필기체 한글 숫자 16자

NN 모델

Back Propagation

특징

17개의 Bar Mask 에 입력패턴 투사

-> 각 bar내의 화소의 빈도로 특징 추출

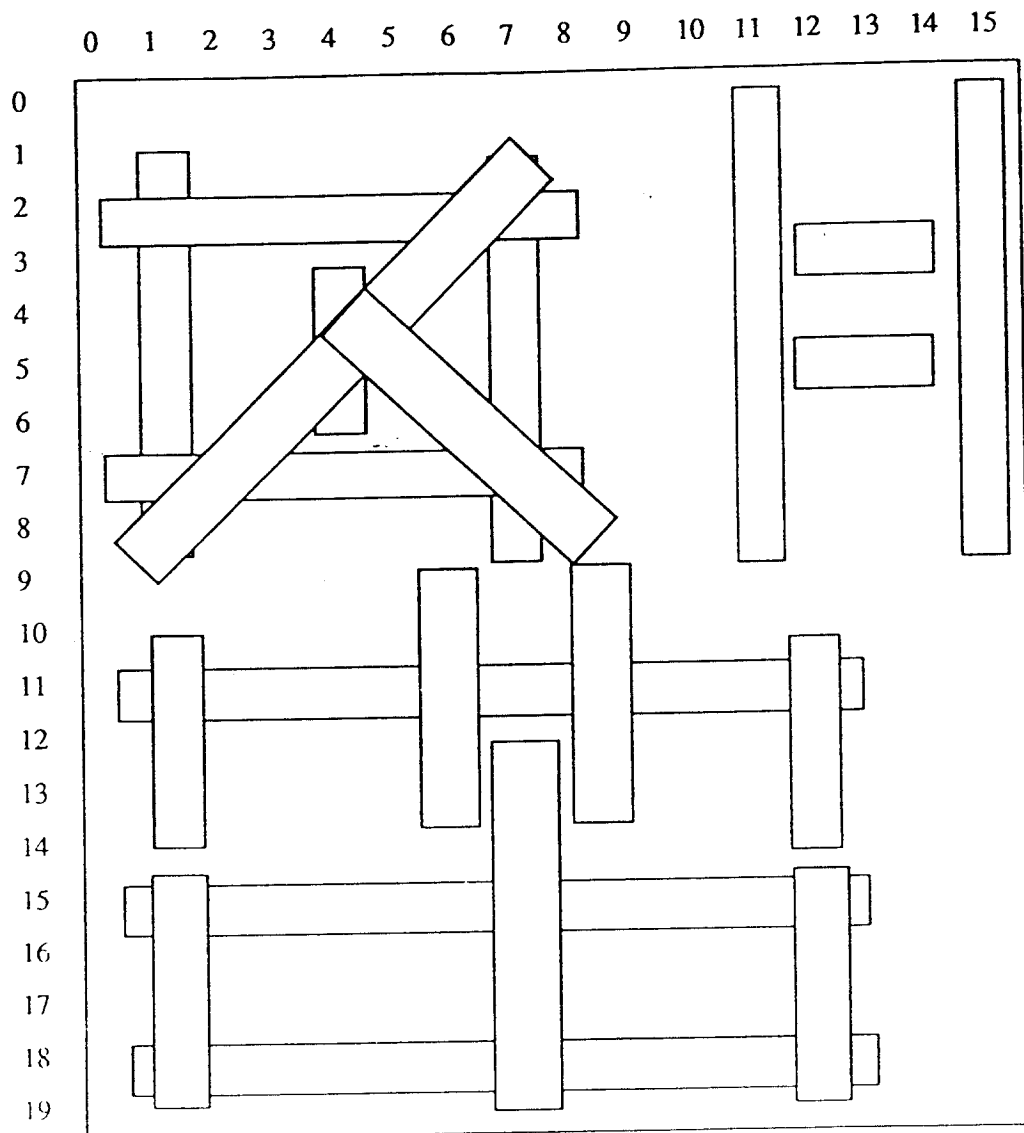
형태 분류후 인식

형태별로 자모인식 회로망

인식율

학습패턴에 대해: 90%

사용된 Bar mask



인공 신경망 모델을 이용한 한글 필기체 On-line 인식

연구 기관

서울대 황 희웅 : 1989년

대상 문자

On-line 필기체 한글 564자

NN 모델

Back Propagation

특징

Mouse 입력을 획의 종류와 이전 획과의
상대적 위치로 Feature 추출

획단위로 문자 표현, 획수에 비례하는 가변길이 입력
각 자소에 대해 정의된 획의 종류와 상대적 위치로 학습
: 인식률을 높이기 위해 자소당 최대 8개의 변형 첨가
각 획수별 자소인식 신경망
초성부터 순차 인식

인식율

95%

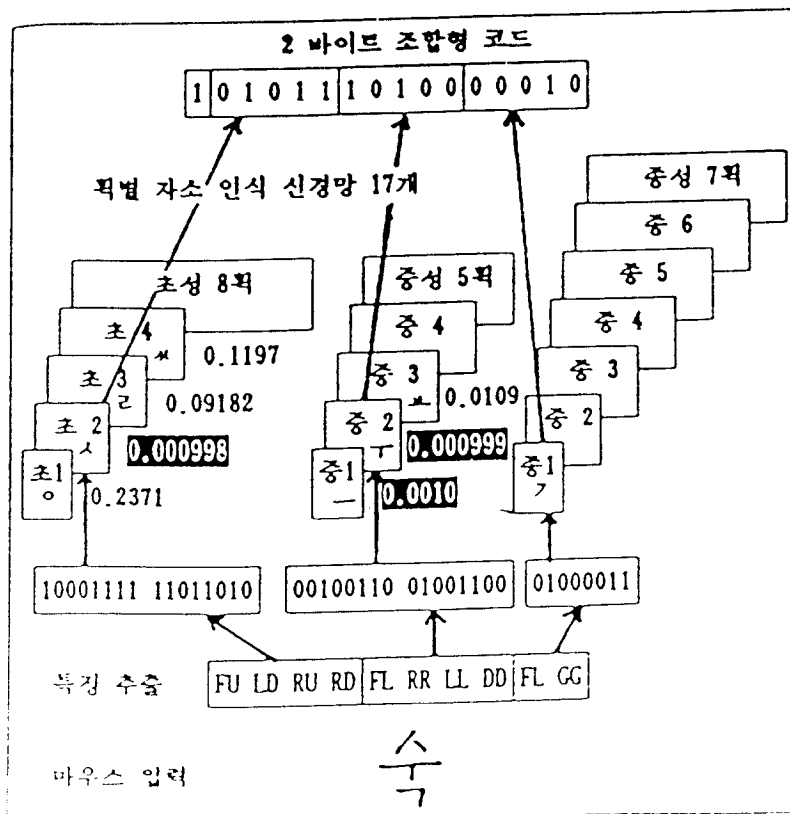
<표 1> 상대적 시작 위치와 픽의 종류 정의

a) 상대적 시작 위치

기호	의미	코드
RU	Right Up	1101
RR	Right	0000
RD	Right Down	1011
DD	Down	1111
LD	Left Down	0001
LL	Left	0100
LU	Left Up	0111
UU	Up	1110
FU	Far Right Up	1000
FL	Far Left Down	0010

b) 픽의 종류

기호	의미	코드
RU	↗	0000
RR	→	0110
RD	↘	1010
DD	↓	1100
LD	↙	1111
GG	↻	0011
NN	↻	1001
OO	↻	0101



한글 필기체 자모인식을 위한 신경회로망

연구 기관

연세대 이 일병 : 1989년

대상 문자

필기체 자모 51자

NN 모델

4층의 Neocognitron 모델

특징

어느 정도의 왜곡이나 크기 위치 변동에 상관없이 인식

엄청난 계산량

인식율

모음 92.8%, 자음 85.4%

Coulomb Energy Network를 이용한 한글인식 신경회로망

연구 기관

충남대 이 원돈 : 1989년

대상 문자

'각' 형태의 한글(형태4)

NN 모델

RCE 모델

특징

각 layer의 독립적인 학습이 가능
사용된 한글 문자 8*8 -- 현재까진 비실용적
초성, 중성, 종성 각각을 인식 후 통합

2 Stage 학습

stage 1 : 구별이 쉽게되는 패턴을 학습

stage 2 : 유사하지만 구별되어야 될 패턴을 재학습

인식율

97%

Sejong - Net

연구 기관

연세대 이 일병 : 1989년

대상 문자

한글 필기체 500자 On-line

NN 모델

독자의 모델

특징

Mouse 입력

시간적 정보 활용

간단한 공간적 특징들을 찾아내고 이들간의 상호억제 경쟁을 통해 보다 복잡한 공간적 특징 추출

인식 과정은 Automata 도입

인식율

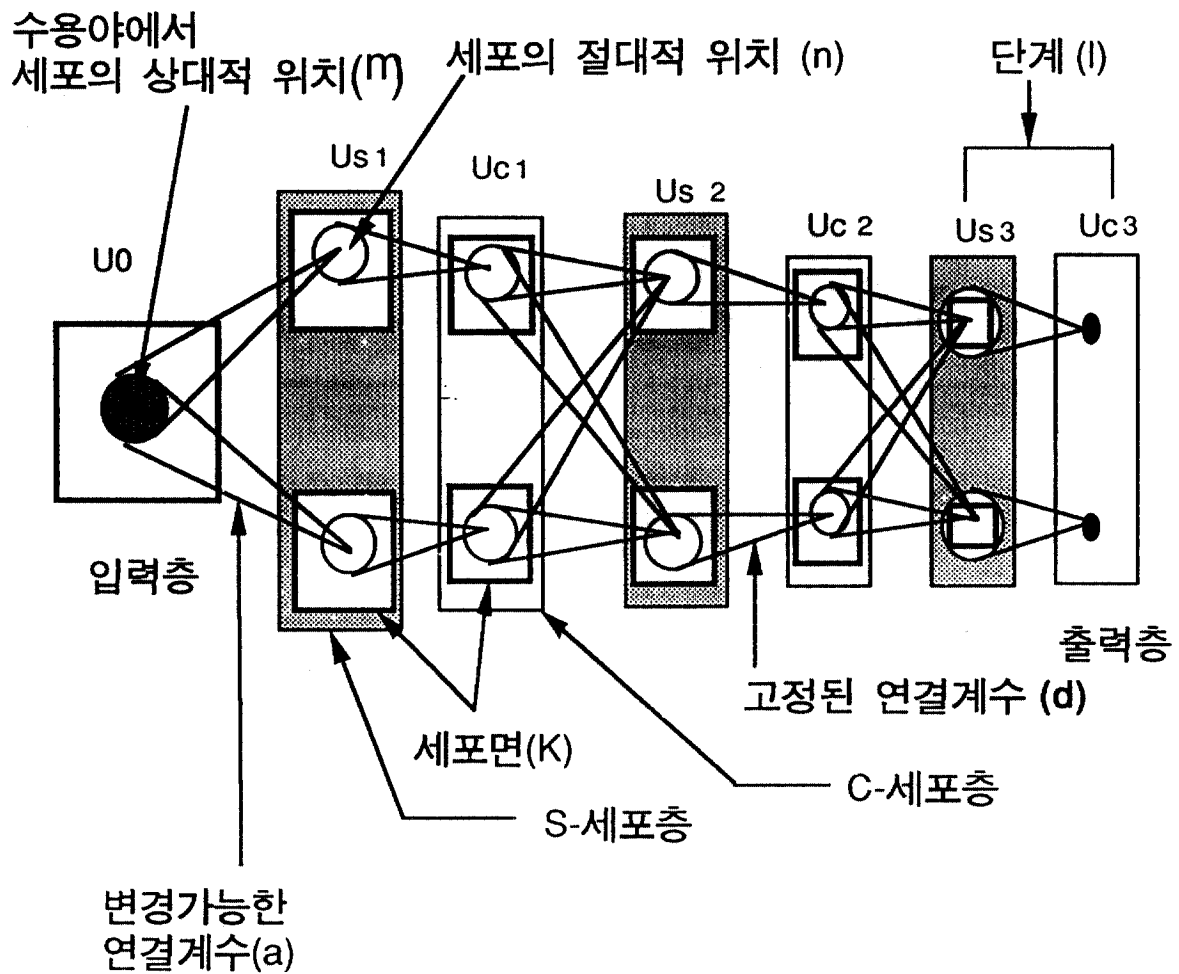
85%

4. 네오코그니트론을 이용한 한글 인식

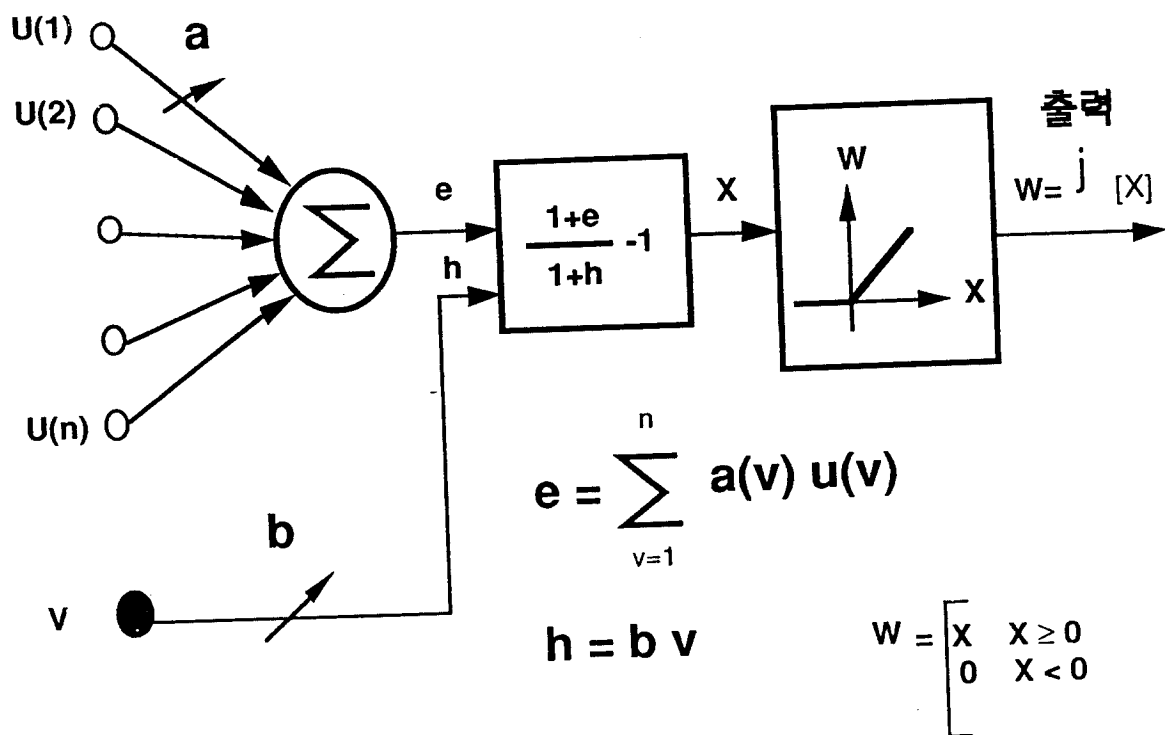
4.1 Neocognitron의 기본 구조

- 한글의 6개 형태마다 동시에 처리
(크게 6개의 회로망)
- 각 형태마다 각 자소 위치에 대하여
네오코그니트론을 설계
- 각 네오코그니트론의 층마다 인위적인 학습 패턴
선정 및 학습
- 각 네오코그니트론의 최대 출력의 자소를 인식
- 6개의 형태중 최대 출력으로 문자 인식

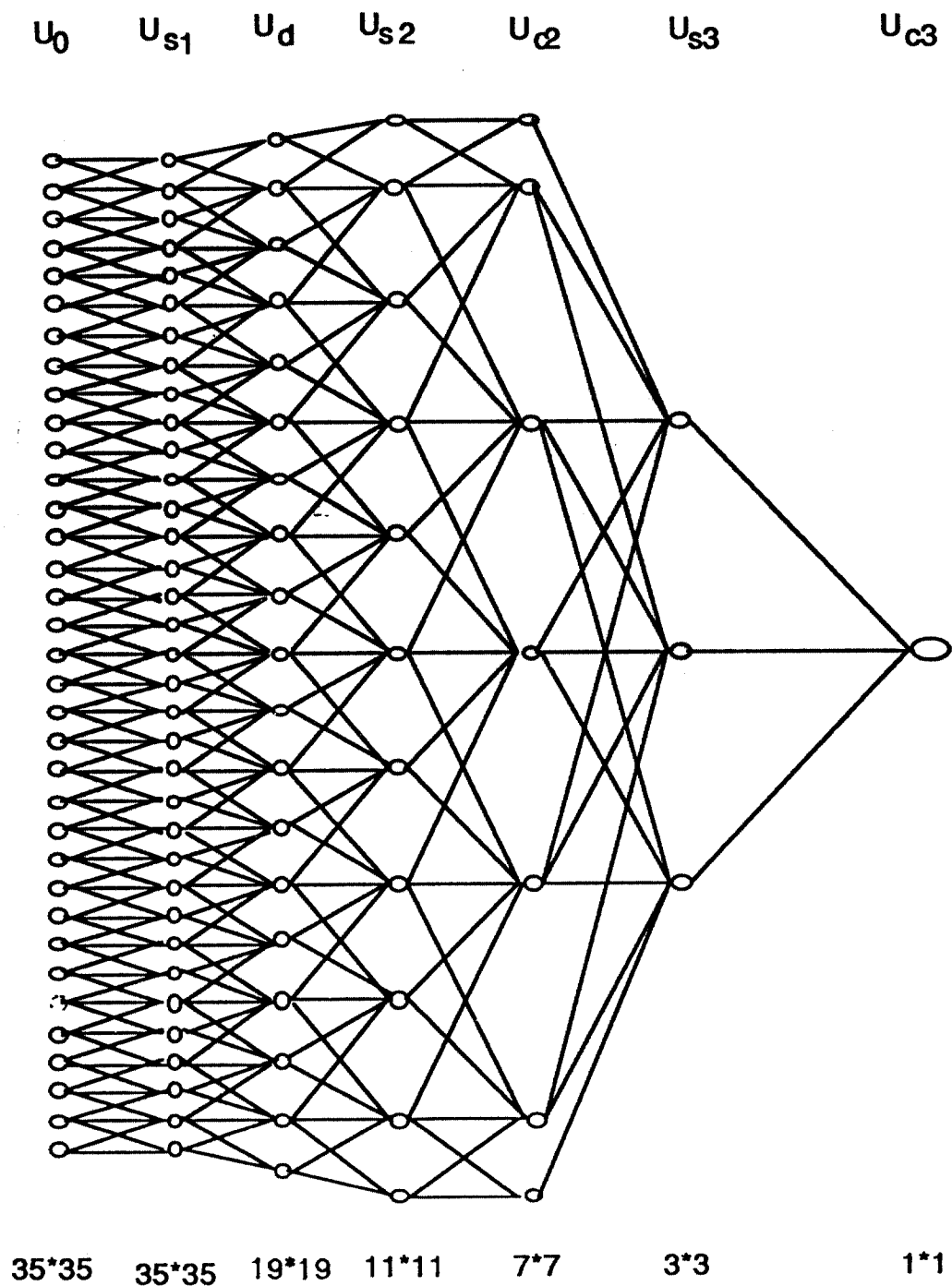
네오코그니트론의 구조



S-세포의 입출력 특성



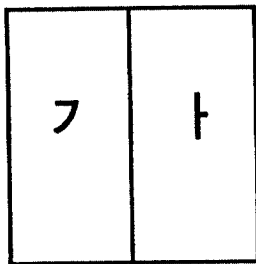
자음인식 신경회로망에서 세포의 1차원적 연결도



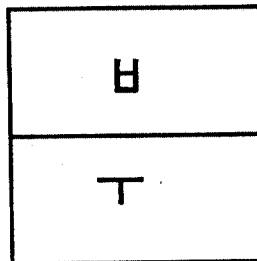
4.2 형태별 신경회로망의 동작 방법

- 자음인식 신경망 + 모음인식 신경망
- 각 신경망은 학습한 Local Feature 추출
- MAXNET을 사용하여 최대값 선택
- 최대값을 발생한 노드에 대응하는 코드 발생
- 형태 매칭 노드에서 형태매칭값 계산

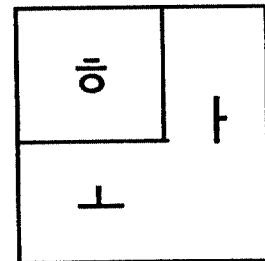
각 형태별 신경회로망의 입력영역 형태



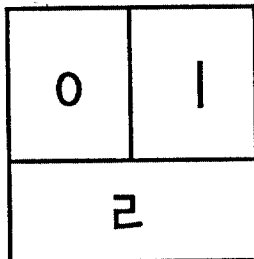
형태 1



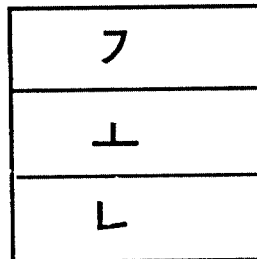
형태 2



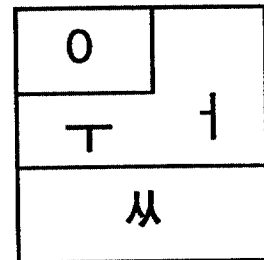
형태 3



형태 4

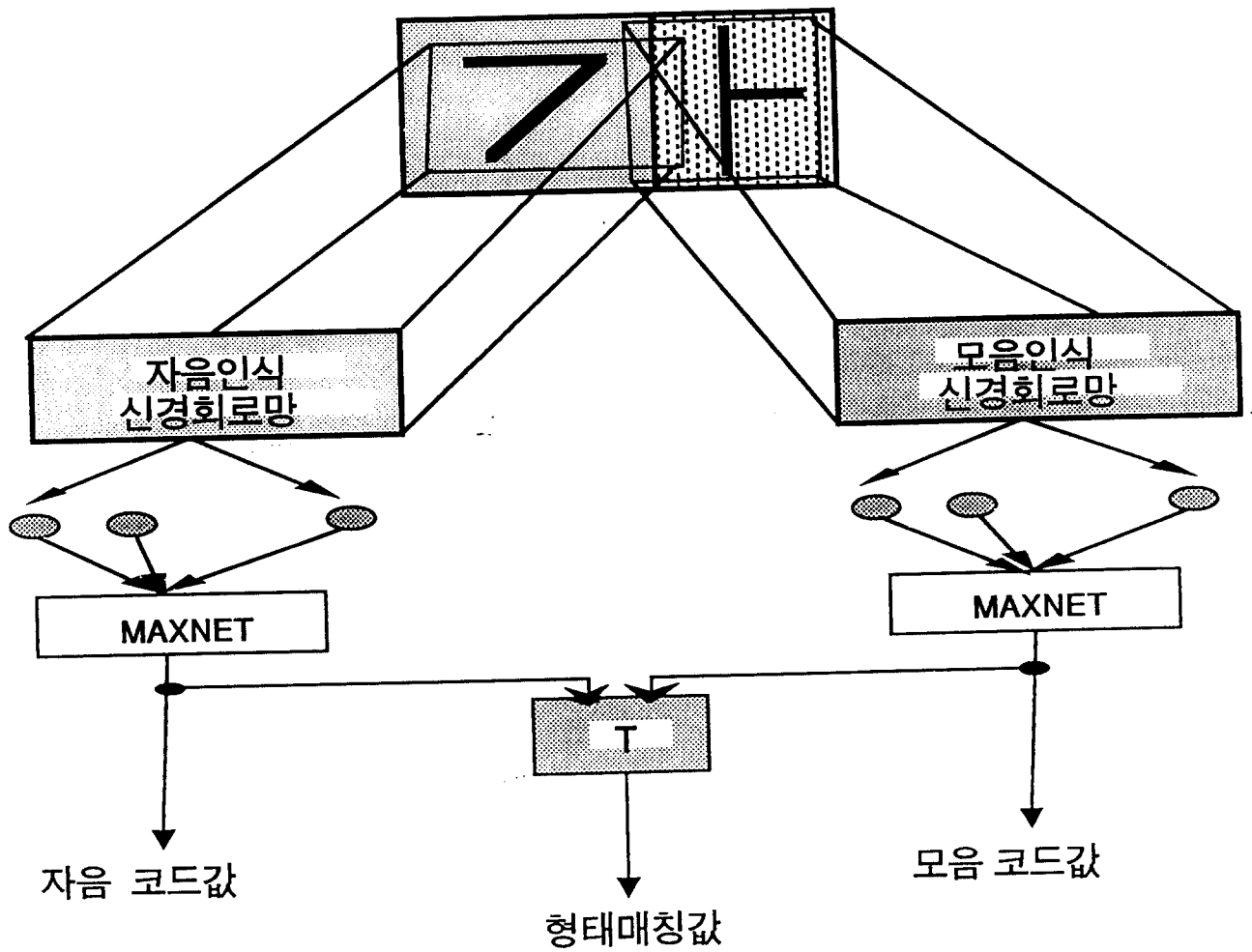


형태 5



형태 6

형태별 신경망의 예

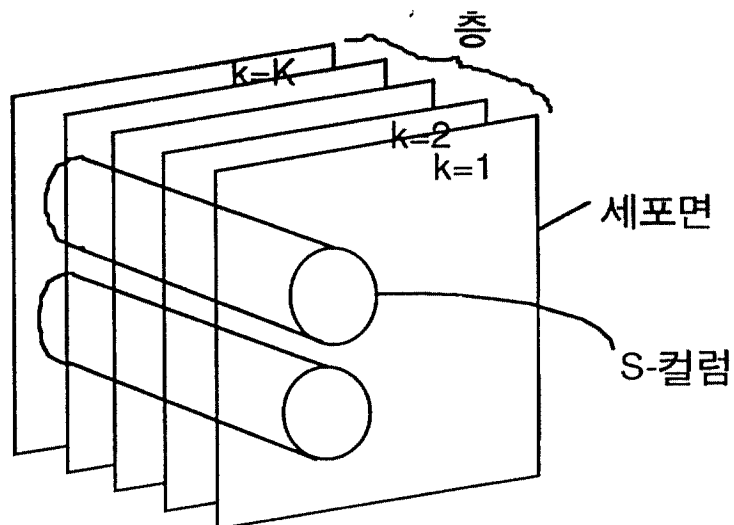


4.3 학습 방법

- 각 세포면이 특정한 패턴을 기억하도록 시냅스 조정
- Supervised & Unsupervised

$$Da_i(k_{i-1}, m, \tilde{K}_i) = q_i * c_{i-1} * U_{ci-1}(k_{i-1}, \tilde{n})$$

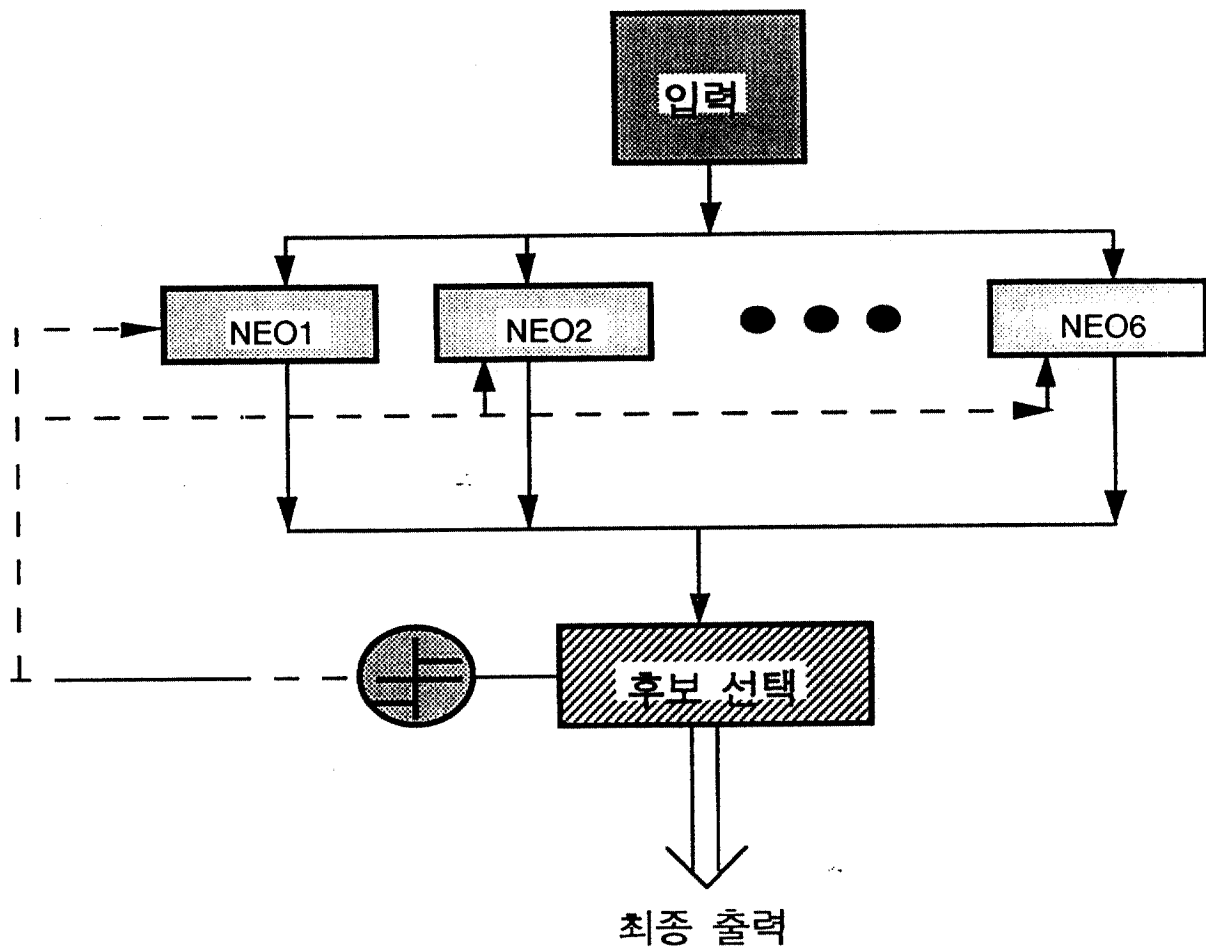
$$Db_i(\tilde{K}_i) = q_i * V_{ci-1}(\tilde{n})$$



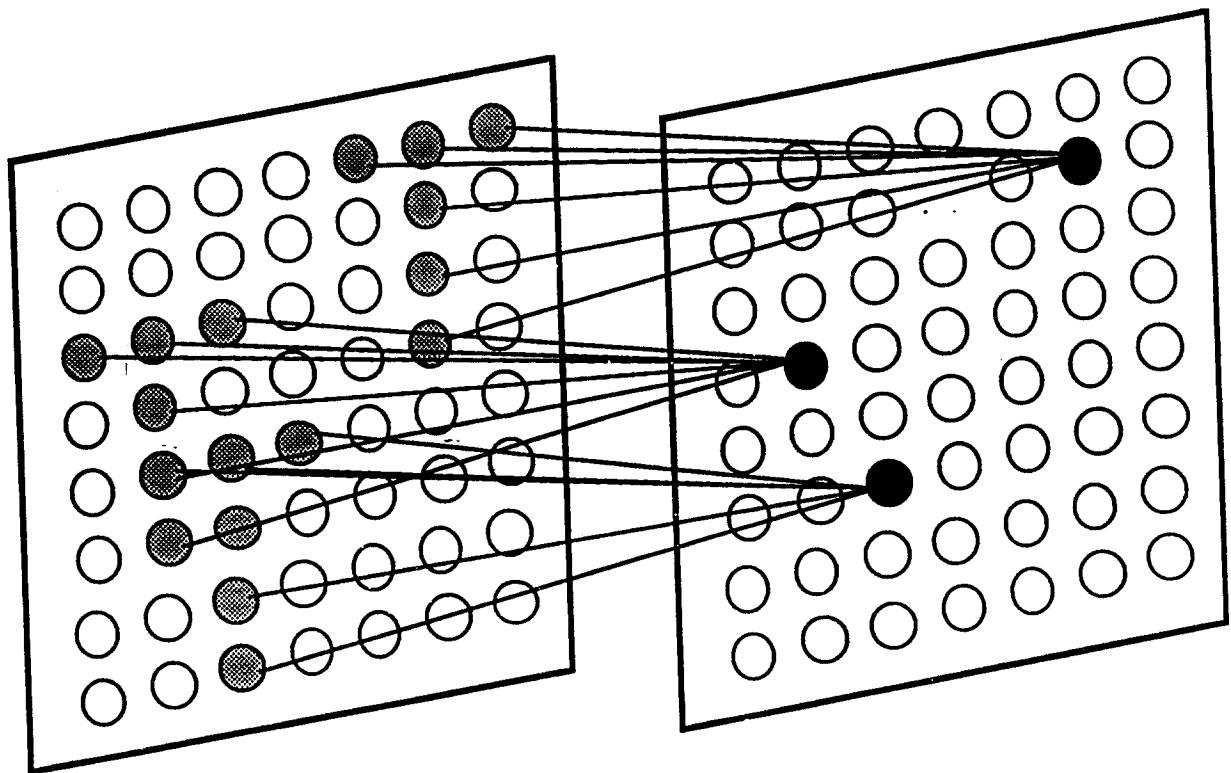
4.4 전체 시스템의 동작 방법

- 각 형태별 신경회로망이 독립적으로 동작
- 형태매칭값 계산
- 가장 잘 분할한 신경회로망의 출력이 최종 출력이다
- 상호억제 기능 : 형태분류 오류 감소
- 학습시 생성하는 표준원형과 유사도 계산
- 형태 1의 글자에 대한 시스템의 출력 형태

한글인식 전체 시스템의 구조



한개의 세포에 대한 입력 연결의 공간적 분포



4.5 실험 결과 및 검토

- VAX8800에서 C-언어로 구현
- 결과 : 표를 참조
- 한개의 신경회로망이 개별적 동작 : 약 35초
- 결합된 시스템 : 약 5분 (Sequential)
- 추출한 Local Feature의 타당성
- 상호억제작용 첨가 : 형태분류 오류 감소
- 영역 중복분제 해결 방안
- 글자 자체로 학습하지 않는다. : 글자수에 무관하게 인식
- NOT Character 검출기 사용 : 효과 없음

형태별 신경회로망에 대한 실험결과

형 태	문자수	오인식 된 문 자 수	인식율
형태 1	88	1	98.9 %
형태 2	56	0	100 %
형태 3	23	0	100 %
형태 4	85	1	98.8 %
형태 5	140	2	98.6 %
형태 6	9	0	100 %

전체 시스템의 실험 결과 (순수한 모델)

사용한 문자형태	문자수	오인식된 형태						계	인식율
		형태1	형태2	형태3	형태4	형태5	형태6		
형태1	88			1				1	
형태2	56				2	2		4	
형태3	232	1			1			2	
형태4	85	2	5	2	3		2	14	
형태5	140		33			2	1	36	
형태6	9								
계	401	3	38	3	6	4	3	57	85.8%

전체 시스템의 실험 결과 (개선점 추가)

사용한 문자형태	문자수	오인식된 형태						계	인식율
		형태1	형태2	형태3	형태4	형태5	형태6		
형태1	88								
형태2	56					1		1	
형태3	232	1						1	
형태4	85				2			2	
형태5	140		7			2		9	
형태6	9								
계	401	1	7		2	3		13	96.7%

4.6 결 론

- 지역적 특징 추출
- 신경회로망을 사용하여 인식 시스템 구현
- 개선점 추가하여 인식을 증대
- 글자수에 무관하게 인식
- 입력영역 중복문제 해결 방안 제시
- 다양한 파라미터 조정(복잡한 연결 구조)
- Local Feature 추출의 어려움(BP 이용한 자동 추출)
- 한개의 신경회로망으로구현
- 필기체 문자인식에 적용 가능

5. 앞으로의 연구 방향

- 인쇄체 / Multi-font 인식의 실용화
- 필기체 한글 인식
- Testing data의 구성
- 숫자, alphabet의 인식
- 인지 심리학적 approach
- 새로운 신경회로망 모델의 개발
- Neurocomputer 의 개발

6. 참고 문헌

- [1] K. Fukushima, "Neocognitron: A self-organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position," Biol. Cybern. vol.36, No.4, April 1980, pp.193-202.
- [2] K. Fukushima and S. Miyake, "Neocognitron: A New Algorithm for Pattern Recognition Tolerant of Deformations and Shift in Position," Pattern Recognition, vol.15, No.6, 1982, pp.455-469.
- [3] R. Lippmann, "An Introduction to Computing with Neural Nets," IEEE ASSP magazine, April 1987, pp.4-21.
- [4] D.H. Hubel and T.N. Wiesel, "Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in cat's visual cortex, " J. Physiol.(London), vol.160, Jan. 1962, pp.106-154.
- [5] J.L. McClelland and D.E. Rumelhart, Explorations in Parallel Distributed Processing, vol.I,II, MIT Press, 1988.
- [6] K.S. Fu and A. Rosenfeld, "Pattern Recognition and Computer Vision, " IEEE Computer, Oct. 1984, pp.284-282.
- [7] M. Minsky and S. Papert, Perceptrons, Cambridge MA:MIT Press, 1988.
- [8] Y. Mori and K. Yokosawa, "Neural Networks That Learn To Discriminate Similar Kanji Characters, " Advanced in Neural Information Processing Systems I, Morgan Kaufmann Publishers, 1989, pp.332-339

- [9] D.L. Reilly, C. Scofield, C. Elbaum and L.N. Cooper, "Learning System Architectures Composed of Multiple Learning Modules," ICNN vol.II, 1987, pp.495-503.
- [10] DARPA Neural Network Study Oct. 1987-Feb. 1988, AFCEA International Press, 1988.
- [11] 고 병기, "신경망을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식," M.S. Thesis, Dept. of CS, KAIST, 1989.
- [12] 이 경희, 이 원돈, "Coulomb Energy Network를 이용한 한글 인식 Neural Network," 한글 및 한국어 정보처리 학술발표논문집, 1989, pp.267-271.
- [13] 최 병욱, T. Ichikawa and H. Fujita, "한글 인식에 있어서의 자소 추출," 전자공학회지, 제18권, 제2호, April 1981, pp.36-43.
- [14] 이 주근, 남궁 재찬, 김 영건, "한글 Pattern에서 Subpattern 분리와 인식에 관한 연구," 전자공학회지, 제18권, 제3호, June 1981, pp.1-8.
- [15] 김 명원, 이 광로, "Pattern 인식을 위한 Neural Network," 전자통신, 제11권, 제1호, April 1989, pp.41-58.
- [16] 김 태균, T. Agui, "Syntactic법에 의한 한글의 패턴 인식에 관한 연구," 전자공학회지, 제14권, 제5호, Dec. 1977, pp.154-160.
- [17] 이 일병, "신경회로망을 이용한 영상 인식," 전기학회지, 제38권, 제2호, Feb.1989, pp.31-38.
- [18] 이 광로, 정 회성, 김 명원, "문자 인식에 관한 연구," 전자동향 분석, 한국전자통신연구소, 제4권, 제2호, July 1987.

- [19] 방 승양, 김 화룡, "신경망 컴퓨터를 이용한 한글 문자 인식에 관한 연구," 목적기초연구 제1차 중간 보고서, 한국과학재단, July 1989, pp.16-50.
- [20] 김 태천, 김 은진, 이 일병, "한글 필기체 자모 인식을 위한 신경망 모형," 인공지능연구회 춘계 학술발표 논문집, 1989, pp.25-39.
- [21] 이 승호, 김 진형, "문자 인식에서의 신경망," 전자계산연구회 컴퓨터 기술, 제6권, 제1호, pp.39-44.
- [22] 1989, 최 정훈, 권 회용, 황 회용, "통합 사용자 인터페이스에 관한 연구: 인공 신경망 모델을 이용한 한글 필기체 On-line 인식," 한글 및 한국어 정보처리 학술발표논문집, 1989, pp.126-131.
- [23] 김 병기, 김 항준, "신경망 모델을 이용한 한글 문자의 형태 분류와 인식," 89' 가을 학술발표논문집, 한국정보과학회, 1989, pp.137-141.
- [24] 차 의영, et al., "역전파 학습 신경망을 이용한 한글 숫자 인식에 관한 연구," 89' 가을 학술발표논문집, 한국정보과학회, 1989, pp.137-141.
- [25] 조 성배, "신경망 기법의 현실적 적용을 위한 개선 전략", 석사학위 논문, 한국과학기술원, 1990.
- [26] 정 아연, "동적 문자 인식을 위한 신경망 모형 Sejong-Net의 설계", 석사학위 논문, 연세대학교 대학원, 1990.
- [27] 이 동현, 조 원규, 양 현승, "신경망 모델을 사용한 한글 문자의 형태 분류", 한국정보과학회 춘계 학술발표 논문집, pp.215-218, 1989.
- [28] 고 병기, 김 진형, 양 현승, "경쟁하는 신경망 조직을 이용한 인쇄체 한글 문자의 인식", 제1회 영상처리 및 이해에 관한 workshop 논문집, pp.127-134, 1989년 1월.

- [29] 박 영환, 방 승양, "신경회로망을 이용한 한글 인식에 관한 연구 현황",
한국통신학회지 전자통신, 제7권 3호, 한국통신학회, pp.175-181, 1990.