

論 文

조음결합을 고려한 4연 숫자음 인식에 관한 연구

正會員 李 宗 振\* 正會員 李 光 錫\*\* 正會員 許 康 仁\*  
正會員 金 明 起\* 正會員 高 時 暎\*\*\*

A Study on the Recognition of Korean 4 Connected  
Digits Considering Co-articulation

Jong Jin LEE\*, Kwang Suk LEE\*\*, Kang In HUR\*, Myong Ki KIM\*,  
Shi Young GHO\*\*\* *Regular Members*

要 約

조음결합은 연결단어 음성인식에서 오인식을 발생시키는 주된 요인이다. 본 연구에서는 표준패턴의 접속 부분에서 선행단어의 영향을 받아 후속단어의 선두 부분이 변화하는 것을 고려해 조음결합 모델을 적용하여 후속단어에 변형을 주었다. 조음결합 모델은 임계제동형 선형 2차계를 이용하였으며 1단 DP매칭 인식 알고리즘에 이 모델을 조합하여 효과를 조사했다. 그결과 화자 5명에 의한 4연 숫자음 35어의 인식 실험에서 조음결합 처리에 의한 인식율이 평균 4.7% 개선되었다.

ABSTRACT

Co-articulation is one of major factors that make connected word recognition difficult.

This study considers the fact that the head part of the following word is changed by the preceding word in a connection point, by applying the co-articulation model, and adjusting the following word.

We choose a critical damping second order linear system for the co-articulation model, combining a one-stage DP matching recognition algorithm with this model, and investigating the effects.

The recognition experiment is carried out for 35 Korean 4 connected digits spoken by 5 male speakers, and recognition rate is upgraded by 4.7 percent.

I. 서 론

음성 인식에 관한 연구는 1951년 미국의 Bell 연구소에서 10 숫자 단어 인식을 시작으로 40년간 집중적인 연구가 행하여졌으며 인식 방법이 최근에는 대어휘 연속음성인식 시스템의 완성을 목표로 대학 연구소와 기업에서 활발하게 연구가 진행되고 있다. 최근

연속음성인식에 이용되는 방법으로는 종래의 DP 매칭법, 격리 단어 뿐만 아니라 연속단어까지도 인식하기 위한 2단 DP법과 LB(Level Building)이 연구되었으며, DP법의 최적원리를 적용한 1단 DP법이 개발되었다.

한편, DP법의 계산양이 많은 단점을 극복 할 수 있는 새로운 방법으로 Hidden Markov Modeling (HMM)을 이용하는 음성인식 방법과 벡터 양자화법, 신경회로망을 이용한 방법등이 연구되어지고 있으나 조음 결합, 세그멘테이션, 개인차, 방언등의 처리는 아직 연속 음성 인식 연구의 중요한 과제로 남

\* 東亞大學校 電子工學科  
Dept. of Electronic Engineering, DONG-A University  
\*\* 昌原專門大學 電子通信科  
\*\*\* 慶北産業大學 電子工學科  
論文番號 : 92 - 3 (接受1991. 9. 3)

아있다.<sup>(11)</sup>

조음결합이란 음성을 연속적으로 발생했을 때 음성이 그 전후 음성의 영향을 받아 단독으로 발생했을 경우와 다르게 변화하는 현상 즉, 전후의 음운의 영향에 의해서 조음기관의 움직임이 제약을 받는 현상을 말한다. 최근 DP매칭법에 의한 음성인식 연구에서는 실용적인 음성 인식 시스템을 제작하기 위해서 인식의 단위를 단어 단위로 하여 조음결합을 표준 패턴에 흡수하여 대처하고 있으나, 이러한 인식모델은 인식 어휘수의 제한 및 패턴 매칭에 필요한 계산량의 증가 때문에 한계가 있다.<sup>(10)</sup> 또한, 연결 단어 인식의 경우 지금까지 DP매칭을 이용한 많은 인식법에서는 연속 단어에 대응하는 표준 패턴은 각 단어의 표준 패턴을 단순히 연결한 형태로서 접속부는 불연속이다. 그러나, 음성은 일반적으로 연속적이므로 표준 패턴에 불연속 부분이 있는 것은 오인식의 원인이 된다.<sup>(6)</sup>

본 연구에서는 표준패턴의 접속부분에서 선행단어의 영향을 받아 후속단어의 선두부분이 변화하는 것을 고려해 조음결합 모델을 적용하여 후속단어가 선행 단어에 원활하게 접속되도록 변형을 가했다. 조음결합 모델로서는 임계제동형 선형 2차계를 이용하였으며 이 모델을 1단 DP매칭 인식 알고리즘에 조합하여 그 효과를 조사했다.

또한, 계산량 감소를 위하여 이 알고리즘을 변형해 선행단어로 최적 단어만을 허용하도록 하여 인식률을 감소시키지 않고 계산량을 대폭 감소시켰다.

## II. 1단 DP 매칭법

1단 DP매칭은 단어의 경계를 특별히 처리하여 보통 단어 내부에서의 DP에 의한 최적화의 알고리즘을 단어의 경계까지 확장해 단어 내부와 단어 조합과의 2단 DP를 1단으로 끝내게 한 것이다. 즉, 단어 내부는 보통 DP매칭이지만, 단어의 경계는, 단어의 시작 직전의 프레임에서 종료한 단어 가운데 최적으로 접속되는 것을 골라 이것을 접속하는 방법이다.

입력 패턴을  $I(i) (i=1, 2, \dots, I)$ 로 나타내고 단어K의 표준 패턴을  $R_k(j=1, \dots, J(k)) (k=1, \dots, K)$ 라 하면(I는 입력 패턴의 길이, J(K)는 단어K의 표준 패턴의 패턴 길이, K는 표준 패턴에 등록된 단어)매칭 패스는 입력 패턴과 표준 패턴을 최적 매칭시키는 격자점(Grid point)  $W(i, j, k)$ 의 집합  $S=W_1, W_2, \dots, W_L$ 로서 구해진다. 특히 격자점  $W(i, j, k)$ 에 대한 국

소거리(Local distance)를

$$d(W)=d(i, j, k)=|I(i)-R_k(j)|^2 \quad (2-1)$$

라하면 연속 단어인식을 누적거리(Grobal distance)를 최소화하는 점열 S를 구하는 것이다.<sup>(1)(2)(5)</sup>

$$\min_w \sum_L d(W_L) \quad (2-2)$$

격자점간의 천이규칙은 단어 내부와 단어경계로 나누고 단어 내부에서는 경사제한을 갖는 식(2-3)과 같은 일반적인 천이규칙에 따르며

$$D(i, j, k)=\min \{ (CI+CJ) \cdot d(i, j, k)+D(i-1, J-1, K), : \alpha \\ (CI+CJ) \cdot d(i-1, j, k)+CI \cdot d(i, j, k) \\ +D(i-2, J-1, k), : \beta \\ (CI+CJ) \cdot d(i, j-1, k)+CI \cdot d(i, j, k) \\ +D(i-1, J-2, k) \} : \gamma \quad (2-3)$$

단어경계부근( $j \leq 2$ )에서는 선행단어의 최종 격자점만을 참조하여 천이가 진행되므로 식(2-4)와 같이  $\gamma$  방향의 천이를 제한한다.<sup>(2)(3)</sup>

$$D(i, 1, k)=\min \{ (CI+CJ) \cdot d(i, 1, k)+D(i-1, j(kp), kp), : \alpha \\ (CI+CJ) \cdot d(i-1, 1, k)+CI \cdot d(i, 1, k) \\ +D(i-2, J(kp), kp) \} : \beta \\ (kp=1, \dots, K) \quad (2-4)$$

이와같은 천이규칙을 적용하여 최적 매칭 패스를 구하면 그림 1.과 같은 형태가된다. CI와 CJ는 입력 패턴 방향과 표준 패턴 방향에 대한 가중치이며 각각의 값은 실험에 의해 결정(CI=1, CJ=0.2)된다.

1단 DP매칭법에 의한 연결 단어인식에서 최적한 결과는 입력패턴이 끝날때까지 불확실하므로 단어의 시작점을 표시하는 백포인트를 이용하여 결과를 역으로 추적(Back trace)하는 과정이 필요하며 입력 패턴의 각 프레임마다 최적단어를 기억하는 배열이 필요하게 된다.

## III. 조음 결합 모델

조음 결합이란 음성을 연속해서 발생했을 때 각각

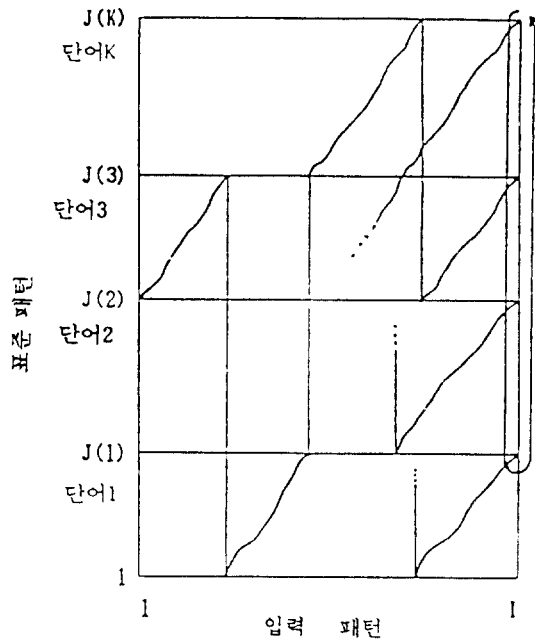
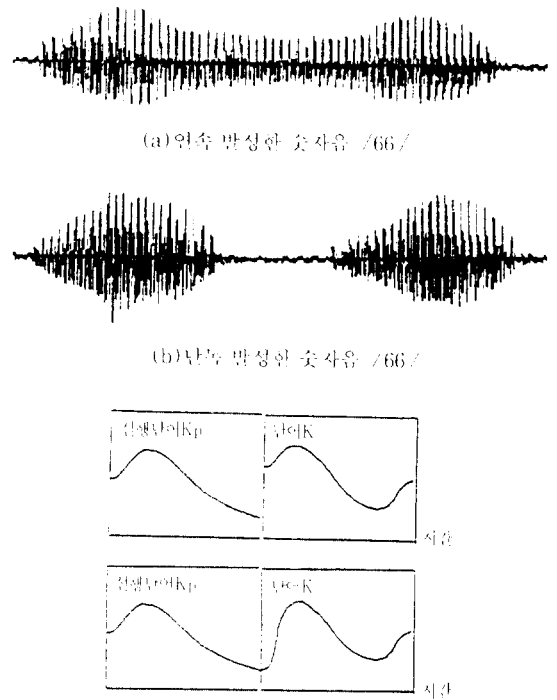


그림 1. 1단 DP 매칭패스에  
Fig. 1. Example of a one-stage DP matching pass.

단독으로 발생했을 때와 다르게 전후 음성의 영향을 받아서 음성이 변화하는 일종의 동화 현상이다. 따라서, 연결해서 발생한 단어를 인식 할 때 각 단어의 표준 패턴을 단순히 연결한 형태로 입력 패턴에 대응시키려는 것 보다는 선행하는 단어에 의해 후속단어가 받는 영향을 고려 할 필요가 있다. 구체적으로 그림 2. (a)의 파형은 숫자음 66(육육)을 연속 발생 했을 때 후속단어의 선두 부분이 선행단어의 영향에 의해 변화하였으며 이 후속 단어를 그림 2.(b)와 같은 단독 발생한 숫자음 표준패턴에 의해 매칭을 실시할 경우 오인식이 발생할 가능성이 높아진다. 그러므로 그림 2.(c)와 같은 후속단어의 선두 부분이 선행단어에 연속적으로 접속하도록 조음결합 모델에 의해 특징 파라미터를 수정하는 것이다.

본 연구에서는 조음 결합 모델로써 임계 제동형 선형 2차계 시스템을 이용하였으며 그 스텝응답을 그림 3.에 나타냈다. 그림 3.에서 스텝응답은 시스템의 시정수  $\tau$ 에 의해 변화하며 조음결합의 모델은  $\tau$ 가 클수록 선행단어가 후속단어에 주는 영향이 커지게 된다.

이산계에서 이 시스템의 응답은 식(3-1)에 의해 서 계산되어진다.<sup>10)</sup>



(c)단속한 표준 패턴의 접속과 조음결합차리에 의한 접속

그림 2. 조음결합에 의한 단어경계 처리  
Fig. 2. Word boundary processing by co-articulation.

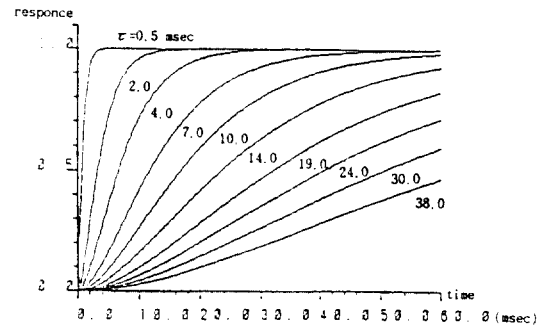


그림 3. 임계제동형 선형 2차계 시스템의 스텝 응답  
Fig. 3. Step responses of a critical damping second order linear system.

$$y(i+1) = (1-r)^2 x(i+1) + 2ry(i) - r^2y(i-1),$$

$$r = \exp(-T/\tau) \quad (3-1)$$

여기서,  $x(i)$ 는 입력,  $y(i)$ 는 출력,  $T$ 는  $x(i)$ 의 표

분화주기,  $\tau$ 는 시스템의 시정수이다.

이 응답을 이용해 조음결합모델은 표준패턴의 각 특징 파라메타가 각각 선행단어의 표준 패턴에 원활하게 접속하도록 수정한다. 식(2-1)을 이용하면 단어 K의 표준패턴  $R_k(j)$ 는 다음과 같이 수정된다.

$$R_k(1) = (1-r)^2 R_k(1) + 2r R_{kp}(js) - r^2 R_{kp}(js-1) \quad (3.2-a)$$

$$R_k(2) = (1-r)^2 R_k(2) + 2r R_k(1) - r^2 R_{kp}(js) \quad (3.2-b)$$

$$R_k(j) = (1-r)^2 R_k(j) + 2r R_k(j-1) - r^2 R_k(j-2) \quad (3 \leq j \leq 10) \quad (3.2-c)$$

$$J_s = J(kp) - J_{bk} \quad (3.2-d)$$

여기서  $R_{kp}(j)$ 는 선행단어  $kp$ 의 표준패턴,  $J(kp)$ 는 선행단어  $kp$ 의 프레임 길이이다.

$J_{bk}$ 는 선행단어의 표본을 얻는 위치를 지정하는 파라메타이며, 최종 프레임의 근처에는 음성의 에너지가 적고 파라메타가 불안정하므로 안정된 부분으로부터 표본을 뽑기 위해서 파라메타  $J_{bk}$ 를 사용했다.

후속단어는 식(3.2-a)~(3.2-d)에 의해 특징 파라메타가 변형되어 선행단어에 연속적으로 접속되어진다.

#### IV. 조음결합모델과 1단 DP 매칭 알고리즘의 조합

조음결합의 처리를 위해 기본적인 1단 DP 매칭 알고리즘에 선행단어 루프를 추가한다. 이 경우 매칭은 모든 단어의 조합에 대해서 수행되며 그 매칭경로를 그림 4.에 나타냈다. 선행단어가 검출되지않는 동안은 1단 DP 처럼 동작하나 일단 선행단어가 검출되어지면 각 단어의 표준패턴 선두부분을 선행단어에 원활하게 접속하도록 앞에서 논술한 조음결합 모델에 의해 수정된다.

선행단어 루프가 추가되면 격자점  $w(i, j, k)$ 는 선행단어의 차원을 더해서 4차원  $w(i, j, k, kp)$ 로 확장되고 격자점  $w(i, j, k, kp)$ 에 대한 국소거리를 다음과 같이 재정의한다.

$$d(W) = d(i, j, k, kp) = \begin{cases} |I(i) - R_k^{kp}(j)|^2 & : \text{if } kp \neq 0 \\ |I(i) - R_k(j)|^2 & : \text{if } kp = 0 \end{cases} \quad (4-1)$$

여기서  $I(i)$  ( $i=1, \dots, I$ )는 입력패턴,  $R_k(j)$ 는 단어K

의 표준 패턴,  $R_k^{kp}(j)$ 는 조음결합 모델에 의해 선행단어  $kp$ 에 연속적으로 접속되도록 수정된 단어K의 표준패턴,  $kp=0$ 는 선행단어가 존재하지 않은 때를 나타낸다.

식(4-1)을 이용하면 누적거리를 최소화하는 점열 S를 구하는 것은 1단 DP와 같게된다. 그러나, 이 알고리즘에서 격자점에 대응하는 데이터(백 포인터, 누적거리등)는 기본적으로 4차원의 배열이 필요하게되며 1단 DP에 비해 단어수 배의 데이터를 필요로 한다. 또한, 선행단어와 후속단어의 조합을 모두 계산하고 그 중에서 최적선행 단어와 후속단어의 조합을 각 입력 프레임마다 구하기 때문에 계산량도 매우 증가한다.

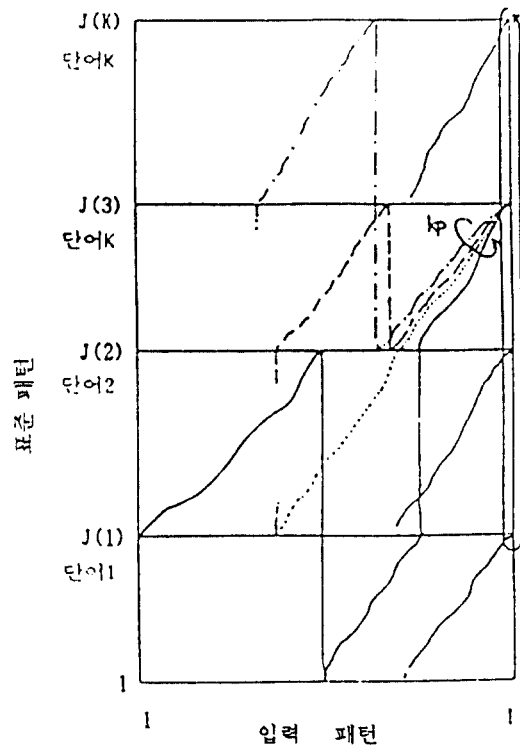


그림4. 선행단어루프가 있을 때의 매칭패스  
Fig. 4. Matching Pass in Preceding word loop.

따라서, 계산량을 감소하기 위해 선행단어의 루프를 제거하고 그 대신에 각 패스에 대응하는 선행단어의 정보를 이용하여 표준 패턴을 수정한다. 선행단어의 루프가 제거되면 매칭 패스를 통하는 격자점  $W_m$

( $i_m, j_m, k_m$ )은 3차원이고 격자점마다 계산된 데이터 (국소거리, 백포인터)도 3차원이다. 따라서 계산량 기억량은 대폭 감소되지만 같은 단어에 대해서도 선행단어의 차이에 따라 몇개의 표준 패턴을 준비할 필요가 있다.

격자점간의 천이는 1단 DP에서와 같으나 그림 5.와 같이 직전 프레임의 최적단어를 선행 단어로 선정하고 이 정보를 이용해 각단어의 각 패스마다 조음결합 처리를 한후 누적 거리를 계산해 나간다.

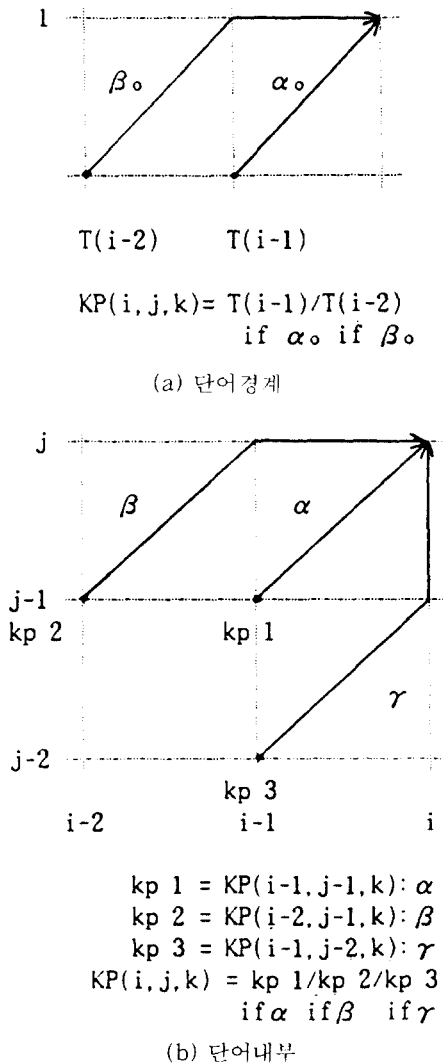


그림 5. 선행단어를 이용한 격자점간 천이규칙  
Fig. 5. Transition rules using preceding word.

알고리즘의 기본적인 구조는 1단 DP와 같다. 다만 각 패스의 선행단어를 표시한  $KP(i, j, k)$ 를 결정하는 부분과 국소거리  $d(i, j, k, kp)$ 의 계산에 있어서 선행단어  $kp$ 를 참조해서 표준패턴에 조음결합의 처리를 하고 있는 부분이 다르다. 알고리즘은 다음과 같다.

<p><b>초기설정</b>  <math>T(i) \leftarrow 0 \quad i=1, \dots, I</math>  <math>F(i) \leftarrow 0 \quad i=1, \dots, I</math>  <math>D(i, j, k) \leftarrow \infty</math>  <math>i=1, \dots, I; j=1, \dots, J(k); k=1, \dots, K;</math>  <math>KP(i, j, k) \leftarrow 0</math></p>
<p><b><math>i=2, \dots, I</math> 동안 입력패턴 프레임 루프 수행</b></p>
<p><b><math>k=1, \dots, K</math> 동안 단어 루프 수행</b></p> <p><b>단어경계의 처리</b>  <math>kp1=T(i-1)</math>  <math>kp2=T(i-2)</math>  <math>D(i, 1, k) = \min \{ (CI+CJ) \cdot d(i, 1, k, kp1) + D(i-1, J(kp1), kp1, .), \quad : \alpha</math>  <math>(CI+CJ) \cdot d(i-1, 1, k, kp2) + CI</math>  <math>- d(i, 1, k, kp2) + D(i-2, J(kp2), kp2, .) \} : \beta</math>  <math>(kp=1, \dots, K)</math>  <math>B(i, 1, k) = \text{선택된 출발점 입력 프레임의 값}(i-1/i-2)</math>  <math>KP(i, 1, k) = \text{선택된 선행단어}(kp1/kp2)</math></p>
<p><b><math>j=2, \dots, J(k)</math> 동안 표준 패턴 프레임 루프 수행</b></p> <p><b>단어내부의 처리</b>  <math>kp1=KP(i-1, j-1, k)</math>  <math>kp2=KP(i-2, j-1, k)</math>  <math>kp3=KP(i-1, j-2, k)</math>  <math>D(i, j, k) = \min \{ (CI+CJ) \cdot d(i, j, k, kp1) + D(i-1, J-1, k), \quad : \alpha</math>  <math>(CI+CJ) \cdot d(i-1, j, k, kp2) + CI</math>  <math>- d(i, j, k, kp2) + D(i-2, J-1, k), \quad : \beta</math>  <math>(CI+CJ) \cdot d(i, j-1, k, kp3) + CI</math>  <math>- d(i, j, k, kp3) + D(i-1, J-2, k) \} : \gamma</math>  <math>B(i, j, k) = \text{선택된 패스의 백포인터}</math>  <math>(B(i-1, j-1, k)/B(i-2, j-1, k)/B(i-1, j-2, k))</math>  <math>KP(i, 1, k) = \text{선택된 선행단어}(kp1/kp2/kp3)</math></p>
<p><b>입력 프레임 마다의 최적단어 결정</b></p> <p><math>T(i)=k0 = \text{argmin}_k D(i, J(k), k)</math>  <math>F(i)=T(i)</math>의 출발점=<math>B(i, J(k0), k0)</math></p>
<p><b>최적단어열을 <math>T(i)</math>와 <math>F(i)</math>를 이용하여 Backtracking</b></p>

알고리즘 1. 조음결합 DP매칭법

### V. 조음 결합모델의 최적화

조음결합 처리에 의한 연결 단어 음성인식의 경우 선행단어가 후속단어에 주는 연향의 지속 시간( $\tau$ ) 결정은 인식결과에 크게 영향을 미친다. 조음 결합을 고려한 연결 단어 음성인식에서 조음결합 처리의 범위를 작게하면 조음결합을 처리한 부분과 그렇지 않은 부분과의 경계가 불연속하게 되는 경우가 발생 할 수 있고 너무 광범위하게 조음결합 처리를 하는 것은 오히려 오인식 될 가능성이 있다.<sup>(6)</sup>

표 1.에 조음결합 모델에 있어서 시정수  $\tau$ 의 값과 조음결합의 영향을 받는 프레임수와의 관계를 나타냈다.

표 1. 조음결합 모델의 조음결합 영향을 받는 프레임수와  $\tau$ 의 관계

Table 1. Relation between  $\tau$  value and effected frames of co-articulation

$\tau$ (ms)	1	2	4	6	8	10	12	14
frames	1	1	3	5	8	11	15	20

시찰에 의해서 조사한 결과 연속 발생한 한국어 숫자음의 조음결합 영향의 지속 시간은 화자의 발성 속도와 숫자음의 종류에 따라 크게 다르나 12 ms를 초과하는 경우가 거의 발생하지 않으므로 표 1.에서  $\tau$ 의 값을  $\tau \leq 10$  범위로 결정하였으며 화자별 각 숫자음의 최적한  $\tau$ 값의 범위를 표 2.에 나타냈다.

표 2. 각 숫자음 시정수의 범위

Table 2. Range of  $\tau$  value

숫자음	시정수( $\tau$ )
일, 이, 오, 육	$9 \leq \tau \leq 10$
공, 구	$6 \leq \tau \leq 9$
삼, 사, 칠, 팔	$2 \leq \tau \leq 5$

그러나, 실제 실험에서 시찰에 의해 조사한 표 2.와 같은 값으로 조음결합을 처리해도 오인식된 것이 있다. 이러한 경우는 시행착오에 의해서 시정수  $\tau$ 값의

범위를 조정하였으며 각 표준패턴마다 시정수를 다르게 설정할 수 있도록 알고리즘을 수정하여 단어마다 적당한 조음결합의 처리를 할 수 있게 하였다.

### VI. 인식 실험 결과 및 검토

#### 1. 분석조건 및 음성 자료

음성분석 조건은 다음과 같다.

- A/D데이터 : 10kHz, 12bit
- 고역강조 : 1차 차분
- 분석창 : hanning 창
- 프레임 간격 : 10 ms
- 분석창 길이 : 20 ms
- 특징파라미터 : LPC cepstrum(16차)

음성 자료는 5명의 남성 화자가 3회 발생한 4연숫자음 35개이며 표준패턴은 각 화자마다 3번씩 발생한 고립 숫자음을 이용하였다.

#### 2. 결과 및 고찰

조음결합 모델을 적용한 경우와 적용하지않는 경우에 대한 인식의 결과는 표 3.과 같다. 실험에서 시정수와 표준패턴은 실험의 결과를 이용하여 조정한 것이다.

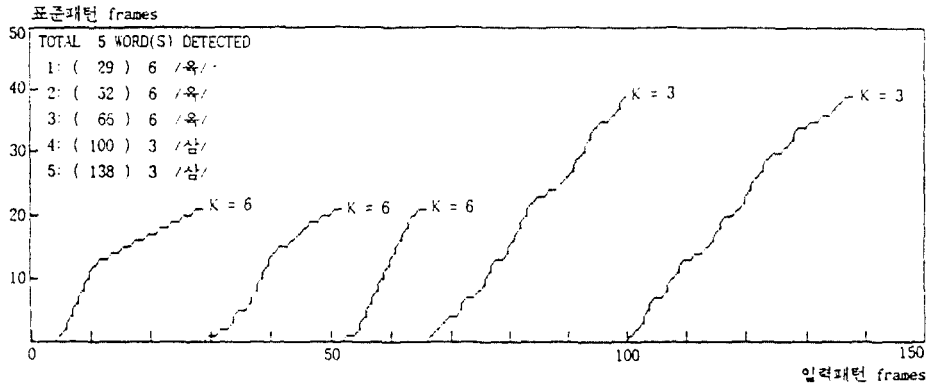
표 3. 인식률의 비교(%)

Table 3. Comparison of recognition rate

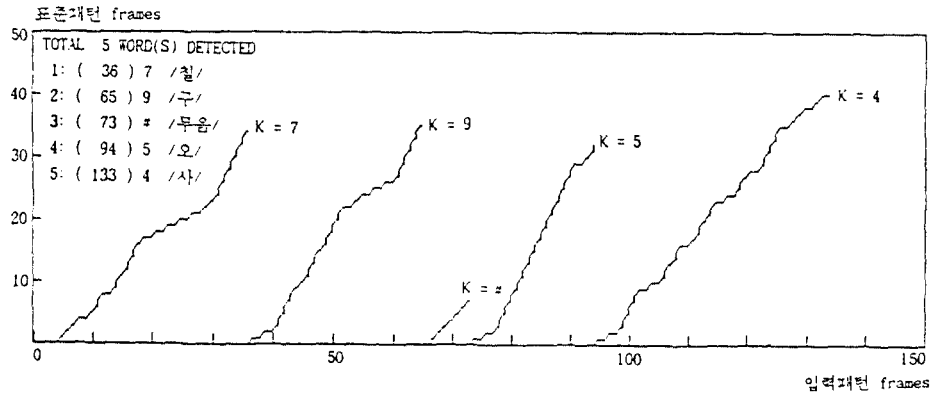
화자 방법	S1	S2	S3	S4	S5	평균
1단 DP법	87.3	84.1	78.2	90.1	82.6	84.5
조음결합 DP법	91.3	89.8	83.6	93.5	87.9	89.2

표 3.에서 조음결합 모델을 적용한 경우 평균 89.2%의 인식율을 얻었으며 조음결합 처리를 하지않는 경우 평균 인식율 84.5%에 비해 4.7% 향상되었다. 오인식의 해석을 위해 평균 인식율을 나타낸 화자 S2의 인식 결과를 표 4.에 나타냈다. 조음결합 처리 결과 탈락오류 3.6%, 치환오류에 대해서 2.1% 개선된 인식율을 얻었으며 치환오류에서는 1.0%의 개선된 효과를 얻었으나 조음결합 처리에 의해 오히려 오인식된 경우도 있었다.

그림 6.은 4연숫자음 /6633/과 /7954/의 매칭패



(a) /6633/의 매칭패스



(b) /7951/의 매칭패스

그림 6. 4인 숫자음의 매칭패스에

Fig. 6. Example of a matching pass of 4 connected digits.

스 예이다. 그림의 (a)에서는 후속 숫자음 /6/에서 조음결합의 영향으로 삽입오류가 발생하였으며 그림 (b)는 바르게 인식된 경우의 매칭패스이고 /#/은 무음구간을 나타낸다.

오인식이 많은 발생하는 숫자음은 /오/와 /영/, /사/와 /삼/이며 이와같은 숫자음은 무음성의 모음구간이 유사한 스펙트럼 특성을 갖기 때문인 것으로 보고되었다. 이 이와같은 치환 오류에 대한 대책으로서 무음구간의 표준패턴을 만들어 인접단어의 개시점과 끝점을 정확히 검출하고 오인식이 많이 발생하는 단어에 대해서는 복수개의 표준패턴을 준비하면 인식율이 향상되나 표준패턴의 수가 증가하고 처리시간이 길어지는 단점이 있다.

## Ⅶ. 결 론

본 연구에서는 임계제동형 전영 2차계를 이용한 조음결합 모델을 1단 DP매칭 알고리즘에 조합하여 동성화 4인 숫자음을 인식하였으며 적용하지않을 경우에 비해 4.7% 향상되었다.

조음결합 처리는 한국어 숫자음의 경우 주로 단락이나 치환오류에 대해 효과가 있었으며 삽입오류의 경우에는 거의 적용되지않았다. 향후 과제로써 보다 성화된 조음결합 처리를 위해서는 전행단어가 후속 단어에 미치는 영향 뿐아니라 후속단어가 선행단어에 미치는 영향(예: /음음/, 자음농화 현상)까지도 고려할 필요가 있으며 이 경우 일반적인 음소 단위의 음성인식에 응용이 가능한 것으로 기대된다. 그리고, 비슷한 형태의 과형은 다른 숫자음에 대해서는

표 4. 각 숫자음별 인식 결과

Table 4. Recognition result of each digit

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	인식율
0	39					14	4			1	0.928
1		41	2								0.976
2			32								0.762
3				38	10			3	1		0.905
4					32						0.762
5						21					0.500
6	1					1	33				0.786
7								42			1.000
8			4						39		0.920
9					2					36	0.877
탈락	2	1	8		4	5			4		0.057
삽입	1						7				0.019
지환	1		2	4	10	17	4		3	2	0.102

353 / 420 = 0.841

(a) 조음결합 처리를 하지 않은 경우

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	인식율
0	39					7	3			1	0.928
1		41	3								0.976
2			36								0.857
3				38	6				3	1	0.905
4					1	36					0.857
5						30					0.714
6	1					1	37				0.881
7		1						42			1.000
8			3						39		0.929
9						3				39	0.929
탈락	2		3		1	2			1		0.021
삽입							4				0.010
지환	1	1	3	4	6	11	3		3	2	0.081

377 / 420 = 0.898

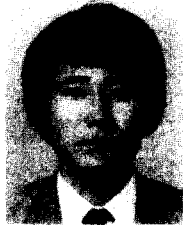
(b) 조음결합 처리를 실시한 경우

부음구간의 표준패턴의 작성 및 부수개의 표준패턴의 작성등이 필요한 것으로 고려된다.

참 고 문 헌

- H. Ney, "The Use of a One-Stage Dynamic Programming Algorithm for Connected Word Recognition," IEEE Trans. Acoust., Speech Signal Processing, Vol. ASSP-32, pp.263-271, Apr.1984
- 김경태 외, "음성인식 기술개발에 관한 연구", 정보시스템기술개발분야, 한국전자통신연구소 최종 보고서, 1988
- 김순협 외, "L.B.알고리즘을 이용한 연속 숫자음 인식", 한국 음향학회지 7권 3호 pp.50-59 1988
- 황영수 외, "에너지 상태와 VQ를 이용한 화자 독립 격리 단어 인식", 전자 공학회 논문지 제26권 10호, pp.163-169 1989
- H.Sakoe, "Two level DP-matching-A dynamic programming based patternmatching algorithm for connected word recognition," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal, Processing, Vol. ASSP-27, pp.588-595 Dec.1979
- 久松 豊, 板橋 秀一, "調音結合 DPマッチングによる 連続 単語音聲 認識", 日本 音響學會講演論文集, 2-5-2, 10.1987.
- Dorman, M.F. : "Distribution of Acoustic Ques for Stop Consonant Place of Articulation in VCV Syllables", JASA Vol. 67, No.4 pp. 1333-1335, 1980
- K.F. Lee, "Automatic Speech Recognition," Kluwer Academic Publishers, 1989
- Ney, H., Mergel, D., Noll, A., Paeseler, A. "A Data-Driven Orgmization of the Dynamic Programming Beam Search for Continuous Speech Recognition," IEEE Acoust., Speech Signal Processing, pp.833-836, Apr.1987
- 藤村, 吉田, 佐藤: 「調音結合モデルに基づく母音, 半母音の認識」電子通信學會全國大會 pp.143 7, 1974
- 鄭 鉉烈, "韓國音聲の分析と認識に關する基礎的研究," 東北大學審査 博士學位論文, 1988





李宗振(Jong Jin LEE) 正會員  
1958年 8月20日生  
1982年 2月：東亞大學校電子工學  
科卒業(工學士)  
1986年 2月：東亞大學校大學院電  
子工學科 卒業(工學  
碩士)  
1990年 3月～現在：長安專門大學  
電算科 專任講師

東亞大學校大學院 電子工學科(博士課程)



李光錫(Kwang Suk LEE)正會員  
1957年 9月7日生  
1983年 2月：東亞大學校電子工學  
科 卒業(工學士)  
1985年 2月：東亞大學校大學院電  
子工學科 卒業(工學  
碩士)  
1988年 2月：東亞大學校大學院電  
子工學科 (博士課程  
修了)

1986年 3月～現在：昌原專門大學電子通信科 助教授

許康仁(Kang In HUR) 正會員  
1955年 2月20日生  
1980年 2月：東亞大學校電子工學  
科 卒業(工學士)  
1982年 2月：東亞大學校大學院電  
子工學科 卒業(工學  
碩士)  
1988年 2月：慶熙大學校大學院  
(工學博士)

1984年 3月～現在：東亞大學校 電子工學科 副教授

金明起(Myong Ki Kim) 正會員  
1930年 2月19日生  
1951年 8月：海軍士官學校 卒業  
(理學士)  
1958年 6月：美國海軍工科大学電  
子工學科 卒業(工學  
士)  
1966年 2月：서울大學校大學院電  
子工學科 卒業(工學  
碩士)

1976年 2月：東亞大學校大學院(工學博士)

1977年 3月～現在：東亞大學校工科大学 電子工學科教授



高時曠(Shi Young GHO) 正會員  
1952年 8月16日生  
1979年 2月：嶺南大學校 電子工  
學科 卒業(工學士)  
1983年 2月：嶺南大學校大學院電  
子工學科 卒業(工學  
碩士)

1990年 2月：東亞大學校大學院 電子工學科(博士課程修  
了)

1980年 3月～現在：慶北 大學 電子工學科 助教授