

## 심한 소음환경에서 언어장애인 음성 인식을 향상 위한 단어선정 방법 및 장치 개선에 관한 연구

양기웅<sup>1\*</sup> · 이형근<sup>2</sup>

### A Study on Word Selection Method and Device Improvement for Improving Speech Recognition Rate of Speech-Language-impaired in Severe Noise Environment

Ki-Woong Yang<sup>1\*</sup> · Hyung-keun Lee<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Doctoral Student, Department of Computer Engineering, Kwangwoon University, Seoul, 01897 Korea

<sup>2</sup>Professor, Department of Computer Engineering, Kwangwoon University, Seoul, 01897 Korea

#### 요 약

언어장애인, 언어 사용이 불편한 분들의 경우 조금의 잡음 환경에도 음성인식률이 저하되어 사회 생활시 어려움을 겪게 된다. 언어 사용 시 불편함을 장치로 개선시킴과 동시에, 언어 장애인의 발음 특성을 고려하여 단어 선정 시 자체 개선한 단어 선정 방법을 사용하여 280개 단어를 선정하였다. 실험에 사용된 MEMS 개발 장치는 재질, 유도선 종류, 길이, 방향을 고려하여 제작되었으며 잘못된 발음으로 인한 음성과 심한 소음에서 음성 인식을 향상 위하여 개발된 MEMS 장치와 개발된 단어 선정 방법을 사용하여 개선시켰다. 개선 방법으로는 새로운 단어 선정 방법과 mems 장치를 개선하여 진행하였으며 결과를 포함하였다.

#### ABSTRACT

Speech recognition rate is lowered even in a noisy environment, and it is difficult for a person with a speech disability or an inconvenient language to use it in a social life. In addition to improving the inconvenience of using the language, 280 words were selected using the word selection method which was improved when the word was selected considering the pronunciation characteristics of the language impaired. The MEMS development device used in the experiment was made considering material, lead wire type, length and direction. We improved the speech recognition rate by using the developed word selection method and the MEMS device developed to improve the speech recognition rate due to incorrect pronunciation and severe noise. The new method of selecting words and the mems device were improved and the results were included.

**키워드** : MEMS 마이크론, 단어 선정, 음성 인식을 향상, 음향제어

**Key word** : MEMS microphone, word selection, voice recognition rate improvement, sound control

Received 15 March 2019, Revised 19 March 2019, Accepted 3 April 2019

\* Corresponding Author Ki-Woong Yang(E-mail:ygw@uos.ac.kr, Tel:+82-2-940-5128)

Doctoral Student, Department of Computer Engineering, Kwangwoon University, Seoul, 01897 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.5.555>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

단순언어장애(Specific Language Impairment : SLI) 또는 언어 사용이 불편한 경우 언어 전달시 문제가 생기게 되며, 이를 개선코자 보완대체 의사소통(Augmentative and Alternative Communication) 도구를 사용하여 보완하거나 또는 의사소통이 어려운 경우는 비구어적 의사소통 장비를 사용하여 의사를 소통하고 있다. 일상적인 핸드폰 통화의 경우 의사 소통시 언어 전달에 문제가 생기게 되며 특히 주변에 각종 잡음이 있는 경우는 부정확한 발음과 주변 영향으로 인식률이 급격하게 떨어지게 됨을 알 수 있다. 인식률 향상을 위해서는 장애인과 많은 대화를 하여 장애인 언어에 적응이 잘된 사람이 통화를 하거나, 장애인의 잘못 발음된 부분을 분석 교정시켜 주는 교정 장치를 사용하여 개선하는 방법이 있을 것이다. s/w적인 교정 방법은 음성 특성을 추출후, 추출된 음성 신호에서 오류를 검출하여 검출 오류를 교정하여 교정 장치에서 사용하는 방법이 있으며 h/w적인 방법으로 현재 음성을 교정해 주는 장치는 찾기 힘든 실정이다. 최초 입력된 data에 문제가 있을 경우 기계 및 음운처리 특성에 반영되어 인식률 하락에 결정적인 영향을 미칠 수 밖에 없다. 이를 개선코자 처음 입력 장치부터 개발된 mems 장비를 사용하여 주변 noise 입력 최소화, 음성 오류 입력 최소화, 오류 발음을 발음 교정으로 정상 발음으로 인식되도록 노력하였다.

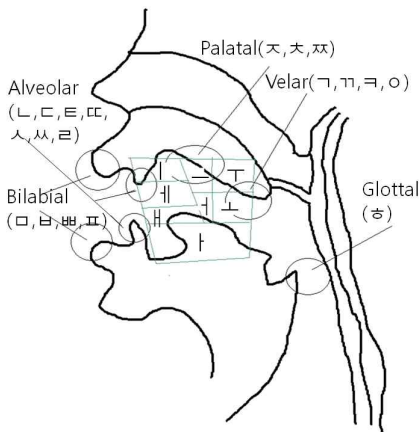


Fig. 1 Consonant and vowel position structure

자음과 모음의 구조를 그림 1로 장애의 증상과 유형을 표 1로 나타내었다.

Table. 1 Types and symptoms of language disorders

Classification	Disabled	shape	Remarks
Symptom	Articulatory disorder	Phoneme omitted	할머니→하머니
		Phoneme replacement	자리 →다리
		Pronunciation distortion	사자 →사차
		Phoneme addition	바나나→싸나나
	Hearing impairment		
	aphasia		
Stuttering			
Organic	Malnutrition disorder	Damage to the tongue Movement disorder	l, n, s, r, d, t, z, g, k
	Dysphagia	Dental damage	d, t, n, s, z
	Purity disorder	Lip damage disease	m, f, b, q, n
	Old personality disorder	Palate disease	g, k, j
Intelligent/E motional	Mental retardation		
	Emotional disorder		
	Learning disability		

## II. 처리 과정별 구현 및 분석

음성과 잡음[1]이 섞인 음향이 섞여 들어온 경우 H/W적으로는 음성 입력 초기부터 변형된 하우징을 이용한 mems 장치를 사용하여 오류를 일으킬 수 있는 잡음[2] 등의 입력을 최소로 하여 음성 인식률을 높일 수 있으며, S/W적으로는 언어 장애나 발음이 부정확한 경우 단계별 진행 과정을 알아야 어느 부분에서 잘못 인식이 이루어지는 것을 알 수 있어 체계적으로 단계별 진행 과정[3]을 파악 할 수 있게 하는 방법 및 구현 가능한 알고리즘이 요구된다. 진행 과정은 MEMS장치에서 초기 소리를 입력 후 입력된 소리는 음향 처리부에서 처리를 수행한 후 저장장치에 별도 저장되어 그림 2와 같이 DATA로 사용되게 된다.

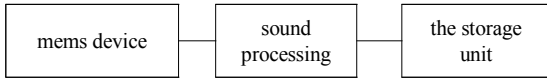


Fig. 2 Configuration step-by-step process

2.1. s/w적 방법

S/W적 방법에선 발음된 음성데이터로 각종 실험을 하기 위하여 단어의 변환 과정, 발성 관련된 장애 특성을 고려하여 단어를 선정하는 방법을 제안한다. 단어의 변환 과정을 알기 위하여 변화를 살피는 방법으로 그림 3로 개선하였으며, 개선된 방법을 음성 특성에 맞게 그림 4, 단계별 적용 과정을 그림 5로 표기하였다. 또한 적용된 음성의 단계별 변화 정도를 파악하기 위하여 표 2로 표기 하였으며, 장애 특성이 반영된 음성데이터와 기준 레퍼런스를 비교하여 분해와 합성을 통하여 단어가 변화되어 지는 과정을 예시로써 표기하였다. 이러한 과정을 고려하여 표 3과 같이 단어를 선정하였으며 선정된 단어를 중증 언어 장애인(9명)과 경증 언어장애인(1)명을 통해 발음토록 하여 결과가 우수한 경증 언어 장애인 data로 각종 실험(재질 특성에 따른 금속과 비금속, 유도선 종류 (empty 공간, string 공간), 길이 (×3, ×1), 방향(횡, 종))을 수행하였다.

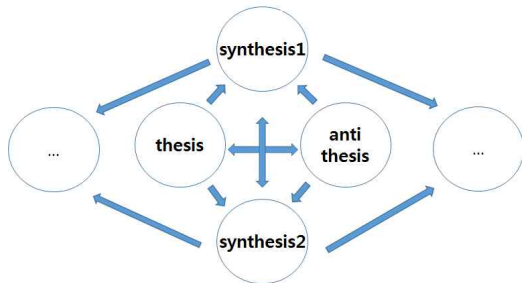


Fig. 3 Improved Variation observation method

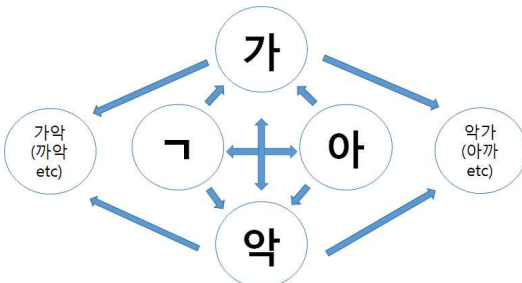


Fig. 4 Improved word application example

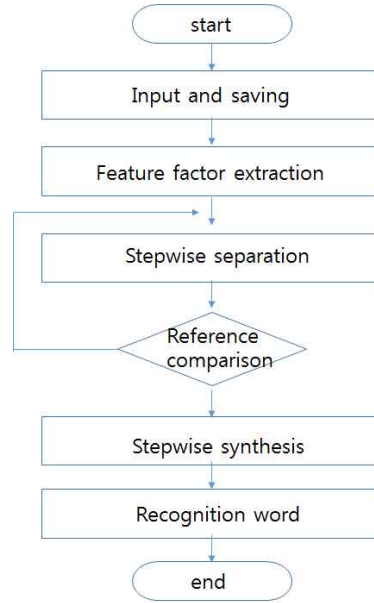


Fig. 5 Step-specific process diagram

제안된 알고리즘에선 음성이 입력될 경우 그림 5, 표 2와 같이 분해 및 합성 변환 과정을 참조하여 단어를 음운으로, 음운을 자음과 모음으로 분해하여 장애 특성이 감안된 기존 reference와 임계치 범위 안에 있는 자료를 매칭 시켜 합성해 나간다.

Table. 2 Decomposition/synthesis process (example)

Input sound	Decomposition		compare	synthesis	
	step1	step2	reference	step1	step2
까약	까	ㄱ	ㄱ	가	가약
		ㅏ	ㅏ		
	약	아	아	약	
		ㄱ	ㄱ		
아까	아	아	아	약	약가
			ㄱ		
	까	ㄱ	ㄱ	가	
		ㅏ	ㅏ		

Table. 3 Supposed Recognition experiment word

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅚ	ㅜ	ㅠ
ㄱ	가약	거억	고옥	구웁	그웁	기억	개억	계억	괴억	귀억	귀웁
	약가	억거	웁고	웁고	웁그	억기	억개	억계	억괴	억귀	억귀

	ㄱ	ㅋ	ㆁ	ㄷ	ㄸ	ㄹ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㄴ	ㄷ
ㄴ	나안 안나	너언 언너	노온 온노	누운 운누	느은 은느	니인 인니	내앤 앤내	네엔 엔네	뇌윈 윈뇌	누윈 윈누	
ㄷ	다안 안다	더언 언더	도온 온도	두운 운두	드으 으드	디익 익디	대앤 앤대	데엔 엔데	되윈 윈되	뒤윈 윈뒤	
ㄹ	라알 알라	러얼 얼러	로울 울로	루울 울루	르을 을르	리일 일리	래엘 엘래	레엘 엘레	뢰윌 윌뢰	뤼윌 윌뤼	
ㅁ	마암 암마	머엄 엄머	모음 음모	무움 움무	므음 음므	미임 임미	매엠 엠매	메엠 엠메	피웜 웜피	뫼웜 웜뫼	
ㅂ	바압 압바	버업 업버	보옵 옵보	부옵 옵부	브옵 옵브	비입 입비	배업 업배	베업 업베	뵤웜 웜뵤	뫼웜 웜뫼	
ㅅ	사앗 앗사	서엇 엇서	소웃 웃소	수웃 웃수	스웃 웃스	시잇 잇시	새엣 엣새	세엣 엣세	쇠윳 윳쇠	쉬윳 윳쉬	
ㅇ	아양 양아	어영 영어	오옹 옹오	우옹 옹우	으으 으으	이잉 잉이	에앵 앵에	외앵 앵외	위윙 윙위		
ㅈ	자앗 앗자	저엇 엇저	조웃 웃조	주웃 웃주	즈웃 웃즈	지잇 잇지	재엣 엣재	제엣 엣제	죄윳 윳죄	쥬윳 윳쥬	
ㅊ	차앗 앗차	쳐엇 엇쳐	초웃 웃초	추웃 웃추	츠웃 웃츠	치잇 잇치	채엣 엣채	최엣 엣최	취윳 윳취		
ㅋ	카알 알카	커억 억커	코옥 옥코	쿠옥 옥쿠	크옥 옥크	키익 익키	케액 액케	케이 이케	괴윌 윌괴	뤼윌 윌뤼	
ㅌ	타알 알타	터얼 얼터	토울 울토	투울 울투	트을 을트	티일 일티	태엘 엘태	테엘 엘테	퇴윌 윌퇴	튀윌 윌튀	
ㅍ	파알 알파	퍼엣 엣퍼	포윳 윳포	푸윳 윳푸	프윳 윳프	피윳 윳피	페엣 엣페	페엣 엣페	피윳 윳피	뫼윳 윳뫼	
ㅎ	하알 알하	허엣 엣허	호옹 옹호	후옹 옹후	흐으 으흐	히잉 잉히	헤앵 앵헤	헤앵 앵헤	희윙 윙희	휘윙 윙휘	

실험에 사용한 단어는 자음과 모음의 특성, 언어 장애의 특징을 고려하여 280개를 표 3와 같이 선정하였다

## 2.2. H/W적 방법

MEMS(Micro Electro-mechanical System)[4]는 마이크로 전자공학 제조기술을 사용하여 집적회로 공정과 미세가공기술을 이용한 기계적 구성요소, 집적회로 공정을 이용한 전기적 구성요소가 기판위에 일체적으로 설치된 것을 말한다.

### 2.2.1. 비어있는 소리 유도선 갖춘 mems(자체개발)

우리가 잡음 같은 원치 않는 소리나, 잡음 속에 섞인 특수한 음을 원할 때 s/w적으로는 한계가 있을 수밖에 없으며 이런 한계를 유도선 같은 h/w적인 특성으로 개선코자 하였다. 음파가 장애물과 충돌할 경우 반사, 굴절, 간섭, 회절이 발생하게 된다.

음파 전달은 공식(1)로

$$P_1 = \frac{1}{2} \mu_1 A_1^2 w_1^2 v_1 \quad (1)$$

음파 세기는 공식(2)로 표현 가능하며

$$I = \frac{1}{2} \rho A^2 w^2 v \quad (2)$$

$\mu$ 는 선밀도,  $A^2$ 은 진폭,  $v$ 는 속도,  $\rho$ 는 부피밀도를 나타낸다.

유도선의 길이와 단면적은 공식(3), 공식(4)로 구할 수 있으며 길이는

$$L = \frac{m}{\mu} \quad (3)$$

단면적

$$S = \frac{\mu}{\rho} \quad (4)$$

로 표시하며, m은 질량을 의미한다.

개발된 MEMS 장치를 그림 6과 같이 표시하였으며 소리유도선을 통과한 음성 및 주변 잡음이 포함된 음향은 진동, 공명, 맥놀이 현상이 발생되게 된다.

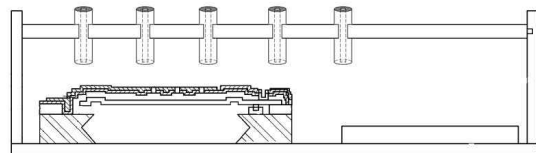


Fig. 6 Improved MEMS device 1

### 2.2.2. string이 포함된 MEMS

string의 역학적 에너지 = 운동에너지 + 퍼텐셜 에너지가 되며, 공식(5)로 표시 가능하다.

$$dE = \frac{1}{2} \mu_2 A_2^2 w_2^2 dx \quad (5)$$

시간으로 미분시 공식(6)의 p2를 얻을 수 있으며, empty공간에 string이 있는 특징을 반영하여 공식(7)의 P3을 얻을 수 있다.

$$P_2 = \frac{1}{2} \mu_2 A_2^2 w_2^2 v_2 \quad (6)$$

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (7)$$

소리유도선 및 선으로 구성된 개발된 MEMS 장치를 그림 7과 같이 표시하였으며, P1은 비어있는 소리유도선, P2는 소리유도선내 선을 의미하며 P3은 P1, P2가 합쳐진 소리를 의미한다.

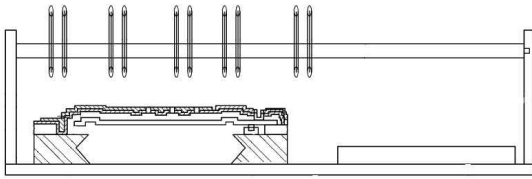


Fig. 7 Improved MEMS device 2

### III. 실험 및 결과

실험 채널수는 1(mono), 샘플링 44,100HZ, 핸드폰을 통한 최초 저장이 확장자 \*.m4a로 저장하였으며 저장된 자료를 30초 단위로 분해 \*.wav 파일로 재 저장하여 주파수 실험을 하였다. 인식을 실험은 핸드폰 특성에 맞추고자 30초 단위로 분해 후 \*.m4a로 재 저장한 자료와 최초 저장된 자료를 2개다 인식 실험을 하여 최종 인식된 자료로 인식 단어와 인식률을 설정하였다. 실험자는 언어 장애인 10명(중증 장애인 9명, 경증 장애인 1명)이나 상대적 실험 결과가 좋은 경증 장애인 자료를 사용하였으며 실험 시간은 280개 평균 5분 30초 걸렸다. 실험 환경은 심한 소음이 발생하는 에어컨 실외기가 있는 야외에서 엔진 잡음이 심한 경유차 환경에서 그림 8과 같이 핸드폰 실험을 하였다. 변형전 장치 사용, 변형 후 장치 사용으로 나누어 실험 하였으며 변형 후 장치는 소리 유도선의 종류에 따라 비금속 재질, 금속 재질로 구성하였다. 길이에 따라 ×1, ×3 두 가지 종류로 구성하였으며 소리 유도 선에 반공간과 empty 공간내 string이 삽입되어진 두 가지 경우로 나누어 실험을 하였습니다.

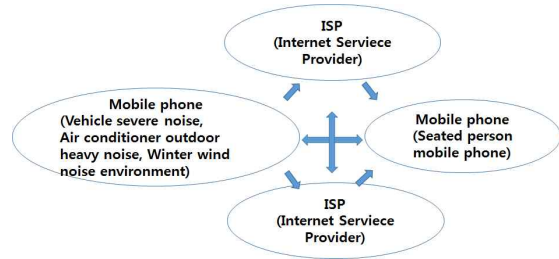


Fig. 8 Experiment environment

#### 3.1. 인식을 실험

실험에 사용한 단어는 언어 장애가 반영된 자음과 모음의 특성을 고려하여 280개를 선정하였으며, 선정된 자료는 주변 잡음 환경과 언어 장애자의 특성으로 인한 변화를 파악할 수 있도록 새롭게 도입된 방법을 사용하였다. 자음 계열 표 4, 모음 계열 표 5로 구분하여 통계를 작성하였으며 표 4, 표 5에 표기된 a와 b는 종방향, 횡방향을 나타낸다.

Table. 4 Word recognition number (consonant)

	transformation											Unmodified	
	non-metal								metal				
	string place				empty place				×1		×3		
	×1	×3	×1	×3	×1	×3	×1	×3	×1	×3			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
ㄱ	2	2	1	1	3	5	4	2	2	1	2	2	
ㄴ	2	0	2	2	1	2	4	2	1	1	3	1	
ㄷ	3	2	0	2	2	1	4	2	1	2	3	1	
ㄹ	6	2	5	4	4	5	5	3	1	5	4	5	
ㅁ	4	2	2	6	2	5	6	5	1	1	2	0	
ㅂ	1	2	1	2	4	1	2	4	1	1	3	3	
ㅅ	3	4	4	3	7	5	4	4	5	1	3	3	
ㅇ	3	1	1	6	4	4	4	4	1	2	1	0	
ㅈ	0	1	2	2	1	4	3	2	3	3	3	0	
ㅊ	4	5	5	7	4	6	5	8	8	7	8	4	
ㅋ	2	1	3	2	3	1	2	3	3	0	0	1	
ㅌ	0	2	1	3	1	1	3	1	5	1	1	1	
ㅍ	2	2	3	4	2	3	1	5	3	4	3	3	
ㅎ	3	2	3	2	1	4	0	1	4	4	5	3	

**Table. 5** Word recognition number (vowel)

	transformation												Unmodified
	non-metal								metal				
	string place				empty place								
	×1		×3		×1		×3		×1		×3		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
ㅏ	8	12	8	10	10	13	13	14	12	13	13	8	5
ㅑ	2	2	2	4	4	1	3	0	2	2	2	1	1
ㅓ	5	4	7	5	5	11	6	6	9	3	11	9	
ㅕ	2	2	1	3	4	3	3	4	4	1	3	1	1
ㅡ	1	1	1	3	3	1	0	4	1	1	1	2	
ㅣ	5	2	3	5	5	5	7	3	2	0	1	0	1
ㅞ	5	4	7	9	3	6	7	3	5	8	5	4	
ㅙ	2	0	2	3	3	3	2	6	1	3	3	1	1
ㅛ	2	1	1	2	1	2	3	3	3	2	2	1	
ㅜ	5	0	3	2	1	2	3	3	0	0	0	0	

언어 장애인의 특성을 고려하여 생략, 대치, 왜곡, 첨가 등이 반영된 유사한 언어도 인식이 된 것으로 간주하였으며 변형전과 변형후로 나누어 비교 하였다. 비금속 재질 유도선은 표 6부터 표 13까지 대부분 인식 성능률이 우수함을 알 수 있으며, 특히 empty공간 유도선 표 8는 자음 계열 단어 ㄱ, ㄴ, ㅁ, ㅂ, ㅅ, ㅇ, ㅈ과 모음 계열 단어 ㅡ, ㅣ, ㅞ, ㅟ, ㅛ에서 우수한 성질을 보이고 있음을 알 수 있다. 금속 재질 유도 선은 표 14부터 표 17까지 자음 계열 단어 ㅌ, ㅍ, ㅎ과 모음계열 ㅓ에서 우수한 성능을 발휘함을 알 수 있다. 방향과 길이에 따라서는 비금속, empty공간, 종방향, ×1 길이에서 ㅅ, ㅇ 단어 계열이 우수하며, 비금속, 선공간, 횡방향, ×3 길이에서는 ㅌ 단어 계열 인식 성능이 우수함을 알 수 있다. 변형 없이 실험 할 경우는 표 18와 같이 성능이 저하됨을 알 수 있다. 기존 mems는 입력되어진 음성으로 처리하였으나, 개발된 mems 장치는 소리 유도선이란 인위적인 장애물을 만들어 소리 제어가 가능해 졌다. 장애 없이 발생되는 소리를 모음이라 하며 입술이 벌어진 모양에 따라 원순, 평순으로 혀의 위치에 따라 전설, 중설, 후설모음으로, 혀의 높이에 따라 고모음, 중모음, 저모음으로 구분한다. 자음은 장애를 받는 정도를 말하며 위치에 따라 양순음, 혀끝소리, 구개음, 연구개음, 목청소리로 나타낸다. 발성기관의 길이는 소리유도선의 길이로, 입 크기는

empty공간의 크기로, 혀의 높낮이로 인한 장애는 empty공간내 선의 존재 유무로 생각 할 수도 있다. 재질은 속도와 연관 있으며 방향은 파의 종류와 관련 있음을 알 수 있다. 또한 긴 길이, 수평 방향, empty공간, 비금속 일 수록 성능이 대체적으로 좋았다. 표 6에선 자음계열 18, 모음 계열 21 총 39개 단어가 인식되었으며 길이가 짧고, 방향이 수직인 특성에 따른다.

**Table. 6** Recognition word(non-metal + empty place + (×1) + vertical)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅙ	ㅛ	ㅜ
ㄱ	강아					기기	액체			
ㄴ							내			
ㄷ		언덕	온도							
ㄹ			올라	올 올루				렐		
ㅁ	안마							엠넛		
ㅂ	가압	업어				구입	엡			
ㅅ	사암	서언 석	옷		스타	씨익 있지				
ㅇ	아양				응				웬	윙
ㅈ						입지				
ㅊ	차			우치	위치			체액		
ㅋ	카 아카			쿠우						
ㅌ			오토							
ㅍ	파악		포터							
ㅎ	하악									

표 7에선 자음계열 23, 모음 계열 24 총 47개 단어가 인식되었으며 방향이 수평인 특성에 따른다.

**Table. 7** Recognition word(non-metal + empty place + (×1) + horizontal)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅙ	ㅛ	ㅜ
ㄱ	가학		옥토 국			기입	액체			
ㄴ							내			원
ㄷ			온도							
ㄹ	랄라		로웍	룰루				렐 엘레		
ㅁ	엄마 안마	엄마	음모			임미				

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅛ	ㅜ
ㅂ							앱			
ㅅ	상아		소옷 웃		소음	신비				
ㅇ	아양 아								왜	윙
ㅈ	아차			주희		지진 지인				
ㅊ	차		오초	위치		차액	체액	최		
ㅋ			코							
ㅌ			오토							
ㅍ	파악 아파						에페			
ㅎ	하악 아하		홍어				오행			

표 8에선 자음계열 19, 모음 계열 28 총 47개 단어가 인식되었으며 길이 특성에 따른 모음 계열 단어가 월등하게 높게 나타남을 알 수 있다.

**Table. 8** Recognition word(non-metal + empty place + (×3) + vertical)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅛ	ㅜ
ㄱ	가학						액 액체			귀
ㄴ	안나					인디	내			윈
ㄷ	다알	더	온도			디				
ㄹ	라알 알라		올로	울룰				엘레		
ㅁ	암 안마	엄 엄마				이매	멤매			
ㅂ							앱		웹	
ㅅ	사암		속옷 웃			이씨				
ㅇ			오웅			이인			웬	위
ㅈ	자학 아차			주희						
ㅊ	차압			위치			책	체액	최	
ㅋ	아가					키위				
ㅌ			오토			티비	태			
ㅍ	아파									
ㅎ										

표 9에선 자음계열 21, 모음 계열 25 총 46개 단어가

인식되었으며 길이와 수평 방향을 고려 높게 나타남을 알 수 있다.

**Table. 9** Recognition word(non-metal + empty place + (×3) + horizontal)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅛ	ㅜ
ㄱ	가학					임기				
ㄴ							내			윈
ㄷ			온도				대체			
ㄹ								렐 엘렐	로엘	
ㅁ	마암 안마			운모		민취		엠넷		
ㅂ	방아 아바 타						앱		웹	
ㅅ	사악		웃	소음 우수						
ㅇ	아양 양아								왜	위
ㅈ	아차		좋은							
ㅊ	차앞 앞차		초옥 초	추운	위치	이체		체액		
ㅋ	아가				크					퀴즈
ㅌ						티비				
ㅍ	파악		포카			프레 스		에페 펠레		
ㅎ	하악									

표 10에선 자음계열 15, 모음 계열 20 총 35개 단어가 인식되었으며 소리 유도선내 장애를 일으키는 string 특성, 수직 방향의 영향임을 알 수 있다.

**Table. 10** Recognition word(non-metal + string place + (×1) + vertical)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅛ	ㅜ
ㄱ	악사					김				
ㄴ	나압						내			
ㄷ			동후				땡	데프 트		
ㄹ			로울 올로	룰루 울루					웹	윙
ㅁ	안마	엄마				임미		엠넷		
ㅂ	아바 타									

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅚ	ㅜ	ㅠ
ㅅ						시위 이씨				위챗
ㅇ						이익			왜	윙
ㅈ										
ㅊ	차 앞차			위치			책			
ㅋ			코							위키
ㅌ										
ㅍ	아파							에페		
ㅎ	하악		허업				해			

표 11에선 자음계열 15, 모음 계열 13 총 28개 단어가 인식되었으며 비금속에선 유일하게 모음계열 인식 단어 수보다 자음계열 단어수가 많음을 알 수 있다. 이것은 언어 특성(모음은 발성시 장애물이 없을 경우, 자음은 발성시 장애의 정도)에 따름을 알 수 있다.

**Table. 11** Recognition word(non-metal + string place + (×1) + horizontal)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅚ	ㅜ	ㅠ
ㄱ	약사						액체			
ㄴ										
ㄷ	달라		또							
ㄹ	알람			올려						
ㅁ	엄마	엄마								
ㅂ	아빠						배			
ㅅ	사악	서	속옷			시위				
ㅇ									왜	
ㅈ							재생			
ㅊ	차 앞차			우측 위치			책			
ㅋ						키위				
ㅌ			토곡 오토							
ㅍ	파악 아파									
ㅎ	하악 하하									

표 12에선 자음계열 15, 모음 계열 18 총 33개 단어가 인식되었으며 string의 장애 정도, 수직 방향에 따라 인식률이 상대적으로 저조하였다.

**Table. 12** Recognition word(non-metal + string place + (×3) + vertical)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅚ	ㅜ	ㅠ
ㄱ							액체			
ㄴ							내			원
ㄷ										
ㄹ	알라		올라	올루				렐	윙	
ㅁ	엄마	엄마								
ㅂ							앱			
ㅅ	사암	서언	옷			시리				
ㅇ							앵			
ㅈ						읽지				쥬
ㅊ	차 차앞			위치			채액	채액		
ㅋ	아가		코			키위				
ㅌ			오토							
ㅍ	파악		오포				에페			
ㅎ	하악 아하		흥어							

표 13에선 자음계열 23, 모음 계열 23 총 46개 단어가 인식되었다. 수평 방향 특성에 따른 자음과 모음계열 단어의 고른 인식과, string의 자음 계열 인식에 영향을 끼침을 알 수 있다.

**Table. 13** Recognition word(non-metal + string place + (×3) + horizontal)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅚ	ㅜ	ㅠ
ㄱ	가학									
ㄴ						있니	내			
ㄷ			또 온도							
ㄹ	랄라			를루 울룰				엘레		
ㅁ	엄마	엄마		운모 음모			멤 애매			
ㅂ	밥차						앱			
ㅅ	압사	서언				시리				
ㅇ			오공				애앵 앵애		왜	윙 위인
ㅈ						집	재생			
ㅊ	앞차	쳐	초음		위치		책	채액	최	
ㅋ	아가					키위				
ㅌ			오토		트윗			에스 택		
ㅍ	파악 아파					이피		에페		
ㅎ	하악	허팝								



표 14에선 자음계열 21, 모음 계열 18 총 39개 단어가 인식되었다. 방향, 길이를 고려시 금속 재질은 비 금속 재질에 비하여 장애인의 느린 발음 속도를 빠른 속도로 개선시켜 언어 장애인에게 문제가 되는 ㄱ, ㄷ, ㅍ계열의 단어 인식에 도움이 되나 전체적인 인식률은 저하됨을 알 수 있다.

Table. 14 Recognition word(metal + (\*1) + vertical)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅢ	ㅤ
ㄱ	약사					임기				
ㄴ							내일			
ㄷ			또봇							
ㄹ			올로							
ㅁ	엄마									
ㅂ									웹스	
ㅅ			속옷 오소	수 목수			엑셀			
ㅇ									왜	
ㅈ	자학		좋은				재상			
ㅊ	차앞 앞차		초혼 오초		위치		책	체했	최	
ㅋ	아가	컵				키위				
ㅌ	타악 안타			튜브 툰			택			
ㅍ	파악 아파		옥포							
ㅎ	하악 하하	어협	호호							

표 15에선 자음계열 19, 모음 계열 14 총 33개 단어가 인식되었다. 수평의 영향으로 자음계열 단어가 모음계열 단어보다 많이 인식되었음을 알 수 있다.

Table. 15 Recognition word(metal + (\*1) + horizontal)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅢ	ㅤ
ㄱ							액체			
ㄴ							내			
ㄷ			또봇				대			
ㄹ	라알 알람			올려			널	엘레		
ㅁ	엄마									
ㅂ							앱			
ㅅ	사									

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅢ	ㅤ
ㅇ	아								왜	
ㅈ	아차	쥬					재생			
ㅊ	차압 차		초혼		위치		책	체액	최	
ㅋ										
ㅌ	같아									
ㅍ	파악 아파		목포				팩			
ㅎ	하악 하하	허형							에헤	

표 16에선 자음계열 19, 모음 계열 22 총 41개 단어가 인식되었다. 수평의 영향으로 자음계열 단어가 모음계열 단어보다 많이 인식되었음을 알 수 있다.

Table. 16 Recognition word(metal + (\*3) + vertical)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅟ	ㅢ	ㅤ
ㄱ			오고				액체			
ㄴ	만나					있니	내			
ㄷ	다안 안다		또봇							
ㄹ	알람			올려				엘레	노엘	
ㅁ	엄마		옴							
ㅂ	아빠		보험				앱			
ㅅ	앗싸		속옷 옷							
ㅇ									왜	
ㅈ	아차			중국			재생			
ㅊ	차안		초혼 오초	우측	위치		책	체액	체했	
ㅋ										
ㅌ				오토						
ㅍ	파악 아파		옥포							
ㅎ	하악 하하	허송 허브	홍구							

표 17에선 자음계열 14, 모음 계열 13 총 27개 단어가 인식되었다. 수평의 영향으로 자음과 모음계열 단어가 고르게 인식되었음을 알 수 있다.

**Table. 17** Recognition word(metal + (×3) + horizontal)

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ㅛ	ㅜ	ㅠ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅝ	ㅞ	ㅟ	ㅠ
ㄱ			오고								액체				
ㄴ											내				
ㄷ											때				
ㄹ	알람	얼러	오올 올로	올러											
ㅁ															
ㅂ	빠암 아빠		보험												
ㅅ			옷		스웨						세액				
ㅇ															
ㅈ															
ㅊ	차안				위치						책			최	
ㅋ			코												
ㅌ			오토												
ㅍ	파악 아파		옥포												
ㅎ	하악 하하		호호												

기존 변형되지 않은 장비를 사용한 표 18에선 자음 계열 2, 모음 계열 7 총 9개 단어가 인식되었다. 언어 장애인이 심한 잡음에서 사용 시 의사소통이 어려움을 알 수 있다.

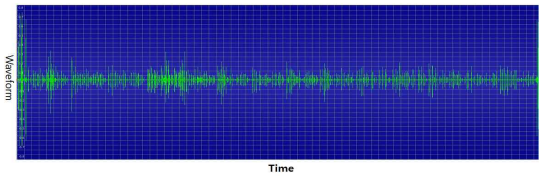
**Table. 18** Unmodified

	ㅏ	ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ㅛ	ㅜ	ㅠ	ㅡ	ㅣ	ㅞ	ㅝ	ㅞ	ㅟ	ㅠ
ㄱ															
ㄴ															
ㄷ															
ㄹ															
ㅁ	차암 안마														
ㅂ				입술											
ㅅ	아싸						시위								
ㅇ	아	어											예		
ㅈ															
ㅊ															
ㅋ															
ㅌ															
ㅍ	아파														
ㅎ															

**3.2. 주피수 모양 변화 실험**

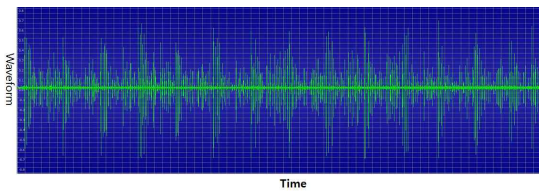
파형을 중심으로 변형전(1개)과 변형후(12개)를 표시 하였으며, 변형후는 금속(유도선, 길이(×1, ×3), 방향(횡, 종))과 비금속(유도선(empty 공간, string 삼입 공간), 길이(×1, ×3), 방향(횡, 종))으로 구분하였다. 변형 전 파형 그림 9과 변형후 파형 그림 10부터 그림 21 까지 을 비교하면 유도선 유/무와 재질(금속, 비금속)에 따라 파형이 크게 변화됨을 알 수 있으며, 구조(empty공간, string공간)는 변화가 적음을 알 수 있다. 또한 방향(횡, 종)에 따라 인식되는 단어 종류가 달라짐을 알 수 있어 언어 장애인을 위한 MEMS장치 개발 시 재질, 유도선 종류, 길이, 방향에 대한 고려가 필요하다.

그림 9은 변형전 장비를 사용 할 때이며 파형에서 진폭의 크기, 진동수가 적어 인식이 저조할 것임을 알 수 있다.



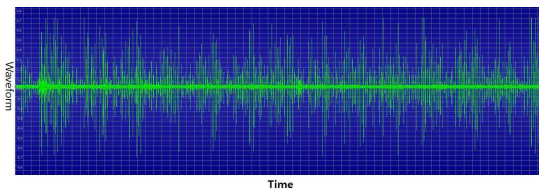
**Fig. 9** Unmodified Waveform

파형에서 금속재질(빠른 속도), 길이(고주파), 방향(수직)의 영향으로 그림 10과 같이 달라졌다.



**Fig. 10** Transformation Waveform(metal+(×1) + vertical)

파형에서 금속재질(빠른 속도), 길이(고주파), 방향(수평)의 영향으로 그림 11과 같이 달라졌다.



**Fig. 11** Transformation Waveform(metal + (×1) + horizontal)

파형에서 금속재질(빠른 속도, 길이(저주파), 방향(수직)의 영향으로 그림 12과 같이 달라졌다.

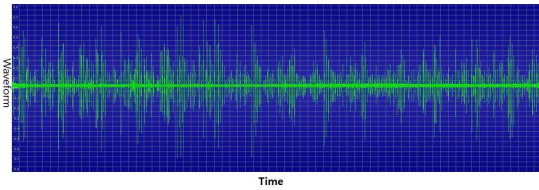


Fig. 12 Transformation Waveform(metal+(x3) + vertical)

파형에서 금속재질(빠른 속도, 길이(저주파), 방향(수평)의 영향으로 그림 13과 같이 달라졌다.

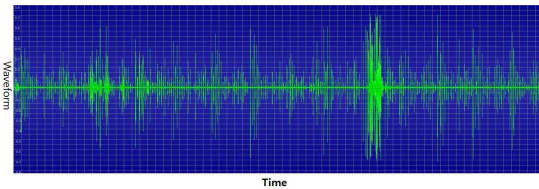


Fig. 13 Transformation Waveform(metal + (x3) + horizontal)

파형에서 비금속재질(정상 속도, string 공간, 길이(고주파), 방향(수직)의 영향으로 그림 14와 같이 달라졌다.

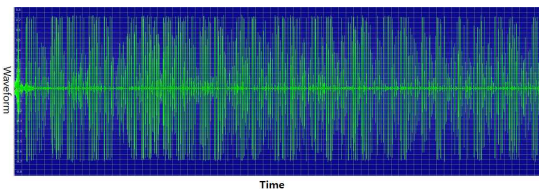


Fig. 14 Transformation Waveform(non-metal + string place + (x1) + vertical)

파형에서 비금속재질(정상 속도, string 공간, 길이(고주파), 방향(수평)의 영향으로 그림 15과 같이 달라졌다.

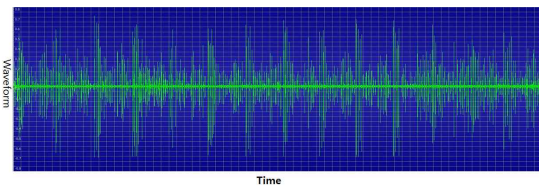


Fig. 15 Transformation Waveform(non-metal + string place + (x1) + horizontal)

파형에서 비금속재질(정상 속도, string 공간, 길이(저주파), 방향(수직)의 영향으로 그림 16과 같이 달라졌다.

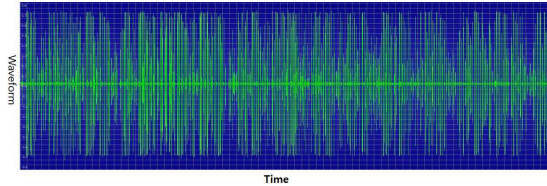


Fig. 16 Transformation Waveform(non-metal + string place + (x3) + vertical)

파형에서 비금속재질(정상 속도, string 공간, 길이(저주파), 방향(수평)의 영향으로 그림 17과 같이 달라졌다.

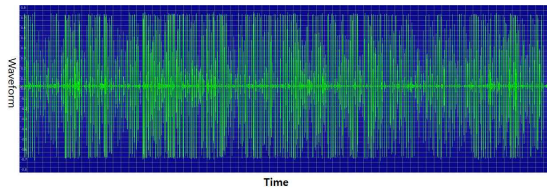


Fig. 17 Transformation Waveform(non-metal + string place + (x3) + horizontal)

파형에서 비금속재질(정상 속도, empty 공간, 길이(고주파), 방향(수직)의 영향으로 그림 18과 같이 달라졌다.

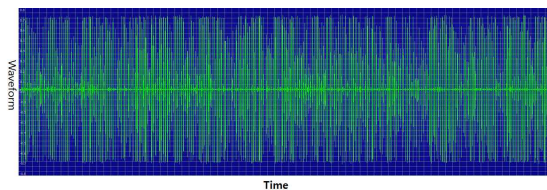


Fig. 18 Transformation Waveform(non-metal + empty place + (x1) + vertical)

파형에서 비금속재질(정상 속도, empty 공간, 길이(고주파), 방향(수평)의 영향으로 그림 19와 같이 달라졌다.

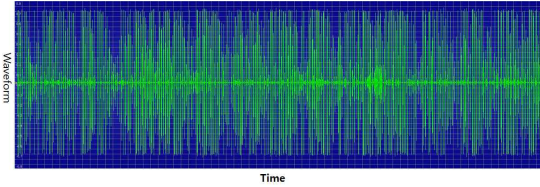


Fig. 19 Transformation Waveform(on-metal + empty place + (x1) + horizontal)

파형에서 비금속재질(정상 속도), empty 공간, 길이(저주파), 방향(수직)의 영향으로 그림 20과 같이 달라졌다.

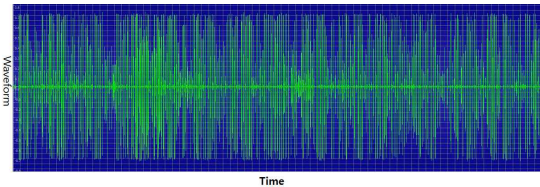


Fig. 20 Transformation Waveform(non-metal + empty place + (x3) + vertical)

파형에서 비금속재질(정상 속도), empty 공간, 길이(저주파), 방향(수평)의 영향으로 그림 21과 같이 달라졌다.

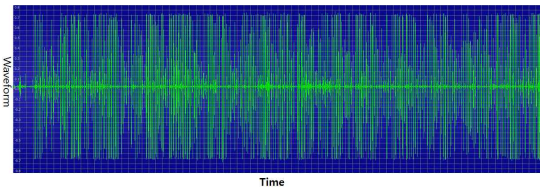


Fig. 21 Transformation Waveform(non-metal + empty place + (x3) + horizontal)

#### IV. 결 론

본 연구는 언어 장애인, 발음이 부정확한 분들의 핸드 폰 통화를 원활하게 인식[5]되도록 하기 위하여 단어선정 방법, MEMS 장치 개선(재질(금속, 비금속), 유도선 종류(empty공간, string공간), 길이(x1, x3), 방향(횡, 종))등을 고려하여 음성 인식을 변화와 파형을 중심으로 연구하였다. 정상인이 전산실 소음 환경에서 지하철

역명으로 막힌 유도선을 실험한 결과와 비교하면 변형 전 4.9%에서 2%로 하향 되었으며, 변형후는 횡 방향이면서 길이3배(46% → 16%(비금속, empty공간), 15%(비금속, string 삽입), 9%(금속))로 종방향이면서 길이가 3배(32% → 18%(비금속, empty공간), 11%(비금속, string공간), 12%(금속))로, 종방향이면서 길이 1배(24% → 13%(비금속, empty공간), 12%(비금속, string공간), 11%(금속))가 되어 언어 장애 특성과 잡음의 영향을 고려시 전체적인 음성인식률이 저하됨을 알 수 있다. 상대적으로 음성인식률이 좋은 순서는 비금속이면서 empty공간, 비금속이면서 string공간, 금속, 변형전으로 분석 되었으며 길이와 방향을 고려시 순서는 비금속이면서 empty공간 3중, 비금속이면서 empty공간 3횡, 비금속이면서 empty공간 1횡, 비금속이면서 string공간 3횡, 비금속이면서 empty공간 1중, 금속이면서 3중, 금속이면서 1중, 비금속이면서 string공간 1중, 비금속이면서 string공간 3중, 금속 1횡, 금속 3횡, 비금속 string공간 1횡, 변형전 자료로 분석되었다. 유도선의 재질, 종류, 길이, 방향을 다르게 표현할 경우 단어 특성에 따라 다른 결과를 얻을 수 있으며 언어장애나 언어 사용이 불편한 분들의 특성에 따라 개선에 도움이 됨을 알 수 있었다. 언어 장애 특성을 고려시 많은 연구[6]가 필요할 것으로 생각 하며 단어 선정, MEMS 장치[7] 뿐만 아니라 장애인 특성에 맞는 관련 알고리즘[8]도 개발이 되어야 할 것으로 생각된다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

"This paper was studied in 2018 by Kwangwoon University scholarship funding."

#### References

- [ 1 ] S. I. Kwon, N. H. Kim, "Noise Removal using Modified Switching Filter in Mixed Noise Environments," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20 , no. 6, pp. 1216-1220, 2016.
- [ 2 ] S. E. Ji, W. I. Kim, "Speech Recognition Accuracy Prediction Using Speech Quality Measure," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication*



- Engineering*, vol. 20 , no. 3, pp. 471-476, 2016.
- [ 3 ] K. W. Yang, “An Implementation of speech Recognition of Bus-Subway System Using GIS base on the Urban,” Kwangwoon University, M.S Thesis, Feb. 2000.
- [ 4 ] C. S. Kim, S. H. Jung, “A MEMS-Based Finger Wearable Computer Input Devices,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20 , no. 6, pp. 1103-1108, 2016.
- [ 5 ] S. E. Ji, J. Y. Jo, C. -K. Lee, S. Oh, W. Kim, “Context Recognition Using Environmental Sound for Client Monitoring System,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.19, no. 2, pp. 343-350, 2015.
- [ 6 ] J. Y. Lee, L. Kolasani, “Security Based Network for Health Care System,” *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, HSST, ISSN : 2508-9080, vol.1, no.1, Mar (2015), pp. 1-6, <http://dx.doi.org/10.21742/APJCRI.2015.03.01>
- [ 7 ] S. H. Sung and P. Z. Khan, “Quantitative and Qualitative Approach for IT Risk Assessment,” *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, HSST, ISSN : 2508-9080, vol.1, no.1, Mar (2015), pp. 29-35, <http://dx.doi.org/10.21742/APJCRI.2015.03.04> <http://dx.doi.org/10.21742/APJCRI.2015.03.04>
- [ 8 ] D. J. Kim, P. L. Manjusha, “Assessment of Risks in Management Factors,” *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, HSST, ISSN : 2508-9080, vol.1, no.2, Jun (2015), pp. 1-10, <http://dx.doi.org/10.21742/APJCRI.2015.06.01>



**양기웅(KI-Woong Yang)**

2000년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2005년 3월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사 수료  
 ※관심분야 : 통신, 신호처리, 인공지능



**이형근(Hyungkeun Lee)**

1987년 2월 : 연세대학교 전자공학 학사  
 1998년 2월 : Syracuse University 석사  
 2002년 2월 : Syracuse University 박사  
 2003년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수  
 ※관심분야 : 통신, 무선통신, 위성 통신, 신호처리