

정신피로와 음성특징과의 상관관계 측정

Measuring Correlation between Mental Fatigues and Speech Features

김 정 인¹⁾ · 권 철 홍²⁾

Kim, Jungin · Kwon, Chulhong

ABSTRACT

This paper deals with how mental fatigue has an effect on human voice. For this a monotonous task to increase the feeling of the fatigue and a set of subjective questionnaire for rating the fatigue were designed. From the experiments the designed task was proven to be monotonous based on the results of the questionnaire responses. To investigate a statistical relationship between speech features extracted from the collected speech data and fatigue, the T test for two-related-samples was used. Statistical analysis shows that speech parameters deeply related to the fatigue are the first formant bandwidth, Jitter, H1-H2, cepstral peak prominence, and harmonics-to-noise ratio. According to the experimental results, it can be seen that voice is changed to be breathy as mental fatigue proceeds.

Keywords: mental fatigue, monotonous task, speech features, correlation

1. 서론

피로는 일상생활에서 많이 경험하는 증상으로 건강 측면에서 관심을 가져야 할 문제이다. 피로는 여러 가지 활동으로 인해 초래되는 육체적인 또는 정신적인 소진이라고 말할 수 있다[1]. 육체적인 피로와 정신적인 피로 중에서 본 논문에서는 정신피로를 다룬다.

현대의 사무실 환경에서는 처리해야 할 정보량의 증가에 따라 사무작업에 대한 중요성이 증가하고 있는데, 사무작업의 생산성이 떨어지는 원인은 수행해야 할 작업의 단순함에 있다. 근래 들어 급격히 증가하는 컴퓨터, 스마트기기 등 첨단매체의 활용으로 사무작업이 반복적으로 이루어지는 단순작업화 되어, 사무종사자는 피로감이나 지루함 등으로 사무 능력이 저하되고 있다[2]. 또한, Tylee와 Gandhi 등은 피로는 일상

생활에서 흔히 경험하는 증상으로 우울증의 원인 중 하나가 스트레스로 인한 피로라고 하였으며, 정신과 환자들 중에서 피로로 고통 받는 환자들의 비율이 높다고 보고하였다[3][4]. 이와 같이 정신피로의 원인은 단순작업과 스트레스로 볼 수 있는데 본 논문에서는 단순작업에 의한 정신피로를 다룬다.

기존 연구에서 이러한 단순작업에 의한 정신피로를 정량적으로 평가하기 위한 방법으로 주로 인체의 생리신호를 사용하였는데[2][5][6], 뇌전도(EEG, Electroencephalogram), 심전도(ECG, Electrocardiogram), 맥파(Photoplethysmogram), 피부온도(Skin-temperature), 호흡(Respiration) 등을 측정하는 방법을 사용하였다.

생리신호를 이용하여 피로를 측정하는 기존의 방법은 의료장비가 필요하며 피험자의 신체에 부착하여 측정하므로, 측정하는 절차가 복잡하고 피험자에게 불편을 주는 방법으로, 실험실 환경이 아닌 일상생활에서 이 방법을 적용하기에는 무리가 있다. 본 논문에서는 수집이 용이한 사람의 음성신호를 이용하여, 일상생활에서 정량적이고 객관적으로 피로 측정이 가능한 방법을 연구한다[7].

본 논문에서는 음성신호와 단순작업에 의한 정신피로간의 상관관계를 규명하여 음성신호를 이용하여 정신피로를 측정하는 것이 가능한지를 밝힌다. 이를 위하여 정신피로를 부과하는 단순작업을 설계하여 피험자들이 이 작업을 수행한다.

1) 대전대학교 in10408@naver.com

2) 대전대학교 chkwon@dju.ac.kr, 교신저자

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. NRF-2013R1A1A4A01005974)과, 2014년도 미래창조과학부의 고용계약형 SW석사과정 지원 사업으로 수행한 결과임

접수일자: 2014년 5월 13일

수정일자: 2014년 6월 16일

게재결정: 2014년 6월 20일

피험자들이 작업을 수행하면서 주관적으로 느끼는 정신피로감을 파악하기 위하여 주관적 설문지를 설계한다. 단순작업과 주관적 설문지 결과를 이용하여 설계한 작업이 단순작업인가 여부를 검증한다. 피험자들이 단순작업을 수행하면서 녹음한 음성DB에서 특징 파라미터를 추출하여 단순작업 단계별로 통계 처리한다. 마지막으로 정신피로와 음성특징 파라미터와의 정량적인 상관관계를 도출해 내어 정신피로에 따라 음성이 어떻게 변하는 가를 알아본다.

2. 정신피로 측정 과정 설계

정신피로를 측정하기 위하여 설계한 전체 실험과정은 <그림 1>과 같다. 먼저 실험을 시작하기 전에 피험자에게 실험의 의도 및 방법에 대해 설명해 주고, 수행해야 할 단순작업과 녹음과정에 대해 설명을 하여 긴장감을 해소시키고, 본 실험에서는 관리자의 배석 없이 피험자 혼자 실험을 수행한다. 녹음/설문지 과정은 단순작업을 수행하면서 총 7회를 실시하며 음성 데이터를 녹음하고 피로감을 묻는 주관적 설문지에 응답을 한다. 6회 반복 진행되는 단순작업은 2.1절에서 기술한다. 녹음/설문지 작업은 5분간, 단순작업은 10분간 진행하여, 전체 실험과정은 휴식 없이 총 1시간 35분 소요된다.

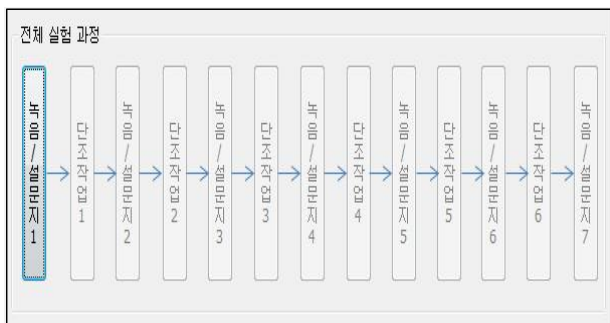


그림 1. 정신피로 측정 전체 실험과정
Figure 1. An experimental procedure for measuring mental fatigue

2.1 단순작업 설계

피로감을 유발시키는 단순작업은 <그림 2>와 같이 설계한다. 이 작업은 모니터 화면의 임의의 위치에 제시되는 숫자를 1부터 100까지 순서를 찾아 해당되는 숫자의 버튼을 누르는 작업이다. 즉 1, 2, 3 등과 같이 숫자의 순서를 찾는 작업이다. 작업을 진행하면서 단조로움을 증대시키기 위하여 이 작업을 총 6회 반복하여 실시한다. 이 작업은 정신을 집중시켜야 하고 지속적으로 단순 반복하는 작업이다. 단순작업 부과 실험을 설계할 때 신체적 피로감은 적고 지루함을 극대화 하는 점을 고려하였다.

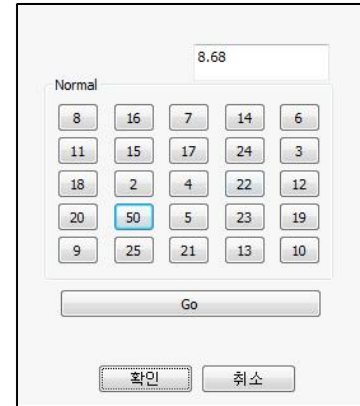


그림 2. 단순 작업 화면
Figure 2. A scene of the monotonous task

2.2 주관적 설문지 설계

2.1절에서 기술한 정신피로를 유발시키는 단순작업을 수행하면서 이 작업이 피로감을 유발시키는가를 평가하기 위하여 설계한 주관적 설문지는 <그림 3>과 같다. 이 설문지는 편안하다, 두근두근, 졸린다, 생각이 무디다, 지루하다, 일하기 싫다, 집중곤란 등을 평가하기 위한 7개의 질문과, 신체적 피로감과 정신적 피로감을 평가하기 위한 2개의 질문 등 전체 9개의 질문으로 구성되어 있다. 설문지는 각 질문 항목에 대해 '매우 그렇지 않다' ~ '매우 그렇다'의 10개 구간으로 1점에서 10점까지 점수를 주도록 구성되어 있다. 피험자가 각 항목에 대해 점수를 체크하면 응답 데이터가 자동 저장된다.

그림 3. 주관적 설문지
Figure 3. A subjective questionnaire

2.3 음성DB 수집 과정

피험자는 20세에서 28세까지의 연령분포를 보이는 남자 대학생 30명을 선정하였는데, 이들은 성대 및 후두에 대한 병력이 없는 대학생들이다.

단순작업은 조용한 연구실에서 수행되었으며, 음성 데이터는 마이크 AKG-D880을 사용하여 PCM 16비트, 모노 형식, 샘플링 주파수 16,000 Hz로 수집하였다. 피험자는 앉은 상태에서 단순작업을 수행하면서 모음 ‘아’를 2초간 2회씩 발생하고, 연속해서 3~8어절로 구성된 단문들을 발생한다. 아래에 보이는 단문들은 한국전자통신연구원의 화자인식 음성 DB 수집용 문장이다[7].

“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 거울이 제일 좋다. 동생들은 택시를 타고 학교에 간다.”

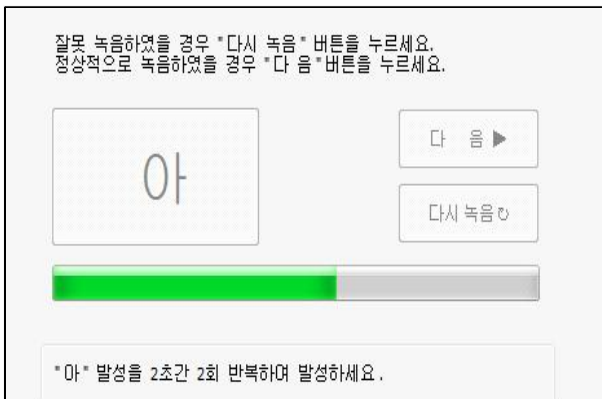


그림 4. 녹음 과정
Figure 4. A recording process

3. 음성 특징 파라미터

정신티로와 상관관계가 있는 음성 특징 파라미터를 찾기 위하여, <표 1>에 보이는 음성신호의 성도필터와 관계된 파라미터와 <표 2>의 음원정보와 관련된 파라미터를 광범위하게 연구한다[7].

성도필터와 관계된 파라미터에는 포먼트 주파수, 대역폭과 진폭, 하모닉의 진폭 H1, Long Term Average Spectral Slope (LTAS)[8], Harmonics to Noise Ratio(HNR)[9], Noise to Harmonics Ratio(NHR)[10], Voice Turbulence Index(VTI)[10], Soft Phonation Index(SPI)[11] 등이 있다.

음원정보와 관련된 파라미터에는 기본주파수 평균, 표준편차, 최댓값과 최솟값, 하모닉의 진폭, Jitter, Shimmer, Relative Average Perturbation(RAP), Pitch Perturbation Quotient(PPQ),

smoothed PPQ(sPPQ), Amplitude Perturbation Quotient(APQ), Smoothed APQ(sAPQ), Cepstral Peak Prominence(CPP)[12] 등이 있다.

표 1. 성도필터 파라미터
Table 1. Vocal tract filter parameters

성도필터 파라미터	설명
F1 ~ F4	각 포먼트 주파수
B1 ~ B4	각 포먼트의 대역폭
A1 ~ A3	각 포먼트의 진폭
H1-A1	첫 번째 대역폭(B1)의 크기
H1-A2, H1-A3	Spectral tilt
LTAS	장구간 스펙트럼 기울기
HNR05, HNR15, HNR25, HNR35	하모닉에너지와 잡음에너지의 비 HNR05는 0~500 Hz HNR, HNR15는 0~1,500 Hz HNR, HNR25는 0~2,500 Hz HNR, HNR35는 0~3,500 Hz HNR
NHR	1,500-4,500 Hz의 잡음에너지와 70-4,500Hz의 하모닉에너지의 비
VTI	2,800-5,800 Hz의 잡음에너지와 70-4,500Hz의 하모닉에너지의 비
SPI	70-1,600 Hz와 1,600-4,500 Hz에서의 하모닉에너지의 비

표 2. 음원정보 파라미터
Table 2. Speech source parameters

음원정보 파라미터	설명	음원정보 파라미터	설명
F0_mean	기본주파수평균	F0_std	F0 표준편차
F0_max	F0 최댓값	F0_min	F0 최솟값
H1, H2, H4	각 하모닉의 진폭	H1-H2, H2-H4	하모닉의 진폭 차이
Jitter	피치주기변화율	Shimmer	진폭 변화율
RAP	3 프레임에 걸친 피치주기 변화율 평균		
PPQ	5 프레임에 걸친 피치주기 변화율 평균		
sPPQ	55 프레임에 걸친 피치주기 변화율 평균		
APQ	5 프레임에 걸친 진폭 변화율 평균		
sAPQ	55 프레임 진폭변화율 평균		
CPP	기본주기에 해당하는 cepstral peak의 진폭 크기		

4. 실험 결과

4.1 주관적 설문지 응답 분석

주관적 설문지 데이터는 단순작업을 수행하는 30명의 피험자에게 수집하였고, 실험 전(1회)부터 단순작업을 수행하면서 총 7회에 걸쳐서 응답 데이터를 수집하였다. 설문지 각 항목별로 1~10점의 점수를 부과하여 피험자들의 응답에 대하여 평균을 구한 후 횡수마다 변화추이를 살펴보았다.

‘편안하다’와 ‘두근두근’ 항목은 단순작업을 단계별로 수행함에 따라 값이 감소하여야 한다. <그림 5>에 보이는 그래프를 보면 이 항목들은 1회부터 점차 평균이 감소하여 피험자가 실험부과 단계가 진행할수록 편안해지지 않는 것으로 볼 수 있어 의미가 있는 실험 결과로 볼 수 있다.

‘졸린다’, ‘생각이 무디다’, ‘지루하다’, ‘일하기 싫다’, ‘집중 곤란’, ‘신체적 피로’, ‘정신적 피로’ 항목은 단순작업을 단계별로 수행함에 따라 값이 증가해야 한다. 그래프를 보면 이 항목들은 1회부터 점차 평균이 증가하여 피험자가 실험부과 단계가 진행할수록 피로감을 느끼는 것으로 볼 수 있어 의미가 있는 실험 결과로 볼 수 있다.

이와 같은 설문지 응답 분석 결과로부터 본 연구에서 설계한 단순작업이 정신피로를 부과하는 실험이라는 것을 알 수 있다.

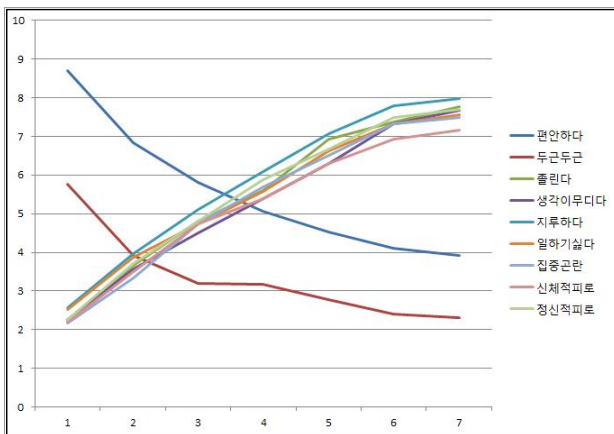


그림 5. 주관적 설문지 응답 결과

Figure 5. Results of subjective questionnaire responses

4.2 음성신호와 정신피로와의 상관관계

본 논문의 목표는 음성신호와 정신피로와의 상관관계를 통하여 정신피로가 사람의 음성에 얼마나 영향을 주는지에 대해 알아보는 것이다. 이를 위하여 피험자 30명으로부터 단순작업을 단계별로 진행하면서 수집한 모음 ‘아’와 단문들에 대하여 <표 1>과 <표 2>에 보이는 음성 파라미터 40개를 Praat[13], Voicessauce[14], MDVP[15]와 같은 음성분석 툴을 이용하여 추출하였다[16]. 모음 ‘아’에서는 F1~F4, B1~B4, A1~A3, Jitter,

Shimmer, RAP, PPQ, sPPQ, APQ, sAPQ, NHR, VTI, SPI, H1, H2, H4, H1-H2, H2-H4, H1-A1, H1-A2, H1-A3, CPP, HNR05~35 등을, 문장에서는 F0_mean, F0_max, F0_min, F0_std, LTAS 등을 추출하였다.

추출한 파라미터를 이용하여 파라미터 마다 평균값을 구하여 단순작업을 수행하기 전의 평균값과 작업을 모두 마친 후의 평균값을 비교하였다. 2개의 평균을 비교하므로 T 검정을 이용하여 통계 처리한다. T 검정은 독립표본 방식과 대응표본 방식으로 나뉘는데, 독립표본 T 검정은 케이스가 다른 두 집단의 평균을 비교하는 방식이고, 대응표본 T 검정은 같은 집단에 대해 2개의 변수를 측정된 상황에서 두 변수의 평균을 비교하는 방식이므로[17], 본 논문에서는 대응표본 T 검정 방식을 사용한다. 이와 같은 통계 처리를 위하여 SPSS v.21.0[18]을 사용하는데, 대응변수에 각 음성 파라미터의 실험 전 데이터와 실험 후 데이터를 설정하면 통계적으로 유의미한 파라미터를 도출해 낼 수 있다. 유의수준(significance level)은 0.05를 사용한다.

<표 1>과 <표 2>에 보이는 40개의 음성 파라미터와 정신피로와의 상관관계를 통계 처리한 결과, 통계적으로 유의미한 파라미터는 <표 3>과 <표 4>에서 보는 바와 같이 B1, Jitter, RAP, PPQ, H1-H2, CPP, HNR05~35 등이다. 여기에서 음성파라미터_1은 단순작업을 시작하기 전, 음성파라미터_7은 단순작업을 모두 마친 후의 음성 파라미터를 말한다.

첫 번째 포먼트 대역폭 B1은 대역폭이 넓어질수록 발음이 부정확해진다는 것을 의미한다[9]. 단순작업 후가 전보다 더 넓어진다는 실험결과에서 정신피로가 쌓임에 따라 모음 ‘아’의 발화가 불명확함을 알 수 있다.

Jitter, RAP, PPQ는 연속적인 피치의 평균 변화율을 나타내는 파라미터로, 단순작업 후가 전보다 큰 값을 갖는다는 실험 결과는 피로에 따라 피치주기의 변화가 심해진다는 것을 말한다.

H1-H2는 값이 클수록 기식음(breathiness)과, 작을수록 짜내는 소리(creaky voice)와 관계있다[19]. 단순작업 후가 전보다 큰 값을 갖는 실험결과는 피로가 진행됨에 따라 목소리가 기식화 되어 간다는 것을 의미한다.

CPP는 주기성의 강도를 보여 주는 파라미터로 기식음에서 작은 CPP 값을 갖는다[12]. 실험결과 단순작업 후가 전보다 작은 CPP 값을 보이므로 이 파라미터 역시 피로를 느끼는 목소리는 기식음이라는 것을 보여 준다.

HNR은 하모닉과 잡음의 에너지 비율로 값이 작을수록 잡음이 증가함을 보여 준다. 단순작업 후가 전보다 작은 값을 갖는다는 결과는 이 파라미터 또한 피로감 있는 목소리는 기식음이라는 것을 말한다.

실험결과를 종합해 보면, 정신피로가 진행됨에 따라 목소리의 발성은 불명확해지고 피치주기의 변화가 심해지며 기식음화 된다는 사실을 규명하였다.

표 3. 대응표본 통계량
Table 3. Paired samples statistics

대응 표본	음성 파라미터	평균	표준편차
대응 1	B1_1	231.2[Hz]	153.2
	B1_7	278.8[Hz]	160.2
대응 2	Jitter_1	0.390	0.126
	Jitter_7	0.455	0.248
대응 3	RAP_1	0.45	0.242
	RAP_7	0.54	0.280
대응 4	PPQ_1	0.43	0.206
	PPQ_7	0.53	0.265
대응 5	H1-H2_1	3.68	2.565
	H1-H2_7	4.76	2.944
대응 6	CPP_1	29.25	1.776
	CPP_7	28.30	2.977
대응 7	HNR05_1	41.89[dB]	6.496
	HNR05_7	38.73[dB]	8.621
대응 8	HNR15_1	41.47[dB]	5.600
	HNR15_7	38.18[dB]	7.231
대응 9	HNR25_1	46.80[dB]	5.879
	HNR25_7	43.50[dB]	7.289
대응 10	HNR35_1	44.39[dB]	5.731
	HNR35_7	41.62[dB]	6.807

표 4. 대응표본 T 검정 결과
Table 4. Results of paired samples T test

대응표본	대응 1	대응 2	대응 3	대응 4	
파라미터	B1_1 - B1_7	Jitter_1 - Jitter_7	RAP_1 - RAP_7	PPQ_1 - PPQ_7	
평균	-46.6	-0.069	-0.094	-0.103	
표준편차	95.3	0.184	0.248	0.230	
평균의 표준오차	17.4	0.034	0.045	0.042	
신뢰 구간	하한	-82.2	-0.1375	-0.187	-0.188
	상한	-11.1	-0.0005	-0.002	-0.017
유의확률 (양쪽)	0.012	0.049	0.046	0.021	

대응표본	대응 5	대응 6	대응 7	
파라미터	H1-H2_1 - H1-H2_7	CPP_1 - CPP_7	HNR05_1 - HNR05_7	
평균	-1.075	0.949	3.154	
표준편차	2.552	2.308	7.475	
평균의 표준오차	0.466	0.421	1.365	
신뢰 구간	하한	-2.028	0.087	0.363
	상한	-0.122	1.811	5.945
유의확률 (양쪽)	0.028	0.032	0.028	

대응표본	대응 8	대응 9	대응 10	
파라미터	HNR15_1 - HNR15_7	HNR25_1 - HNR25_7	HNR35_1 - HNR35_7	
평균	3.299	3.300	2.774	
표준편차	6.330	5.976	5.440	
평균의 표준오차	1.156	1.091	0.993	
신뢰 구간	하한	0.935	1.069	0.743
	상한	5.662	5.532	4.805
유의확률 (양쪽)	0.008**	0.005**	0.009**	

(** : 유의확률 p < 0.01)

5. 결론

본 논문에서는 정신티로가 사람의 음성에 어떻게 영향을 미치는지에 대해 알아보기 위하여 음성신호와 정신티로와의 상관관계를 도출하기 위한 실험을 수행하였다. 이를 위하여 피로감을 유발시키는 단순작업을 설계하고 주관적 설문지를 이용하여 이 작업이 단순하다는 것을 검증하였다.

피험자들이 단순작업을 수행하면서 녹음한 음성DB로부터 특징 파라미터를 추출하여, 단순 작업 전과 후의 파라미터를 이용하여 대응표본 T 검정 방식으로 통계 처리한 결과, 정신티로와 상관관계가 있는 유의미한 파라미터로 B1, Jitter, RAP, PPQ, H1-H2, CPP, HNR05~35 등을 도출해 내었다. 이들 파라미터를 분석한 결과 정신티로에 따라 발성은 불명확해지고 피치주기의 변화가 심해지며 기식음화 된다는 사실을 규명할 수 있었다.

앞으로, 본 연구에서 구한 음성 특징 파라미터를 이용하여 정신티로감의 정도를 자동으로 분류하여 제시해 주는 피로진단 알고리즘을 연구할 계획이다.

서론에서 피로는 정신적인 요인과 육체적인 요인으로 인해 발생한다고 기술하였는데, 본 논문에서는 신체적 피로감이 적은 작업을 설계하여 정신티로를 분석하는 실험을 수행하였고, 차후에는 트레드밀에서 달리기 등과 같은 육체적 피로감을 부과하는 작업을 설계하여 신체적 피로와 음성 특징과의 상관관계를 분석하는 실험을 진행할 예정이다.

참고문헌

[1] Choi, E. S., 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] Yi, 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 춘계 학술대회 논문집, 195-202.)
- [3] Tylee, A., Gandhi, P. (2005). The importance of somatic symptoms in depression in primary care. Primary Care Companion J. Clinic Psychiatry, Vol. 7, 167-176.
- [4] Lee, M. S., 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.)
- [5] 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.)
- [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] Song, S. K., Kim, J. Y., Jang, J. S., Kwon, C. H. (2013). A validity study on measurement of mental fatigue using speech technology. The Phonetics and Speech Sciences, Vol. 5, No. 1, 3-10.
(송승규, 김종열, 장준수, 권철홍 (2013). 음성기술을 이용한 정신피로 측정에 관한 타당성 연구. 한국음성학회, 말소리와 음성과학, 5권 1호, 3-10.)
- [8] Klatt, D. H., Klatt, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male speakers. J. of the Acoustical Society of America, Vol. 87, No. 2, 820-857.
- [9] Hwang, Y. S., Seong, C. J. (2008). Comparative study on the acoustic characteristics of the Korean vowel /a/ before and after LMS. Malsori, Vol. 67, 33-60.
(황연신, 성철재 (2008). 후두미세수술 전후 /아/의 음향적 특성 비교. 대한음성학회, 말소리 67호, 33-60.)
- [10] Dekrom, G. (1995). Some spectral correlates of pathological breathy and rough voice quality for different types of vowel fragments. J. of Speech Hearing Res., Vol. 38, 794-811.
- [11] Mathew, M. M., Bhat, J. S. (2009). Soft phonation index - a sensitive parameter?. Indian J. of Otolaryngology Head Neck Surg., Vol. 61, 127-130.
- [12] Hillenbrand, J., Houde, R. A. (1996). Acoustic correlates of breathy vocal quality: dysphonic voices and continuous speech. J. of Speech and Hearing Research, Vol. 39, 311-321.
- [13] Praat. (2014). Phonetic Sciences, Univ. of Amsterdam, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
- [14] MDVP. (2014). KayPentax, <http://www.kayelemetrics.com>.
- [15] VoiceSauce. (2014). A program for voice analysis, UCLA, <http://www.seas.ucla.edu/spapl/voicesauce/>.
- [16] Kim, J. I., Kwon, C. H., (2014). Qualitative classification of voice quality of normal speech and derivation of its correlation with speech features. The Phonetics and Speech Sciences, Vol. 6, No. 1, 71-76.
(김정인, 권철홍 (2014). 정상 음성의 목소리 특성의 정성적 분류와 음성 특징과의 상관관계 도출. 한국음성학회, 말소리와 음성과학, 6권 1호, 71-76.)
- [17] Seo, E. H. (2010). *Statistical analysis using SPSS 18.0*. Free Academy, 403-415.
(서의훈 (2010). SPSS 18.0을 이용한 통계분석, 자유아카데미, 403-415.)
- [18] IBM SPSS Statistics. (2014). SPSS Korea, <http://www.spss.co.kr>.
- [19] Park, H. S. (2007). An acoustic study of phonation types in vowels following consonant clusters in Korean. Malsori, Vol. 64, 53-76.
(박한상 (2007). 한국어 자음군의 후행모음에 나타난 발성유형의 음향음성학적 연구. 대한음성학회, 말소리 64호, 53-76.)

• **김정인 (Kim, Jungin)**

대전대학교 정보통신공학과
대전광역시 동구 용운동 96-3
Tel: 042-280-2567 Fax: 042-280-2559
Email: in10408@naver.com
관심분야: 음성기술
2013~현재 정보통신공학과 대학원 석사과정 재학 중

• **권철홍 (Kwon, Chulhong)** 교신저자

대전대학교 정보통신공학과
Tel: 04-280-2555 Fax: 042-280-2559
Email: chkwon@dju.ac.kr
관심분야: 음성기술, 음성과 의학과 융합연구
1997~현재 정보통신공학과 교수