

# 상호활성화모형을 이용한 한글에서의 글자우월효과 특성 분석

## Analysis of Character Superiority Effect of Korean characters using Interactive Activation Model

박 창 수\*      방 승 양\*\*  
(Chang-su Park) (Sung-yang Bang)

**요 약** 상호활성화모형은 원래 영어의 단어우월효과를 설명하기 위해서 개발되었다 한글에서도 영어에서의 단어우월효과와 비슷한 현상이 존재함이 알려져 있다 즉, 한글의 자소가 글자의 한 구성요소로 나타났을 때가 자소 단독으로 나타났을 때보다 더 잘 인식된다는 것이다. 우리는 한글에서의 글자우월효과를 설명하기 위해서 기존의 상호활성화모형을 수정하였다 그러나 한글에서의 글자우월효과는 글자의 유형에 따라 그 정도가 다양하게 나타난다는 사실이 보고된 바 있다 특히 글자내에서 한 자소가 다른 자소들 사이에 둘러 쌓여 있을 때는 해당 자소가 글자의 맥락에 있다고 하더라도 인지하기 어렵다는 사실이 알려져 있다 한글의 경우, 글자가 각 구성요소(자소)의 이차원적 구성이기 때문에 이런 특이한 현상이 발생한다고 추측해 볼 수 있다 우리는 글자의 이차원적 형태에 중점을 두어 계산되어진 입력 자극의 가중치를 기존의 상호활성화모형에 도입하여 이러한 현상을 설명할 수 있었다

**Abstract** Originally the Interactive Activation Model(IAM) was developed to explain Word Superiority Effect(WSE) in the English words. It is known that there is a similar phenomena in Korean characters. In other words people perceive a grapheme better when it is presented as a component of a character than when it is presented alone. We modified the original IAM to explain the Character Superiority Effect(CSE) for Korean characters. However it is also reported that the degree of CSE for Korean characters varies depending on the type of the character. Especially a component between components was reported to be hard to perceive even though it is in a context. It was supposed that this special phenomenon exists for CSE of Korean characters because Korean character is a two-dimensional composition of components(graphemes). And we could explain this phenomenon by introducing weights for the input stimulus which are calculated by taking into account the two-dimensional shape of the character.

### 1. 배 경

사람의 인식과정 중에는 실제로 지각기관으로부터 얻은 지각 자극과는 별도로 주위 환경의 맥락에 영향을 받는 맥락 효과(Context Effect)라는 것이 있다 [1]. 실제로 사람은 입력되는 자극만으로는 인식이 매우 어려운 대상에 대해서도 쉽게 인지해내는 경우가 많이 있다. 이러한 현상을 설명하고 있는 가설로 사람의 인지과정에 입력 자극뿐 아니라 주변환경의 맥락에 대한 정보를 가진 상위 레벨의 조작이 관여한다는 주장이 있다 이것은 맥락 효과가 실제적인 인지과정 후의 사전지식을 이용한 단순한 추측에 의한 현상이 아니라 실제 인지과정 중에 발생하는 상위 레

포항공과대학교 컴퓨터공학과  
경상북도 포항시 남구 효자동 산31번지, 790-784  
Tel +82-54-279-2917  
Fax +82-54-279-2299  
\*bylkuse@postech.ac.kr  
\*\*sybang@postech.ac.kr  
Dept. of computer science & Engineering, POSTECH  
San 31 Hyoja-dong, Nam-gu, Pohang, Kyungbuk, Korea  
Tel +82-54-279-2917  
Fax +82-54-279-2299  
연구세부분야 인간에 기반한 영상인식  
detail research part image recognition based on human vision  
키워드 단어 우월 효과, 글자 우월 효과  
keyword word superiority effect, character superiority effect

벨의 영향에 의한 것임을 의미한다

단어우월효과(Word Superiority Effect)란 영어의 경우 단어 속에서 보여지는 알파벳이 비단어 속이나 독립적으로 보여지는 알파벳보다 훨씬 더 잘 인식되는 현상이다[1] 단어가 개개 알파벳의 맥락이라고 본다면 단어우월효과도 위에서 설명한 맥락 효과의 일종이라고 볼 수 있다. 그래서 단어우월효과의 실제 존재성 여부나 그러한 현상이 나타나는 이유를 명확히 밝힐 수 있다면 맥락 효과를 이용해서 사람의 인지과정을 설명하는데 좋은 자료로 이용될 수 있는 것이다.

이러한 이유로 해서 영어의 단어우월효과에 대한 연구는 일찍이 1900년대 이전부터 이루어져 왔다[7]. 그러나 여러 연구들이 단어우월효과가 실험적으로 나타남을 보였지만, 이러한 결과가 맥락 정보가 실제적인 인지과정에 관여해서 나타나는 것인지, 아니면 시각자극이 주어진 후의 단순한 추측에 의한 결과인지에 대한 논란의 여지를 해소하지는 못했다.

그러나 Reicher는 강제선택방법을 사용한 실험을 통해서 단어우월효과가 인지과정 후의 추측에 의한 결과가 아님을 증명하였다[2] Reicher가 사용한 강제선택방법은 자극을 보여주고 피험자들이 주어진 질문에 대해서 자유로이 대답하도록 하는 것이 아니고 두 가지 정도의 보기를 주고 그 중에서 선택하도록 하는 것이다. 이렇게 피험자가 추측할 수 있는 여지를 제거한 실험에서도 단어 속의 알파벳이 비단어 속에서의 알파벳보다도 인식률이 월등히 높게 나타났고, 심지어는 독립적으로 보여지는 알파벳보다도 인식률이 높게 나타났다.

Reicher의 실험 후에 단어우월효과에 대한 연구가 더욱더 활발하게 이루어졌고 James L. McClelland와 David E. Rumelhart는 앞선 연구들의 실험결과를 바탕으로 인간의 단어인식구조를 모형화한 상호활성화모형(Interactive Activation Model)을 발표했다[3] 그리고 이 모형을 컴퓨터로 구현해서 얻은 모의실험결과가 기존의 단어우월효과에 대한 연구결과와 부합됨을 보였다.

상호활성화모형은 인간의 시각적 인식과정이 단지 시각자극의 입력에만 의지하지 않고 문맥에 기반을 둔 상위레벨의 입력과도 연관되어 있다는 것을 모형화한 것이다 그래서 인간의 시각적 인식과정의 특징이 시각자극에 의한 상향식 처리과정과 문맥정보에 의한 하향식 처리과정이 동시에 수행되는 것이라고 가정하고 단어우월효과를 설명하고 있다. 상호활성화

모형은 그 전에 행해졌던 실험에서 나타난 단어우월효과의 여러 가지 측면을 거의 완벽하게 설명하고 있는 모형이라는 점에서 높게 평가되고 있다[4] 또한 그런 면에서 볼 때 상호활성화모형은 인간의 인지현상을 설명하는 모형으로써 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

앞에서는 영어의 단어우월효과에 대한 연구에 대해서 살펴보았다 그러면 한글의 단어우월효과에 대한 연구는 어떠한가? 영어에서만큼 활발한 연구가 이루어지지는 않았지만 여러 연구가 있었다[6][7] 그 중에서 서울대학교의 김 재갑 팀의 연구가 상당히 다양한 측면에서 한글의 단어우월효과에 대해 살펴보았다는 점에서 주목해 볼 만하다[7]

(표 1) 한글에서 가능한 글자의 유형

유형	형 태	예
1	자음 좌측의 모음	'가'
2	자음 하단의 모음	'고'
3	자음 좌측과 하단의 모음	'과'
4	유형1에 자음 받침	'각'
5	유형2에 자음 받침	'곡'
6	유형3에 자음 받침	'곽'

이들은 한글에서 단어우월효과를 자음과 모음(자소)이 글자 내에서 보여졌을 경우가 자소 단독으로 보여졌을 때나 비글자 내에서 보여졌을 때보다 더 잘 인식되는 현상으로 규정하고 실험을 행하였다. 그러므로 한글에서는 단어우월효과를 글자우월효과(Character Superiority Effect)로 칭하는 것이 옳다 하겠다. 피험자들을 상대로 실시한 실험결과, 한글에서도 피험자의 시각을 좁게 제한했을 경우 등을 제외하고는 대부분의 실험에서 글자우월효과가 나타났다 하지만 김 재갑 팀이 언급했듯이 한글의 글자우월효과에서는 영어에서의 단어우월효과와는 다른 여러 가지 점이 관찰되었다[7] 특히 글자의 유형(type)들 사이에서 글자우월효과가 다르게 나타나는 것이 관찰되었다

이러한 결과가 나타난 이유에 대해서는 여러 가지로 생각해 볼 수 있지만, 근본적인 이유는 한글과 영어의 구조적 차이로 볼 수 있다 영어의 단어는 알파

벧을 좌에서 우로 배열하는 일차원적 구조를 갖는다 이에 비해서 한글의 글자는 조금 복잡한 구조를 갖는다[5]

한글의 글자에서는 음가가 있든 없든 간에 자음이 먼저 위치하게 된다 그 다음으로 모음이 오는데 위치가 첫 번째 자음의 오른쪽이 될 수도 있고 아래가 될 수도 있다. 또한 두 가지 경우의 모음이 같이 나오기도 한다. 마지막에 오는 자음은 글자의 유형에 따라 나올 수도 있고 나오지 않을 수도 있는데 앞서 나온 자음과 모음의 아래에 위치하게 된다 한글에서 자음과 모음의 배치에 의해 분류되는 글자의 유형이 <표 1>에 나와 있다.

이처럼 한글은 각각의 글자가 영어의 단어와 달리 이차원적인 구조를 가지고 있음을 알 수 있다 이러한 구조적 차이점으로 인해 인지과정의 특징이 영어와는 달라져서 글자우월효과에 있어서 영어와는 다른 점이 나타나는 것으로 생각할 수 있다

이상에서 한글의 글자우월효과에 대해 김 재갑 팀의 연구를 위주로 살펴보았다 하지만 사람의 인지과정을 연구함에 있어서 글자우월효과가 차지하는 비중을 생각한다면 한글의 글자우월효과에 대한 연구는 영어의 경우에 비해 많이 부족한 것이 사실이다. 한글에 있어서 영어의 상호활성화모형처럼 한글의 글자우월효과와 특성을 완벽히 설명해 줄 수 있는 인지모형이 없다는 것이 한글의 글자우월효과에 대한 연구가 아직은 부족하다는 것을 반증하고 있다 물론 김 재갑 팀이 연구를 바탕으로 한글의 글자인지모형을 제시했듯이 한글에 있어서 인지모형이 전혀 없었던 것은 아니다[7]. 하지만 영어의 상호활성화모형처럼 제안된 모형을 실제 구현하거나 모의실험을 행한 것이 아니기 때문에 해당 모형의 타당성이나 가치를 논하기는 어려운 점이 있다.

이와 같은 이유로 해서 우리는 한글에 적용 될 수 있는 인지모형을 제안하고 이를 구현해 보고자 한다. 기본적으로는 영어에서 사용된 상호활성화모형을 사용하게 된다. 기존의 상호활성화모형을 한글의 구조적 특성에 맞게 수정한 후에, 수정된 모형이 한글의 글자우월효과를 설명할 수 있을 것인가에 대해 알아 본다. 더불어 수정된 상호활성화모형이 한글의 글자인지모형으로써 타당한 거의 여부도 살펴보게 된다

그러나 영어와 한글의 언어적 차이가 있기 때문에 기존의 상호활성화모형을 한글에 적용하기 위해서는 기본적으로 변경되어야 할 부분이 있다 그러므로 우리는 우선 기존의 상호활성화모형에 한글의 구조적

특성을 고려하기 전에 한글에 적용할 수 있을 정도로만 수정해보고 그 결과에 대해 알아본다 그후에 한글의 구조적 특징을 기존의 상호활성화모형에 어떻게 반영할 것인가에 대한 방법을 제안하고 그것을 바탕으로 수정된 상호활성화모형을 한글에 적용해 본다. 이렇게 얻어진 실험결과들을 비교·분석해 보고 수정된 상호활성화모형이 영어와 달리 한글에서만 보여지는 글자우월효과와 특징을 반영하고 있는지에 대해 알아본다 덧붙여 제안된 방법에 의한 수정된 상호활성화모형이 한글의 구조적 특징을 얼마만큼 잘 반영하고 있는지를 살펴봄으로써 해당 모형이 한글의 글자인지모형으로써 타당한지에 대해서도 살펴보게 된다.

## 2. 한글에 대한 상호활성화모형의 적용

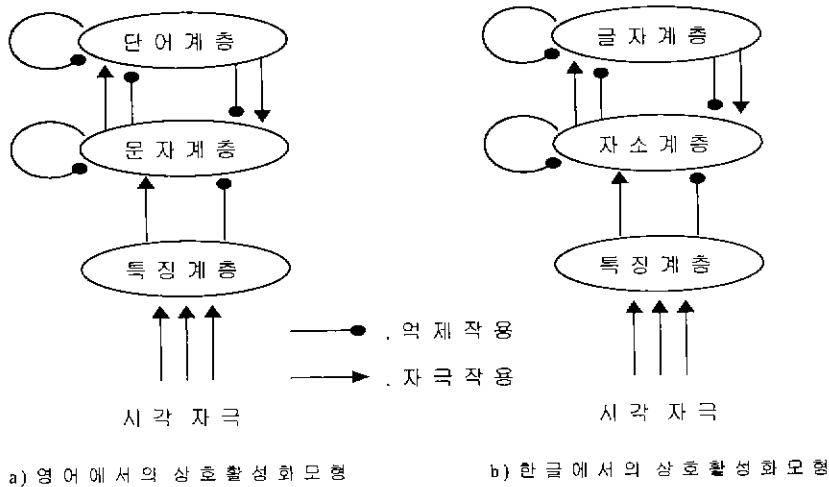
상호활성화모형을 어떻게 한글에 적용할 수 있도록 수정할 것인가에 대해 알아보기 전에 먼저 기존에 제시된 상호활성화모형에 대해 간단히 살펴보기로 하자 [3].

영어에 적용된 상호활성화모형의 기본적인 구조는 (그림 1)의 a)와 같다 특징계층(feature level)은 입력되는 시각 자극을 감지하는 부분이고 문자계층(letter level)은 단어의 특정 위치에서 각 알파벳의 활성화 정도를 나타내는 부분이며 단어계층(word level)은 이미 습득된 단어정보와 각 단어들의 활성화 정도를 나타내는 부분이다.

각 계층(level)안에는 여러 노드(node)가 있고, 각 계층의 노드들은 같은 계층의 다른 노드들 내지는 다른 계층의 노드들과 상호작용을 한다. 노드사이의 상호작용에는 노드의 활성화 정도를 크게 하는 자극작용과 반대로 활성화 정도를 감소시키는 억제작용이 있다 (그림 1)에서 연결선의 끝이 원으로 표시된 것은 억제작용이고 연결선의 끝이 화살표인 것은 자극작용이다

문자계층은 특징계층과 단어계층의 양쪽으로부터 입력을 받게된다 특징계층에서의 작용이 상향식 처리과정에 해당하고, 단어계층에서의 작용이 하향식 처리과정에 해당한다

그런데 특징계층과 문자계층사이에서는 일방적인 작용이 있는데 반해서 단어계층과 문자계층사이에는 상호작용이 있는 것을 볼 수 있다 그것은 특징계층의 입력은 시각자극이기 때문에 그 세기가 변하지 않지만 단어계층에 저장된 각각의 단어는 인지과정 중에 입력자극에 의해 활성화되는 정도가 계속 변할 수 있



(그림 1) 영어와 한글에 적용된 상호활성화모형의 기본 구조

기 때문이다

계층간의 상호작용은 자극과 억제 작용이 동시에 작용하는 반면에 계층안에서의 상호작용은 억제 작용만이 존재한다 그 이유는 보여지는 시각 자극에 해당하는 단어 내지는 특징위치의 알파벳은 한가지 경우만 존재하기 때문이다. 그래서 각 계층안의 노드들은 시각자극의 입력에 따라 활성화되기 위해 서로 경쟁하는 것이다 이렇게 계층들 사이와 각 계층 안에서의 상호작용이 반복적으로 이루어지면 결국 문자계층이나 단어계층에서 그 활성화 값이 다른 노드의 활성화 값보다 월등히 크게되는 노드가 나타나게 될 것이다 우리는 그러한 노드에 해당하는 값으로 주어진 자극을 인지하게 되는 것이다

이것을 한글에 적용하기 위해서는 (그림 1)의 a)에서 보여지는 각 계층이 포함하는 노드가 갖는 의미를 한글에 맞게 다시 정의할 필요가 있다. 김 재갑 팀은 그들의 연구에서 영어의 단어우월효과 연구에서 주로 사용되는 네 개의 알파벳으로 이루어진 단어와 유사한 자극을 사용하기 위하여 한글의 한 음절 글자를 사용하였다. 이것을 (그림 1)의 a)에 매칭시켜 보면 단어계층에 속하는 노드들은 한글에서 각각의 한 글자가 되고 문자계층에 속하는 노드들은 한글에서 각각의 자소가 된다 이러한 변경을 통해 한글에 적용될 상호활성화모형의 기본 구조가 (그림 1)의 b)에 나와 있다

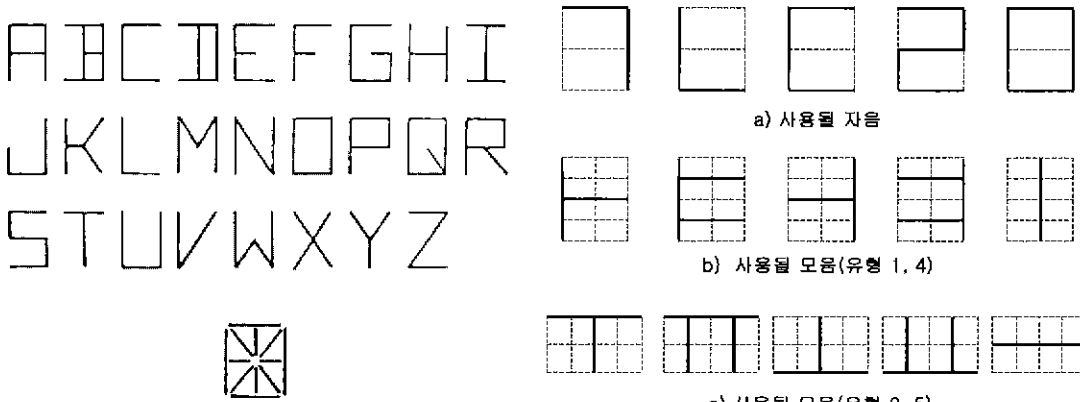
그리고 영어에서 특징계층은 (그림 2)처럼 임의로 정의된 폰트에서의 각 획 성분이 입력자극에 있는지 없는지를 감지하고, 그 정보를 이용해서 문자계층의

각 노드를 자극 내지는 억제하게 된다 그러므로 이것이 한글에 적용되기 위해서는 한글의 자소에 대해서도 영어의 알파벳처럼 임의로 폰트를 정의할 필요가 있다

(그림 3)에 우리가 정의한 자소의 폰트가 나와있다 (그림 3)에 나타나듯이 우리는 자음과 모음에 대해 각각 5개만을 고려하기로 했다. 이것은 한글이 영어와 달리 각 자소(특히 자음)의 구조가 상당히 복잡해서 모든 자소를 다 고려한다면 폰트에서 획성분의 구조가 너무 복잡해지기 때문이다 또한 한글에서 순서적으로 두 번째로 오는 모음이 첫 번째로 오는 자음의 밑에 위치하는 경우 가능한 모음은 5가지뿐이다 그러므로 그런 경우의 모음과 다른 위치에서 나타나는 자소의 숫자를 통일시킴으로써 선택가능한 수의 차이에서 오는 각 위치에서의 글자우월효과와 차이를 배제시킬 수 있게 된다 이것은 모의실험결과의 분석을 용이하게 하는 잇점을 제공한다. 우리가 제안하고자 하는 것은 자소가 글자됨 이루는 형태에 의한 한글의 구조적 특성을 상호활성화모형에 적용하는 방법이기 때문에 자소의 가지수에 제한을 두는 것이 한글의 구조적 특성에 의한 글자우월효과를 설명하는데 큰 영향을 미치지 않는 것이다

영어에서는 단어계층에 각 단어의 빈도수에 대한 정보가 포함되어 있다. 한글에서는 자소의 가지수를 제한함으로써 가능한 글자의 수가 많이 축소되었기 때문에 일단 빈도수에 대한 정보는 고빈도 글자와 저빈도글자 두 단계로만 구분했다

이 외에도 모의실험에 사용될 한글의 유형을 1, 2,



(그림 2) 상호활성화모형에 사용된 영어의 폰트

(그림 3) 한글의 자소에 대한 폰트

4, 5로 제한하기로 한다. 여섯 개의 유형중에 유형 3과 6은 유형 1과 2 또는 유형 4와 5가 혼합된 형태이기 때문에 유형 1, 2, 4, 5만을 사용한다고 해도 한글의 구조적인 특성을 설명하는데 충분하리라 여겨진다 또한 한글에서 자주 나타나는 상위 600자를 기준으로 했을 때 유형 3과 6이 차지하는 비율이 6~7%정도 밖에 되지 않는다는 점도 고려되었다

### 3. 모의실험 I

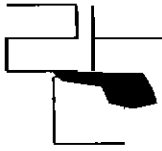
먼저 기존의 상호활성화모형을 이용해서 한글에서도 글자우월효과가 나타나는지에 대해서만 알아보았다 영어와는 다른 점이 있긴 했지만 한글에서도 글자우월효과가 관찰되었으므로 일단은 기존의 상호활성화모형에 의해 한글에서 글자우월효과가 나타나는지를 확인해 볼 필요가 있다[7] 그래서 한글에 적용

하기 위한 기본적인 사항에 대한 변경만을 고려한 상호활성화모형을 한글에 적용했을 때 어떠한 효과가 나타나는지를 보았다. 모의실험 결과는 <표 2>와 같았다. <표 2>에 나타난 결과는 각 유형에서 가정된 자소 각각 5개에 대해 가능한 모든 경우를 입력으로 사용해서 얻은 결과의 평균이다. 단, 입력이 글자일 경우 비사용 글자는 제외시켰다.

실험에서 사용된 입력 자극은 (그림 3)에 보여지고 있는 자소 폰트처럼 형식화된 형태로 주어지고, 폰트를 이루는 각 획성분의 존재 유무에 대한 정보가 포함된다 만약 어떤 획성분이 존재한다면 입력자극의 세기는 '1'이 된다 결과에 나타난 수치는 주어진 입력에 의해 모형이 일정 횟수 반복을 한 후, 자소계층에 있는 각 노드의 활성화 값을 바탕으로 입력과 같은 것으로 결정을 내리게 될 확률을 나타내는 것이다

<표 2> 모의실험 I의 결과

		초성	중성	종성
TYPE 1	자 소	82.3	80.0	
	글 자	83.9	82.6	
TYPE 2	자 소	82.3	80.2	
	글 자	83.9	82.5	
TYPE 4	자 소	83.1	80.6	82.9
	글 자	88.9	86.5	88.9
TYPE 5	자 소	82.9	80.3	82.9
	글 자	88.7	86.6	88.7



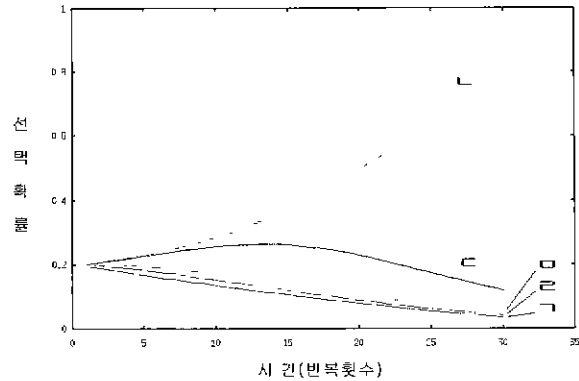
(그림 4) 부분적으로 가려진 입력

여기서 모형의 반복횟수는 피험자를 대상으로 한 실험에서 자극을 보여주는 시간으로, 모형의 결과값은 피험자의 선택정확률로 볼 수 있다. 본 실험에서는 30회의 반복 후에 그 결과를 측정하였다. 40~50회의 반복후에 결과값을 측정하였을 경우에는 선택정확률이 거의 100%에 이르렀다. 즉, 40~50회의 반복은 피험자를 대상으로 한 실험에서 피험자가 입력 자극을 완전하게 인지해 내는데 필요한 시간과 대응한다고 생각할 수 있다.

〈표 2〉에서 '자소'라고 되어 있는 것은 입력이 자소 단독인 경우 해당 자소의 선택정확률을 나타내는 것이고, '글자'라고 되어 있는 것은 입력이 글자로 주어지는 경우 그 글자의 각 위치에 해당하는 자소의 선택정확률을 나타내는 것이다. 〈표 2〉를 보면 모든 유형에서 입력이 글자일 경우의 자소 선택 정확률이 자소 단독일 경우보다 높게 나타나고 있다. 이로써 기존의 상호활성화모형으로 한글에서의 글자우월효과가 설명되는 것을 확인할 수 있다.

그런데 초성과 중성에 해당하는 자음과 중성에 해당하는 모음의 선택정확률에서 차이가 나타남을 알 수 있다. 이러한 차이가 나는 것은 앞의 (그림 3)에서 나타나듯이 자음과 모음의 폰트에서 획성분의 개수 차이가 있기 때문이다. (그림 3)를 보면 자음은 전체 획성분이 7개인 반면 모음은 전체 획성분이 6개임을 확인할 수 있다. 획성분의 수가 적어지면 특징계층에서 자소계층으로의 자극이 감소해서 자소계층의 활성화정도가 약해져, 결과적으로 선택정확률에 영향을 미치게 되는 것이다.

여기서 우리는 McClelland와 Rumelhart처럼 입력 글자의 일부분이 더럽혀져서 잘 보이지 않는 경우를 가정하고 이에 대한 모형의 결과를 살펴보기로 하



(그림 5) (그림 4)와 같은 불완전한 입력에 대한 결과

였다(3). (그림 4)와 같은 입력에 대한 결과가 (그림 5)에 나타나 있다. (그림 4)에 나타난 글자는 받침의 일부분이 가려져서 'ㄴ'인지 'ㄷ'인지를 정확히 구분할 수 없다. 하지만 받침이 'ㄷ'이라고 하면 전체적인 글자가 '랄'이 되는데 '랄'이라는 글자는 한글에서 쓰이지 않는 글자이다. 하지만 'ㄴ'이라고 하면 '란'이 되는데 '란'이라는 글자는 우리가 흔히 쓰는 글자이다. (그림 5)에 보이듯이 초기에는 'ㄴ'과 'ㄷ'의 선택정확률이 비슷하다. 하지만 시간이 지날수록 'ㄴ'은 글자계층에서의 자극으로 활성화 정도가 커지고 'ㄷ'은 글자계층으로부터 자극이 없으므로 상대적으로 활성화 정도가 둔화된다. 그러므로 활성화 정도의 상대적 비율로 결정되는 선택정확률이 'ㄴ'은 높아지고 'ㄷ'은 감소되는 것이다.

이상에서 살펴본 모의실험 I의 결과는 단순히 상호활성화모형을 이용해서 한글에서 글자우월효과가 나타난다는 것만을 보여 준 것이므로 한글에서만 보이는 글자우월효과의 특징을 설명하기에는 불충분하다. 그러므로 한글에서 나타난 글자우월효과의 특징을 설명하기 위해서는 한글의 이차원적인 구조에서 오는 특징을 좀 더 구체적으로 기존의 상호활성화모형에 반영할 방법이 제시될 필요가 있다.

#### 4. 글자윤곽-전처리설을 이용한 상호활성화모형의 수정

지금부터는 어떤 방법으로 한글의 구조적인 특징을 상호활성화모형에 반영할 것인지에 대한 방법에 대해서 알아보도록 하자.

김 재갑 팀은 그들의 연구결과를 바탕으로 한글 인식의 특징이라고 할만한 여러 가지 가설을 제안했다. [7] 글자윤곽-전처리설, 글자빈도효과, 시각 집단화,

음운부호화 등이 그것이다 이중에서 '글자운곽-전처리설'이라는 것은 글자가 무엇인가를 인식하기에 앞서 글자의 운곽에 대한 정보가 먼저 추출된다는 설이다.

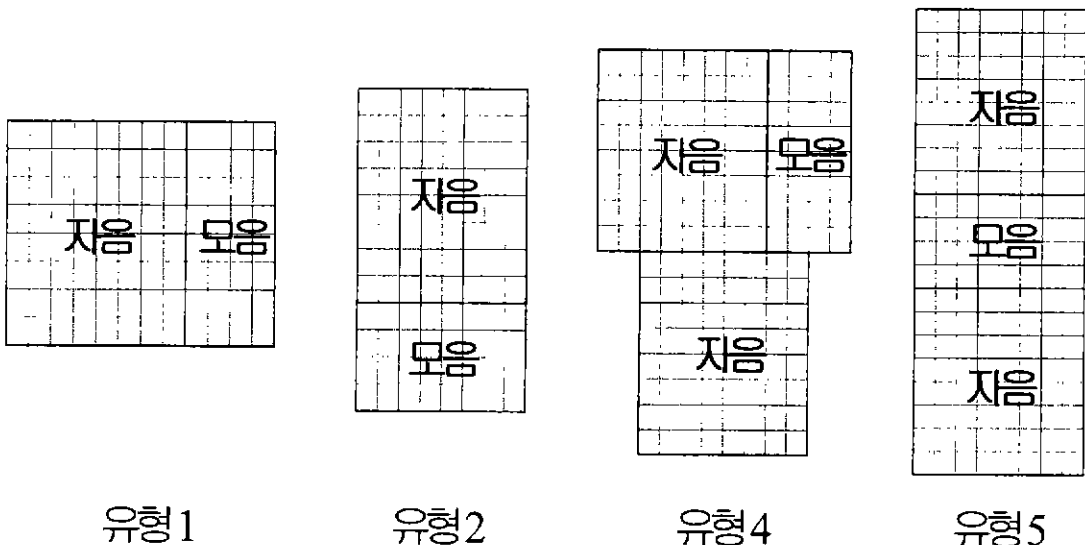
'글자운곽-전처리설'과 같이 글자의 처리에 있어서 그 운곽선에 대한 정보가 먼저 추출된다는 것은 글자의 모든 부분에 대한 시각적 입력의 크기가 같지 않음을 나타낸다고 볼 수 있다 즉 글자에서 운곽선을 이루는 부분과 그것보다 안쪽에 있는 부분의 시각적 자극의 강도가 다르게 처리되어야 한다는 것이다 김재갑 팀의 실험결과에서 나타나는 유형 5에서의 모음이 유형 4에서의 모음보다 글자우월효과가 덜 나타나는 것도 이러한 가설에 의해 설명될 수 있다(7) 즉, 유형 5의 모음이 유형 4의 모음보다 글자우월효과가 덜 나타나는 이유를 유형 5의 모음이 글자에서 차지하는 부분 중에 글자의 운곽선으로 나타나는 부분이 적어서 글자의 전체적인 운곽의 형성에 덜 기여하기 때문이라고 볼 수 있는 것이다

이처럼 영어의 단어우월효과에는 영향을 미치지 않았던 운곽선의 처리가 한글의 글자우월효과에 영향을 미치는 것은 한글의 글자가 자소의 이차원적 구성으로 인해서 영어의 단어보다 더 복잡한 구조를 갖기 때문이라고 볼 수 있다 우리는 '글자운곽-전처리설'이 한글의 2차원적 구조를 반영한 특징이라고 보고 기존의 상호활성화모형에 글자운곽-전처리 가설에 의한 특징을 반영해서 한글에서 나타난 글자우월효과의 특

징을 설명해 보고자 한다.

그러나 기존의 상호활성화모형에서는 이러한 운곽선에 대한 처리를 전혀 고려하지 않았기 때문에 모든 부분에 있어서 입력자극의 세기가 같다고 보고 있다 [3]. 우리는 앞에서 세워진 가설을 적용하기 위해서 기존의 상호활성화모형에 운곽선 정보를 처리하는 부분을 첨가하여 사용하게 될 것이다. 그러한 내용이 처리될 수 있는 부분이 (그림 1)에서 시각 자극으로부터 특징계층으로의 전달 경로로 볼 수 있다. 기존의 상호활성화모형은 시각 자극으로부터 특징계층으로의 전달과정에서 모든 획성분의 입력 세기를 동일하게 '1'로 배정했지만 우리는 각 획성분의 입력 세기를 한글의 각 유형의 운곽선과의 거리를 고려해서 정하기로 했다. 그러기 위해서는 우선 각 유형에 따른 자소의 배치를 규격화 시켜줄 판형(template)이 필요한데 (그림 6)은 각 유형별로 판형에 대한 자소의 배치와 배치에 따른 구조를 나타내고 있다.

수정된 상호활성화모형에서 가장 중요한 부분은 특징계층의 입력 세기에 어떻게 운곽선과의 관계에 대한 정보를 포함시키느냐 하는 것이라고 볼 수 있다 그런데 한글의 각 자소에서 획성분은 (그림 6)에 제시된 전체적인 틀에 매칭시켜 보았을 때 전체적인 틀을 이루는 사각격자의 변(Segment)이 여러개 모여서 이루어짐을 알 수 있다 여기에 착안해서 우리는 (1)의 식을 이용하여 각 변과 운곽선을 이루는 변들 사



(그림 6) 글자의 유형별 자소의 배치와 구조

이의 관계를 정량화시켜 해당 변의 값으로 할당한다. (1)의 식은 윤곽선에 가까운 변일수록 더 큰 값을 할당하게 된다.

$$(1) v = \sum_E e^{-(|x-x'|+|y-y'|)^c} \quad (4.1)$$

- $c$  : 비례 상수
- $E$  : 윤곽선을 이루는 변
- $x$  : 값을 구하고자 하는 변의  $x$  좌표
- $y$  : 값을 구하고자 하는 변의  $y$  좌표
- $x'$  : 각  $E$ 의  $x$  좌표
- $y'$  : 각  $E$ 의  $y$  좌표

그리고 획성분의 입력 세기는 (2)의 식을 이용해서 각 획성분을 구성하는 변들이 가지는 값의 합에 비례하게 결정한다

$$(2) F = B + K * \sum v(S) \quad (4.2)$$

- $S$  : 획성분을 이루는 변들
- $K$  : 비례상수
- $B$  : 기본값

### 5. 모의실험 II

모의실험 II는 우리가 제안한 방법을 이용해서 시각 자극의 입력 세기에 윤곽선에 대한 정보를 포함시켰을 경우에 대해 실시하였고, <표 3>은 모의실험 I과 모의실험 II와의 결과 비교이다.

모의실험 I과 모의실험 II의 결과비교에서 나타나듯이 두 모의실험의 결과 대부분이 비슷하게 나타나

지만 모의실험 II의 경우에 유형 5의 중성(모음)에서 글자우월효과가 모의실험 I과 비교해 보았을 때 현저하게 감소했음을 알 수 있다 이것은 유형 5에서 중성은 시각 자극의 입력 세기에 윤곽선 정보를 고려할 경우 입력자극의 세기가 감소함에 따라 그 결과로 글자우월효과가 상쇄되어 글자 내에서나 자모 단독으로 주어졌을 때나 비슷한 인식률이 나타나는 것으로 해석되어 질 수 있다 이러한 현상은 김 재갑 팀의 실험에서도 나타난 것이다[7]

이상과 같이 제안된 모형을 이용한 모의실험의 결과가 피험자를 대상으로 한 김 재갑 팀의 연구결과와 비슷한 양상을 나타내는 것을 볼 수 있었다. 이로부터 글자윤곽-전처리 가설을 이용한 개선된 상호활성화모형이 자소의 이차원적 배치에서 오는 한글의 글자인식특징을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

여기에 한가지 더 살펴보아야 할 것은 실제 시각 자극의 입력세기에 윤곽선 정보를 얼마만큼 반영하는 것이 적절한가 하는 것이다 앞서 살펴본 (4.2)의 식에서  $B$ 는 윤곽선 정보와 상관없이 각 획성분이 일정하게 갖게되는 기본 값이고,  $K$ 는 윤곽선 정보를 반영하는 정도를 나타내는 상수이다. 그러므로  $K/B$ 의 값이 커질수록 윤곽선 정보가 많이 반영되게 된다 참고로 모의실험 II에서 사용된  $B$ 와  $K$ 의 값은 각각 0.2와 0.1이었다.

우리는  $K$ 와  $B$ 의 비율이 변함에 따라 제안된 모형이 어떠한 결과를 나타내는지에 대해 모의실험을 해 보았다 그 결과가 <표 4>에 나타나 있다 예상했던 대로  $K/B$ 가 작은 경우에는 유형 4와 유형 5의 중성에서 글자우월효과의 차이가 별로 나타나지 않지

<표 3> 모의실험 I과 모의실험 II의 결과 비교

		모의실험 I			모의실험 II		
		초성	중성	종성	초성	중성	종성
TYPE 1	자 모	82.3	80.0		82.8	79.4	
	글 자	83.9	82.6		84.5	81.4	
TYPE 2	자 모	82.3	80.2		82.8	79.5	
	글 자	83.9	82.5		84.8	81.3	
TYPE 4	자 모	83.1	80.6	82.9	83.3	79.8	83.2
	글 자	88.9	85.5	88.9	88.7	85.2	89.9
TYPE 5	자 모	82.9	80.3	82.9	83.2	79.5	83.2
	글 자	88.7	86.6	88.7	90.4	81.2	90.3



(표 4) 입력자극에 윤곽선 정보가 반영되는 정도의 변화에 따른 결과 변화

		B = 0.25 K = 0.05			B = 0.20 K = 0.10			B = 0.10 K = 0.20		
		초성	중성	종성	초성	중성	종성	초성	중성	종성
TYPE 1	자 모	82.7	79.5		82.8	79.4		82.8	79.3	
	글 자	84.4	81.7		84.5	81.4		84.6	81.2	
TYPE 2	자 모	82.7	79.7		82.8	79.5		82.8	79.4	
	글 자	84.6	81.6		84.8	81.3		84.9	81.1	
TYPE 4	자 모	83.3	79.9	83.2	83.3	79.8	83.2	83.4	79.6	83.3
	글 자	88.7	85.5	89.8	88.7	85.2	89.9	88.6	85.0	90.0
TYPE 5	자 모	83.2	79.6	83.1	83.2	79.5	83.2	83.2	79.3	83.2
	글 자	90.2	82.4	90.0	90.4	81.2	90.3	90.6	80.3	90.4

만,  $K/B$ 가 커지게 되면 유형 4와 유형 5의 중성에서 글자우월효과의 차이가 확연하게 나타나는 것을 알 수 있다.

하지만  $K$ 와  $B$ 가 어떤 비율을 가질 때 모형의 성능이 최적인다고 말하기는 어렵다. 실제로  $B$ 와  $K$ 의 값은 고정된 최적 값을 갖는 다기보다는 주어지는 시각자극의 환경에 따라 달라지는 값이라고 보는 것이 더 타당할 것이다. 예를 들어 각 자소의 배치간격이 좁은 글자는 윤곽선이 쉽게 형성되므로 인지과정에서 윤곽선 정보의 반영정도가 커질 것이고 각 자소의 배치간격이 먼 경우는 그 반대가 될 것이다.

이러한 사실은 김 재갑 팀의 실험에서도 나타났다. [7] 김 재갑 팀의 실험 중에는 앞에서 언급한 것처럼 글자의 자소간 간격을 다르게 하였을 경우의 글자우월효과에 대해 알아본 것이 있다. 자소 간격을 넓게 하면 각 자소가 글자의 형태를 이루는 정도가 약해지므로 글자우월효과가 감소하게 되는데, 유형 5의 중성에서 글자우월효과는 자소 간격의 변화에 별로 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 자소 간격이 넓어지면 윤곽선 정보의 반영정도가 적어져서 유형 5의 중성은 오히려 시각자극의 세기가 커지고, 그것이 글자의 형태를 이루지 못함으로써 발생하는 글자우월효과의 감소를 상쇄시키게 되는 것이다.

이와 같이 윤곽선 정보의 반영 정도는 고정된 수치를 찾는 것보다는 주어지는 입력자극의 환경에 따라 적당히 조정해 주는 것이 합당하다고 보겠다.

## 6. 결론

본 논문에서는 영어에 적용된 McClelland와 Rumelhart의 상호활성화모형을 한글에 나타난 글자우월효과에 대한 특징을 설명할 수 있도록 수정하여 한글의 글자인식모형으로 제안하였다.

우리가 실시한 모의실험의 결과를 살펴보면 김 재갑 팀이 피험자를 상대로 실시한 실험에서 관찰된 한글의 글자우월효과 특징을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다. 이것은 글자윤곽-전처리 가설을 이용해서 수정된 상호활성화모형이 한글의 이차원적인 구조에서 오는 문자인식의 특징을 잘 반영하고 있음을 증명해 주는 것임과 동시에 글자윤곽-전처리 가설의 타당성도 보여주는 것이다. 결과적으로는 제안된 모형이 한글의 글자인식모형으로서 사용될 수 있는 충분한 가능성이 있음을 말해준다고 할 수 있다.

하지만 여기서 모형화한 글자윤곽-전처리 가설은 김 재갑 팀이 실험 후 한글의 글자우월효과에 영향을 주는 요소로 가정한 글자윤곽-전처리설, 글자빈도효과, 시각 집단화, 음운부호화 중의 하나이다[7]. 그렇기 때문에 이것만으로 피험자를 대상으로 한 실험결과와 수치적으로 정확히 일치하는 모의실험결과를 얻기에는 불충분한 점이 있었다고 볼 수 있다. 그렇다 하더라도 제안된 모형에 의해서 한글에서만 관찰되었던 글자우월효과의 특징을 설명해 낸 것만으로도 충분히 가치 있는 일이라 하겠다.

우리는 앞으로 여기서 제안된 모형을 좀 더 수정하

여 완벽한 한글의 글자인식모형으로 개발해 나가고자 한다. 우선은 여기서 제시된 자소의 숫자라든지 글자의 유형에 대한 제약조건을 완화시켜 한글에서 입력 가능한 모든 글자로 확장을 해야 할 것이다. 또한 글자윤곽-전처리 가설이외에 한글인식의 특징으로 제안된 다른 여러 가설 중에서 타당하다고 보여지는 요인을 첨가해서 가능한 모든 면에서 한글인식의 특징을 설명할 수 있는 모형으로 개발해 나가야 할 것이다.

### Acknowledgment

본 연구는 BK21 사업을 통하여 포항공과대학교 전자·컴퓨터공학부에 주어진 교육부의 재정지원과 과기부가 후원하고 있는 뇌과학연구개발사업의 재정지원을 통해 이루어진 것입니다

### 참고 문헌

- [1] Robert J. Sternberg (1996), Cognitive Psychology, Harcourt Brace & Company, Orlando
- [2] Reicher G. M. (1969), Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material, Journal of Experimental Psychology, 274-280.
- [3] James L. McClelland, David E. Rumelhart (1981), An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: Part 1 An Account of Basic Findings, Psychological Review, 88-5, 375-407.
- [4] Kathryn T. Spoehr, Stephen W. Lehmkuhle (1982), Visual Information Processing, W. H. Freeman and Company.
- [5] Geoffrey Sampson (1985), Writing Systems, Hutchinson, London.
- [6] 김 민식, 정 찬섭 (1989), 한글의 자모구성 형태에 따른 자모 및 글자 인식, 인지과학, 27-75
- [7] 김 재갑 (1994), 한글 글자 맥락에서의 자모 지각, 학위논문(박사), 서울대학교.