

웹 기반의 화자확인시스템을 위한 문장선택에 관한 연구

A Study on Text Choice for Web-Based Speaker Verification System

안 기 모*, 이 재 회*, 강 철 호*

(Ki Mo An*, Jae Hee Lee*, Chul Ho Kang*)

* 광운대학교 전자통신공학과

(접수일자: 2000년 6월 16일; 채택일자: 2000년 7월 25일)

문장 종속형 화자 확인시스템을 구현하는데 있어 화자가 발음할 문장의 선정은 화자인식시스템의 성능을 좌우하는 중요한 사항이다. 본 연구에서는 한국어의 음가 분류방식을 이용하여 자음조합체계를 구축하고 이를 웹 기반 화자확인시스템에 적용하여 급격한 화자음성정보의 변화에 대응하는 동시에 최적의 인식성능을 낼 수 있는 자음조합방식을 도출하였다.

핵심용어: 화자확인 시스템, 한국어의 음가분류방식, 문장종속

투고분야: 음성처리 분야(2.6)

In text-dependent speaker verification system, which text choice for speaker to utter is very important factor for performance improvement. In this paper, building a consonant mixture system using classification method of Korean phonetic value is proposed. When it is applied to the web-based speaker verification system, it can cope with abrupt change of speaker's voice information and have the optimal performance in speaker verification system.

Key words: Text-dependent speaker verification system, Korean phonetic value

I. 서 론

정보화의 급속한 확장과 더불어 인터넷이 일상생활의 한 부분이 되어가고 있다. 특히 인터넷의 활성화로 인해 모든 정보통신기술이 인터넷과 공존해야만 그 가치를 인정받는 사회가 되어가고 있다. 최근에 운영되는 인터넷사이트는 특정인에게 양질의 정보를 제공하기 위해 회원번호(Member ID)와 패스워드(Password)를 입력한 후 사이트를 이용할 수 있게 되어있다. 그러나 패스워드는 쉽게 잊혀지거나 해킹(Hacking)등에 의해 타인에게 알려질 수 있어 타인에 의한 도용에 취약한 실정이다. 또한 최근에 인터넷을 이용한 전자상거래가 활성화되어감에 따라 결재를 위한 카드번호 입력 시 본인여부의 확인이 중요한 문제로 대두 되어가고 있다. 본인여부를 확인하는 방식으로 생체인식기법에 대한 연구가 활발해지고 있다. 생체인식기술(홍채, 지문, 음성)중 기본적인 컴퓨터환경이외에 부가적인 장비가 설치될 필요 없이 본인여부를 확인할 수 있는 것으로는 각 개인의 음성특성을 이용한 기술이 가장 적합하다고 할 수 있다. 음성이야말로 인간과 기계사이의 가장 자연스러운 통신매체라고 할 수 있다.

음성을 이용하여 본인여부를 확인하는 기술을 화자확인(Speaker Verification)이라 한다. 화자확인 방법 중에서 화자가 발성할 문장이 고정되어있는 방식을 문자종속형(Text-dependent)이라 하고, 화자가 발성할 문장이 정해져 있지 않고 자유롭게 발음하는 경우를 문장독립형(Text-

independent)이라 한다. 문장종속형 방식이 문장독립형 방식에 비해 성능면이나 시스템구성상에서 유리하지만 녹취한 음성정보를 이용하여 화자확인시스템에 손쉽게 침범할 수 있다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 문장지시형(Text-prompted)방식이 제시되었다. 문자종속형 화자확인기술에서는 문장선택이 화자인식성능에 주요한 영향을 준다^[2].

일반적으로 화자 개인의 특성을 잘 나타내는 음가는 비음과 모음이라는 것이 알려져 있다^[2]. 그러나 화자 음성정보의 급격한 변화 즉 예를 들어, 화자가 코감기에 걸렸을 경우 비음은 오히려 화자특성을 잘 나타내기보다는 화자인식의 오류정보로 동작하게된다. 이런 경우 비음을 제외하면서도 최적의 화자 인식률을 유지하는 문장으로 화자 확인을 할 경우 만족할만한 화자인식률을 유지할 수 있을 것이다. 그러던 어떠한 발음 체계를 이용하면 화자의 갑작스러운 음성정보의 변화에 적응하면서 최적의 인식성능을 유지할 수 있는지를 알아내기 위하여 본 연구를 시작하였다. 본 연구에서 사용자가 자신의 패스워드를 기억할 필요 없이 웹 사이트측에서 제시한 문장들을 학습하여 등록한 후 그 문장 중에서 임의의 한 문장을 선택하여 웹 사용자에게 전송하고, 발음케 하여 사용자를 확인하는 웹 기반의 화자확인시스템^[1]에서 사용할 문장선택을 위한 자음체계를 구하기 위해 자음을 음가분류방식에 따라 분류하고 그 분류별로 조합 가능한 단순문장들의 화자인식성능을 웹 기반의 화자확인시스템에 적용하여 각 자음조합방식의 화자인식률을 구하였다.

II. 웹 기반의 화자확인시스템

본 연구에서 선정된 문장들을 사용하여 화자확인기능을 수행할 웹 기반의 화자확인시스템의 구성도는 그림 1과 같다.

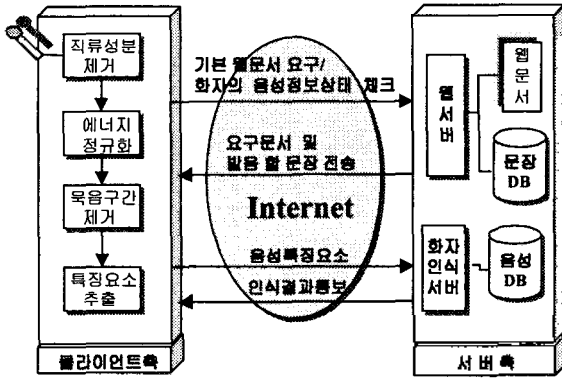


그림 1. 웹 기반의 화자확인시스템의 구성
Fig. 1. The configuration of Web-based speaker verification system.

웹 기반의 화자확인시스템의 인식동작절차를 요약하면 다음과 같다.

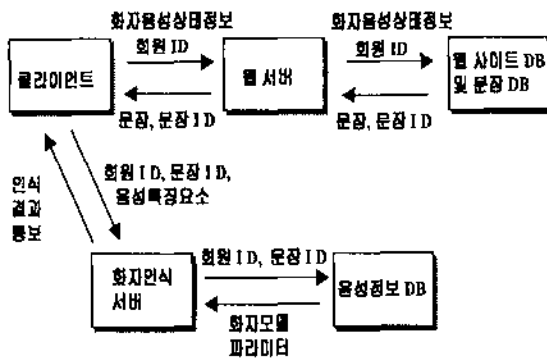


그림 2. 웹 기반의 화자확인시스템의 인식동작절차
Fig. 2. Recognition procedure of web-based speaker verification system.

- ① 클라이언트가 웹 서버에 접속하여 기본HTML문서를 요구하고 웹 서버는 클라이언트에게 회원식별번호(ID)와 화자의 음성정보상대(청상, 코감기, 목감기, 기타등)를 입력할 수 있는 폼(Form)형태의 HTML문서를 클라이언트측에 보낸다. 클라이언트는 자기상태를 체크하고 회원ID를 입력하여 웹 서버로 전송한다.
- ② 클라이언트로부터 전송된 회원ID와 화자상태정보를 이용하여 문장DB에서 회원ID와 화자상태에 맞는 문장ID와 문장을 선정하여 클라이언트측에 전송한다.

- ③ 클라이언트측의 사용자는 서버로부터 전송된 문장을 받음하고 클라이언트에 전송된 HTML문서에 삽입(Embedding)된 컴포넌트 소프트웨어에 의해 화자확인에 있어서 가장 보편적으로 사용되는 음성특징요소 즉 LPC-Cepstrum을 추출하여 회원ID, 문장ID와 함께 화자인식서버에 전송한다.
- ④ 화자인식서버는 전송된 회원ID, 문장ID 와 일치하는 화자모델파라미터 데이터를 음성 DB로부터 검색한다.
- ⑤ 입력된 음성패턴과 기준패턴을 비교 평가하여 그 결과를 클라이언트에 통보한다.

그림 3은 클라이언트가 회원ID와 음성정보상대를 체크하여 웹서버로 보내는 웹 문서와 웹 서버로부터 보내진 발송할 문장이 표시되는 웹 문서이다. 그림 3의 (a)그림이 사용자가 화자확인시스템에 처음 접속했을 때 웹 문서이다. 회원ID를 입력하고 사용자의 음성상태를 체크하여 서버로 전송을 한다. 그림 3의 (b)는 사용자를 확인하기 위해 서버에서 보낸 웹 문서이다. 화자가 코감기상태를 체크하였기 때문에 서버측에서는 코감기에 영향을 받는 비음이 들어가지 않으면서 최적의 인식률을 내는 발송체계를 이용하여 구성된 문장을 서버측에서 전송하여 클라이언트가 받음케 한다.

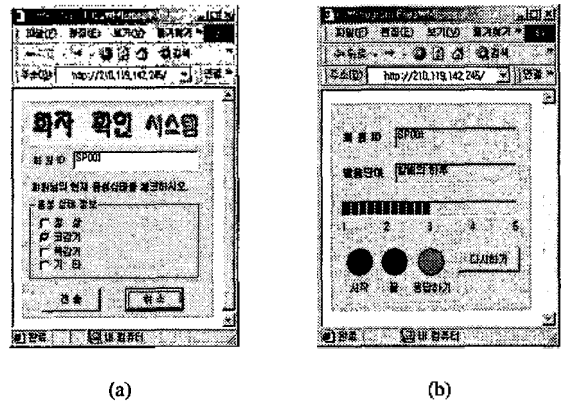


그림 3. 화자확인시스템의 웹 문서
Fig. 3. Web document of speaker verification system.

본 연구의 목적은 위와 같이 동작하는 웹 기반의 화자확인시스템에서 사용할 화자상태정보에 따른 문장선정을 하기 위하여 한국어 발음특성별 화자인식률을 조사하여 문장구성을 위한 체계를 구축하고자 함에 있다.

III. 한국어의 자음분류방식

한국어의 자음발음은 자의적인 기준에 의해 분류하지 않고 음가를 결정하는 요인들을 기준으로 하여 분류한다^[1]. 자음의 음가를 결정하는 가장 중요한 요인들로는 조음 방법 (manner of articulation), 조음 자리(place of articulation), 기 (aspiration)의 유무, 긴장(tenseness)의 유무로 분류된다^[2].

① 조음 방법에 의한 분류

자음은 조음 방법에 따라 파열음(터짐소리, plosive), 마찰음(갈이 소리, fricative), 파찰음(불갈이 소리, affricate), 비음(콧소리, nasal), 유음(흐름 소리, liquid), 접근음(approximant) 등으로 나뉜다.

파열음은 두 조음 기관을 접촉시켜 구강 안에 막음을 형성했다가 개방하면서 조음하는 소리로 국어에는 /ㅂ, ㅍ, ㅃ, ㅆ, ㅌ, ㄷ, ㄱ, ㅋ, ㆁ/이 있다.

마찰음은 두 조음 기관을 바짝 접근시켜 좁혀진 틈 사이로 기류를 통과시켜 조음하는 소리로 국어에는 /ㅅ, ㅆ, ㅎ/이 있다. 기류가 좁은 틈 사이로 통과할 때 마찰 소음이 생겨난다.

파찰음은 두 조음 기관을 접촉시켜 막음을 형성했다가 완전히 개방하지 않고 조금만 개방해서 두 조음 기관의 좁은 틈 사이로 기류를 통과시켜 조음하는 소리로 국어에는 세 개의 파찰음 /ㅈ, ㅊ, ㅉ/이 있다.

비음은 연구개를 내려 비강 통로를 열어 놓은 채 두 조음 기관을 접촉시켜 구강 안에 막음을 형성했다가 개방하면서 조음하는 소리로 국어에는 /ㄴ, ㄹ/이 있다. 구강 안에 막음이 형성되어 있을 때에는 기류가 비강을 통해 탈출하게 된다.

유음은 청각적으로 흐르는 듯한 느낌을 주는 소리를 말한다. 국어의 유음에는 /ㄹ/이 있다.

접근음은 두 조음 기관을 마찰이 생기지 않을 정도로 접근시켜 조음하는 소리이다. 국어의 접근음에는 반모음 /j, w, u/와 /r/의 변이음인 설측음이 있다. 본 논문에서는 접근음을 국어로 정확히 표기하기가 어려워 제외하였다.

② 조음 자리에 의한 분류

자음을 조음할 때 조음 기관의 막음이나 좁힘이 이루어지는 자리를 조음점, 또는 조음 자리라고 한다. 국어의 자음은 조음 자리에 따라 양순음(입술 소리, bilabial sound), 치(조)음(잇소리/잇몸 소리, dental/alveolar sound), 경구개음(센입천장 소리, palatal sound), 연구개음(여린입천장 소리, velar sound), 성문음(목청 소리, glottal sound)으로 나뉜다.

양순음은 두 입술의 막음이나 접근을 수반하는 소리로 국어에는 파열음 /ㅂ, ㅍ, ㅃ/, 비음 /ㅁ/ 그리고 반모음 /w/가 있다.

치음은 혀끝을 윗니 뒤쪽에 대거나 접근시켜 조음하는 소리이고, 치조음은 혀끝이나 혀날을 윗잇몸에 대거나 접근시켜 조음하는 소리이다. 국어의 파열음 /ㄷ, ㅌ, ㄸ/, 마찰음 /ㅅ, ㅆ/, 비음 /ㄴ/은 개인에 따라 치음으로 발음되기도 하고 치조음으로 발음되기도 한다.

경구개음은 혀끝을 아랫니 뒤쪽에 대고 전설은 경구개에 대거나 접근시켜 조음하는 소리로 국어에는 파찰음 /ㅈ, ㅊ, ㅉ/과 반모음 /j/가 있다.

연구개음은 후설을 연구개에 대거나 접근시켜 조음하는 소리로 국어에는 파열음 /ㄱ, ㅋ, ㆁ/, 비음 /ㅇ/, 반모음 /w, u/가 있다.

성문음은 성대의 막음이나 마찰을 수반하는 소리로 국어에는 마찰음 /ㅎ/이 있다.

③ 기의 유무

국어의 파열음 /ㅂ, ㅌ, ㅋ/을 조음할 때 두 입술의 막음을 개방하면 입안에 갇혀 있던 기류가 빠른 속도로 탈출하면서 /ㅎ/과 같은 마찰음이 생성된다. 막음의 개방 후 /ㅎ/과 비슷한 마찰 소음을 일으키면서 분출되는 강한 기류를 기(aspiration)라고 한다.

기를 수반하는 소리를 유기음(aspirated sound)이라 하고 기를 수반하지 않는 소리는 무기음(unaspirated sound)이라 한다.

국어에서 유기음은 /ㅂ, ㅌ, ㅋ, ㆁ/이고, 무기음은 /ㅃ, ㅆ, ㄷ, ㄱ, ㅈ, ㅊ, ㅉ/이다.

④ 긴장의 유무

자음은 조음시 조음 기관의 긴장을 수반하느냐 수반하지 않느냐에 따라 경음(tense consonant, fortis)과 연음(lax consonant, lenis)으로 나뉜다.

조음 기관의 긴장도는 모음 사이에서 일어나는 막음이나 좁힘의 지속시간으로 쉽게 측정할 수 있는데, 경음 /ㅃ, ㅆ, ㄷ, ㅌ, ㅈ, ㅊ, ㅉ, ㅅ, ㅆ, ㅈ, ㅊ, ㅉ/은 모음 사이에서 연음 /ㅂ, ㄷ, ㄱ, ㅈ, ㅊ, ㅉ/보다 약 두 배 이상 길게 발음된다.

IV. 자음분류방식별 화자확인성능평가

본 연구에서는 자음분류방식별 화자확인성능을 평가하기 위해 각 방식별로 조합 가능한 단순문장 데이터를 만들었고, 그 예는 표 1, 표 2, 표 3, 표 4 와 같다.

표 1. 기의유무에 의해 조합한 단순문장집합
Table 1. set of mixture text by aspiration.

음기분류 방식	세부분류	조합가능한 단순문장
기의 유무	유기음+유기음	파파,파타,파카,파차,타파,타타,타카,타차,카파,카타,카카,카차,차파,차타,차카,차차
	유기음+무기음	파빠,파따,파까,파자,파사,파짜,파싸,타빠,타따,타까,타자,타사,타짜,타싸,카빠,카따,카까,카자,카사,카짜,카싸,차빠,차따,차까,차자,차사,차짜,차싸
	무기음+무기음	빠빠,빠따,빠까,빠자,빠사,빠짜,빠싸,따따,따따,따까,따자,따사,따짜,따싸,까까,까따,까까,까자,까사,까짜,까싸,자빠,자따,자까,자자,자사,자짜,자싸,사빠,사따,사까,사자,사사,사짜,사싸,짜빠,짜따,짜까,짜자,짜사,짜짜,짜싸,싸빠,싸따,싸까,싸자,싸사,싸짜,싸싸
	무기음+유기음	따파,따타,따카,따차,따파,따타,따카,따차,까파,까타,까카,까차,자파,자타,자카,자차,사파,사타,사카,사차,짜파,짜타,짜카,짜차,짜사,짜짜,짜싸,싸파,싸타,싸카,싸차,싸파,싸타,싸카,싸차

표 2. 긴장의 유무에 의해 조합 가능한 단순문장집합
Table 2. set of mixture text by tenseness.

음가분류 방식	세부분류	조합가능한 단순문장
긴장의유무	경음+경음	빠빠,빠빠,빠까,빠짜,빠싸,빠과,빠타, 빠카,빠빠,빠따,빠까,빠짜,빠싸,빠과,빠타, 빠따,빠까,까빠,까따,까까,까짜,까싸,까과,까타,까카,짜빠,짜따,짜까,짜짜, 짜싸,짜과,짜타,짜카,싸빠,싸따,싸까,싸짜, 싸과,싸과,싸싸,싸과,싸타,싸카,타빠,타따,타까,타짜,타싸,타과,타타,타카, 카빠,카따,카까,카짜,카싸,카과,카타, 카카
	경음+연음	빠바,빠다,빠가,빠자,빠사,빠하,빠바, 빠다,빠가,빠자,빠사,빠하,까바,까다, 까가,까자,까사,까하,짜바,짜다,짜가, 짜자,짜사,짜하,싸바,싸다,싸가,싸자, 싸사,싸하,파바,파다,파가,파자,파사, 파하,타바,타다,타가,타자,타사,타하, 카바,카다,카가,카자,카사,카하
	연음+연음	바바,바다,바가,바자,바사,바하,다바, 다다,다가,다자,다사,다하,가바,가다, 가가,가자,가사,가하,자바,자다,자가, 자자,자사,자하,사바,사다,사가,사자, 사사,사하,하바,하다,하가,하자,하사, 하하
	연음+경음	비빠,비따,비가,비짜,비싸,비과,비타, 바카,다빠,다따,다까,다짜,다싸,다과, 다타,다카,가빠,가따,가까,가짜,가싸, 가과,가타,가가,자빠,자따,자까,자짜, 자싸,자과,자타,자카,사빠,사따,사까, 사짜,사과,사타,사카,하빠,하따, 하까,하짜,하싸,하과,하타,하카

본 연구에서는 위의 표 1에서 표 4까지의 각 음가방식의 세부분류별 조합가능 단순문장들을 남성화자 10명이 각 단어들을 4번씩 발음하여 화자별 음성데이터베이스를 구축하였다. 단순문장의 화자확인성능을 평가하기 위해 10명의 실험화자에 대하여 폐쇄형(Closed Set)방식으로 실험을 수행하였다. 음성신호는 11.025Khz로 샘플링한 후 직류성분제거, 에너지정규화, 목음구간제거를 통한 256샘플을 한 프레임으로 하여 128샘플이 중첩되도록 해밍창(hamming window)을 취한 후 음성특징 요소로서 14차 LPC-켄트럼을 구하였다. 화자확인 기법으로는 웹 기반의 화자확인 시스템에서 성능 대 시스템 처리속도면에서 가장 적합하다고 선정한 DHMM(Discrete HMM)을 사용하였다¹¹⁾. DHMM에서 사용된 코드북은 14차 LPC-켄트럼 계수를 이용하여 한국어에 존재하는 모든 자음과 모음을 K-means 기법을 이용해 64개의 코드워드로 구성하였다. DHMM모델은 상태수(State number)를 6개로 하고 Left-to-right 모델을 사용하였다. 표 5~표 8은 각 음가방식의 세부분류의 조합 가능한 단순문장들 중에서 가장 좋은 화자인식성능을 보인 단순문장들의 성능만을 나타내었다.

표 3. 조음자리에 의해 조합 가능한 단순문장집합
Table 3. set of mixture text by articulation.

음가분류 방식	세부분류	조합가능한 단순문장
조음자리	양순음+치음	바다,바타,바파,바사,바싸,바나, 파다,파타,파파,파사,파싸,파나, 빠다,빠타,빠파,빠사,빠싸,빠나, 마다,마타,마파,마사,마싸,마나
	양순음+경구개음	바자,바차,바짜,파자,파차,파짜, 빠자,빠차,빠짜,마자,마차,마짜
	양순음+연구개음	바가,바카,마가,마이,파가,파카, 파까,파이,빠가,빠카,빠까,빠이, 마가,마카,마까,마이
	양순음+성문음	바하,파하,빠하,마하
	치음+경구개음	다자,다차,다짜,타자,타차,타짜, 따자,따차,따짜,사자,사차,사짜, 싸자,싸차,싸짜,나자,나차,나짜
	치음+연구개음	다가,다카,다까,다이,타가,타카, 타까,타이,따가,따카,따까,따이, 사가,사카,사까,사아,싸가,싸카, 싸까,싸아,나가,나카,나까,나이
	치음+성문음	다하,타하,따하,사하,싸하,나하
	치음+양순음	다바,다과,다빠,다마,타바,타과, 타빠,타마,따바,따과,따빠,따마, 사바,사과,사빠,사마,싸바,싸과, 싸빠,싸마,나바,나과,나빠,나마
	경구개음+연구개음	자가,자카,자까,자아,차가,차카, 차까,차아,짜가,짜카,짜까,짜아
	경구개음+성문음	자하,차하,짜하
	경구개음+양순음	자바,자과,자빠,자마,차바,차과, 차빠,차마,짜바,짜과,짜빠,짜마
	경구개음+치음	자다,자타,자파,자사,자싸,자나, 차다,차타,차파,차사,차싸,차나, 짜다,짜타,짜파,짜사,짜싸,짜나
	연구개음+성문음	가하,가과,가까,아하
	연구개음+양순음	가바,가과,가빠,가마,카바,카과, 카빠,카마,까바,까과,까빠,까마, 아바,아과,아빠,아마
	연구개음+치음	가다,가타,가파,가사,가싸,가나, 카다,카타,카파,카사,카싸,카나, 까다,까타,까파,까사,까싸,까나, 아다,아타,아파,아사,아싸,아나
	연구개음+경구개음	가자,가차,가짜,카자,카차,카짜, 까자,까차,까짜,아자,아차,아짜
	성문음+양순음	하바,하과,하빠,하마
	성문음+치음	하다,하타,하파,하사,하싸,하나
	성문음+경구개음	하자,하차,하짜
	성문음+연구개음	하가,하카,하까,하아
양순음+양순음	바바,바과,바빠,바마,파바,파과, 파빠,파마,빠바,빠과,빠빠,빠마, 마바,마과,마빠,마마	
치음+치음	다다,다타,다파,다사,다싸,다나, 타다,타타,타파,타사,타싸,타나, 사다,사타,사파,사사,사싸,사나, 싸다,싸타,싸파,싸사,싸싸,싸나, 나다,나타,나파,나사,나싸,나나	
경구개음+경구개음	자자,자차,자짜,차차,차차,차짜, 짜자,짜차,짜짜	
연구개음+연구개음	가가,가과,가과,가아,카과,카과, 카과,카아,까과,까과,까과,까아, 아과,아과,아과,아아	
성문음+성문음	하하	

표 4. 조음방법에 의해 조합 가능한 단순문장

Table 4. set of mixture text by manner of articulation.

음가분류 방식	세부분류	조합가능한 단순문장
조음방법	파열음+파열음	바바, 바파, 바빠, 바다, 바타, 바따, 바가, 바카, 바까, 바비, 바피, 바빠, 바따, 바타, 바타, 파파, 파가, 파카, 파까, 파바, 파피, 파따, 파타, 파다, 파빠, 파파, 파까, 파카, 파까, 다바, 다과, 다빠, 다다, 다타, 다따, 다가, 다카, 다까, 타바, 타과, 타빠, 타다, 타따, 타가, 타카, 타까, 따바, 따과, 따빠, 따다, 따타, 따따, 따가, 따카, 따까, 가바, 가과, 가빠, 가다, 가타, 가따, 가가, 가카, 가까, 카바, 카과, 카빠, 카다, 카타, 카따, 카가, 카카, 카까, 까바, 까과, 까빠, 까다, 까타, 까따, 까가, 까카, 까까
	마찰음+마찰음	사사, 사싸, 사하, 싸사, 싸싸, 싸하, 하사, 하싸, 하하
	파찰음+파찰음	자자, 자차, 자찌, 자차, 차차, 차찌, 찌자, 찌차, 찌찌
	비음+비음	마마, 마나, 마아, 나마, 나아, 아마, 아나, 아아
	유음+유음	라라
	파열음+마찰음	바사, 바싸, 바하, 파사, 파싸, 파하, 빠사, 빠싸, 빠하, 다사, 다싸, 다하, 타사, 타싸, 타하, 타하, 파사, 파싸, 파하, 가사, 가싸, 가하, 카사, 카싸, 카하, 까사, 까싸, 까하
	파열음+파찰음	바자, 바차, 바찌, 파자, 파차, 파찌, 빠자, 빠차, 빠찌, 다자, 다차, 다찌, 타자, 타차, 타찌, 파자, 파차, 파찌, 가자, 가차, 가찌, 카자, 카차, 카찌, 까자, 까차, 까찌
	파열음+비음	바바, 바나, 바아, 파파, 파나, 파아, 빠바, 빠나, 빠아, 다다, 다나, 다아, 타타, 타나, 타아, 타이, 따타, 따나, 따아, 가가, 가나, 가아, 카카, 카나, 카아, 까까, 까나, 까아, 까마, 까나, 까아
	파열음+유음	바라, 파라, 빠라, 다라, 타라, 마라, 가라, 카라, 까라
	비음+유음	마라, 나라, 아라
	마찰음+파찰음	사자, 사차, 사찌, 싸자, 싸차, 싸찌, 하자, 하차, 하찌
	마찰음+비음	사마, 사나, 사아, 싸마, 싸나, 싸아, 하마, 하나, 하아
	마찰음+유음	사라, 싸라, 하라
	파찰음+비음	자마, 자나, 자아, 차마, 차나, 차아, 찌마, 찌나, 찌아
	파찰음+유음	자라, 차라, 찌라
	유음+비음	라마, 라나, 라아
	유음+파찰음	라자, 라차, 라찌
	유음+마찰음	라사, 라싸, 라하
	유음+파열음	라바, 라과, 라빠, 라다, 라타, 라따, 라가, 라카, 라까
	비음+파찰음	마자, 마차, 마찌, 나자, 나차, 나찌, 야자, 야차, 야찌
비음+마찰음	마사, 마싸, 마하, 나사, 나싸, 나하, 아사, 아싸, 아하	
비음+파열음	마바, 마과, 마빠, 마다, 마타, 마따, 마가, 마카, 마까, 나바, 나과, 나빠, நா다, நா타, நா따, 나가, 나과, 나빠, 아바, 아과, 아빠, 아다, 아타, 아따, 아가, 아카, 아까	
파찰음+마찰음	자사, 자싸, 자하, 차사, 차싸, 차하, 찌사, 찌싸, 찌하	
파찰음+파열음	자바, 자과, 자빠, 자다, 자타, 자따, 자가, 자카, 자까, 차바, 차과, 차빠, 차다, 차타, 차따, 차가, 차카, 차까, 찌바, 찌과, 찌빠, 찌다, 찌타, 찌따, 찌가, 찌카, 찌까	
마찰음+파열음	사바, 사과, 사빠, 사다, 사타, 사따, 사가, 사카, 사까, 싸바, 싸과, 싸빠, 싸다, 싸타, 싸따, 싸가, 싸카, 싸까, 하바, 하과, 하빠, 하다, 하타, 하따, 하가, 하카, 하까	

표 5. 기의 유무에 의해 조합된 문장의 인식성능

Table 5. recognition rate of mixture text using aspiration.

음가분류 방식	세부분류	조합 문장	FA	FR	평균 인식률
기의 유무	유기음+유기음	차차	15/900=1.6%	4/100=4%	94.4%
	유기음+무기음	파사	14/900=1.5%	5/100=5%	93.5%
	무기음+무기음	짜짜	10/900=1.1%	5/100=5%	93.9%
	무기음+유기음	사차	8/900=0.8%	6/100=6%	93.2%

표 6. 긴장의 유무에 의해 조합된 문장의 인식성능

Table 6. recognition rate of mixture text using tenseness.

음가분류 방식	세부분류	조합 문장	FA	FR	평균 인식률
긴장의 유무	경음+경음	타싸	22/900=2.4%	3/100=3%	94.6%
	경음+연음	따다	17/900=1.8%	4/100=4%	94.2%
	연음+연음	하다	8/900=0.8%	3/100=3%	96.2%
	연음+경음	하카	26/900=2.8%	4/100=4%	93.2%

기의 유무에 의해 조합된 문장 중에서 ['유기음+유기음' -> '차차']가 94.4%, 긴장의 유무에 의해 조합된 문장 중에서는 ['연음+연음' -> '하다']가 96.2%, 조음자리에 의해 조합된 문장 중에서는 ['성문음+양순음' -> '하빠']가 98%, 조음방법에 의해 조합된 문장 중에서는 ['마찰음+비음' -> '하마']가 97.7%로 각각 음가분류방식별로 가장 높은 화자인식률을 보였다.

따라서 표 9에서는 음가분류방식 중 가장 높은 화자인식률을 나타낸 '성문음+양순음'으로 구성된 모든 문장의 인식률을 표시하였고, 이를 그림 4에 도시하였다.

표 7. 조음자리에 의해 조합된 문장의 인식성능
Table 7. recognition rate of mixture text using articulation.

음가분류 방식	세부분류	조합 문장	FA	FR	평균 인식률
조음자리	양순음+치음	바다	11/900=1.2%	3/100=3%	95.8%
	양순음+경구개음	마차	6/900=0.6%	3/100=3%	96.4%
	양순음+연구개음	파카	9/900=1%	2/100=2%	97%
	양순음+성문음	마하	18/900=2%	2/100=2%	96%
	치음+경구개음	사자	4/900=0.4%	3/100=3%	96.6%
	치음+연구개음	나가	6/900=0.6%	4/100=4%	95.4%
	치음+성문음	나라	8/900=0.8%	4/100=4%	95.2%
	치음+양순음	사바	15/900=1.6%	3/100=3%	95.4%
	경구개음+연구개음	짜가	12/900=1.3%	3/100=3%	95.7%
	경구개음+성문음	차하	16/900=1.7%	3/100=3%	95.3%
	경구개음+양순음	차마	12/900=1.3%	4/100=4%	94.7%
	경구개음+치음	짜다	9/900=1%	2/100=2%	97%
	연구개음+성문음	까라	13/900=1.4%	3/100=3%	95.6%
	연구개음+양순음	카마	12/900=1.3%	4/100=4%	94.7%
	연구개음+치음	가사	11/900=1.2%	4/100=4%	94.8%
	연구개음+경구개음	가짜	18/900=2%	1/100=1%	97%
	성문음+양순음	하빠	9/900=1%	1/100=1%	98%
	성문음+치음	하다	11/900=1.2%	2/100=2%	96.8%
	성문음+경구개음	하차	17/900=1.8%	2/100=2%	96.2%
	성문음+연구개음	하까	17/900=1.8%	1/100=1%	97.2%
	양순음+양순음	바바	9/900=1%	4/100=4%	95%
	치음+치음	다다	8/900=0.8%	3/100=3%	96.2%
	경구개음+경구개음	자자	16/900=1.7%	3/100=3%	95.3%
	연구개음+연구개음	까까	14/900=1.5%	2/100=2%	96.5%
	성문음+성문음	하하	13/900=1.4%	3/100=3%	95.6%

표 8. 조음방법에 의해 조합된 문장의 인식성능
Table 8. recognition rate of mixture text using manner of articulation.

음가분류 방식	세부분류	조합 문장	FA	FR	평균 인식률
조음방법	파열음+파열음	바빠	34/900=3.7%	6/100=6%	90.3%
	마찰음+마찰음	사싸	26/900=2.8%	4/100=4%	93.2%
	파찰음+파찰음	자자	11/900=1.2%	6/100=6%	92.8%
	비음+비음	마마	11/900=1.2%	4/100=4%	94.8%
	유음+유음	라라	14/900=1.5%	5/100=5%	93.5%
	파열음+마찰음	바싸	17/900=1.8%	4/100=4%	94.2%
	파열음+파찰음	바차	15/900=1.6%	5/100=5%	93.4%
	파열음+비음	파마	14/900=1.5%	4/100=4%	94.5%
	파열음+유음	바라	18/900=2%	5/100=5%	93%
	비음+유음	나라	13/900=1.4%	6/100=6%	92.6%
	마찰음+파찰음	하짜	17/900=1.8%	3/100=3%	95.2%
	마찰음+비음	하마	12/900=1.3%	1/100=1%	97.7%
	마찰음+유음	하라	16/900=1.7%	5/100=5%	93.3%
	파찰음+비음	차마	14/900=1.5%	4/100=4%	94.5%
	파찰음+유음	차라	17/900=1.8%	5/100=5%	93.2%
	유음+비음	라마	18/900=2%	4/100=4%	94%
	유음+파찰음	라차	17/900=1.8%	4/100=4%	94.2%
	유음+마찰음	라싸	17/900=1.8%	4/100=4%	94.2%
	유음+파열음	라카	14/900=1.5%	5/100=5%	93.5%
	비음+파찰음	마차	13/900=1.4%	5/100=5%	93.6%
	비음+마찰음	마싸	17/900=1.8%	4/100=4%	94.2%
	비음+파열음	마타	18/900=2%	5/100=5%	93%
	파찰음+마찰음	차사	14/900=1.5%	5/100=5%	93.5%
	파찰음+파열음	자바	16/900=1.7%	5/100=5%	93.3%
	마찰음+파열음	싸다	13/900=1.4%	6/100=6%	92.6%

표 9. '성문음+양순음' 문장의 인식률
Table 9. Recognition rate of 'glottal sound + bilabial sound' text.

음가분류 방식	세부분류	조합 문장	FA	FR	평균 인식률
조음자리	성문음+양순음	하바	14/900=1.5%	1/100=1%	97.5%
		하파	17/900=1.8%	1/100=1%	97.2%
		하빠	9/900=1%	1/100=1%	98.0%
		하마	12/900=1.3%	1/100=1%	97.7%

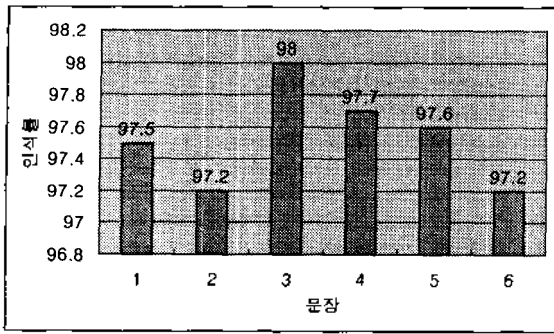


그림 4. 인식률 비교
Fig. 4. Comparison of recognition rate.

그림 4에서 1번에서 6번까지의 문장은 각각 '하바', '하파', '하빠', '하마', '성문음+양순음' 문장의 평균, '성문음+양순음'을 제외한 것 중 가장 인식률이 높은 방식의 평균인식률(마찰음+비음)이다.

이와 같은 결과가 여성화자에게도 적용이 되는지를 확인하기 위해 '성문음+양순음'으로 구성된 단순문장을 여성화자에게 발음케 하여 인식실험을 실시하였고 그 결과는 표 10과 같고, 이를 그림 5에 도시하였다.

표 10. 여성화자의 인식률
Table 10. Recognition rate of women.

음가분류 방식	세부분류	조합 문장	FA	FR	평균 인식률
조음자리	성문음+양순음	하바	13/900=1.4%	1/100=1%	97.6%
		하파	15/900=1.6%	1/100=1%	97.4%
		하빠	8/900=0.8%	1/100=1%	98.2%
		하마	14/900=1.5%	1/100=1%	97.7%

그림 5에서 1번에서 6번까지의 문장은 각각 '하바', '하파', '하빠', '하마', '성문음+양순음' 문장의 평균, 남성화자의 '성문음+양순음' 문장의 평균이다.

표 10 및 그림 5에서 보듯이 여성화자실험에서도 남성화자와 비슷한 결과를 나타내었다.

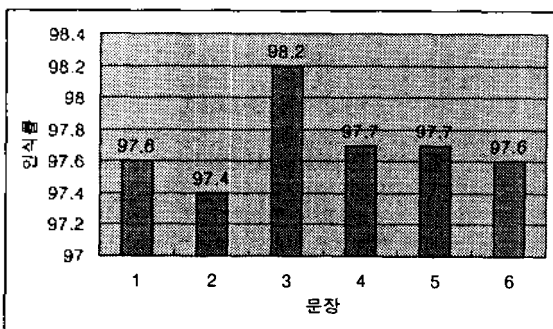


그림 5. 인식률 비교
Fig. 5. Comparison of recognition rate.

V. 결론 및 고찰

본 논문에서는 웹 기반의 문장종속 화자 확인 시스템에서 화자의 갑작스러운 음성정보의 변화에 적응하면서 최적의 화자인식성능을 낼 수 있는 문장구성을 위해 자음조합방식별 인식성능을 평가하였다. 실험결과 4가지 음가분류방식 중 조음자리방식이 가장 화자확인시스템을 위한 문장조합방식으로 적합하고, 세부분류 중 '성문음+양순음'으로 구성된 문장이 다른 문장보다 화자인식률이 높음을 확인하였다.

본 논문의 연구결과가 문장종속 화자확인 시스템에서 사용된다면 화자인식률을 최적으로 유지하면서 화자의 급격한 음성정보 상태변화에 대응하는 문장구성을 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 자음을 음가에 의해 분류하여 그 결과를 구하였는데 차후 선정된 자음체계에 모음을 추가하여 실험하는 것이 필요하다.

참고 문헌

1. 이재희, 강철호, "웹 기반의 화자확인시스템 설계에 관한 연구," 한국음향학회지, 19권 4호, pp. 23-30, May, 2000.
2. 장진길, "독립성분분석을 이용한 강인한 화자식별," 석사학위논문, 한국과학기술원, 1999.
3. 이호영, "국어음성학," 태학사, 1996.
4. L.R.Rabiner and B.H. Juang, "Fundamentals of Speech Recognition," Prentice-Hall, 1993.
5. John R. Deller, Jr., John G Proakis, John H. L. Hansen, "Discrete-Time Processing of Speech Signals," Macmillan Publishing Company, 1993.
6. X.D Huang, Y. Ariki, M.A. Jack, "Hidden Markov Models for Speech Recognition," Edinburgh University Press, 1990.
7. Allen Gersho, Robert M. Gray, "Vector Quantization and Signal Compression," Kluwer Academic Publishers, 1992.

▲ 안 기 모(Ki Mo An)



1999년 2월: 광운대학교 전자통신공학과 졸업(학사)
1999년 3월~현재: 광운대학교 전자통신공학과(석사과정)
※ 주관심분야: 음성신호처리

▲ 이 재 희(Jae Hce Lee)

한국음향학회지 제19권 4호 참조

▲ 강 철 호(Chul Ho Kang)

한국음향학회지 제17권 8호 참조