

음성기술을 이용한 정신피로 측정에 관한 타당성 연구

A Validity Study on Measurement of Mental Fatigue Using Speech Technology

송 승 규¹⁾ · 김 종 열²⁾ · 장 준 수³⁾ · 권 철 홍⁴⁾

Song, Seungkyu · Kim, Jongyeol · Jang, Junsu · Kwon, Chulhong

ABSTRACT

This study proposes a method to measure mental fatigue using speech technology, which has not been used in previous research and is easier than existing complex and difficult methods. It aims at establishing a relationship between the human voice and mental fatigue based on experiments to measure the influence of mental fatigue on the human voice. Two monotonous tasks of simple calculation such as finding the sum of three one digit numbers were used to measure the feeling of monotony and two sets of subjective questionnaires were used to measure mental fatigue. While thirty subjects perform the experiment, responses to the questionnaire and speech data were collected. Speech features related to speech source and the vocal tract filter were extracted from the speech data. According to the results, speech parameters deeply related to mental fatigue are a mean and standard deviation of fundamental frequency, jitter, and shimmer. This study shows that speech technology is a useful method for measuring mental fatigue.

Keywords: mental fatigue, speech technology, monotonous task, subjective questionnaire

1. 서론

현대사회에서 피로는 건강 측면에서 중요한 문제이다. 피로는 다양한 활동에서 오는 일종의 신체적 및 정신적 소진으로 정의할 수 있다[1]. 피로는 육체적 요인과 정신적 요인에 의한 것으로 나눌 수 있는데, 본 논문에서는 정신피로를 다룬다.

피로는 일상생활에서 많이 경험하는 증상으로, Tylee와 Ganghi 등은 정신과에서 보는 우울증의 원인 중 하나가 피로라고 하였으며, 우울증 환자의 76%는 피로를 느낀다고 하였다[2,3]. 이처럼 정신과 환자들 중에서 피로를 호소하는 환자들의 비율이 높으며 따라서 피로는 삶의 질에도 많은 영향을

미치게 된다. 또한 정신피로 발생은 인간이 쾌적한 삶을 영위 하는데 있어 저해 요소로 작용하고 있다. 사람들은 하루의 대부분을 자택이나 사무실 등 실내에서 보내므로 생활공간을 피로가 적게 유발되는 공간으로 만드는 것이 필요하며, 이렇게 함으로써 생활의 쾌적함 및 질적 향상을 도모할 수 있다[4]. 이를 위해서는 먼저 정신피로를 정량적으로 평가할 수 있는 기술이 필요하다.

정신피로를 정량적으로 평가하기 위한 기존 연구에는, 신체 조직의 산화도, 안면 피부온도의 차이, 심박변화율(Heart Rate Variability : HRV), 점멸융합주파수(Flicker Fusion Frequency, FFF), 심전도(Electrocardiogram, ECG), 근전도(Electromyogram, EMG), 호흡(Respiration) 등을 측정하는 방법이 있다[4-9].

이러한 기존의 피로 측정방법은 고가의 의료 장비가 필요하며 측정하기 복잡하고 피험자에게 불편한 방법으로, 실제 일상생활에 적용하기에는 어려움이 따른다고 판단된다. 따라서 별도의 장비가 필요하지 않고 측정하기 간편한 방법을 사용하여, 일상생활에서 정량적이고 객관적으로 피로 측정이 가능한 방법에 대한 연구가 요구된다.

정신적 작업 피로감은 긴장성 작업에 의한 것과 단조성 작업에 의한 것으로 분류할 수 있는데[4], 본 논문에서는 단조성 작업에 의한 피로감을 평가한다.

1) 대전대학교 sskclub@lycos.co.kr

2) 한국한의학연구원 ssmmed@kiom.re.kr

3) 한국한의학연구원 junsu.jang@kiom.re.kr

4) 대전대학교 chkwon@dju.ac.kr, 교신저자

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(No. 20120009001(2006-2005173))의 지원을 받아 수행된 연구임.

접수일자: 2013년 2월 1일

수정일자: 2013년 3월 20일

게재결정: 2013년 3월 26일

본 논문에서는 인간의 피로가 음성에 어떠한 영향을 주는지에 대한 실험을 토대로 인간의 음성과 정신피로간의 상관관계를 규명하고자 한다. 이를 위하여 정신피로를 측정할 수 있는 주관적 설문지를 두 가지 설계하여 수행한 작업이 단조작업인가 여부를 알아보고, 실험 결과 의미 있는 설문지 항목을 선정하여 새로운 설문지를 제안한다. 그리고 두 가지 단조작업을 설계하여 실험을 수행하고, 두 가지의 단조작업 중에서 어느 것이 피험자에게 피로를 부과할 수 있는 작업인가를 밝힌다. 마지막으로, 정신피로에 따른 인간의 음성 변화를 평가하기 위하여 단조작업 수행 시 녹음한 음성 데이터에서 음성 파라미터를 추출하여 음성특징과 정신피로와의 정량적인 상관관계를 도출해 낸다.

2. 음성 데이터와 음성 파라미터

2.1 음성 데이터

피험자는 신체적으로 이상이 없고 의사소통에 문제가 없으며, 호흡기를 비롯한 성대 및 후두에 대한 병력이 없는 남자 대학생 30명을 선정하였는데, 이들은 20세에서 28세까지의 연령대이다.

모든 음성 데이터는 배경잡음이 30dB 이하인 조용한 공간에서 수집하였으며, 사용된 마이크는 AKG-D880을 마이크 스탠드에 고정하여 입과 마이크 거리가 4-5cm가 되도록 특별한 주의를 기울였다. 음성 데이터는 PCM 16비트, 모노 형식으로 샘플링 주파수 16kHz로 수집하였다. 피험자는 편안히 앉은 상태에서 독립된 7개의 모음(아, 어, 오, 우, 음, 이, 에)을 각각 2초간 2회씩 반복하여 발성하고, 연속해서 <표 1>에 보이는 11개의 단문을 발성하고, 이어서 <표 2>에 보이는 한 문단을 발성하였다.

<표 1>의 문장들은 한국전자통신연구원에서 화자인식용 음성 DB를 수집하기 위하여 작성한 문장이고, <표 2>의 문장은 음성치료학계에서 많이 사용하는 ‘산책’이라는 문단의 일부분을 발췌한 것이다[10].

표 1. 11개의 단문
Table 1. Eleven short sentences

우리는 높은 산에 올라가 맑은 공기를 마시고 왔습니다, 지리산에 원숭이가 산다, 딸기가 마당에서 자라고 있다, 노란 풍선이 터지고 말았다, 이 자동차는 하늘을 달린다, 무지개가 구름 뒤에 숨었다, 바위가 갑자기 사라졌다, 소금과 설탕을 섞지 마세요, 호랑이와 코끼리가 싸우고 있다, 나는 겨울이 제일 좋다. 동생들은 택시를 타고 학교에 간다.

표 2. 1개의 문단

Table 2. One Korean paragraph

아이들이 뛰어노는 놀이터에 가면 우는 아이, 웃는 아이, 그네 타는 아이, 도망 다니는 아이, 술래잡기 하는 아이, 미끄럼 타는 아이, 다친 아이, 소리 지르는 아이, 땅에 주저앉은 아이, 발을 동동 구르는 아이, 신발이 벗겨진 아이, 랄랄랄랄 노래 부르는 아이 천차만별이다. 문득 아파트 놀이터가 너무 비좁다는 생각을 했다.

2.2 음성 파라미터

음성기술을 이용하여 피로와 음성과의 상관관계를 분석하기 위해서는 먼저 음성 파라미터에 대해 조사가 이루어져야 한다. 본 논문에서는 피로와 상관관계가 있는 음성 파라미터를 찾기 위하여, [11]에서 제시한 음성신호의 음원 정보와 관련된 파라미터(<표 3>)와 성도필터와 관계된 파라미터(<표 4>)들을 광범위하게 조사한다. 이들 파라미터는 Praat[12]와 KAY사의 MDVP(Multi-Dimensional Voice Program)[13]를 이용하여 추출하였다.

표 3. 음원 정보 파라미터

Table 3. Speech source parameters

음원정보 파라미터	설명	음원정보 파라미터	설명
F0_mean	기본주파수평균	F0_std	F0 표준편차
F0_max	F0 최댓값	F0_min	F0 최솟값
Intensity	에너지 크기		
H1, H2, H4	각 하모닉의 진폭	H1-H2, H2-H4	하모닉의 진폭 차이
Jitter	피치주기변화율	Shimmer	진폭 변화율
CPP	Cepstral Peak Prominence, 주기성의 정도	RAP	Relative Average Perturbation, 3 프레임 Jitter 평균
PPQ	Pitch Perturbation Quotient, 5 프레임 Jitter 평균	sPPQ	Smoothed PPQ, 55 프레임 Jitter 평균
APQ	Amplitude Perturbation Quotient, 11 프레임 Shimmer 평균	sAPQ	Smoothed APQ, 55 프레임 Shimmer 평균

표 4. 성도필터 파라미터
Table 4. Vocal tract filter parameters

성도필터 파라미터	설명
F1~F4	각 포먼트 주파수
B1~B4	각 포먼트의 대역폭
A1~A4	각 포먼트의 진폭
H1-A1	첫 번째 대역폭(B1)의 크기
LTAS	Long Term Average Spectral Slope, 스펙트럼 기울기
HNR05, HNR15, HNR25, HNR35	Harmonics to Noise Ratio, HNR05는 0~500Hz 사이, HNR15는 0~1,500Hz 사이, HNR25는 0~2,500Hz 사이, HNR35는 0~3,500Hz 사이
NHR	Noise to Harmonics Ratio, 1500-4500Hz의 잡음 에너지와 70-4500Hz의 하모닉에너지의 비
VTI	Voice Turbulence Index, 2800-5800Hz의 잡음 에너지와 70-4500Hz의 하모닉에너지의 비
SPI	Soft Phonation Index, 저주파(70-1600Hz)와 고주파(1600-4500Hz)에서의 하모닉에너지의 비

3. 주관적 설문지 설계

정신피로를 유발시키는 단조작업을 설계하고, 설계한 작업이 단조로운가를 평가하기 위하여 주관적 설문지를 사용한다. 피로의 주관적인 평가를 위한 설문지는 일본에서 작성한 피로 스트레스 설문지(Phasic Stress Scale : PSS)와 피로 각성 설문지(Rouken Arousal Scale : RAS)가 있다[14]. 이 설문지들을 기초로 하여 한국인의 정서에 맞는 항목을 골라 두 가지 설문지를 설계하였다.

단조작업 A의 설문지는 PSS를 기초로 긴장, 편안함, 활기참, 의욕감퇴, 집중곤란, 졸림, 지루함 등을 평가하기 위한 9개의 질문과 신체적 피로감과 정신적 피로감을 평가하기 위한 2개의 질문이 포함된 전체 11개의 질문으로 구성하였고, ‘매우 그렇지 않다’ ~ ‘매우 그렇다’의 5개 구간으로 각각 1~5의 점수를 주도록 구성하였다(<그림 1>).

단조작업 B는 RAS를 기초로 하여 긴장, 두근두근함, 느긋함, 집중곤란, 편안함, 적극적인 기분, 일하기 싫다 등을 평가하기 위한 8개의 질문과 심리적 피로감, 신체적 피로감, 정신적 피로감을 평가하기 위한 3개의 질문이 포함된 전체 11개의 질문으로 구성하였고, 단조작업 A에서와 같이 5개 구간으로 각각 1~5의 점수를 주도록 구성하였다(<그림 2>).



그림 1. 단조작업 A의 주관적 설문지
Figure 1. A subjective questionnaire for Monotonous Task A



그림 2. 단조작업 B의 주관적 설문지
Figure 2. A subjective questionnaire for Monotonous Task B

4. 단조작업 설계와 주관적 설문지 결과 분석

정신포로와 음성간의 상관관계에 대해 알아보기 위하여 두 가지의 단조작업을 설계하여 어느 단조작업이 피험자에게 피로를 부과할 수 있는지 알아본다. 피험자는 단조작업을 수행하면서 피로를 평가할 수 있는 주관적 설문지에 대해 응답을 하고 음성 데이터를 녹음한다. 이 두 가지의 단조작업은 [14]에서 제안한 작업을 참고하여 설계하였다.

4.1 단조작업 A

<그림 3>에 보이는 단조작업 A는 한 자리 숫자 3개를 더하여 그 결과가 화면에 제시된 숫자와 일치하면 5초 내에 1번 버튼을, 일치하지 않으면 2번 버튼을 누르도록 하는 단순 연산 작업이다.

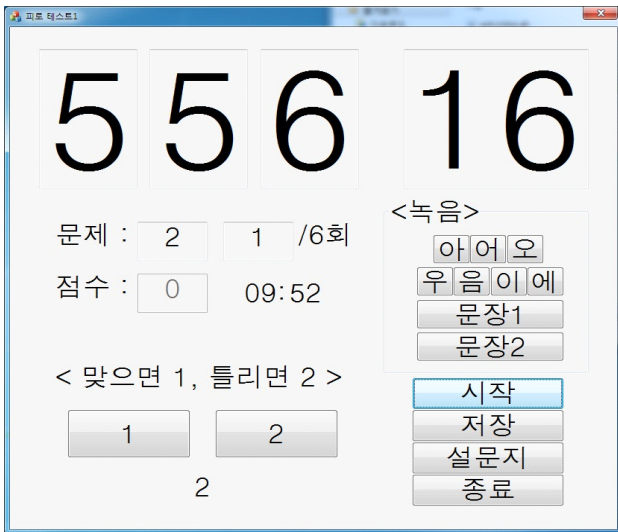


그림 3. 단조작업 A 화면
Figure 3. A scene of Monotonous Task A

<표 5>에 보이는 전체 실험 과정은 다음과 같다. 실험 설명 및 연습 구간에서는 피험자가 실험실에 도착하면 피험자에게 실험의 목적 및 과정을 설명하고, 지루함을 더하기 위하여 실험자의 간섭 없이 피험자 독자적으로 실험을 수행한다. 단조감을 유발시키기 위하여 실험 시작 전에 작업을 충분히 연습시켜 긴장감을 감소시키고, 휴식 없이 작업을 반복한다. 녹음/설문지 구간은 각 5분씩 7회를 실시하며, 음성 데이터 녹음과 주관적 설문지에 응답을 한다. 녹음 부분은 아, 어, 오, 우, 음, 이, 에, 문장1(11개의 단문), 문장2(한 문단) 버튼을 순서대로 눌러 녹음을 실시하여 음성 데이터를 수집하고, 설문지 부분에서는 설문지 버튼을 눌러 주관적 설문지에 대한 응답 데이터를 수집한다. 이 작업은 단계별로 10분씩 120개의 문제를 풀고 총 6회를 실시한다.

표 5. 전체 실험 과정
Table 5. An experimental procedure

실험 명 및 연 습	녹음 단 조 작 업 1	녹음 단 조 작 업 2	녹음 단 조 작 업 3	녹음 단 조 작 업 4	녹음 단 조 작 업 5	녹음 단 조 작 업 6	녹음 단 조 작 업 7
30 분	5 분	10 분	5 분	10 분	5 분	10 분	5 분

단조작업 A를 30명의 피험자가 수행하여, 실험 전(1회)부터 총 7회에 걸쳐서 주관적 설문지 데이터를 수집하였다. 설문지 각 항목별로 1~5점의 점수를 부과하여 평균을 구한 후, 횡수마다 변화추이를 살펴보았다(<그림 4>). 설문지 항목 중에서 의미가 있는 것으로 분류한 항목은, 1회와 7회를 비교하여 평균값이 0.5 이상 차이가 나면서 지속적으로 증가하거나 감소하는 것을, 그렇지 않은 것은 의미가 없는 항목으로 분류하였다. 피험자가 설문지 항목에 체크할 때 최저점수와 최고점수를 체크하지 않는 경향이 있어, <그림 4>를 보면 점수가 1.5 - 4점 사이에 분포되어 있으므로, 0.5점은 2.5점의 20%에 해당하는 수치이다. 의미가 있는 항목은 ‘편안하다’, ‘집중곤란’, ‘졸린다’, ‘지루하다’, ‘일하기 싫다’, ‘신체적 피로’, ‘정신적 피로’ 등이고, 의미가 없는 항목은 ‘긴장된다’, ‘활기차다’, ‘의욕없다’, ‘적극적인 기분’ 등이다.

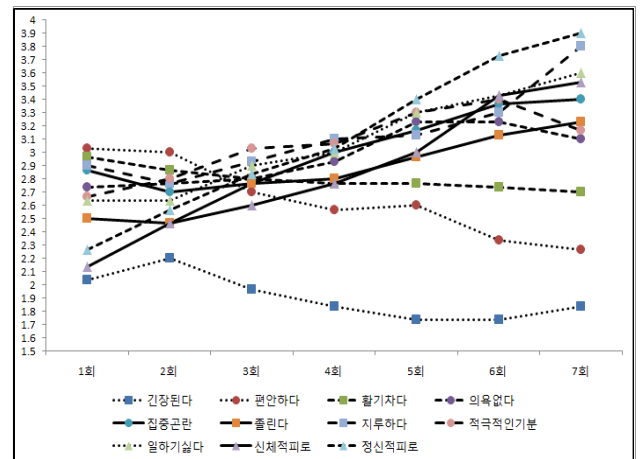


그림 4. 단조작업 A의 주관적 설문지 결과
Figure 4. Results for subjective questionnaire responses of Monotonous Task A

4.2 단조작업 B

<그림 5>에 보이는 단조작업 B는 피험자에게 2개의 숫자를 임의적으로 선택하도록 한 후, 프로그램이 11에서 99까지의 숫자를 무작위로 제시하여, 피험자가 선택한 2개의 숫자가 동시에 나올 경우 정지 버튼을 누르도록 하는 작업이다. 이 작업을 10분 동안 계속 반복하게 하여 단조감을 증대시키고, 총 6회를 실시한다. 단조작업 B의 전체 실험과정은 단조작업 A와 같이 <표 5>에 보인다.

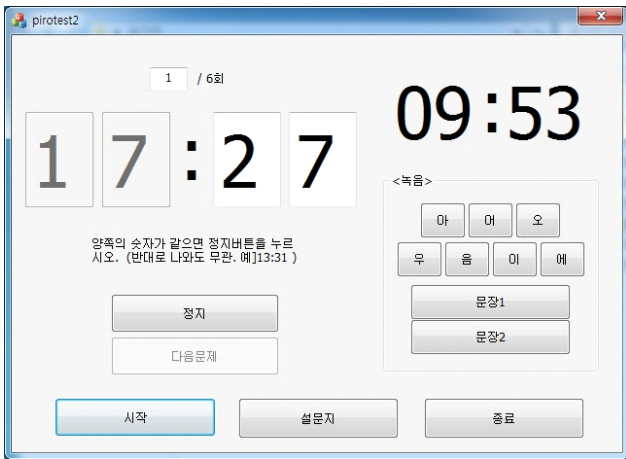


그림 5. 단조작업 B 화면
Figure 5. A scene of Monotonous Task B

단조작업 B를 30명의 피험자가 수행하여 얻은 주관적 설문지 결과가 <그림 6>에 보인다. 4.1절의 기준대로 평균값 변화가 큰 의미가 있는 항목은 ‘두근두근’, ‘생각이 무디다’, ‘집중 곤란’, ‘편안하다’, ‘일하기 싫다’, ‘신체적 피로’, ‘정신적 피로’ 등이고, 의미가 없는 항목은 ‘긴장된다’, ‘느긋하다’, ‘적극적인 기분’, ‘심리적 피로’ 등이다.

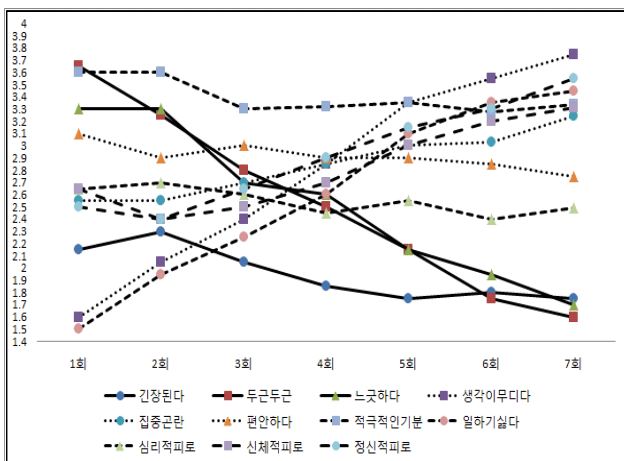


그림 6. 단조작업 B의 주관적 설문지 결과
Figure 6. Results for subjective questionnaire responses of Monotonous Task B

4.3 주관적 설문지 제안

단조작업 A와 B의 주관적 설문지 결과를 분석한 결과 4.1절과 4.2절에 기술한 바와 같이, 중복된 항목을 제외하고 9가지의 의미 있는 항목과 6가지의 의미 없는 항목으로 분류되었다. 이 실험결과를 바탕으로 차후에 진행될 정신피로에 관련된 연구에서는, 의미 없는 항목들은 제외시키고 의미 있는 항목들을 가지고 주관적 설문지를 설계하면, 연구에 필요한 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있을 것이라고 생각한다.

실험을 수행한 피험자들은 설문지의 각 항목에 있는 응답(‘매우 그렇지 않다’ ~ ‘매우 그렇다’)이 선택하기에 애매하게 느꼈다고 대답했고, 점수의 폭이 넓지 않아 평균값의 차이가 크게 벌어지지 않아 분석하기에 어려움이 있었다. 따라서 이 점수분포를 대신하여 각 항목마다 0~100점을 주는 점수제나, 본 논문에서 적용한 것을 더욱 세분화 하여 0~10점을 주는 점수제로 대체하면 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있다고 생각한다.

이러한 점들을 고려하여 차후에 진행될 연구에 사용하기 위하여 <그림 7>과 같은 주관적 설문지를 제안한다.

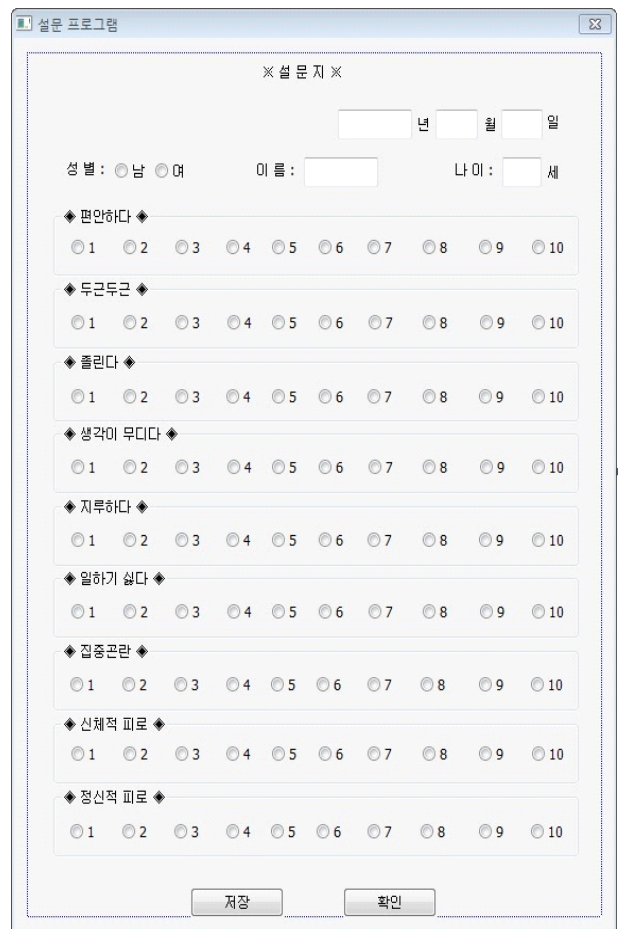


그림 7. 제안한 주관적 설문지
Figure 7. A proposed subjective questionnaire

5. 정신피로와 음성 파라미터와의 관계

본 장에서는 음성과 정신피로와의 상관관계를 통하여 피로가 사람의 음성에 얼마나 영향을 주는지에 대해 알아본다. 이를 위하여 30명이 단조작업 A, B를 수행하면서, 7개의 모음(아, 어, 오, 우, 음, 이, 예)과, <표 1>, <표 2>에 보이는 단문 11개, 문단 1개에 대한 음성 데이터를 수집하고, 모음과 문장마다 <표 3>, <표 4>에서 설명한 음성 파라미터를 추출한다. 단조작업 횟수별로 음성 파라미터의 평균값을 구하여 이 평균값이 일정하게 변화하는지와 실험 전과 후의 평균값 변화를 분석해 본다.

2.2절에서 기술한 여러 가지 음성 파라미터들을 분석한 결과, 성도플터 파라미터는 모두 관련이 없고 음원 정보 파라미터인 F0_mean, F0_std, Jitter, Shimmer 등이 의미 있는 실험 결과를 보여 주었다. F0_mean은 기본 주파수의 평균을, F0_std는 기본주파수 평균의 표준편차를, Jitter는 피치주기의 변화율을, Shimmer는 진폭의 변화율을 나타낸다. 이들 파라미터는 모음 각각, 단문 각각, 그리고 문단에서 값의 변화추이를 살펴서 그 추이가 일정한 방향이 있으면서 값의 차이가 큰 경우를 의미가 있는 것으로 판단하였다.

5.1 단조작업 A 실험결과 분석

단조작업 A에서 구한 실험 전과 후의 F0_mean, F0_std, Jitter, Shimmer 평균값이 <표 6>에 보인다.

표 6. 단조작업 A에서의 음성 파라미터 평균값 변화
Table 6. Mean values of speech parameters for the task A

음성파라미터 이름	녹음자료 유형	실험 전 (1회)	실험 후 (7회)
F0_mean (Hz)	모음 7개 평균	143	149
	단문 11개 평균	142	145
	한 문단 평균	138	141
F0_std	모음 7개 평균	5.7	6.7
	단문 11개 평균	21.1	22.2
	한 문단 평균	20.0	22.0
Jitter (%)	모음 7개 평균	0.37	0.29
	단문 11개 평균	1.82	1.75
Shimmer (%)	모음 7개 평균	2.77	1.88
	단문 11개 평균	7.53	7.88

F0_mean의 경우 실험 전에 비해 실험 후의 평균값들이 일정하게 증가하는 경향을 보였다. 일정하게 증가하는 것만을 보고 판단한다면 유의한 파라미터라고 말할 수 있지만, F0_mean의 의미로 보았을 때 평균값이 실험 전에 비해 실험 후가 감소해야 한다. 사람이 정신피로를 받을 경우 음성이 저

음으로 되어 기본주파수 평균값이 감소해야 하는데 위 데이터를 보면 반대로 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 이 파라미터는 유의한 변수라고 볼 수 없다.

F0_std 역시 실험 전보다 실험 후의 평균값이 감소해야 한다. 이것은 사람이 피로할 때 기본주파수의 변화 폭이 줄어들기 때문이다. 그런데 실험 후의 평균값이 실험 전에 비해 증가하는 경향이 나타났다. 이 파라미터 역시 그 의미로 보았을 때와는 반대의 결과가 도출되었으므로 유의한 변수라고 볼 수 없다.

Jitter의 경우에는 실험 전과 후의 평균값을 비교하였을 때 그 값이 감소해야 한다. 실험 결과 평균값이 감소하는 것을 볼 수 있어 그 의미로 보았을 때 유의한 파라미터로 볼 수 있다.

Shimmer의 평균값을 보면 모음에서는 감소하나 문장에서 반대로 증가하는 것을 볼 수 있다. Shimmer가 모음과 문장에서 반대되는 값의 변화로 인하여 변수의 유의성을 증명할 수 없기 때문에 이 파라미터는 유의하다고 볼 수 없다.

이와 같이 일정한 변화를 보인 파라미터는 찾았으나 유의한 파라미터로 볼 수 없는 원인 중 하나는 피험자들이 이 단조작업에 대해 지루함을 느끼지 못한 점을 꼽을 수 있다. 실험 종료 후 피험자들의 소감은, 1~2단계에서 지루하게 느껴졌던 작업이, 점점 문제 풀이에 흥미를 느끼기 시작하며 이 덧셈 연산을 모두 맞추겠다는 의지가 생겨, 지루함을 덜 느꼈다고 말하였다. 이것은 단조작업 A가 피험자들에게 단조감을 주지 못했다는 것을 말해주므로, 이 실험은 정신피로와 음성과의 상관관계를 증명해 주는 실험이 아니라고 판단된다.

5.2 단조작업 B 실험결과 분석

단조작업 B에서 구한 실험 전과 후의 F0_mean, F0_std, Jitter, Shimmer 평균값이 <표 7>에 보인다.

표 7. 단조작업 B에서의 음성 파라미터 평균값 변화
Table 7. Mean values of speech parameters for the task B

음성파라미터 이름	녹음자료 유형	실험 전 (1회)	실험 후 (7회)
F0_mean (Hz)	모음 7개 평균	150	145
	단문 11개 평균	150	144
	한 문단 평균	150	144
F0_std	모음 7개 평균	6.6	4.7
	단문 11개 평균	22.0	20.0
	한 문단 평균	20.8	19.5
Jitter (%)	모음 7개 평균	0.34	0.28
	단문 11개 평균	1.79	1.71
Shimmer (%)	모음 7개 평균	1.93	1.57
	단문 11개 평균	7.40	7.05

F0_mean의 평균값 변화를 살펴보면, 실험 전에 비해 실험 후의 평균값이 일정하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 피험자들에게 피로가 부과되어 음성에 영향을 미쳐 실험이 진행될수록 음성이 저음으로 변화하고 있다고 볼 수 있다.

피로를 부과하였을 경우에 기본주파수의 변화 폭이 감소하므로 F0_std의 평균값들이 감소해야 한다. 실험 결과 F0_std의 실험 후 평균값이 실험 전에 비해 감소하는 것을 알 수 있다.

Jitter와 Shimmer의 경우에는 실험 전과 후의 평균값을 비교하였을 때 그 값이 감소해야 한다. 실험 결과 평균값이 감소하는 것을 볼 수 있어 그 의미로 보았을 때 Jitter와 Shimmer 모두 유의한 파라미터로 볼 수 있다.

단조작업 B에서 F0_mean, F0_std, Jitter, Shimmer의 평균값 변화를 살펴본 결과, 평균값이 일정하게 변할 뿐만 아니라 변수의 의미에 맞게 평균값이 변화하여 이 파라미터들은 음성과 정신피로와의 상관관계에서 유의한 변수라고 판단된다. 따라서 단조작업 B가 음성과 피로와의 상관관계를 증명해 줄 수 있는 실험이라고 본다. 이와 같은 실험 결과는 단조작업 B에서 피험자가 임의로 선택한 2개의 숫자와 프로그램이 무작위로 제시한 숫자들이 일치할 확률이 낮기 때문에, 실험 종료 후 피험자들이 매우 지루한 실험이었다는 소감과 일치하는 결과를 보여 준다.

6. 결론

본 논문은 음성기술표를 이용하여 음성과 정신피로와의 상관관계를 알아보기 위한 연구로, 주관적 설문지와 단조작업을 각각 두 가지 설계하고, 피험자 30명이 단조작업을 수행하면서, 단계별로 설문지 항목에 대한 응답과 음성 녹음 데이터를 수집하고, 두 가지의 단조작업 중 어느 것이 음성과 피로와의 상관관계를 증명해 줄 수 있는지, 그리고 음성 파라미터 중에서 정신피로와 상관관계가 있는 유의한 변수에는 어떤 것들이 있는지에 대해 알아보았다.

주관적 설문지 항목별로 1~5점의 점수를 주고 각 항목마다 단계별로 평균을 내어 변화를 분석하여 의미 있는 항목과 의미 없는 항목으로 분류하였다. 그 결과 단조작업 A, B 모두에서 7개의 항목이 의미 있는 항목으로, 4개의 항목이 의미 없는 항목으로 분류되었다. 이렇게 분류된 항목 중 의미 없는 항목들은 제외시키고, 의미 있는 항목들로 하나의 주관적 설문지를 설계하여 제안하였는데, 이 설문지를 향후 연구에 적용한다면 보다 정확한 데이터 수집에 도움이 될 것이다.

두 가지 단조작업에 대해 실험 결과를 분석하여 어떤 단조작업이 음성과 피로와의 상관관계에 대해서 증명해 줄 수 있는지, 음성과 피로와의 상관관계를 나타내는 음성 파라미터에는 어떤 것이 있는지 알아보았다. 단조작업 A에서는 파라미터

들의 평균값 변화는 일정하나 변수의 의미와 맞지 않는 변화를 보여, 단조작업 A는 적합한 실험이 아니라고 판단된다. 단조작업 B는 4개 파라미터들의 평균값 변화가 일정하고 변수의 의미와 맞는 변화를 보여, 단조작업 B를 통하여 음성과 피로와의 상관관계를 증명할 수 있다고 본다. 여러 가지 음성 파라미터들을 분석한 결과, 성도필터 파라미터는 정신피로와 모두 관련이 없고 음원 정보 파라미터인 F0_mean, F0_std, Jitter, Shimmer 등이 의미 있는 결과를 보여 주었다.

본 연구는 음성을 통하여 정신피로를 측정할 수 있는가 여부에 대한 타당성 연구로, 향후 연구에서는 본 논문에서 실험한 단조작업 B와 새롭게 제안한 주관적 설문지를 사용하면 보다 정확한 음성과 정신피로와의 상관관계에 대해 규명할 수 있고 보다 많은 유의한 음성 파라미터를 찾을 수 있을 것이라고 생각된다. 추가적으로, 단조작업을 시작하기 전 피험자들에게 충분한 실험 목적과 방법에 대한 사전 설명과, 주관적 설문지 항목별 점수에 대하여 보다 세밀한 점수 배정이 필요할 것이다. 그리고 본 논문에서는 학생들을 대상으로 테스트 했는데, 향후 연구에서는 좀 더 넓은 연령대의 사람들을 상대로 실험하는 것이 바람직할 것이다. 본 논문에서는 피로를 측정하는 방법에 대한 연구에 치중한 반면에, 향후 연구에서는 더 나아가 피로를 진단하는 모델의 고안도 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Choi, E. S. and Song, M. S. (2003). Concept analysis : Fatigue. *Journal of Korean Academy of Women's Health Nursing*, Vol. 9, No. 1, 61-69.
(최의순, 송민선 (2003). 피로의 개념 분석. *여성건강간호학회지*, 9권 1호, 61-69.)
- [2] Tylee, A. and Gandhi, P. (2005). The importance of somatic symptoms in depression in primary care. *Primary Care Companion J. Clinic Psychiatry*, Vol. 7, 167-176.
- [3] Lee, M. S. and Joe, S. H. (2007). Biological aspects of fatigue. *Korean J. Psychosomatic Medicine*, Vol. 15, No. 2, 65-72.
(이문수, 조숙행 (2007). 피로의 생물학적 측면. *정신신체의학*, 15권 2호, 65-72.)
- [4] Yun, Y. H., Ko, H. W., Kim, D. Y., Lee, C. M. (1999). Assesment of mental fatigue during monotonous task. *Proc. Autumn Conf. The Korean Society For Emotion & Sensibility*, 222-226.
(윤용현, 고한우, 김동윤, 이창미 (1999). 단조작업에 의한 정신피로의 평가 - 생리신호를 중심으로. *감성공학 추계학술대회 논문집*, 222-226.)
- [5] Kim, S. W., Park, S. J., Lee, Y. S. (2003). Development of evaluation method of driver's fatigue by physiological signal.

- Proc. Spring Conf. KASE*, 1208-1212.
(김선웅, 박세진, 이영신 (2003). 생리신호를 이용한 운전자 피로감 평가 방법 개발. 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, 1208-1212.)
- [6] Ko, H. W., Yun, Y. H., Kim, D. Y., Lee, C. M. (2000). Measurement and assessment of mental fatigue using biosignals during monotonous task. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, Vol. 3, No. 1, 1-6.
(고한우, 윤용현, 김동윤, 이창미 (2000). 생리신호를 사용한 단조 작업 수행시 정신피로도의 측정과 평가. 한국감성과학회지, 3권 1호, 1-6.)
- [7] Lal, S. K. and Craig, A. (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological Psychology*, Vol. 55, 173-194.
- [8] Lin, C. T., Wu, R. C., Jung, T. P., Liang, S. F., Huang, T. Y. (2005). Estimating driving performance based on EEG spectrum analysis. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, Vol. 19, 3165-3174.
- [9] Kim, S. W. and Park, S. J. (2002). An assessment method of fatigue in a long-term driving. *Proc. Spring. Conf. Korean Management Science*, 772-778.
(김선웅, 박세진 (2002). 장시간 주행에 따른 피로도의 평가방법에 관한 연구. 한국경영과학회 춘계학술대회논문집, 772-778.)
- [10] Jeong, O. R. (1994). Speech overall evaluation. *Proc. 2nd Conf. Korean Society of Spoken Language*, 101-109.
(정옥란 (1994). 음성총괄평가. 제2회 대한음성언어학회 학술대회 논문집, 101-109.)
- [11] Han, S. M., Kim, S. B., Kim, J. Y., Kwon, C. H. (2011). A preliminary study on correlation between voice characteristics and speech features. *The Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 3, No. 4, 85-91.
(한성만, 김상범, 김종열, 권철홍 (2011). 목소리 특성의 주관적 평가와 음성 특징과의 상관관계 기초연구. 말소리와 음성과학, 3권 4호, 85-91.)
- [12] Website, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>. March 1, 2013.
- [13] Website, <http://www.kayelemetrics.com>. March 1, 2013.
- [14] Lee, C. M., Ko, H. W., Yun, Y. H. (2000). The study on Korean-version-questionnaire for measurement of mental fatigue during monotonous task. *Proc. Spring Conf. The Korean Society for Emotion & Sensibility*, 195-202.
(이창미, 고한우, 윤용현 (2000). 단조작업시 정신피로도 측정을 위한 한국어판 질문지에 관한 연구. 한국감성과학회 춘계학술대회 논문집, 195-202.)
- **송승규 (Song, Seungkyu)**
대전대학교 정보통신공학과
Tel: 04-280-2567 Fax: 042-280-2559
Email: sskclub@lycos.co.kr
관심분야: 음성기술
현재 대전대학교 대학원 석사과정
 - **김종열 (Kim, Jongyeol)**
한국한의학연구원 한의의료기술연구그룹
대전광역시 유성구 유성대로 1672
Tel: 042-868-9489 Fax: 042-868-9480
Email: ssmed@kiom.re.kr
관심분야: 사상체질의학
현재 한국한의학연구원 책임연구원
 - **장준수 (Jang, Junsu)**
한국한의학연구원 한의의료기술연구그룹
대전광역시 유성구 유성대로 1672
Tel: 042-868-9320 Fax: 042-868-9480
Email: junsu.jang@kiom.re.kr
관심분야: 영상인식, 음성처리, 한의공학
현재 한국한의학연구원 선임연구원
 - **권철홍 (Kwon, Chulhong)** 교신저자
대전대학교 정보통신공학과
Tel: 04-280-2555 Fax: 042-280-2559
Email: chkwon@dju.ac.kr
관심분야: 음성신호처리, 한의공학
현재 정보통신공학과 교수