

난독증 검사기의 설계 및 구현

조성호^{1*}

Design and Implementation of a Tester for Dyslexia

Sung-Ho Cho¹

요 약 난독증자란 의미적인 잘못으로 인하여 읽기능력에 문제를 가진 사람들이다. 국내에서는 난독증에 대한 이해가 부족하여, 난독증자를 검사하는데 있어 외국의 검사도구를 번역하여 사용하고 있다. 그러나 언어는 민족의 문화와 특성에 민감하기 때문에 국내 환자를 검사하기 위해 해외 검사도구를 사용하는 것은 적당하지 않다. 본 논문에서는 한국인 난독증자를 분류하고 분석하기 위한 난독증 검사도구의 모델을 제안한다. 또한, 성능평가를 통하여 구현된 검사도구의 특성들을 보인다.

Abstract Patients of dyslexia have an reading disorder marked by the occurrence of semantic errors. Because there is little understanding of dyslexia in Korea, we use a translation version of foreign tester for testing the patients of dyslexia. However, the foreign testers is not suitable for testing the Korean patients, because language is sensitive to national culture and trait. In this paper, we propose a model of tester for dyslexia which is used for classification and analysis of Korean patients. In addition, we show some characteristics of the implemented tester by a performance study.

Key Words : 난독증, 검사기, 모델링, 음성 반응 검사, 키 반응 검사.

1. 서론

난독증(dyslexia)자란 지능점수(IQ)에서 예견하는 것보다 유의하게 낮은 읽기 수준 능력을 가진 사람이라 정의할 수 있다[1]. 난독증은 언어장애의 일부로 글을 보고 읽지 못하는 장애를 말한다. 난독증은 일반적으로 발병원에 따라, 선천성과 후천성으로 구분된다. 뇌손상을 받은 후에 일어나는 읽기장애를 후천성 난독증(acquired dyslexia)이라고 하고, 발달과정동안에 읽기를 배우는데 실패하는 장애를 선천성 난독증(developmental dyslexia)이라고 한다. 선천성 난독증은 그 기원이 명확하지 않은 신경학적 중후이고, 병력, 훈육, 사회 문화적 기회 등에 따른 영향력 등으로 인해서 선천성과 후천성 장애 간에 구분과 서로간의 차이점을 찾아내기가 어렵다[2-6].

후천성 난독증은 주변성 난독증(peripheral dyslexia)과

중심성 난독증(central dyslexia)으로 구분된다. 주변성 난독증이란 낱자를 재인하고, 낱자 위치 정보를 부호화하고, 낱자들을 모아서 의미 있는 하위 어휘 단위(sub-lexical unit)로의 조직화 등의 초기 시각 분석이 잘 이루어지지 않음으로 생기는 것이다. 이 난독증은 심성 어휘집(mental lexicon)에서 특정 단어를 찾기까지의 과정, 즉, 어휘 접근 전 정보처리 과정(prelexical processing)에서의 기능 장애로 인해 일어난다. 중심성 난독증은 초기 시각 분석 단계에서의 문제라기보다는 단어 재인, 이해, 단어 음운 정보 생성 등의 상위 단계에서의 문제 때문에 나타나는 장애이다.

읽기는 사회생활에 필수적인 고도의 복잡한 기술이다. 난독증의 경우 신체의 장애와 달리 재사회화에 큰 장애가 있으나 신체장애처럼 진단, 치료, 재활의 방법이 거의 전무하다. 국내의 경우 난독증에 대한 연구가 전무하여 난독증 발병률을 파악하기 어려우나 1998년도 국정감사 자료에 의하면 초등학교 20%가 학습장애가 있는 것으로 나타나 있으며 선진국의 경우에 비추어 초등학교의 약 3.6%가 난독증을 가지고 있을 것으로 추정된다.

난독증을 진단 치료하기 위해서는 난독증 검사도구가

본 논문은 2006년 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

¹한신대학교 정보통신학과

*교신저자: 조성호(zoch@hs.ac.kr)

필요하지만 이에 대한 연구가 미진하여, 외국의 검사도구를 번역하여 사용하고 있다[7]. 그러나 언어의 경우 민족의 특성과 언어의 특성이 매우 크기 때문에 학문이 발달한 선진국의 검사도구나 치료도구를 그대로 들어오기에는 무리가 있다. 또한 이러한 검사도구들도 수많은 언어 장애를 자세히 분류하지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 한국인에게 적합한 난독증 검사도구를 설계하고 이를 구현하는 방법을 제시하고, 난독증 검사도구 구현 시 고려해야 할 문제들과 그의 해결 방안을 제시한다. 또한, 실험을 통하여 제안하는 방법이 검사도구로서의 정확도를 유지하고 있음을 보여준다.

2. 난독증 검사도구

난독증을 진단하기 위해서는 심리 진단 검사를 시행한다. 국내에서는 기존에 해외에서 사용되고 있는 검사지를 기초로 하여 실험 목적에 따라서 연구자가 번안하여 사용하고 있다.

국내에서 사용하고 있는 난독증 관련 검사도구로서는 경희의료원 한방병원 언어장애 클리닉에서 번안된 한국어판 보스턴 실어증 진단검사(Diagnostic Aphasia Examination), 삼성의료원 신경과의 웨스턴 실어증 검사, 한국 심리신문 연구소의 BNA (Benton Neuropsychological Assessment), 학지심리검사연구소의 한국판 보스턴 이름대기 검사(Korean-Boston Naming Task), 한국판 치매평가검사(Korean-Dementia Rating Scale)등의 검사도구 등이 있다.

지금까지 개발된 검사 도구는 대개 어떤 과제를 할 수 있는지 못하는 지를 측정하는 것이다. 그러나 어떤 과제를 하고 못하고는 관련된 기능 장애를 포괄적으로 그리고 질적으로 구분해낼 수 있는 데 비해 미세한 정보처리에서의 장애는 검사할 수 없다. 손상된 인지 기능을 세밀하게 검사하기 위해서는 실험 심리학이나 언어심리학에서 개발된 실시간 정보처리(on-line processing)를 측정할 수 있는 과제를 이용해 검사하는 것이 필요하다.

한국에서는 아직 난독증에 대한 연구가 거의 이루어지지 않은 상태에 있기 때문에, 표준화된 난독증 평가 및 진단 도구를 개발하는 데에는 오랜 시간과 노력이 필요할 것으로 예상된다. 표준화된 난독증 평가 및 진단 도구를 개발하기 위해서는 한국어 정보 처리에 대한 연구, 각종 사전류의 개발(예를 들면, 단어 사용 빈도 사전, 심상가 평가 사전, 단어간의 연합가 사전 등등), 각종 측정 방법과 연구 패러다임 개발(예를 들면, 어휘판단과제 (lexical decision task), 명명과제(naming task), 범주판단

과제(categorical decision task), 점화과제(priming task) 등등), 측정 변인의 개발(예를 들어, 내용어/기능어, 구체어/추상어, 고빈도어/저빈도어, 동의어/반의어, 단어/비단어, 단어 제시형태(글씨체), 단어길이(짧은/긴), 낱자(자음/모음) 등등) 등의 많은 노력이 필요하다.

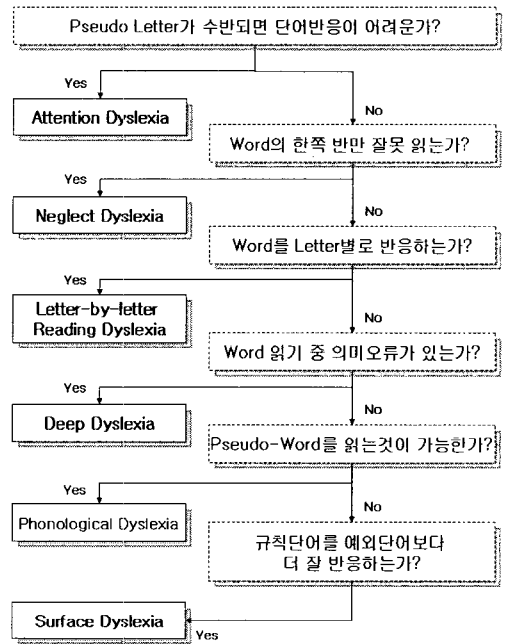


그림 1. 난독증 검사 흐름도

3. 난독증 검사기의 설계 및 구현

기존의 연구들은 모두 증후군(syndrome)위주의 진단을 하는데 반해 본 연구는 증후군을 이루고 있는 여러 증상(symptom)을 더욱 자세히 살펴보고 최종 진단을 내릴 수 있도록 제작되었다. 예를 들면, 감기를 일종의 증후군으로 보면, 감기의 하위요소로, 기침, 콧물, 체온상승 등의 증상이 있다. 난독증이라는 글을 못 읽는 장애의 증상으로 전처리, 어휘접근 전, 어휘접근시의 3부류로 나누고 각 하위 범주의 증상들을 위주로, 결과를 정량화하고, 기존 검사 도구에 없었던 여러 특징들을 부가하여, 정밀한 진단결과를 이끌어 낼 수 있도록 설계되었다.

3.1 난독증 검사의 구성

난독증 환자의 정확한 진단을 위하여 난독증 환자 주의(attention) 난독증, 문자(letter-by-letter reading) 난독증, 증증(deep) 난독증, 음성(phonological) 난독증, 피상

(surface) 난독증으로 분류하고, 각각의 환자분류를 위하여 어떤 검사가 이루어지는가를 <그림 1>에 나타내었다. 이러한 분류를 종합해보면 검사는 크게 음성 반응 검사와 키 반응 검사 부분으로 나뉜다. 음성 반응 검사란 제시되는 단어나 그림을 정확하게 발화하는데 걸리는 시간을 측정하는 검사이며, 키 반응 검사란 제시되는 단어나 그림의 정확한 뜻이나 유사한 뜻을 찾아 해당키를 누르는데 걸리는 시간을 측정하는 검사이다.

3.2 시스템 구성

본 논문에서 구현한 난독증 검사 프로그램은 진단자가 환자를 진단할 검사내용집합(test contents set)을 미리 결정한 후 환자를 진단 할 수 있도록 구성하였다. 검사내용집합이란 환자에게 보일 그림이나 단어의 모음을 지칭하는 것으로, 환자가 같은 검사 내용집합을 사용하여 반복적으로 검사하게 되면 학습효과가 발생하여 진단의 결과를 신뢰 할 수 없게 된다. 그러므로 진단자는 해당 환자에게 사용한 적이 없는 검사내용집합을 선택하고 이를 사용함으로써 정확한 결과를 얻을 수 있다.

진단자가 검사내용집합을 결정하면 검사기는 해당 내용물을 데이터베이스로부터 읽은 후 키 반응 검사 및 음성 반응 검사를 실시하도록 구성되었다. 음성 검사의 경우 환자의 음성검사 결과를 WAV파일 포맷(format) 형태로 자동 저장되며 검사 종료 후 진단자가 파형을 분석할 수 있도록 하였다. 진단과 관련된 모든 자료 즉, 키 반응 시간, 음성 파일 정보등과 같은 검사 결과는 데이터베이스에 저장되어 관리되도록 구성 하였다.

3.3 음성 반응 검사기의 구현

구현된 검사기에서 음성 반응 검사 시작버튼을 누르면 좌측 상단에 <그림 2>와 같은 이미지가 뜨면서 음성 입력이 가능하게 된다. 환자는 화면에 나타나는 그림의 이름을 가장 빠른 시간 안에 말해야 한다. 하단의 바는 경과 시간을 나타낸다. 일반인의 경우 그림이 제시된 시간에서부터 발화 시점까지 100msec 정도의 시간이 걸리지만 환자의 경우 수초에서 수십초의 시간이 걸리기도 한다.

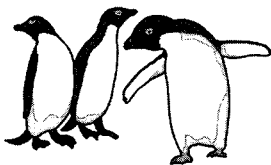


그림 2. 음성 반응 검사 화면

초기 모형에서는 음성 파일을 분석하여 환자가 처음 발음을 시작한 시간을 자동으로 찾아 주도록 하는 검사기를 제작하였다. 그러나 난독증 환자의 경우 정확한 발음을 하기 전에 입에서 말을 더듬거나 엉뚱한 단어를 발음한 후 정확한 단어를 발음하는 현상들의 경우, 최초 발화시점을 자동으로 찾는 것이 불가능 하였다. 이는 WAV 파형상의 여러 개의 파형 들 중 의미적으로 정확한 발음을 한 파형을 자동으로 찾는 것이 불가능하기 때문이다. 또한, 열쇠라는 단어를 보고 사과라고 발음한 경우와 같이 틀린 단어를 말한 경우에는 해당 그림에 대한 “발음 불가”라고 처리해야 하는 문제가 발생하였다. 이러한 이유로 음성 검사의 경우 환자의 발음을 녹음한 후 진단자가 최초 발화 시점을 결정하도록 <그림 3>과 같이 검사기를 변경하였다.

<그림 3>의 음성분석기의 가장 중요한 기능은 재생을 통하여 환자의 정확한 발화 시점을 찾아내는 것이다. 이 환자의 경우 처음 두 번 더듬거리다가 최초 발화 시점은 3번째 파형이 나타나는 5.45109초 되는 지점이다.

이 검사기의 특징은 시스템의 클럭(clock)을 사용하지 않고서도 0.01msec의 정확도를 구현하였다는 것이다.

일반 컴퓨터의 경우 시스템으로부터 얻을 수 있는 최소시간 값은 1msec 수준이다. 그러나 컴퓨터가 진단용 전문 의료기기가 아니기 때문에 시스템으로부터 얻은 클럭 값의 변동폭이 매우 컸다. 난독증 환자의 경우 발화시점이 1초에서 수초에 걸쳐 나타나기 때문에 부정확한 클럭을 사용하게 되면 오차가 누적되어 정확한 발화 시점을 찾기 어려워진다.

이를 보완하기 위하여 환자로부터 얻어진 WAV 파일을 화면 해상도에 맞추어 파형을 생성하고 진단자가 선택한 시점을 전체 해상도에 대한 비율로 나눔으로서 시간을 측정하는 방식을 사용하였다. 예를 들어, WAV파일이 최대 10sec라고 하고, 화면의 수평해상도가 1000픽셀(pixel)이라 하면 1픽셀의 시간을 100msec으로 추정할 수 있다. 이러한 측정방식은 화면의 수평해상도를 가상으로 늘림으로서 정확도를 늘릴 수 있는 장점이 생긴다. 즉, 가상 수평해상도를 10000픽셀로 처리하면 1픽셀의 시간을 10msec로 추정할 수 있게 된다. 이때 화면에 WAV 파형이 나타날 때는 10개의 픽셀이 1개의 픽셀로 뭉쳐서 나타나게 되지만, 진단자가 클릭한 지점을 자동으로 계산하게 되면 WAV파일을 재분석하여 정확한 지점을 찾을 수 있게 하였다.

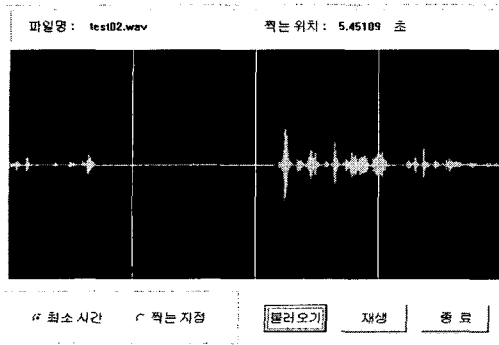


그림 3. 음성 분석 화면

이러한 방식을 사용할지라도 진단자가 마우스 조작의 실수로 인하여 오차를 만들어 낼 수 있다. 진단자가 화면을 보면서 마우스를 클릭하더라도 정확한 발화 시점을 찾기 어렵다. 이러한 오차를 줄이기 위하여 <그림 3>과 같이 “최소시간” 지정버튼을 만들었다.

최소시간 지정이란 사용자가 마우스로 지정한 픽셀에서 가장 가까운 지점 중 소리가 시작되는 부분을 찾아서 마우스 포인트를 옮겨 주는 기능이다. 이를 위하여 WAV파형의 평균값을 구하고 이 평균값보다 작은 값들을 잡음이라 판단한 후, 잡음 이외의 값들 중 WAV파일에서 파형이 시작되는 시점의 값을 찾아 진단자가 선택한 위치에서 이 시작점으로 마우스를 옮겨 주는 기능을 구현하였다. 이러한 기능을 사용하게 되면 진단자가 대략적인 음의 시작 위치를 마우스로 지정하면 프로그램이 자동으로 가장 가까운 음의 시작점으로 옮겨 주게 된다.

3.4 키 반응 검사기의 구현

키 반응 검사란 화면에 나타나는 그림(혹은 글씨)과 같거나 연관이 있는 단어를 빠른 시간 안에 선택하게 함으로서 환자가 그림(혹은 글씨)를 이해하고 있는가를 판단하는 검사이다. <그림 4>는 키 검사의 예를 보여준다. <그림 4>에 나타나는 예제는 그림을 보고 해당 그림의 이름을 맞추는 검사이며, 이외에 같은 글자 찾기, 연상그림 찾기, 연상 그림 분류하기등과 같은 검사도 구현하였다.

이러한 프로그램은 매우 단순한 것처럼 보이지만, 실제 구현에서는 많은 문제점이 발견되었다. 가장 큰 문제점은 현재의 운영체제와 같이 다중 프로그래밍을 지원하는 시스템에서는 키 반응에 대한 응답 시간이 매우 불규칙적으로 나타나는 문제가 발생하였다. 컴퓨터 내에는 운영체제가 사용하는 페이지 데몬(page daemon), 프로세스 스케줄러(process scheduler)와 같은 프로세스와 함께 각종 일반 프로세스가 혼재하고 있다. 이러한 프로세스가

타임 셰어링(time sharing) 운영체제하에서 작동하게 됨에 따라 프로세스가 키 눌림 이벤트(event)에 반응하는 시간이 시시각각 다르게 나타난다. 또한, 각 컴퓨터에서 작동하는 프로세스의 수가 다르고 메모리의 양도 다르기 때문에 컴퓨터 마다 오차의 범위가 달라지는 문제가 있었다.

또한, 검사문제를 화면에 뿌리는 시간과 실제 버튼이 눌리는 시간과의 차이도 발생하였고 일부의 경우 스왑(swap) 현상으로 인하여 검사기 구동이 지연되는 현상도 발생하였다.

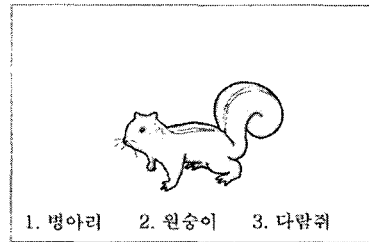


그림 4. 키 반응 검사 예제

이러한 문제를 해결하기 위해서 다음과 같은 방법을 사용하였다. 우선, 검사에 필요한 모든 자료를 메모리로 가져온 후에만 실행이 되도록 수정 하였다. 검사기가 시작된 이후에는 키보드 이외에는 입출력을 일으키지 않도록 설계하였다. 또한, 검사기 시작 시 운영체제가 사용하는 최소한의 프로세스만을 남기고 나머지 프로세스를 강제적으로 종료시켰다. 다른 프로세스들이 상주하게 될 경우 스왑이 발생하거나 불필요한 입출력으로 인하여 영향을 받는 경우를 최소화 하였다.

이러한 기본적인 설계 이외에 본 프로그램의 프로세스 우선순위를 최고 수준으로 올린 후 화면을 640X480의 해상도로 강제 전환시켜 본 검사기가 모니터화면을 장악하여 내용물이 화면에 뿌려지는 시간에 대한 지연(delay)을 최소화 하도록 하였다.

실험에 앞서 난독증 검사기가 허용하는 오차범위를 규정하였다. [1]에 의하면, 일반인이 자극(stimulus)에 노출된 시점에서부터 뇌를 통하여 성대에 신호가 전달되어 발화하거나 손가락에 신호가 전달되어 키를 누르는 시점까지 사람들마다 5msec의 차이를 보인다. 즉, 자극이 노출된 시점에서부터 어떤 사람의 100msec에 반응한 것과 다른 사람이 105msec에 반응한 것은 동시에 반응한 것으로 추정할 수 있다는 의미이다. 이를 근거로 하여 난독증 검사기가 1msec이내의 오차를 보인다면 검사기로서의 정확도를 충족한 것으로 판단 할 수 있다.

4. 실험 및 분석

그러나, 일반 컴퓨터의 경우 운영체제의 버전이 상의 하고 각 컴퓨터마다 하드웨어 구성이 다르며, 같은 컴퓨터상에서도 매 시각 살아있는 프로세스의 갯수가 서로 다르다. 이러한 특징으로 인하여 컴퓨터상의 클럭은 매우 부정확한 것으로 알려져 있다.

음성 반응 검사기의 경우 컴퓨터의 클럭을 사용하지 않기 때문에 클럭 오차에 대한 영향이 적다. 3.3절에서 언급했듯이, 음성 반응 검사기의 경우 현재 0.01msec의 오차범위를 유지하기 때문에 검사기로서의 정확도를 충족한다. 또한, 가상 수평해상도의 조절에 의하여 정확도의 변경이 가능하도록 설계되었다.

키 반응 검사기의 경우 일반적인 경우와 본 논문에서 제안하는 경우를 나누어 실험을 하였다. <그림 5>와 <그림 6>은 CPU Intel Pentium 3Ghz, RAM 1GB(고사양)의 컴퓨터에서 비교한 결과이며, <그림 7>과 <그림 8>은 CPU Intel Pentium 1.8Ghz, RAM 256MB(저사양)의 컴퓨터에서 비교한 결과이다.

고사양의 컴퓨터에서 실험한 경우 일반적인 프로그램에서도 1msec의 오차범위를 충족시켰다. 그러나 1초의 반응에 대하여 오차 범위를 충족시켰다 할지라도, 난독증 환자의 경우 반응시간이 수초에 걸쳐서 나타나기 때문에, 시간이 경과함에 따라 오차가 누적되어 오차 범위를 넘어서는 경우가 발생한다. <그림 6>이 나타내듯이 제안하는 방법의 경우매우 안정적인 결과를 보였다. 저사양 컴퓨터의 경우, 최대 1046.35msec라고 반응값이 나오는 경우가 발생하였으며, 표준편차도 4.941msec였다. 제안하는 방법은 여전히 안정된 값을 보여주었다(<그림 8> 참조).

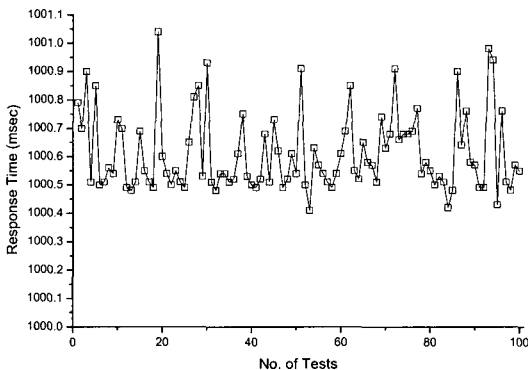


그림 5. 키 검사 반응 실험(고사양, 일반)

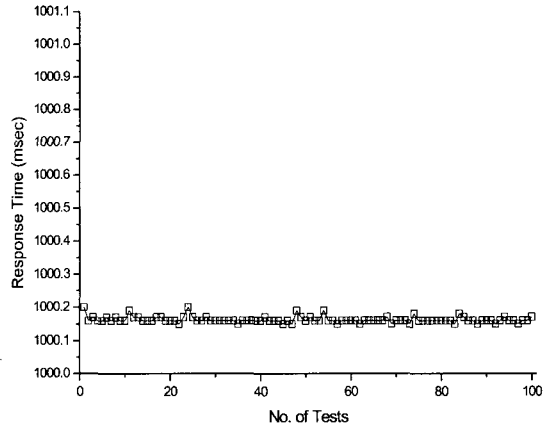


그림 6. 키 검사 반응 실험(고사양, 제안)

이 실험은 매 컴퓨터마다 하드웨어 구성 및 소프트웨어 구성이 다르기 때문에 일반적인 프로그램인 경우 사양이 좋은 컴퓨터에만 검사도구로서의 오차범위를 충족하지만, 제안하는 기법의 경우 컴퓨터의 사양에 덜 민감하다는 것을 알 수 있다. 또한, 두 경우다, 컴퓨터가 이벤트를 처리하는 시간만큼의 지연현상을 반영하여야만 정확한 검사도구를 구현할 수 있다는 것을 보여준다.

본 실험을 통하여, 제안하는 시스템은 검사가 실행되기 직전에 편향값(Bias Value)을 조절하는 모듈을 추가하여 정확도를 높였다. 편향값의 조절에 의하여 컴퓨터가 가지는 고유의 처리시간을 검사기에 반영함으로써 검사의 정확도를 높일 수 있다.

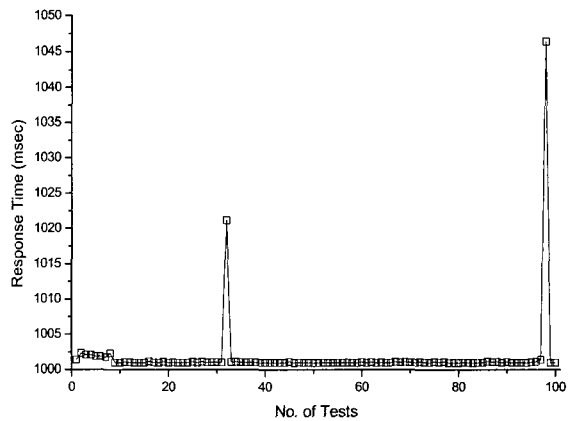


그림 7. 키 검사 반응 실험(저사양, 일반)

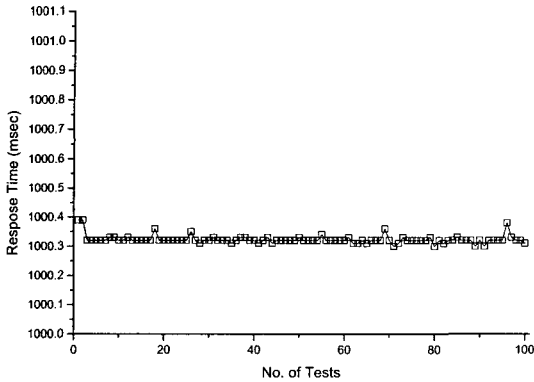


그림 8. 키 검사 반응 실험(저사양, 제안)

5. 결론

난독증의 경우 언어와 밀접하게 연관되어 있어 해외 난독증 검사기를 그대로 사용하기에 문제가 있어 한국인에게 맞는 검사기를 필요로 한다. 그러나 국내에는 이러한 연구가 미비하여 검사기가 어떤 구성을 가져야 하는지, 어떤 기능을 구현해야 하는지, 허용 오차 범위가 어느 정도인지에 대한 명확한 규정이 없다. 본 논문은 난독증 검사를 위하여 음성 반응 검사와 키 반응 검사기를 설계하였고 이를 구현하면서 발생할 수 있는 문제점과 해결 방안을 제시하였다. 또한, 제작된 검사기가 허용오차 범위 안에 있어 검사기로서 사용가능함을 실험을 통하여 보였다. 본 검사기는 정밀도를 좀 더 향상 시키고, 본 검사기를 응용하여 난독증을 진단 한 후 치료를 할 수 있는 기능을 추가하는 방향으로 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

[1] Siegel. L. S., "An evaluation of the discrepancy definition of dyslexia," *Journal of Learning Disabilities*, vol. 25, pp. 618-629, 1982.

[2] Coltheart, M., Patterson, K., & Marshall, J. C., "Deep dyslexia," Reading : *Routledge & Kegan Paul*, 1980.

[3] Richardson, J. T. E., "Further evidence on the effect of word imageability in dyslexia," *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 27, pp. 445-449, 1975

[4] Richardson, J. T. E., "The effect of word imageability in acquired dyslexia," *Neuropsychologia*, Vol 13, pp. 281-288, 1975.

[5] Shallice, T., & Warrington, E. K., "Word recognition in a phonemic dyslexia patient," *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol 27, pp. 187-199, 1975.

[6] Sapiro. K. L., Ogden. N., & Lind-Blad. F., "Temporal processing in dyslexia," *Journal of Learning Disabilities*, Vol 23, pp. 99-107, 1990.

[7] 편성범, 정한영, 남기춘, 김명옥, 조경덕, 정재범, 손효정, "뇌졸중 후 난독증 환자의 한국어 읽기에서 이중경로모형의 적용," *대한재활의학회지*, Vol 29, pp. 23-31, 2005.

조 성 호(Sung-Ho Cho)

[정회원]



- 1994년 2월 : 한국외국어대학교 전산과 (이학사)
- 1997년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과(이학석사)
- 2000년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과(이학박사)
- 2001년 ~ 2002년 : 천안대학교 전임교수

• 2002년 ~ 현재 : 한신대학교 부교수 및 창업보육센터장

<관심분야>

e러닝, 인지과학, 분산시스템, 데이터베이스