

Interactive Activation Model(IAM)을 이용한 한글에서의 Word Superiority Effect(WSE)특성 분석

박 창수(bylkuse@postech.ac.kr, 포항공대), 방 승양(sybang@postech.ac.kr, 포항공대)

Characteristics analysis of Word Superiority Effect in Korean using Interactive Activation Model

Changsu Park(POSTECH), Sungyang Bang(POSTECH)

요 약. 본 논문은 한글에서 나타나는 Word Superiority Effect의 특성을 설명해 주는 한글의 글자 인지모델을 제안한다. 제안된 모델은 영어에서 나타나는 Word Superiority Effect를 설명하기 위해서 제안된 Interactive Activation Model을 기초로 한다. 우선은 영어에 맞도록 설계된 Interactive Activation Model을 한글에 적용할 수 있도록 수정하는 방법에 대해서 알아본다. 다음으로 한글에서 나타난 Word Superiority Effect의 특징과 그러한 특징을 기존의 Interactive Activation Model에 반영하기 위한 방법에 대해 알아본다. 제안된 방법을 이용해서 수정된 Interactive Activation Model을 컴퓨터로 구현해서 모의실험한 결과를 분석함으로써 제안된 모델의 타당성을 검증하게 된다.

1. 배 경

사람의 인식과정 중에는 실제로 지각기관으로부터 얻은 sensory input과는 별도로 주위 환경의 맥락에 영향을 받는 Context Effect라는 것이 있다[8]. 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 Context Effect가 실제적인 인지과정 후의 사전지식을 이용한 단순한 추측에 의한 현상이 아니라 실제 인지과정 중에 발생하는 상위 레벨의 영향에 의한 것임을 의미한다. Sensory input을 주로 해서 인간의 인지과정을 설명하려는 방법이 bottom-up approach라고 일컫어 지는데 반해서 이러한 접근방법을 top-down approach라고 한다.

Word Superiority Effect(WSE)란 영어의 경우 단어 속에서 보여지는 알파벳이 비단어 속이나 독립적으로 보여지는 알파벳보다 훨씬 더 잘 인식되는 현상이다[8]. 단어가 개개 알파벳의 맥락이라고 본다면 WSE도 위에서 설명한 Context Effect의 일종이라고 볼 수 있다. 그래서 WSE의 실제 존재성 여부나 그러한 현상이 나타나는 이유를 명확히 밝힐 수 있다면 Context Effect를 이용해서 사람의 인지과정을 설명하는데 좋은 자료로 이용될 수 있는 것이다.

이러한 이유로 해서 영어의 WSE에 대한 연구는 일찍이 1900년대 이전부터 이루어져 왔다[9]. 그러나 여러 연구들이 WSE가 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 WSE가 인지과정 후의 추측에 의한 결과가 아님을

증명하였다[1]. 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 WSE에 대한 연구가 더욱더 활발하게 이루어졌고 James L. McClelland와 David E. Rumelhart는 앞선 연구들의 실험결과를 바탕으로 인간의 단어인식구조를 modeling한 Interactive Activation Model(IAM)을 발표했다[2]. 그리고 이 model을 computer로 구현해서 얻은 모의실험결과가 기존의 WSE에 대한 연구결과와 부합됨을 보였다.

IAM은 인간의 시각적 인식과정이 단지 시각자극의 입력에만 의지하지 않고 문맥에 기반을 둔 상위레벨의 입력과도 연관되어 있다는 것을 modeling한 것이다. 그래서 인간의 시각적 인식과정의 특징이 시각자극에 의한 bottom-up processing과 문맥정보에 의한 top-down processing이 동시에 수행되는 것이라고 가정하고 WSE를 설명하고 있다. IAM은 그 전에 행해졌던 실험에서 나타난 WSE의 여러 가지 측면을 거의 완벽하게 설명하고 있는 model이라는 점에서 높게 평가되고 있다[4]. 또한 그런 면에서 볼 때 IAM은 인간의 인지현상을 설명하는 model로써 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

앞에서는 영어의 WSE에 대한 연구에 대해서 살펴보았다. 그러면 한글의 WSE에 대한 연구는 어떠한가? 영어에서만큼 활발한 연구가 이루어지지는 않았지만 그 중에서 서울대학교의 김 재갑 팀의 연구가 상당히 다양한 측면에서 한글의 WSE를 살펴보았다는 점에서 주목해 볼 만하다[9].

이들은 한글에서 WSE를 자음과 모음(자소)이 글자 내에서 보여졌을 경우가 자소 단독으로 보여졌을 때나 비글자 내에서 보여졌을 때보다 더 잘 인식되는 현상으로 규정하고 실험을 행하였다. 피험자들을 상대로 실시한 실험결과, 한글에서도 피험자의 시각을 좁게 제한했을 경우 등을 제외하고는 대부분의 실험에서 WSE가 나타났다. 하지만 김 재갑 팀이 언급했듯이 한글의 WSE에서는 영어에서의 WSE와는 다른 여러 가지 점이 관찰되었다[9]. 특히 글자의 type들 사이에서 WSE가 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 알파벳을 좌에서 우로 배열하는 1차원적 구조를 갖는다. 이에 비해서 한글의 글자는 조금 복잡한 구조를 갖는다[7].

한글의 글자에서는 음가가 있는 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 type에 따라 나올 수도 있고 나오지 않을 수도 있는데 앞서나온 자음과 모음의 아래에 위치하게 된다. 한글에서 자음과 모음의 배치에 의해 분류되는 글자의 type이 표 1)에 나와 있다.

이처럼 한글은 각각의 글자가 영어의 단어와 달리 2차원적인 구조를 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 구조적 차이점으로 인해 인지과정의 특징이 영어와는 달라져서 WSE에 있어서 영어와는 다른 점이 나타나는 것으로 생각할 수 있다.

이상에서 한글의 WSE에 대해 김 재갑 팀의 연구를 위주로 살펴보았다. 하지만 사람의 인지과정을 연구함에 있어서 WSE가 차지하는 비중을 생각한다면 한글의 WSE에 대한 연구는 영어의 경우에 비해 많이 부족한 것이 사실이다. 한글에 있어서 영어의 IAM처럼 한글의 WSE의 특성을 완벽히 설명해 줄 수 있는 인지 model이 없다는 것이 한글의 WSE에 대한 연구가 아직은 부족하다는 것을 반증하고 있다. 물론 김 재갑 팀도 연구를 바탕으로 한글의 글자인지model을 제시했듯이 한글에 있어서 인지model이 전혀 없었던 것은 아니다[9]. 하지만 영

type	형 태	예
1	자음 좌측의 모음	'가'
2	자음 하단의 모음	'고'
3	자음 좌측과 하단의 모음	'과'
4	type1에 자음 받침	'각'
5	type2에 자음 받침	'곡'
6	type3에 자음 받침	'곽'

표 1) 한글에서 가능한 글자의 type

어의 IAM처럼 제안된 model을 실제 구현하거나 모의실험을 행한 것이 아니기 때문에 해당 model의 타당성이나 가치를 논하기는 어려운 점이 있다.

이와 같은 이유로 해서 우리는 한글에 적용 될 수 있는 인지model을 제안하고 이를 구현해 보고자 한다. 기본적으로는 영어에서 사용된 IAM을 사용하게 된다. 기존의 IAM을 한글의 구조적 특성에 맞게 수정한 후에, 수정된 model이 한글의 WSE를 설명할 수 있을 것인가에 대해 알아본다. 더불어 수정된 IAM이 한글의 글자인지model로써 타당한가의 여부도 살펴보게 된다.

그러나 영어와 한글의 언어적 차이가 있기 때문에 기존의 IAM을 한글에 적용하기 위해서는 기본적으로 변경되어야 할 부분이 있다. 그러므로 우리는 우선 기존의 IAM에 한글의 구조적 특성을 고려하기 전에 한글에 적용할 수 있을 정도로만 수정해보고 그 결과에 대해 알아본다. 그후에 한글의 구조적 특징을 기존의 IAM에 어떻게 반영할 것인가에 대한 idea를 제안하고 그것을 바탕으로 수정된 IAM을 한글에 적용해 본다. 이렇게 얻어진 실험결과들을 비교·분석해 보고 수정된 IAM이 영어와 달리 한글에서만 보여지는 WSE의 특징을 반영하고 있는지에 대해 알아본다. 덧붙여 제안된 idea에 의한 IAM이 한글의 구조적 특징을 얼마만큼 잘 반영하고 있는지를 살펴봄으로써 해당 model이 한글의 글자인지model로써 타당한지에 대해서 살펴보게 된다.

2. 한글에 대한 IAM 적용

IAM을 어떻게 한글에 적용할 수 있도록 수정할 것인가에 대해 알아보기 전에 먼저 기존에 제시된 IAM에 대해 간단히 살펴보기로 하자[2].

영어에 적용된 IAM의 기본적인 구조는 그림 1)의 a)와 같다. Feature level은 입력되는 시각 자극을 감지하는 부분이고 letter level은 word의 특정 위치에서 각 알파벳의 활성화 정도를 나타내는 부분이며 word level은 이미 습득된 단어정보와 각 단어들의 활성화 정도를 나타내는 부분이다.

각 level안에는 여러 node가 있고, 각 level의 node들은 같은 level의 다른 node들 내지는 다른 level의 node들과 상호작용을 한다. Node사이의 상호작용에는 node의 활성화 정도를 크게 하는 자극작용과 반대로 활성화 정도를 감소시키는 억제작용이 있다. 그림 1)에서 연결선의 끝이 원으로 표시된 것은 억제작용이고 연결선의 끝이 화살표

인 것은 자극작용이다.

Letter level은 feature level과 word level의 양쪽으로부터 입력을 받게된다. Feature level에서의 작용이 bottom-up processing에 해당하고, word level에서의 작용이 top-down processing에 해당한다.

그런데 feature level과 letter level사이에서는 일방적인 작용이 있는데 반해서 word level과 letter level사이에는 상호작용이 있는 것을 볼 수 있다. 그것은 feature level의 input은 시각자극이기 때문에 그 세기가 변하지 않지만 word level에 저장된 각각의 word는 인지과정 중에 입력자극에 의해 활성화되는 정도가 계속 변할 수 있기 때문이다.

Level간의 상호작용은 자극과 억제 작용이 동시에 작용하는 반면에 level안에서의 상호작용은 억제 작용만이 존재한다. 그 이유는 보여지는 시각 자극에 해당하는 단어 내지는 특정위치의 알파벳은 한가지 경우만 존재하기 때문이다. 그래서 각 level안의 node들은 시각자극의 입력에 따라 활성화되기 위해 서로 경쟁하는 것이다. 이렇게 level들 사이와 각 level 안에서의 상호작용이 반복적으로 이루어지면 결국 letter level이나 word level에서 그 활성화 값이 다른 node의 활성화 값보다 월등히 크게 되는 node가 나타나게 될 것이다. 우리는 그러한 node에 해당하는 값으로 주어진 자극을 인지하게 되는 것이다.

이것을 한글에 적용하기 위해서는 그림 1)의 a)에서

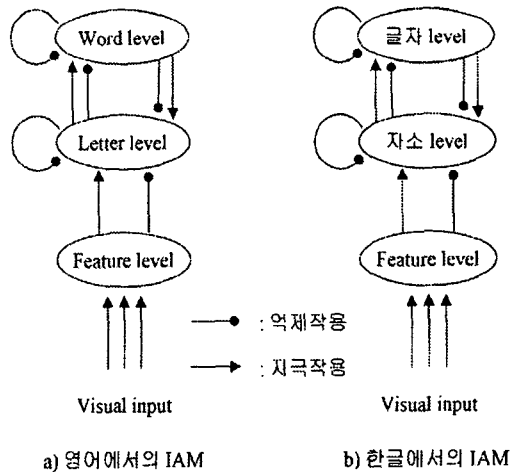


그림 1) 영어와 한글에 적용된 IAM의 기본 구조

보여지는 각 level에 포함되어지는 node가 갖는 의미를 한글에 맞게 다시 정의할 필요가 있다. 김 재갑 팀의 연구에서 정의된 한글에서의 WSE에 의거해 보면 영어에서 단어는 한글의 글자에 해당하고, 영어의 알파벳은 한글의 자소에 해당한다. 이것을 그림 1)의 a)에 매칭시켜 보면 word level에 속하는 node들은 한글에서 각각의 한글자가 되고 letter level에 속하는 node들은 한글에서 각각의 자소가 된다. 이러한 변경을 통해 한글에 적용될 IAM의 기본 구조가 그림 1)의 b)에 나와 있다.

그리고 영어에서 feature level은 그림 2)처럼 임의로 정의된 폰트에서의 각 stroke가 입력자극에 있는지 없는지를 감지하고, 그 정보를 이용해서 letter level의 각 node를 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 stroke의 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 WSE의 차이를 배제시킬 수 있게 된다. 이것은 모의실험결과의 분석을 용이하게 하는 잇점을 제공한다. 우리가 제안하

고자 하는 것은 자소가 글자를 이루는 형태에 의한 한글의 구조적 특성을 IAM에 적용하는 방법이기 때문에 자소의 가짓수에 제한을 두는 것이 한글의 구조적 특성에 의한 WSE를 설명하는데 큰 영향을 미치지 않을 것이다.

그리고 영어에서는 word level에 각 단어의 빈도수에 대한 정보가 포함되어 진다. 한글에서는 일단 빈도수에 대한 정보는 고빈도 글자와 저빈도글자 두 단계로만 구분하게 된다.

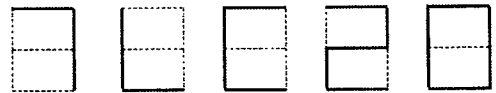
이 외에도 모의실험에 사용될 한글의 type을 1, 2, 4, 5로 제한하기로 한다. 여섯 개의 type중에 type 3과 6은 type 1과 2 또는 type 4와 5가 혼합된 형태이기 때문에 type 1, 2, 4, 5만을 사용한다고 해도 한글의 구조적인 특성을 설명하는데 충분하리라 여겨진다. 또한 한글에서 자주 나타나는 상위 600자를 기준으로 했을 때 type 3와 6이 차지하는 비율이 6~7%정도 밖에 되지 않는다는 점도 고려되었다.

3. 모의실험 I

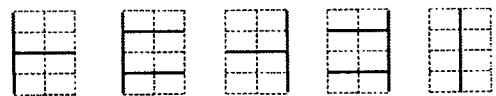
먼저 기존의 IAM를 이용해서 한글에서도 WSE가 나타나는지에 대해서만 알아보았다. 영어와는 다른 점이 있긴 했지만 한글에서도 WSE가 관찰되었으므로 일단은 기존의 IAM에 의해 한글에서 WSE가 나타나는지를 확인해 볼 필요가 있다[9]. 그래서 한글에 적용하기 위한 기본적인 사항에 대한 변경만을 고려한 IAM을 한글에 적용했을 때 어떠한 효과가 나타나는지를 보았다. 모의실



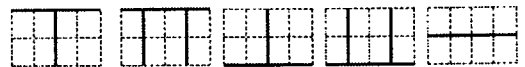
그림 2) IAM에 사용된 영어의 폰트



a) 사용될 자음



b) 사용될 모음(type 1, 4)



c) 사용될 모음(type 2, 5)

그림 3) 한글의 자소에 대한 폰트

험 결과는 표 2)와 같았다. 표 2)에 나타난 결과는 각 type에서 가정된 자소 각각 5개에 대해 가능한 모든 경우를 입력으로 사용해서 얻은 결과의 평균이다. 단, 입력이 글자일 경우 비사용 글자는 제외시켰다.

결과에 나타난 수치는 주어진 입력에 의해 model이 일정 횟수 반복을 한 후, 자소 level에 있는 각 node의 활성화 값을 바탕으로 입력과 같은 것으로 결정을 내리게 될 확률을 나타내는 것이다. 여기서 model의 반복횟수는 피험자를 대상으로 한 실험에서 자극을 보여주는 시간으로, model의 결과값은 피험자의 선택정확률로 볼 수 있다. 본 실험에서는 30회의 반복 후에 그 결과를 측정하였다.

표 2)에서 '자소'라고 되어 있는 것은 입력이 자소 단독인 경우 해당 자소의 선택확률을 나타내는 것이고, '글자'라고 되어 있는 것은 입력이 글자로 주어지는 경우 그 글자의 각 위치에 해당하는 자소의 선택확률을 나타내는 것이다. 표 2)를 보면 모든 type에서 '글자'의 결과가 '자소'의 결과보다 높게 나타나고 있다. 이로써 기존의 IAM으로 한글에서의 WSE가 설명되는 것을 확인할 수 있다.

그런데 초성과 중성에 해당하는 자음과 중성에 해당하는 모음의 선택확률에서 차이가 나타남을 알 수 있다. 이러한 차이가 나는 것은 앞의 그림 3)에서 나타나듯이

	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

표 2) stroke의 input value를 모두 '1'로 한 모의실험 1의 결과

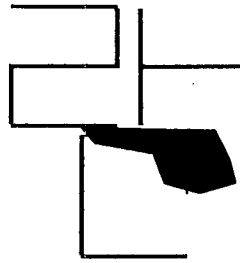


그림 4) 부분적으로 가려진 입력

미치게 되는 것이다.

여기서 우리는 McClelland와 Rumelhart처럼 입력 글자의 일부분이 더럽혀져서 잘 보이지 않는 경우를 가정하고 이에 대한 model의 결과를 살펴보기로 하였다[2]. 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 '란'이 되는데 '란'이라는 글자는 한글에서 쓰이지 않는 글자이다. 하지만 'ㄴ'이라고 하면 '관'이 되는데 '관'이라는 글자는 우리가 흔히 쓰는 글자이다. 그림 5)에 보이듯이 초기에는 'ㄴ'과 'ㄷ'의 선택확률이 비슷하다. 하지만 시간이 지날수록 'ㄴ'은 글자 level에서의 자극으로 활성화 정도가 커지고 'ㄷ'은 글자 level로부터 자극이 없으므로 상대적으로 활성화

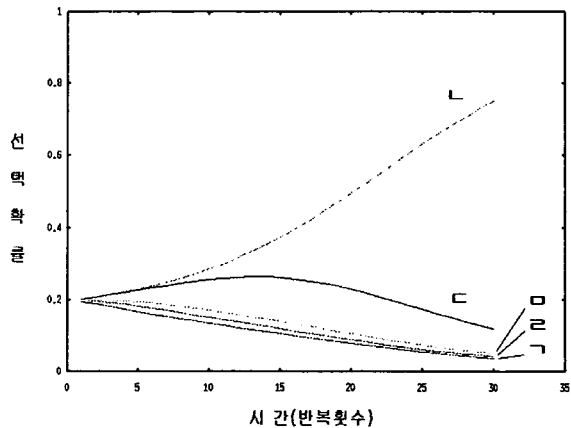


그림 5) 그림 4)와 같은 불완전한 입력에 대한 결과

정도가 둔화된다. 그러므로 활성화 정도의 상대적 비율로 결정되는 선택확률이 ‘ㄴ’은 높아지고 ‘ㄷ’은 감소되는 것이다.

이상에서 살펴본 모의실험 I의 결과는 단순히 IAM을 이용해서 한글에서 WSE가 나타난다는 것만을 보여 준 것이므로 한글에서만 보여지는 WSE의 특징을 설명하기에는 불충분하다. 그러므로 한글에서 나타난 WSE의 특징을 설명하기 위해서는 한글의 2차원적인 구조에서 오는 특징을 좀 더 구체적으로 기존의 IAM에 반영할 방법이 제안될 필요가 있다.

4. 글자윤곽-전처리설을 이용한 IAM의 수정

지금부터는 어떤 방법으로 한글의 구조적인 특성을 IAM에 반영할 것인지에 대한 방법에 대해서 알아보도록 하자.

김 재갑 팀은 그들의 연구결과를 바탕으로 한글 인식의 특징이라고 할만한 여러 가지 가설을 제안했다[9]. 글자윤곽-전처리설, 글자빈도효과, 시각 집단화, 음운부호화 등이 그것이다. 이 중에서 ‘글자윤곽-전처리설’이라는 것은 글자가 무엇인가를 인식하기에 앞서 글자의 윤곽에 대한 정보가 먼저 추출된다는 설이다.

‘글자윤곽-전처리설’과 같이 글자의 처리에 있어서 그 윤곽선에 대한 정보가 먼저 추출된다는 것은 글자의 모든 부분에 대한 시각적 입력의 크기가 같지 않음을 나타낸다고 볼 수 있다. 즉 글자에서 윤곽선을 이루는 부분과 그것보다 안쪽에 있는 부분의 시각적 자극의 강도가 다르게 처리되어야 한다는 것이다. 김재갑 팀의 실험결과에서 나타나는 type 5에서의 모음이 type 4에서의 모음보다 WSE가 덜 나타나는 것도 이러한 가설에 의해 설명될 수 있다[9]. 즉, type 5의 모음이 type 4의 모음보다 WSE가 덜 나타나는 것이 type 5의 모음이 차지하는 부분 중에 글자의 윤곽선으로 나타나는 부분이 적어서 글자의 전체적인 윤곽의 형성에 덜 기여하기 때문이라고 볼 수 있는 것이다.

이처럼 영어의 WSE에는 영향을 미치지 않았던 윤곽선의 처리가 한글의 WSE에 영향을 미치는 것은 한글의 글자가 자소의 2차원적 구성으로 인해서 영어의 단어보다 더 복잡한 구조를 갖기 때문이라고 볼 수 있다. 우리는 ‘글자윤곽-전처리설’이 한글의 2차원적 구조를 반영한 특징이라고 보고 기존의 IAM에 글자윤곽-전처리 가설에 의한 특징을 반영해서 한글에서 나타난 WSE의 특징을

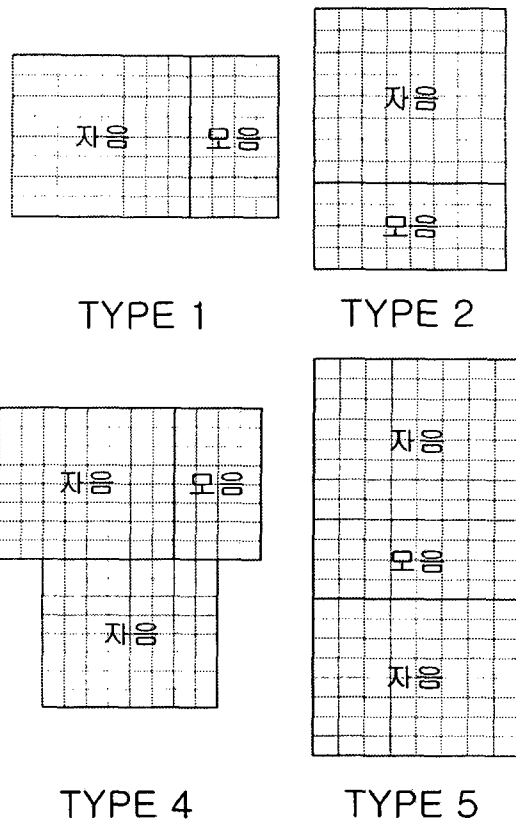


그림 6) 글자의 TYPE별 자소의 배치와 구조

설명해 보고자 한다.

그러나 기존의 IAM에서는 이러한 윤곽선에 대한 처리를 전혀 고려하지 않았기 때문에 모든 부분에 있어서 입력자극을 같다고 보고 있다[2]. 우리는 앞에서 세워진 가설을 적용하기 위해서 기존의 IAM에 윤곽선 정보를 처리하는 부분을 첨가하여 사용하게 될 것이다. 그러한 내용이 처리될 수 있는 부분이 그림 1)에서 visual input으로부터 feature level로의 전달 경로로 볼 수 있다. 기존의 IAM은 visual input으로부터 feature level로의 전달 과정에서 모든 stroke의 입력값을 동일하게 '1'로 지정했지만 우리는 각 stroke의 값을 한글의 각 type의 윤곽선과의 거리를 고려해서 정하기로 했다. 그러기 위해서는 우선 각 type에 따른 자소의 배치를 규격화 시켜줄 template가 필요한데 그림 6)은 각 type별로 template에 대한 자소의 매칭과 배치에 따른 구조를 나타내고 있다.

수정된 IAM에서 가장 중요한 부분은 feature level의 input value에 어떻게 윤곽선과의 관계에 대한 정보를 포함시키느냐 하는 것이라고 볼 수 있다. 그런데 한글의 각 자소에서 stroke성분은 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 segment와 윤곽선을 이루는 segment들 사이의 관계를 정량화시켜 해당 segment의 value로 할당한다. (1)의 식은 윤곽선에 가까운 segment일수록 더 큰 value를 할당하게 된다.

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

- c : 비례 상수
- E : 윤곽선을 이루는 segment
- x : segment의 x 좌표
- y : segment의 y 좌표
- x' : 각 E의 x 좌표
- y' : 각 E의 y 좌표

그리고 stroke의 input value는 (2)의 식을 이용해서 각 stroke를 구성하는 segment들이 가지는 value의 합에 비례하게 결정한다.

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

- S : feature를 이루는 segment
- K : 비례상수
- B : base값

5. 모의실험 II

모의실험 II는 우리가 제안한 방법을 이용해서 시각 자극의 입력세기에 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 나타나지만 모의실험 II의 경우에 type 5의 중성(모음)에서 WSE가 모의실험 I과 비교해 보았을 때 현저하게 감소했음을 알 수 있다. 이것은 type 5에서 중성은 시각 자극의 입력 세기

에 윤곽선 정보를 고려할 경우 입력자극의 세기가 감소함에 따라 그 결과로 WSE가 상쇄되어 글자 내에서나 자모 단독으로 주어졌을 때나 비슷한 인식률이 나타나는 것으로 해석되어 질 수 있다. 이러한 현상은 김 재갑 팀의 실험에서도 나타난 것이다[9].

이상과 같이 제안된 model을 이용한 모의실험의 결과가 피험자를 대상으로 한 김 재갑 팀의 연구결과와 비슷한 양상을 나타내는 것을 볼 수 있었다. 이로부터 글자 윤곽-전처리 가설을 이용한 개선된 IAM이 자소의 2차원적 배치에서 오는 한글의 글자인식특징을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

여기에 한가지 더 살펴보아야 할 것은 실제 시각자극의 입력세기에 윤곽선 정보를 얼마만큼 반영하는 것이 적절한가 하는 것이다. 앞서 살펴본 (4.2)의 식에서 B는 윤곽선 정보와 상관없이 각 stroke가 일정하게 갖게 되는 기본 값이고, K는 윤곽선 정보를 반영하는 정도를 나타내는 상수이다. 그러므로 K/B의 값이 커질수록 윤곽선 정보가 많이 반영되게 된다. 모의실험 II에서 사용된 B와 K의 값은 각각 0.2와 0.1이었다.

하지만 K와 B가 어떤 비율을 가질 때 model의 성능이 최적이 된다고 말하기는 어렵다. 실제로 B와 K의 값은 고정된 최적 값을 찾는다고 보다는 주어지는 시각자극의 환경에 따라 달라지는 값이라고 보는 것이 더 타당할 것

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

표 3) 모의실험 I과 모의실험 II의 결과 비교

이다. 예를 들어 각 자소의 배치간격이 좁은 글자는 윤곽선이 쉽게 형성되므로 인지과정에서 윤곽선 정보의 반영 정도가 커질 것이고 각 자소의 배치간격이 먼 경우는 그 반대가 될 것이다.

이러한 사실은 김 재갑 팀의 실험에서도 나타났다[9]. 김 재갑 팀의 실험 중에는 글자의 자소간 간격을 다르게 하였을 경우의 WSE에 대해 알아본 것이 있다. 자소 간격을 넓게 하면 각 자소가 글자의 형태를 이루는 정도가 약해지므로 WSE가 감소하게 되는데, type 5의 중성에서 WSE는 자소 간격의 변화에 별로 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 자소 간격이 넓어지면 윤곽선 정보의 반영 정도가 적어져서 type 5의 중성은 오히려 시각 자극의 세기가 커지고, 그것이 글자의 형태를 이루지 못함으로써 발생하는 WSE의 감소를 상쇄시키게 되는 것이다.

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

6. 결 론

본 논문에서는 영어에 적용된 McClelland와 Rumelhart의 IAM을 한글에 나타난 WSE에 대한 특징을 설명할 수 있도록 수정하여 한글의 글자인식model로 제안하였다.

우리가 실시한 모의실험의 결과를 살펴보면 김 재갑 팀이 피험자를 상대로 실시한 실험에서 관찰된 한글의 WSE 특징을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다. 이것은 글자윤곽-전처리 가설을 이용해서 수정된 IAM이 한글의 2차원적인 구조에서 오는 문자인식의 특징을 잘 반영하고 있음을 증명해 주는 것임과 동시에 글자윤곽-전처리 가설의 타당성도 보여주는 것이다. 결과적으로는 제안된 model이 한글의 글자인식model로서 사용될 수 있는 충분한 가능성이 있음을 말해준다고 할 수 있다.

하지만 여기서 modeling한 글자윤곽-전처리 가설은 김 재갑 팀이 실험 후 한글의 WSE에 영향을 주는 요소로 가정한 글자윤곽-전처리설, 글자빈도효과, 시각 집단화, 음운부호화 중의 하나이다[9]. 그렇기 때문에 이것만으로 피험자를 대상으로 한 실험결과와 수치적으로 정확히 일치하는 모의실험결과를 얻기에는 불충분한 점이 있었다고 볼 수 있다. 그렇다 하더라도 제안된 model에 의해서 한글에서만 관찰되었던 WSE의 특징을 설명해 낸 것만으로도 충분히 가치 있는 일이라 하겠다.

우리는 앞으로 여기서 제안된 model을 좀 더 수정하여 완벽한 한글의 글자인식model로 개발해 나가고자 한다. 우선은 여기서 제시된 자소의 숫자라든지 글자의 type에 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 model로 개발해 나가야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Reicher, G. M. Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, 1969, 274-280.
- [2] James L. McClelland and David E. Rumelhart, "An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: Part 1. An Account of Basic Findings", *Psychological Review*, volume 88, number 5, september, 1981, 375-407.
- [3] Baron, J., & Thurston, I. An analysis of the word-superiority effect. *Cognitive Psychology*, 1973, 4, 207-228.
- [4] Kathryn T. Spoehr and Stephen W. Lehmkuhle. "Visual Information Processing", W. H. Freeman and Company, 1982, 133-161.
- [5] *The World's Writing Systems*, edited by Peter T. Daniels and William Bright, Oxford University Press, Oxford, 1996, 218-227.
- [6] Florin Coulman, *The Blackwell Encyclopedia of Writing Systems*, Blackwell, Oxford, 1996, 273-277.
- [7] Geoffrey Sampson, *Writing Systems*, Hutchinson, London, 1985, 120-144.
- [8] Robert J. Sternberg. *Cognitive Psychology*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1996.
- [9] 김 재갑, "한글 글자 맥락에서의 자모 지각", 학위논문(박사), 서울대학교, 1994.