

# 노인음성신호처리에서의 젠더 분석

이지연

중원대학교 생체의공학과 교수

## Gender Analysis in Elderly Speech Signal Processing

JiYeoun Lee

Professor, Department of Biomedical Engineering, Jungwon University

요 약 노화로 인한 성대의 변화는 음성의 주파수를 변화시킬 수 있으며, 그 노인음성 신호는 다양한 분석을 통해 정상음성 신호와 자동으로 구분할 수 있다. 본 연구의 목적은 기존 스마트 의료 시스템의 노령자 음성 인식 성능을 향상시키고, 음성을 이용한 편리한 인터페이스를 제공함으로써 빠르게 변화하고 있는 기술사회에서 제외될 수 있는 노인과 장애인들에게 쉽게 접근 할 수 있는 도구를 제공하는 것이다. 본 연구에서는 성 분석으로서, 연구 대상의 성별을 보고했고, 여성과 남성 음성 샘플 개수를 동일하게 사용하였다. 또한 젠더 분석을 적용하여 모든 연령의 목소리를 사용하지 않고 노령자의 목소리를 목표로 설정하여 실험을 수행하였다. 마지막으로, 우리는 성별 및 젠더 편견을 줄이기 위한 표준 및 참조 모델의 재검토 방법을 적용하였다. 본 연구에서는 70세에서 80세까지의 한국인 여성 10명과 남성 10명의 노령자 음성을 사용했다. 과형을 보고 직접 추출한 F0 값과 TF32와 Wavesufer 음성 분석 프로그램에서 추출된 F0를 비교했을 때, TF32보다 Wavesufer가 노인 음성의 F0를 더 잘 분석하는 것을 알 수 있었다. 그러나 노령자 대상 노인음성용 음성분석프로그램이 필요하며, 노령자의 음성을 분석함으로써 기존 스마트 의료 시스템의 음성 인식 및 합성 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 노인음성, 기본 주파수, 젠더분석, 장애음성, 음성분석 프로그램, 성 분석

**Abstract** Changes in vocal cords due to aging can change the frequency of speech, and the speech signals of the elderly can be automatically distinguished from normal speech signals through various analyzes. The purpose of this study is to provide a tool that can be easily accessed by the elderly and disabled people who can be excluded from the rapidly changing technological society and to improve the voice recognition performance. In the study, the gender of the subjects was reported as sex analysis, and the number of female and male voice samples was used equally. In addition, the gender analysis was applied to set the voices of the elderly without using voices of all ages. Finally, we applied a review methodology of standards and reference models to reduce gender difference. 10 Korean women and 10 men aged 70 to 80 years old are used in this study. Comparing the F0 value extracted directly with the waveform and the F0 extracted with TF32 and the Wavesufer speech analysis program, Wavesufer analyzed the F0 of the elderly voice better than TF32. However, there is a need for a voice analysis program for elderly people. In conclusions, analyzing the voice of the elderly will improve speech recognition and synthesis capabilities of existing smart medical systems.

**Key Words** : Elderly voice, Fundamental frequency, Gender analysis, Disordered voice, TF32 Wavesufer, Sex analysis

\* This research was supported by Support Program for Women in Science, Engineering and Technology through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science and ICT(No. 2016H1C3A1903202).

\* Corresponding Author : Ji Yeoun Lee(jylee@jwu.ac.kr)

Received September 4, 2018

Revised October 1, 2018

Accepted October 20, 2018

Published October 28, 2018

## 1. 서론

의료 복지 시스템을 위해 음성 인터페이스를 갖춘 스마트 디바이스가 활발하게 개발되고 있지만 대부분의 의료 기기의 경우 고령자를 고려하지 않은 인터페이스로 인해 음성 인식 및 합성시스템의 성능이 하락되는 경향을 보인다[1,2]. 현재 음성 인터페이스는 청년, 중년 및 고령자의 평균 음성 패턴을 기반으로 한 최적화 된 방법을 사용하기 때문에 표준에서 조금 벗어난 경우 음성 합성 및 인식 성능이 저하 될 수 있다[2,3]. 따라서 노인음성신호처리 연구가 필요하다.

신체의 노화는 목소리와 직접적으로 관련이 있는 성대 및 후두 조직의 조직 형태를 변화시킨다. 따라서 고령자의 목소리는 노화에 따른 후두 변화에 의해 소리의 음향 특성과 함께 이해되어야하고 그것은 기본 주파수(F0)로 측정된다[4,5]. 결론적으로, 노인의 목소리는 유아, 청소년, 젊은 성인, 중년의 목소리 등과 구별할 수 있다. 노인의 목소리 분석은 젠더 분석의 시작이 될 수 있다.

노인 신호와 관련된 많은 연구가 발표되었지만 Jitter(%) 및 Shimmer(%) 파라미터를 이용한 음향 분석에 기반을 두고 있다[3, 5-7]. 그러나 이 파라미터들은 기본 주파수(F0)에 기반하고 있기 때문에, 노인 신호의 비주기성을 측정하기 위해서는 매우 신뢰성 있는 피치 검출 알고리즘이 필요하다 [8,9]. 최근 Lee는 한국 노인 신호에 대한 객관적이고 신뢰할 수 있는 샘플 선택 방법으로 이동 윈도우 방법(Moving window method)을 제안했다. Jitter(%) 및 Shimmer(%) 및 신호 대 잡음비(Signal to noise ratio, SNR (dB))의 최소 perturbation 값을 활용했다. 또한 최소 perturbation 과 음향 파라미터의 평균값을 비교하고 노인음성 신호 샘플에서 생성된 perturbation 측정에 대한 이동 윈도우의 영향을 조사했다[10].

일부 논문에서는 고차 통계 (Higher order statistics, HOS)를 사용하여 피치를 추정한다[10-14]. 또한, 고차 통계 분석과 선형 예측 코딩 (Linear prediction coding, LPC) 잔차(Residual)의 조합은 불규칙한 음성의 신호 유형을 구별하는 중요한 정보를 효과적으로 구성하는데 도움을 줄 수 있다. 최근, Lee는 자동 의료 진단 시스템을 위한 bicoherence 추정에 기반 한 노인 신호의 특징 추출 방법을 제안했다[15].

젠더 분석은 여성과 남성의 차이에 대한 견고한 분석

을 위한 기초를 제공하며, 잘못된 가정과 고정 관념에 근거한 분석 가능성을 축소하고자 노력한다. 본 연구에서는 노인음성신호처리에서의 젠더 분석의 필요성을 설명하고, 노인음성에 젠더분석을 적용하여 TF32, Wavesufer를 이용하여 고령자의 음성의 기본주파수를 분석 하였다. 이것은 노인을 위한 기존 스마트 의료 시스템의 음성 인식 성능을 향상시킨다. 또한 음성을 이용한 편리한 인터페이스를 제공함으로써 빠르게 변화하고 있는 기술사회에서 제외될 수 있는 노인과 장애인들에게 쉽게 접근 할 수 있는 도구를 제공 할 것이다.

## 2. 젠더 혁신

세계적으로 생물학적, 사회문화적으로 형성된 남녀의 역할과 규범 등 차이에 의한 영향을 고려하는 과학기술의 ‘젠더혁신’이 도입 및 확대되고 있다. 2005년 유럽 EMA 임상시험에 젠더를 고려해야한다고 발표했다. 2011년 승인인증 작업으로써 미국 FDA 의료기기 임상시험 성별차이평가 직원지침을 발표했다. 2013년도부터 The Lancet, 미국심장학회지, 미국생리 학회지 등도 논문심사에 성·젠더 분석을 요구하고 있다. 2014년도 2월에 젠더혁신 연구정책으로써 유럽 Horizon 2020에서 연구지원 성평등에 관한 편람을 발표했다. 유럽 각국 연구지원 기관, 미국국립보건원, NSF, 빌-멜린다 게이츠 재단 등이 젠더혁신 에 대한 영향을 고려한 과제에 연구비 지원을 확대하고 있다. 학술논문 Nature 등이 논문투고 가이드에 세포, 동물, 임상 실험의 성별데이터를 요구하고 있다. 2014년도 6월 미국에서 최근’ 모두를 위한 연구 (Research for All)’ 법안 제출되었다. 미국국립보건원의 지원을 받는 모든 기초와 임상 연구에서 남성과 여성의 동물, 조직 및 세포의 통합과 별도의 성·젠더 분석을 요구하고 미국식품의약국은 약물과 여러 제품들이 여성과 남성에게 더 안전하고 보다 효과적인 치료를 제공하도록 심사를 강화할 것을 요구한다. 결론적으로 연구개발 초기 단계에서부터 성·젠더 분석의 보완 및 강화로 지식 재산 및 산업기술의 선도적 경쟁력 확보가 중요하다는 것을 보여주고 있다[16].

음성신호처리 분야에서는 기존 기계번역(Machine translation) 시스템에서 성별 구분이 모호한 문제점을 제기하고 새로운 번역 알고리즘의 필요성을 제기하였다

[16]. 과거 Text-to-speech(TTS) 시스템은 자동적으로 남성 음성만 지원해 여성 음성을 제대로 인식하지 못해 시스템 활용이 제한되었다. 남녀 음역대의 성별 차이를 반영하지 못해 나타나는 오류로서 단순한 생물적 차이뿐만 아니라 사회적 행동까지도 인식할 수 있는 ‘젠더 정체성’을 반영한 기술 개발의 필요성을 제시하였다[17].

2000년도 “연령에 따른 한국인의 음향지표 변화와 특성” 연구에서는 다음과 같은 결론을 발표하였다, 음성분석을 위한 음향지표는 연령간의 차이와 40, 50대에서 노화현상으로 인한 변화가 두드러진 것을 알 수 있다. 그러므로 현재까지 적용되어 온 획일화된 정상역치에 의해 환자의 음향지표를 분석하는 것은 부적절한 것으로 판단되며, 각 연령 군에 따라 각각의 음향지표에 대한 정상역치를 적용하여 음향학적 분석을 시행해야 될 것이다. 각각의 연령대에 따라 서로 다른 정상역치를 적용함으로써 음성질환 환자의 조기 진단과 정상적인 연령 증가에 따른 음성 변화와의 감별에 도움이 될 것으로 생각된다[18].

2010년 노령화에 따른 건강한 정상 성인의 음향음성학 특성 비교 연구를 통해, /아/, /이/, /우/의 세 모음을 사용하여 모음 간의 음향음성학 평균을 비교하였다. 50, 60, 70대 남성은 /아/, /이/, /우/ 모음에서 연령증가에 따른 음향학적 변수의 평균 차이가 확인 되었지만 여성의 경우에는 /이/ 모음에서만 의미 있는 차이를 보였다. 남성의 경우는 특히 /우/ 모음을 연장 발생할 때에 마찰성 소음이 청지각으로 뚜렷하게 지각되는 특징을 보였다. 남성은 연령이 증가할수록 성대 사이의 공간이 증가하는 양상을 보인다는 선행 연구를 고려할 때 성문 접촉률의 저하가 마찰성 소음의 증가에 영향을 주었을 것으로 예측된다고 보고하였다[19].

위의 연구와 같이 음성은 노령화를 민감하게 반영한다고 할 수 있다. 통계청의 인구 추계에 따르면 우리나라는 2000년에 이미 전체 인구의 7%가 65세 이상인 차지하는 고령화 사회(aging society)로 진입하였으며, 2020년에는 15.1%까지 증가하여 고령사회(aged society)로의 진입을 예상하고 있다. 따라서 사회 변화에 부응하기 위해 다차원인 측면에서 음성을 해석하고, 적절한 중재 방안을 제공하기 한 목적으로 음향음성 분석기가 임상에서 활용되어야 한다. 결론적으로, 유아, 청소년, 젊은 성인, 중년의 목소리 등과 구별할 수 있는 노인의 목소리 분석은 과학기술에서의 젠더 혁신의 시작이 될 수 있다.

### 3. 젠더 분석 방법

젠더 혁신 웹사이트는 과학 기술에 젠더 분석을 활용할 때 가장 최신의 일반적인 11가지 젠더 분석 방법을 제시한다[16]. 첫 번째는 우선순위 및 결과 재검토이다. 향후 진행할 연구의 우선순위에 대해 젠더가 어떤 영향을 끼칠 수 있는지 검토하는 과정이다. 예를 들면 [연구개발 프로젝트가 젠더 평등에 끼칠 수 있는 영향을 고려했을 때, 특정 프로젝트의 혜택과 문제점은 무엇인가] 그리고 [연구와 기술 개발로 인한 혜택이 성별 불문하고 모두에게 차별적 영향을 끼치는가]에 대해 고려한다.

두 번째는 개념 및 이론 재검토이다. 어떻게 젠더적 시각을 통해 한 학문의 개념 및 이론이 형성될 수 있으며 이런 개념 및 이론에 내포되어 있는 젠더적 가설은 무엇인가, 젠더에 대한 개념 및 이론이 연구 주제와 연구 방법을 선택하고 자료를 검토 및 해석하는 과정에 어떤 영향을 끼치는가에 대해 고려하는 방법이다.

세 번째, 연구문제 개발이다. 다른 연구개발 과정과 마찬가지로 젠더의 중요성을 염두에 두고 기존 연구 관행을 다시 검토하면 창의적으로 혁신적인 발전을 할 수 있다는 것이다.

네 번째, 성 분석이다. 남녀의 생물학적 차이를 구별해주는 성은 연구의 우선순위 선정, 가설 정립, 연구 설계에 있어 중요한 역할을 한다. 피험자 및 사용자의 성별 보고, 남녀 집단 사이에 나타나는 차이 및 각 집단 구성원간의 차이 인자, 피험자나 사용자의 성별과 교차하는 요소에 대한 자료 수집 및 기록, 성별 분석 및 결과 보고, 성별 차이가 없음을 보고, 메타 분석 진행에 대해 성 분석을 적용할 수 있다고 보고하고 있다.

다섯 번째, 젠더분석이다. 젠더에 대해 연구진이 가지고 있는 생각은 연구의 우선순위 결정, 연구 문제 개발, 연구 방법 선택에 무의적으로 영향을 끼친다. 이것에 과학 및 공학 분야 연구에 고정관념 및 편견을 가져올 수 있다. 따라서 [젠더에 대해 연구원 및 엔지니어가 품은 가정 중 연구에 영향을 끼칠 수 있는 것은 무엇인가], [피험자와 사용자의 젠더별 요구, 젠더에 대해 가정 및 행동 중 연구에 영향을 미칠 수 있는 것은 무엇인가], [연구원의 젠더와 피험자/사용자의 젠더는 어떤 관계가 있는가]에 대해 고려해야 한다.

여섯 번째, 성·젠더와 교차하는 요소 분석이다. 유전적 특징, 나이, 성 호르몬, 생식 상태, 체성분, 동반질환/증상,

신체사이즈, 장애 여부, 민족, 국적, 지리적 위치, 사회경제적 지위, 학력, 종교, 라이프스타일, 언어 등의 요소나 변수는 사용자나 고객, 피험자의 생물학적, 사회문화적, 심리적 측면을 보여준다.

일곱 번째, 공학 혁신 과정이다. 공학 혁신이란 민간, 공공 분야의 제품, 공정, 서비스 및 인프라 혁신을 의미한다. 공학 혁신 기술에 성·젠더 분석을 접목시키면 새로운 제품, 과정, 인프라 및 서비스 개발, 젠더 평등을 도모하고 웰빙을 증진시킬 수 있는 제품 디자인 개발, 새로운 시장 및 사업 기회 발굴 등의 성과를 얻을 수 있다.

여덟 번째, 보건 및 생명의학 연구 설계이다. 설문조사, 실험연구, 임상 실험, 현장 실험, 진향적 연구, 사례 연구 등 다양한 종류의 연구를 진행 시 성·젠더 분석이 같이 진행되어야 하며 다수의 연구 설계 단계에서도 성·젠더 요소가 접목되어야 한다.

아홉 번째, 참여적 연구 및 디자인이다. 성·젠더별로 특화된 경험을 분석하며 연구 설계에서 연구 보고 단계다.

열 번째, 표준과 참조 모델 재검토이다. 특정 남녀 집단에 대한 연구 결과를 바탕으로 개발된 표준 및 참조 모델은 추후 연구결과의 활용 시 잘못된 성과를 초래할 수 있다. 그리고 가용자료를 바탕으로 개발된 표준과 참조 모델은 보건 및 생명의학 연구과 공학 혁신 과정에서 내리는 표집 결정에 부작용을 보일 수 있다.

열한 번째, 사용 언어 및 시각적 표현 재검토이다. 의도치 않게 특정 분야에 대한 가설을 정립할 수 있는 은유법, 포괄적 언어 사용, 데이터의 시각적 표시 등에서 젠더에 대한 무의식적 가정이 내포되어 있는지 고려해야한다.

본 연구에서는 네 번째 성 분석방법을 적용하여, 성별 똑같은 음성 샘플 개수를 사용했고, 노인여성과 남성 집단의 음성에 존재하는 연구 대상의 성별별 특징을 분석하였다. 다섯 번째 젠더 분석에 의해서 모든 연령의 목소리를 사용하지 않고 노령자의 음성을 목표로 설정하여 실험을 수행하였다. 마지막으로 열 번째 분석을 적용하여 성별 및 젠더의 편견을 줄이기 위해 표준 및 참조 모델을 재검토하였다. 따라서 11가지의 젠더분석 방법을 모두 다 활용할 필요는 없고, 연구 목적에 맞는 젠더분석 방법을 취사선택하여 적용하면 된다.

## 4. 연구 방법

### 4.1 데이터베이스

노인 음성 샘플은 음성 정보 기술 산업 진흥 센터 (SiTEC)에서 수집되었다. 이 데이터베이스에서 70 세에서 80 세까지의 한국인 10명 (여성 5명, 남성 5명)의 노인 목소리를 선택하여 사용하였다. 노인 음성 샘플은 22.5 kHz로 샘플링되었으며 자세한 정보는 Table 1에서 볼 수 있다.

Table 1. Elderly voice database

Sex	Age	Number of voice samples	Sentences
Female	70-79	5	Then someone came to her desk.
		5	Then a stranger came up and asked.
Male	70-78	5	Then someone came to her desk.
		5	Then a stranger came up and asked.

### 4.2 음성 분석 프로그램

TF32는 University of Wisconsin-Madison의 Paul H. Milenkovic에 의해 개발되었다. 그것은 음성 및 기타 오디오 주파수 파형 분석을 위한 시간 - 주파수 분석 소프트웨어 프로그램이다[20].

WaveSurfer 또한 음향 음성학의 연구에 널리 사용되는 음성 및 오디오 분석 프로그램이다. 사운드 압력 파형, 스펙트럼 섹션, 스펙트로그램, 피치 트랙 등을 위한 간단하면서도 유용한 분석프로그램이다[21].

## 5. 연구 결과

그림 Fig. 1은 여성과 남성 노인 음성의 “그때 누가 그녀의 책상 앞으로 다가왔다.”의 파형을 보여준다. 발음상 시간의 차가 보이지만, 노인 음성 파형이 조금 더 높은 amplitude를 가지는 경향을 보인다.

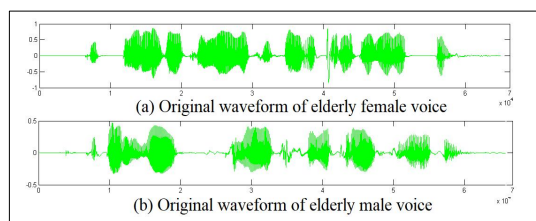


Fig. 1. Waveform of elderly

Table 2은 다양한 기본 주파수의 추출 방법을 통한 결과를 보여준다. 여성 노인음성 F\_1에서 F\_5까지, 남성 노인음성 M\_1에서 M\_5까지는 "그때 누가 그녀의 책상 앞으로 다가왔다."와 같은 문장을 발음한 것이다. 여성 노인음성 F\_6에서 F\_10까지, 그리고 남성 노인음성 M\_6에서 M\_10까지는 한국어로 "그때 웬 낮은 사람이 와서 물었다."와 같은 문장을 발음한 것을 가리킨다. 첫 번째 열은 우리가 수동으로 파형을 보고 직접 추출한 기본 주파수 F0를 나타낸다. 두 번째와 세 번째 열은 TF32와 Wavesufer가 추출한 F0를 나타낸다. 회색 셀과 해치 셀은 수동으로 추출된 F0에 가장 가까운 F0를 나타낸다. TF32보다 Wavesufer가 노인 음성의 F0를 더 잘 분석하는 것을 알 수 있다. 그렇지만 직접 수동으로 추출한 F0와 비교했을 때, 여전히 노령자 대상 노인음성 분석용 프로그램이 필요하다.

Table 2. Comparison among various extraction methods of fundamental frequency(F0)

Sex	Manual F0	TF32 F0	Wavesufer F0	
Female	F_1	162	162	166
	F_2	173	160	169
	F_3	183	187	195
	F_4	167	161	164
	F_5	210	207	210
	F_6	170	166	174
	F_7	178	164	169
	F_8	203	200	200
	F_9	206	217	219
	F_10	200	203	206
Male	M_1	131	124	133
	M_2	116	101	112
	M_3	176	169	170
	M_4	121	110	121
	M_5	125	110	120
	M_6	240	232	236
	M_7	106	100	104
	M_8	120	118	118
	M_9	133	131	132
	M_10	130	127	124

## 6. 결론

스마트 의료 기기에서 사용되는 음성 인터페이스는 현재 청년, 중년 및 노령자의 평균 음성 패턴을 기반으로

한 표준 모델을 적용한다. 표준 모델에서 조금 벗어난 경우 음성 합성 및 인식의 성능을 저하시키는 현상이 발생한다. 노령자의 목소리는 노령자를 고려하지 않은 음성 인터페이스로 인해 대부분의 스마트 의료 기기의 음성 인식 및 합성 시스템에서 사용자의 만족도를 낮추는 하나의 원인이 되고 있다.

젠더 분석은 여성과 남성 음성의 차이에 대한 분석을 위한 기초를 제공하며 이는 잘못된 가정과 고정 관념을 낮출 수 있다. 노인음성신호처리에서의 젠더 분석의 필요성을 설명하기 위해, 본 연구에서는 성 분석으로서, 연구 대상의 성별을 보고했고, 여성과 남성 음성 샘플 개수를 동일하게 사용하였다. 또한 젠더 분석을 적용하여 모든 연령의 목소리를 사용하지 않고 노령자의 목소리를 목표로 설정하여 실험을 수행하였다. 마지막으로, 성별 및 젠더 편견을 줄이기 위한 표준 및 참조 모델의 재검토 방법을 적용하였다.

본 연구에서는 70 세에서 80 세까지의 한국인 20 명 (여성 10 명, 남성 10 명)의 노령자 음성을 사용했다. 그리고 노인 음성에 젠더분석을 적용하여 TF32, Wavesufer를 이용하여 노령자의 음성의 기본주파수를 분석하였다. 파형을 보고 직접 추출한 F0 값과 TF32와 Wavesufer 음성 분석 프로그램에서 추출된 F0를 비교했을 때, TF32보다 Wavesufer가 노인 음성의 F0를 더 잘 분석하는 것을 알 수 있었다. 그러나 Wavesufer 보다 더 노인음성을 정확하게 분석 할 수 있는 노인음성 분석용 음성분석 프로그램의 개발이 필요하다.

본 연구는 노령자의 음성을 분석함으로써 기존 스마트 의료 시스템의 음성 인식 및 합성 성능을 향상시킬 것이다. 이것은 또한 빠른 사회화에서 제외 된 노인 및 장애인에게 음성과 같은 쉬운 접근 수단을 제공하여 많은 기기를 다루는데 도움이 될 것으로 기대한다.

## REFERENCES

- [1] J. Lee. (2014). KHIDI Brief. *Korea Health Industry Development Institute*. 140(2014), 1-2.
- [2] J. I. Yi, Y. K. Kim & G. J. Kim. (2017). A Study on Improving English Pronunciation and Intonation utilizing Fluency Improvement system, *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(11), 1-6.
- [3] J. C. Hwang. (2017). Voice Recognition Performance

- Improvement using the Convergence of Voice signal Feature and Silence Feature Normalization in Cepstrum Feature Distribution, *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(5), 13-17.
- [4] J. C. Kahane. (1981). *Anatomic and physiologic changes in the aging peripheral speech mechanism*, Edited D. S. Beasley & G. A. Davis, Grune & Stratton, New York, 21-45.
- [5] S. Y. Lee. (2011). *The overall speaking rate and articulation rate of normal elderly people*, Graduate program in speech and language pathology, Master these, Yonsei University.
- [6] R. T. Sataloff, D. C. Rogen, M. Hawkshaw & J. R. Spiegel. (1997). The three ages of voice. The aging adult voice, *Journal of Voice*, 11(2), 156-160.
- [7] S. Lee & S. Kim. (2014). Elderly speech analysis for improving elderly speech recognition, *Communications of the KOREA Information Science Society*, 32(11), 15-20.
- [8] J. Y. Lee & S. H. Choi. (2012). Perturbation analysis using a moving window for disordered voices, *International Journal of Engineering, Science, and Innovative Technology*, 3(1), 1-10.
- [9] J. Y. Lee. (2016). Fundamental Frequency Characteristics using Moving Window Method for Korean Elderly Voices, *International Journal of Engineering and Technology*, 8(3), 1589-1599.
- [10] J. B. Alonso, J. de Leon, I. Alonso & M. A. Ferrer. (2001). Automatic Detection of Pathologies in the Voice by HOS Based Parameters, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 4(2001), 275-284.
- [11] J. Y. Lee, S. Jeong & M. S. Hahn. (2008). Pathological Voice Detection Using Efficient Combination of Heterogeneous Features, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E91-D(2), 367-370.
- [12] J. Y. Lee, S. Jeong, H. S. Choi & M. S. Hahn. (2008). Objective pathological voice quality assessment based on HOS features, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E91-D(12), 2888-2891.
- [13] J. Y. Lee. (2012). A two-stage approach using Gaussian mixture models and higher-order statistics for a classification of normal and pathological voices, *Advances in Signal Processing on Euraship*, 252(2012). <http://asp.urasipjournals.com/content/2012/1/252>.
- [14] J. Y. Lee, S. B. Jeong, M. S. Hahn, A. Sprecher & J. J. Jiang. (2011). An efficient approach using HOS-based parameters in the LPC residual domain to classify breathy and rough voices, *Biomedical Signal Processing and Control*, 6(2), 186-196.
- [15] J. Y. Lee. (2017). Feature Extraction of Elderly Signals based on Bicoherence Estimation for Automated Medical Diagnosis System, *International Journal of Control and Automation*, 10(2), 115-128. <http://dx.doi.org/10.14257/ijca.2017.10.2.10>
- [16] KOFWST, Gendered Innovations, <http://gister.re.kr/#/main>
- [17] WISET (2013). Science and Technology Gender Innovation. Seoul : WISET. ISBN 978-89-97520-24-4
- [18] H. T. Kim, S. H. Cho, S. M. Youn, D. I. Sun & M. S. Kim. (2000). The Changes and Characteristics of Acoustic Parameters with Aging in Korean, *Korean J Otolaryngol*, 2000(43), 69-74.
- [19] S. W. Kim, H. H. Park, E. S. Park & H. S. Choi. (2010). Acoustic Characteristics of Normal Healthy Koreans with Advancing age, *Phonetics and Speech Sciences*, 2(4), 19-28.
- [20] P. H. Milenkovic. University of Wisconsin-Madison <http://userpages.chorus.net/cspeech/>
- [21] <https://en.wikipedia.org/wiki/WaveSurfer>

이 지 연(Lee, Ji Yeoun)

[정회원]



- 2001년 2월 : 한양대학교 전자전기 컴퓨터 공학부(공학 석사)
- 2003년 2월 : KAIST 전자공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : KAIST 전자공학과 (공학박사)
- 2011년 2월 : UCLA, University of Wisconsin-Madison, 연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 중원대학교 생체의공학과 조교수
- 관심분야 : 생체신호처리, 의료전자, 의공학기술
- E-Mail : jylee@jwu.ac.kr