

論文99-36T-6-8

화자 종속 한국어 숫자음 음성 인식 다이얼링 시스템

(Voice Dialing System using Speaker Dependent Recognition for Korean Digit Speech)

朴基榮*, 申裕滉**, 金鍾玟**

(Kee-Young Park, You-Shik Shin, and Chong-Kyo Kim)

요 약

본 논문은 음성으로 다이얼링하는 시스템으로써, 화자종속 한국어 숫자음 인식을 하기 위한 하드웨어를 구성한 논문이다. 음성 다이얼링 시스템은 충격계수를 이용하여 한국어 숫자음을 인식하도록 하였다.

여기서 제안한 음성 다이얼링 시스템은 적분기, 레벨분별회로 그리고 인식프로그램으로 구성하였다. 아날로그 음성 신호는 차단주파수 4.5(kHz)를 지닌 저주파 필터를 통해 음성 다이얼링 시스템에 입력하였다. 화자 종속 한국어 숫자음 인식은 하드웨어 시스템에 의해 확실하게 인식 되었음을 확인하였다.

실험 결과는 한국어 숫자음 음성인식에 대해 평균 64(%)의 인식율이 나왔고, 숫자음 /사/, /오/, /육/, /칠/, /구/, /영/에 대해서는 100(%)의 인식율을 나타내었다.

Abstract

This paper described a voice dialing system(VDS) and its hardware implementation for a speaker-dependent recognition of Korean digit speech. The voice dialing system is based on the recognition of Korean digit speech using duty cycle. The proposed VDS consist of integrator, leveling divider circuit and recognition program.

The analog speech signal is applied to the VDS through the low-pass filter cutoff frequency is 4.5[kHz]. It is thoroughly confirmed that the speaker-dependent recognition of Korean digit speech is well behaved by the hardware system.

Experimental results show that the recognition rate is 64% in average for Korean digit speech. Moreover, a high recognition rate of 100% is obtained for digits: /4/, /5/, /6/, /7/, /9/, /0/.

I. 서 론

음성이 인간과 인간 사이의 통신 매체로서 발달하고 인간의 일상 생활에 사용되고 있는 한 기계에 의한 음

성 인식의 방법을 생각하고 실현하려고 노력하는 것은 당연하다. 그리고 음성을 다른 입력 수단에 비해 뛰어나고 사용상의 이점이 크기 때문에 음성으로 인간과 기계사이에 정보 전달이 가능하게 되면 여러 면에서 매우 편리하다. 컴퓨터와 반도체 및 정보통신 기술의 발달로 인해 음성으로 인간과 기계사이에서의 정보 정합의 중요성이 증대되기 때문에 음성인식 시스템의 개발이 매우 중요하다.

R. Bellman이 1957년 DP(Dynamic Programming)라는 수학적 기법을 제시한 후 DP기술에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.^[1, 6, 7] 특히 음성인식에서 화자의

* 正會員, 全州工業大學 情報通信科

(Dept. of Information & Communication Engineering
Jeonju Technical College)

** 正會員, 全北大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng. Chonbuk National University)

接受日字:1999年5月13日, 수정완료일:1999年6月14日

speaking rate변화로 인한 시간축 상에서 음성 패턴의 비선형 변동을 어떻게 시간 정규화시켜 인식율을 개선 하느냐 하는 문제는 매우 중요하다.^[3, 9, 11]

이러한 음성기술의 발달에 힘입어 미국에서는 1971년부터, 일본은 1982년 그리고 유럽 국가들은 1984년부터 소프트웨어(DTW, HMM, NN) 등으로 화자종속 고립단어, 연속음성 인식율이 90~98%까지 이르고 있다.^[2]

그러나 국내에서는 1992년이후 경북대, 목포대, 전북대, ETRI에서 숫자음 인식을 LPC젯스트림과 HMM으로 처리하여 72~93.78%의 인식율을 나타내고 있지만 하드웨어로 구성된 실시간 인식시스템의 실용화 단계에 이르기에는 크게 미흡한 상태에 있다.

더욱이 전화는 현대 생활에 없어서는 안될 필수품으로써, 최근에는 단순 음성 전달목적을 넘어 위성 통신을 통한 다양한 형태의 정보를 전송할 수 있는 초고속 통신망을 구축하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 전화를 걸 때, 과거의 기계식 다이얼링 접점식에서 현재의 복합 주파수(MFC)다이얼링으로밖에 발전하지 못했다. 아울러 음성인식을 위한 하드웨어 설계에서의 중요한 관점은 실시간 처리의 신속성, 편리한 이용을 위한 기능성 그리고 범용화를 통한 경제성 등에 초점을 두고 있다. 이러한 현실적 문제의 구현을 위해서는 여러 가지의 알고리즘 등을 통한 프로그램의 개발과 하드웨어 구성으로 이루어져야 할 것이다.

본 논문에서 제시한 충격계수를 이용한 음성 다이얼링 시스템 구성이란 통화하고자 하는 상대방의 전화번호를 누르는 대신에 음성(화자종속)으로 전화번호를 입력하면 음성다이얼링 시스템에서 필터링, 레벨분별회로와 마이크로 프로세서의 인식프로그램(충격계수에 의한 구별과 인식)을 통하여 전자다이얼링이 되어 상대방과 쉽게 통화할 수 있는 자동 음성 다이얼링 시스템을 구성하는 것을 의미한다.

따라서 본 논문에서 제시한 음성 다이얼링 시스템은 소프트웨어에 의한 컴퓨터상의 시뮬레이션 인식이 아니고 하드웨어 구성(그림 1.)과 설계로 이루어진 시스템 단말기를 실제 제작하여 실시간에서 음성인식 다이얼링을 실행한^[21] 시스템으로 실용화 단계에 시도된 논문이다. 이 시스템이 구현되면 사용자가 일일이 기억하지 않고도 원하는 사람과 통화할 수 있으며 특히 시각 장애인들과 노인들에게는 경이적인 서비스가 제공 되는 것이다.

II. 파라메타 선정과 회로 구성

1. 영교차율(ZCR : Zero Crossing Rate)

분석 구간 프레임 파형이 영점(zero)축과 교차하는 회수를 의미하며, 성의 분할, 분석, 인식에 유용하고 ZCR은 음성음, 무성음을 판별하는 유용한 파라메타이다.^[4, 17, 21]

유성음 : ZCR이 낮다. (에너지는 3kHz 이하에 집중)

무성음 : ZCR이 높다. (에너지는 높은 주파수에서 발견)

$$Z = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{1 - \text{sgn}[X(m+1)]\text{sgn}[X(m)]}{2} \quad (1)$$

여기서 $\text{sgn}[X(m)] = 1, X(m) \geq 0$

$$-1, X(m) < 0$$

$X(m)$ 은 단구간 내에서 sample의 크기이다.

2. 대수에너지 (LE : Log Energy)

일반적 음성신호에서 대수에너지는 무성음 부분보다 유성음 부분이 크다.

에너지 E 는 이산시스템에서

$$E = \sum_{m=-\infty}^{\infty} X^2(m) \quad (2)$$

여기서 $X(m)$ 은 샘플값

이것을 짧은 시변계 단구간으로 제한 시켜보면

$$E_n = \sum_{m=n-N+1}^n X^2(m) \quad (3)$$

샘플 n 에서 짧은 구간 에너지는 $n-N+1$ 에서 n 까지 N 개 샘플값의 제곱의 합이라는 것을 의미한다. 즉 신호가 저승되어 들어오므로 큰 신호에서는 매우 민감하다.

E_n 은 무성음 부분에서 유성음 부분을 구분(특히 무음(silence)과 무성음(unvoice))하는데 사용한다.^[5, 9, 10]

그리고 대수 에너지는 (2)식에 대수를 취해준 식이다.

$$LE(m) = 10 \log \left[\sum_{m=n-N+1}^n X^2(m) \right] \quad (4)$$

III. 시스템 구성 및 설계

한국어 숫자음 음성을 10회 발성한 것을 릴레이프 녹음기에 녹음하여 $f_c = 4.5(\text{kHz})$ 의 LPF를 통과한 후

음성특징 추출회로(적분, composition op-amp, offset balance op-amp 와 multi vibrator로 구성)를 통과하여 다시 레벨 슈미트트리거 회로에 입력된다. 여기에서 정의된 충격계수는 마이크로프로세서 인식프로그램으로 인식되고 그 결과 값에 의해 논리회로와 스위칭회로에 의해 자동 다이얼링된다.

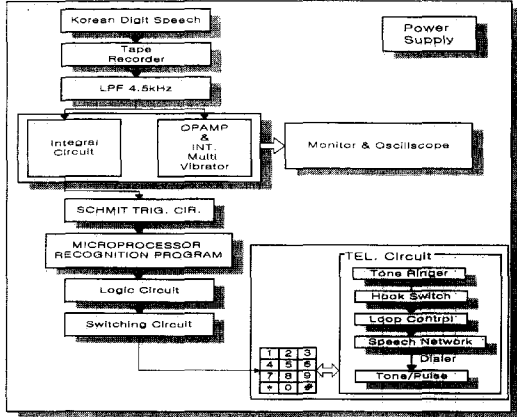


그림 1. 한국어 숫자음 인식을 위한 음성다이얼링 시스템의 블록도

Fig. 1. Block diagram of VDS for Korean digit speech.

1. 하드웨어 설계

하드웨어 설계에는 한국어 숫자 음성을 녹음할 수 있는 장비들과 숫자 음성 분석에 따른 하드웨어 설계와 전화를 걸어 줄 수 있는 스위칭 시스템이 필요하다. 이에 따른 장비와 하드웨어를 서술하면 다음과 같다.

(1) 입력부

전원은 7815, 7915 IC를 사용하여 op-amp회로, 논리 회로와 스위칭 회로를 동작 시키고, 잡음 펄스를 방지하기 위해 RC 필터 회로를 적용한다. 그리고 마이크를 끈은 주파수 특성이 좋은 콘덴서 마이크를 선택하고, 텔레이프 녹음기 TEAC X-300R을 사용한다.^[15]

(2) 증폭 및 필터부

연산 증폭기 내부에는 출력축이 쇼트(short) 되었을 경우 보호해주는 기능과 보상회로가 들어 있고 소비 전력이 적은 연산 회로를 사용하여 저역차단 필터와 증폭 회로를 구성하였다. 여기서 저역통과 필터(LPF)의 전달함수는 다음과 같다.

$$G(S) = \frac{G_0 \omega_0}{S + \omega_0} \tag{5}$$

G_0, ω_0 는 상수이며 $\omega_0 > 0$ 으로 한다. 주파수 특성을 구하면

$$|G(j\omega)| = |G(\omega)| = \frac{|G_0|}{\sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_0})^2}} \tag{6}$$

$$\omega = 2\pi f, \omega_0 = 2\pi f_0$$

$$|G(j\omega)| = \frac{|G_0|}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_0})^2}} \tag{7}$$

$$\phi(j\omega) = \phi(\omega) = -\tan^{-1}(\frac{\omega}{\omega_0}) = -\tan^{-1}(\frac{f}{f_0})$$

이다. 음성의 고주파 성분을 제거하기 위해 차단주파수(cut off frequency) f_0 는 4.5(kHz), -12.8(dB/oct)인 하드웨어를 구성하였다.

(3) 마이크로 프로세서 인식부

기계에 의한 음성인식은 입력된 음성신호의 특징추출(FFT, LPC, LPC cepstrum 등)과 기억시킨 정보(표준패턴, 패턴매칭 등)를 이용하여 음성을 인식한다.

그러나 그 음성의 특징추출 및 정보에 대한 신호처리가 무척 복잡하며, 이것을 하드웨어와 소프트웨어로 처리하는 데 있어서 실시간 처리는 어려운 문제점이 제기된다. 특히 본 논문에서 제시한 음성다이얼링 시스템에서 실시간 처리가 되지않으면 무용지물이 된다. 그래서 본 연구에서 제시한 숫자음 음성 인식에서는 충격계수(duty cycle)를 이용한 즉 음성레벨 검출과 원음 회복시간(recovery time)을 제시한다.

가. 충격계수(duty cycle)

$$\text{충격계수} = t_p / T \tag{8}$$

여기서 t_p : on time, T : period 이다.

(8)식에 나타난 바와 같이 음성의 에너지를 부분 비율로 표시한 것이다.

본 연구에서는 이 식을 10개의 한정된 숫자음에 적용시켜 숫자의 에너지 부분과 회복시간을 비교하여 인식하도록 하였다.(Fig. 2)

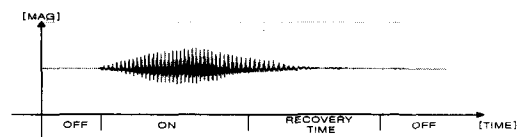


그림 2. 한국어 숫자음의 에너지도
Fig. 2. Energy graph of Korean digit speech.

나. 음성레벨의 하드웨어 구성

음성레벨 IC(스위칭회로와 슈미트트리거 회로로 구성)를 이용하여 구성하였다. 입력주파수 1(kHz)일 때 감도는 -36dBV(15.8mV)이고, 출력은 오픈 콜렉터(open collector)이다.

출력이 오픈 콜렉터이므로 풀업(pull up)저항을 접속하여 TTL레벨 출력을 꺼냈고 회복시간용 콘덴서 Cr에 따라 숫자음의 충격계수에 큰 차이를 나타내었다. 즉 입력신호의 검출레벨(-36dBV)보다 진폭이 작은 부분은 직선적으로 대응하여 L(low)레벨이된다.

(4) 출력부(논리 및 스위칭부)

전화를 걸기 위해서는 반드시 다이얼로 사용되는 키보드(key board)를 눌러야 한다. 그런데 키보드를 누를 때 다이얼링 하는 방식은 톤(tone) 방식과 펄스(pulse) 방식이 있는데 여기서는 톤 방식인 MFC(Multi Frequency Control) 다이얼을 사용한다. MFC 다이얼은 키보드부, 발진부, 전원회로로 구성되어 있다. MFC의 전기적 특성과 구조는 Table1.과 Fig. 3와 같다.

표 1. 톤방식 다이얼의 전기적 특성
Table 1. Electrical characteristics of MFC dial.

	주파수[Hz]	주파수 출력 레벨(level)
저주파군	679, 770, 852, 941±1.8%	-8dBm±2dBm
고주파군	1209, 1336, 1477±1.8%	-6dBm±2dBm

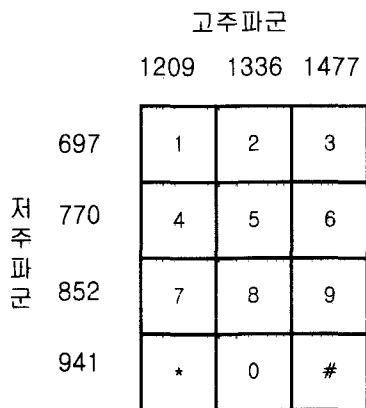


그림 3. 전화문자판과 톤주파수의 관계
Fig. 3. Arrangement of keyboard and tone frequency.

MFC 다이얼의 주파수는 IC 내부에 자동으로 조정되어 있어 조정이 필요치 않으며 출력 레벨은 외부에서

조정이 가능하다.

조정 방법은 내부의 저항에 의해 DTMF(Dual Tone Multi Frequency) level과 출력 레벨을 조정할 수 있다. 여기서 주파수 할당은 CCITT 권고에 의해 가로, 세로의 누름 버튼을 배열한 것이다. 그러므로 본 회로 설계에서는 적분, 슈미트레벨 분별 회로와 마이크로 프로세서의 인식프로그램에서 인식된 숫자음을 논리회로와 트랜지스터 스위칭에 의해 누름 버튼을 선택하도록 설계한다.

2. 소프트웨어 설계

(1) 음성 인식 알고리즘

마이크로프로세서는 Microchip technology사의 PIC 16F 8X시리즈를 이용하였다. 여기에 사용된 마이크로 프로세서는 EEPROM에 의한 프로그램 메모리 1K워드와 데이터메모리 64바이트를 내장하고 있다.^[22] 그러므로 인식프로그램을 입력시켜 숫자음을 인식하도록 했으며 그 음성인식 부분의 플로우 차트는 Fig. 4에 나타낸다.

음성검출과 음성길이의 카운트는 폴링(polling)에 의해 시행되었으며, 음성의 시작점 검출을 위하여 저역필터를 통과한 음성을 연산 증폭기의 feedforward 구성과 offset로 기준점(reference balance)을 정한 분산연산 증폭기와 단안정 바이브레이터로 인터럽트 펄스를 만들어 음성의 입력과 동시에 인터럽트 동작(operation with interrupt)으로 숫자음의 발생길이를 검출하였다. 그리고 각각의 숫자음 간격을 시간지연(time delay)을 이용한 카운트 루프로 식별하였다.

(2) 인식 프로그램 설계

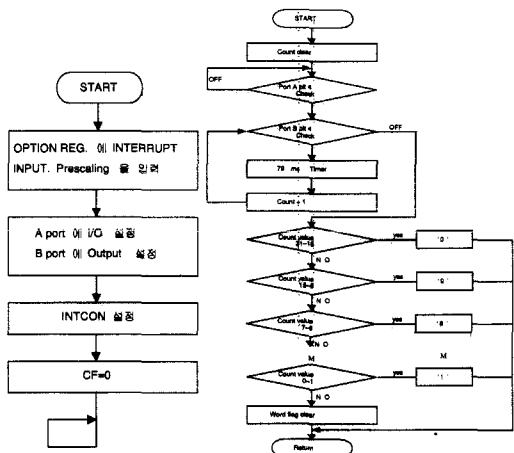


그림 4. 인식프로그램의 플로우 차트
Fig. 4. Flow chart of recognition program.

IV. 실험 및 결과

1. 실험방법

실험의 전 과정에 대한 블록 선도는 그림 1.과 같다. 한국어 숫자음 음성을 10회 발성한 것을 릴레이프 녹음기에 녹음하여 $f_c=4.5$ [KHz] 의 LPF를 통과시킨 후, 본 연구에서 제안한 하드웨어 회로(적분, 슈미트 레벨 분별회로, 인식프로그램이 저장되어있는 마이크로프로세서 회로)에 숫자음을 동시에 통과시킨다. 그 결과 인식된 숫자음이 스위칭 회로를 거쳐 MFC 다이얼링 버튼을 인식하여 전화가 걸리도록 구성한다.

2. 실험 결과

녹음기에 녹음된 한국어 숫자음과 적분회로를 통과한 한국어 숫자음 파형을 비교해 보면 녹음된 숫자음의 무 신호시 백색잡음(white noise)이 평균 $3.4[mV_{pp}]$ 였고 적분회로를 통과한 숫자음 백색잡음은 평균 $1.2[mV_{pp}]$ 로 283%로 감소하여 신호대 잡음비(S/N ratio)가 뚜렷한 차이를 보였다. 이 결과로 인해 실효치(RMS)와 펄스폭(pulse width)과 충격계수(duty cycle)에 뚜렷한 한국어 숫자음 인식에 좋은 결과를 나타내고 있다.^[21]

마지막으로 레벨 변환기와 슈미트트리거 회로를 통한 한국어 숫자음 파형에 대한 인식은 기준전압(레벨전압)에 의해 선택된 음성전압(Fig. 5)에서와 같이 각 숫자에 대한 충격계수 비율이 정확하게(35-37%) 표시되고 있다.

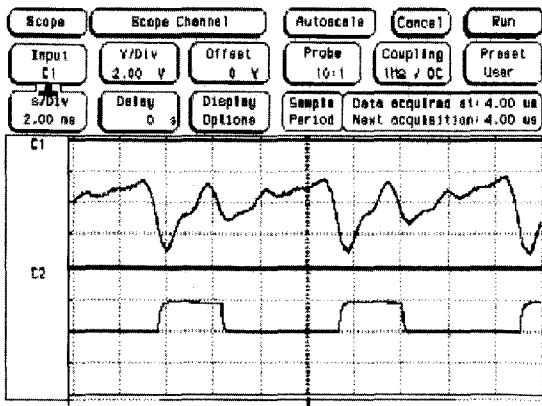


그림 5. 한국어 숫자음 /9/의 원파형과 충격계수에 의한 파형

Fig. 5. Original waveform and duty cycle waveform of Korean digit /9/.

그리고 인터럽트를 걸기 전에 발생하는 잡음과 순간적으로 생기는 펄스를 방지하기위해 하드웨어로 차터링 방지회로를 구성하여 연결하였다.

3. 실험 고찰

이상에서 제시된 하드웨어의 특성을 통과한 한국어 숫자음 인식에 대해 분석한 충격계수값을 정리해 본다. (Table 2.)

표 2. 한국어 숫자음의 충격계수율

Table 2. Duty cycle rate for korean digit speech.

	$t_w/T_{min} \sim t_w/T_{max}$	Duty cycle(%)	Remark
/일/	2.3/5.6~4.1/5.5 1.4/5.6~2.0/5.5	41~75 25~36	incorrect(Fig.6)
/이/	3.7/9.0~3.3/6.2 0.9/5.2~1.5/5.3	41~53 17~28	incorrect
/삼/	1.4/6.1~2.6/6.1	23~43	variable
/사/	2.9/5.5~3.0/5.5	53~55	correct
/오/	1.9/6.3~2.0/6.1	30~33	correct
/육/	2.3/5.6~3.9/9.3	41~42	correct
/칠/	3.9/5.3~3.9/5.1	74~76	correct
/팔/	2.0/5.1~4.2/5.3	39~79	variable
/구/	1.9/5.5~1.9/5.2	35~37	correct(Fig.5)
/영/	5.0/6.3~5.0/6.2	79~81	correct
/공/	2.9/5.8~4.2/5.1	50~82	variable

/일/과/이/는 음성특징추출 주기안에 2개의 펄스 주기가 생성되어(Fig. 6) 충격 계수를 구하기가 어려웠고, 실제인식에서도 많은 오차가 발생되었다.

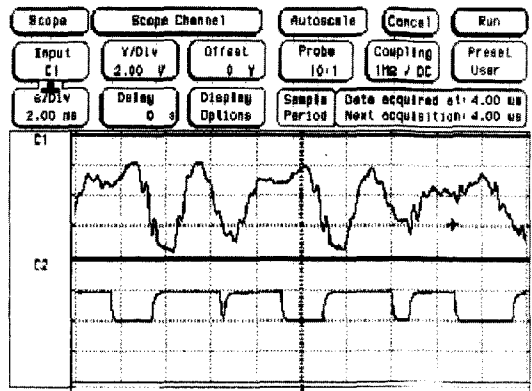


그림 6. 인식 되지 않은 한국어 숫자음 /1/

Fig. 6. Unstable recognized Korean digit speech /1/.

/삼/은 23%에서 43%의 충격계수가 나와 충격 계수율의 변화가 많았고, /사/는 53%에서 55%, /오/는 30%에서 33%, /육/은 41%에서 42%, /칠/은 74%에서 76%의 높은 충격 계수가 나와 확실하게 인식되었다.

/팔/은 39%에서 79%로 변화가 컸고, /구/는 35%에서 37%로 안정된 충격 계수율이 나와 좋은 인식율을 나타내었다.

/영/은 79%에서 81%로 충격계수가 가장 높게 나타났고, 인식도 확실하게 되었다.

/공/은 50%에서 80%의 높은 충격 계수 변화율을 나타내어 인식에서 불안정한 인식율을 나타내었다.



그림 7. 음성다이얼링 시스템 사진
Fig. 7. Picture of VDS.

V. 결 론

본 연구에서는 한국어 숫자음 음성 인식을 통하여 다이얼링하는 시스템을 소프트웨어에 의한 연구가 아니고 하드웨어 구성과 설계로(Fig.7), 실시간 내에서 한국어 숫자음 음성 인식에 의한 다이얼링 시스템에서 64%의 인식율을 얻었다. 실험 결과와 고찰에서 분석된 숫자음 /사/, /오/, /구/의 모음 숫자음은 100%의 인식율을 얻었고 또한 /육/, /칠/, 그리고 /영/에서도 100%의 좋은 인식율을 얻을 수 있었다.

이외의 숫자 인식에 대해서, 특히 /일/과 /이/에 대한 음성 인식에 대해서는 보다 정밀한 음운 분석이 필요하며, 또한 하드웨어 구성과 마이크로프로세서의 인식 프로그램의 보완이 선행되어야 할 것이다. 하드웨어의 복잡한 전처리과정을 간략화하기위해 현재 IDEC Working Group의 제7회 IDEC MPW 설계공모전에 참여하여 chip제작을 의뢰 해 놓았다. 그리고 논리회로와 스위칭 회로를 구성한 키보드의 하드웨어 구성은 완벽하게(100%) 구현되어 있어 실용화 가능성에 크게 접근

하였다. 추후 좀더 정밀하고 정확한 하드웨어 구성과 소프트웨어로 화자종속이 아닌 모든 사람에게 적용될 수 있는 음성 다이얼 인식기가 실현 될 것으로 기대된다.

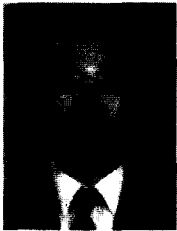
결국 완전한 하드웨어 구성이 이루어지면, 음성 엘리베이터, 음성 우편분리기, 음성 아파트키, 음성 라디오, TV 채널을 마음대로 동작시키며, 장애자나 운전중 차내 다이얼링에 만족시키는 즉 음성통신 분야에 일대 혁신을 일으킬 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] R. Bellman, *Dynamic Programming*. Princeton University Press, 1957.
- [2] 한민수, 정유현, 이항석, "음성처리기술의 응용 현황 및 전망" 전자공학회지, vol. 20, no. 5, pp. 35-39, May, 1993
- [3] Frank Fallside, W. A. Woods, *Computer Speech Processing*. Prentice Hall, 1985.
- [4] Kazuo Nakata, *Fundamentals of Speech Signal Processing*. Academic Press, 1989.
- [5] R. W. Schafer, J. D. Markel, *Speech Analysis*. IEEE Press, 1979.
- [6] Kai-Fu Lee, Hsiao-Wuen Hon, "Speaker-Independent Phone Recognition Using Hidden Markov Models," *IEEE Trans. on ASSP.*, vol. 37, no. 11, Nov. 1989.
- [7] C. Myers, L. R. Rabiner, "A Level Building Dynamic Time Warping Algorithm for connected Word Recognition," *IEEE Trans. on ASSP.*, vol. ASSP-29, no. 2, pp. 283-297, Apr. 1981.
- [8] L. R. Rabiner, A. E. Rosenberg, S. E. Levison, "Considerations in Dynamic Time Warping Algorithm for Discrete Word Recognition," *IEEE Trans. ASSP.*, vol. ASSP-26, no. 6, pp. 575-582, Dec. 1978.
- [9] J. G. Wilpon, C. H. Lee, L. R. Rabiner, "Connected Digit Recognition based on improved Acoustic Resolution," *Computer Speech and Language*, no. 7, pp. 15-26, 1993.
- [10] E. Paksoy, Srinivasan, K., and A. Gersho, "Variable rate speech coding with phonetic segmentation," *Proc. IEEE Conf. on Acoust, Speech, Signal Processing*, Minneapolis, Apr.

- 1989.
- [11] Janet MacIver Baker, "Brief Status Summary for Automatic Speech Recognition at the start of the 80's," *Congress and Exposition Cobo Hall*, Detroit Feb. pp. 25-29, 1980.
- [12] M. Shimotani, M. Hibino, T. Yamamoto and T. Nonami "A Voice Recognizer for Car Telephone System," *International Congress and Exposition Detroit*, Michigan. Feb. 26 March 2, 1990.
- [13] Kapul D. Gill and Ashraf Jawaid, "Speech Recognition An Application for Quality Assurance in the Automotive Industry," *Passanger Car Meeting and Exposition Dearborn*, Michigan Sep. pp. 17-20, 1990.
- [14] T.L. Floyed, *Electronic Device*. Merrill Publishing, 1986.
- [15] 박기영, 한국어 모음 인식을 위한 하드웨어 구성. 전주 공업대학 논문집, 제 16집, pp. 28-37, 2월, 1992
- [16] 박기영, 한글 모음 자동 인식에 관한 연구. 광운대학교 석사학위 논문, 1981
- [17] 최규훈, Dynamic Time Warp 알고리즘을 이용한 음성 인식 프로세서의 설계. 전북대학교 박사학위논문, 1991
- [18] N. Rao Vemula, "Single IC can Perform Speech Recognition and Synthesis," *Electronics*, vol. 57, No. 2, pp. 120-130, 1984.
- [19] Anita Seelig, "Telephone Management System bring a New Range of Applications to Personal Computers," *Computers & Electronics*, vol. 22, no. 4, pp. 56-59, April, 1984.
- [20] Maryann P. Walsh and Josef Bernard, "The Next Generation of Speech Recognition," *Computers & Electronics*, vol.22, No.7, pp. 46-55, July, 1984.
- [21] 박기영, 음성다이얼링 시스템구현을 위한 숫자음 분석에 관한 연구, 전주공업대학 논문집, 제 27집, pp. 35-54, 10월, 1997
- [22] *Microchip Data Book*. Microchip Technology Inc., 1996.

 저 자 소 개



朴 基 榮(正會員)

1978년 광운대학교 전자계산기공학과(공학사). 1982년 광운대학교 전자통신공학과(공학석사). 1993년 ~ 현재 전북대학교 전자공학과(박사과정). 주관심 분야는 음성신호처리 및 VLSI설계



金 鍾 玟(正會員)

1966년 전북대학교 전기공학과(공학사). 1977년 전북대학교 전기공학과(공학석사). 1983년 전북대학교 전기공학과(공학박사). 1983년 ~ 1984년 미국 일리노이 공과대학(IIT) 객원교수. 1979년 ~ 현재 전북대학교 전자공학과 교수. 주관심 분야는 음성인식, 음성합성, 음성압축, VLSI설계



申 裕 滄(正會員)

1992년 전북대학교 전자공학과(공학사). 1996년 전북대학교 전자공학과(공학석사). 1996년 ~ 현재 전북대학교 전자공학과(박사과정). 주관심 분야는 음성인식, 음성압축, 화자인식