

論文99-36T-12-5

음성에 대한 퍼지-리아프노프 차원의 제안

(The Proposal of the Fuzzed Lyapunov Dimension at
Speech Signal)

印俊煥*, 兪炳旭**, 柳碩漢***, 鄭明眞*, 金昌錫****

(Joon-Hawn In, Byong-Wook Yoo, Seok-Han Ryu, Myong-Jin Jung,
and Chang-Seok Kim)

요 약

본 연구에서는 퍼지 Lyapunov 차원을 제안 하였다. 퍼지 Lyapunov 차원이란 어트랙터의 양적 변화를 평가하는 것으로 본 논문에서는 이것에 의해 화자 인식이 평가되었다.

제안된 퍼지 Lyapunov 차원은 표준 패턴 어트랙터사이의 변별 특성이 우수하고, 어트랙터에 대해서는 패턴변동을 흡수시키는 화자 인식 파라미터임을 확인하였다.

퍼지 Lyapunov 차원을 평가하기 위해 화자와 표준 패턴별로 식별 오차에 따른 오인식을 추정함으로써 화자인식 파라미터의 타당성을 검토하였다. 화자인식 실험을 수행한 결과 인식율 97.0[%]을 얻었으며 퍼지 Lyapunov 차원이 화자인식 파라미터로서 적합함을 확인하였다.

Abstract

This study suggested the Fuzzy Lyapunov dimension. The Fuzzy Lyapunov dimension is to evaluate the quantitative variation of the attractor. In this paper the speaker recognition is evaluated by the Fuzzy Lyapunov dimension

It has been proved that the suggested Fuzzy Lyapunov dimension is superior in the discrimination characteristics between standard reference pattern attractors, and in reference to the test pattern attractor, it has been verified that it is the speaker recognition parameter which absorbs the pattern variation.

In order to evaluate the Fuzzy Lyapunov dimension as speaker recognition parameter, the mistaken recognition according to discrimination error in each of speaker and standard reference pattern was estimated, and the validity of the speaker recognition parameter was experimental. As the result of the speaker recognition experiment, 97.0[%] of recognition ratio was obtained, and it was confirmed that the Fuzzy Lyapunov dimension was fit for the speaker recognition parameter.

* 正會員, 明知專門大學 電子科

(Dept. of Electronic Engineering, Myongji College)

** 正會員, (株)데이씨큐어 情報技術研究所

(DataSecure Co., Information of Ins.)

*** 學生會員, 明知大學校 電子工學科 大學院

(Dept. of Electronic Engineering, Myongji University)

**** 正會員, 明知大學校 電氣電子工學部

(Dept. of Electronic Engineering, Myongji University)

接受日字: 1999年10月25日, 수정완료일: 1999年11月24日

I. 서 론

최근에 과거의 자연현상을 이해하고 이를 이용하고자 하는 카오스(chaos)현상에 대한 연구가 진행되고 있으며, 시계열 신호에서도 카오스분석으로 신호의 복잡한 변화 속에 숨겨져 있는 동적 정보를 파악함으로써 신호를 정량화하여 시계열 신호의 패턴 인식과 분석에 활용하려는 연구들이 시도되고 있다. 특히 음성신호 또는 뇌파신호 발생시스템과 같이 매우 복잡하게 비선형

으로 결합된 결정론적 동적시스템을 선형 시스템으로 해석함으로써 인해 여러 문제들이 발생되고 있으며, 음성 인식의 경우 부가적인 파라미터 또는 인식 알고리즘의 개선이 필요하기 때문에 처리 시스템이 매우 복잡하게 구성되고 있으므로 신호발생메커니즘은 카오스 분석을 이용한 비선형시스템의 해석이 이상적이다.^[1-4]

결정론적 규칙에 의하여 지배되는 카오스 신호에 대한 분석 방법은 신호의 궤적에 대해서 특징의 결정론적 규칙, 즉 카오스 차원을 찾는 것이다. 카오스 차원인 Lyapunov차원은 미소 벡터를 섭동(perturbation)으로 부여할 때 구성된 상태공간내 즉, 스트레인지 어트랙터상의 어느 한 점과 그 주위의 점이 시간에 따라 얼마나 변화했는가 하는 미소 벡터의 변화를 추정함으로써 궤도 불안정성을 각 방향의 변화율로 정량적으로 평가한 것이다. 이러한 Lyapunov차원은 비선형으로 결합된 결정론적 동적시스템의 특징을 나타내는 것이므로 불규칙신호 발생시스템의 동적특징을 나타낸다.^[5-9] 음성은 카오스 특성을 갖는 비선형 동적 시스템에서 나오는 불규칙한 현상이므로 음성 발생 시스템의 특징을 스트레인지 어트랙터의 기하학적 구조의 질서에 대한 정량적 기준이 되는 Lyapunov차원으로 추정할 수 있다.

한편 패턴 인식 파라미터는 표준 패턴과 시험 패턴간의 변동의 흡수 특성이 우수해서 표준패턴에 대해서는 변별력이 크고, 동일패턴에 대해서는 그 변동 흡수 특성이 우수하여야 한다. 따라서 Lyapunov차원은 패턴 특징량의 변동을 흡수하는 패턴 인식보다는 서로 다른 패턴에 대해 표준 패턴간의 규칙정도의 차이를 알아내는데 적합한 파라미터로서 패턴인식보다 패턴 분류에 더 유용하다.^[10-14]

한편 퍼지 이론은 대상에 대한 애매함의 정도를 소속 정도 즉, 유사도로 표현하여 주는 것이다.^[14] 따라서 변별력의 특징이 우수한 Lyapunov차원의 특성이 있어서 카오스 어트랙터 궤도사이에 퍼지 관계를 설정하여 준다면 표준패턴 상호간의 변별 특징도 양호하고, 표준패턴에 속하는 시험패턴의 궤도특징을 유사도로서 변동흡수의 특징이 양호한 새로운 패턴 인식 파라미터로 활용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 비선형 발생 메커니즘으로부터 발생되는 음성신호에 대해서 시계열상의 비선형특징을 가지고 있는 카오스 어트랙터를 구성하고, 어트랙터 궤도특성을 정량적으로 평가함으로써 변별력이 강하여 패턴 인식 파라미터로서 우수하지 못한 Lyapunov

차원에 대해 패턴인식에 적합하도록 퍼지화된 Lyapunov 차원을 제안한다.

II. 퍼지 Lyapunov차원의 제안

Lyapunov차원은 스트레인지 어트랙터상의 어느 한 점과 그 주위의 점에 대해 시간에 따른 변화 정도를 미소 벡터의 변화로 추정한다. 즉, 궤도 불안정성을 각 방향의 변화율로 추정하므로 다수개의 어트랙터에 대해 기하학적 구조의 질서에 대한 정도차이를 정밀히 분류하는 성능이 우수하다.^[15-16] 그러나 수직(수평)방향에 대한 지수적 확대(축소)벡터인 Lyapunov스펙트럼 λ_i 가 단위벡터방향의 변화만을 고려하여 추정하므로 표준패턴 어트랙터와 동일한 시험패턴 어트랙터에 대해서는 각 점들의 표준 패턴 어트랙터에 대한 변화량을 흡수하지 못하며, 동일화자라 해도 표준패턴 어트랙터와 다른 시험 패턴 어트랙터간에 유사정도를 추정하지 못하므로 어트랙터 패턴인식에 대한 성능이 저하된다.

그림 1에서와 같이 표준 패턴 어트랙터와 시험 어트랙터간의 기하학적 구조에 대한 변동량을 흡수해야 하지만 스트레인지 어트랙터는 그 크기와 위상 구조가 초기값에 크게 영향을 받으므로 동일화자의 동일 음성이더라도 어트랙터의 기하학적 크기와 형태가 크게 달라질 수 있어서 단순한 기하학적 형태에 대한 퍼지 유사도의 적용으로 패턴변동량을 흡수하는 것은 곤란하다.

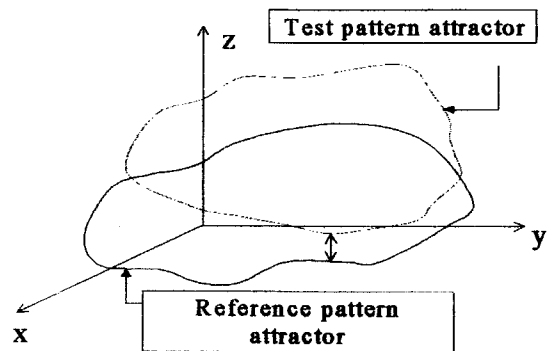


그림 1. 스트레인지 어트랙터의 변동량흡수
Fig. 1. Absorption of the variations in the strange attractor.

따라서 Lyapunov지수의 추정에 퍼지 유사도를 적용하여 Lyapunov차원을 퍼지화함으로써 패턴 인식하는 것이 타당하다. 그러나 Lyapunov차원 추정에서는 표준

패턴에 대해서 동일 화자 동일 패턴의 변동량 함수가 안되므로 그림 2와 같이 표준 패턴의 어트랙터상의 한 점을 중심으로 단위구간내에 존재하는 미소 벡터들의 변화정도를 흡수하기 위해 퍼지 유사도를 이용한다. 따라서 어트랙터 미소점들의 벡터 계산과정에서 표준 패턴과 시험 패턴간의 벡터 변화량을 퍼지 유사도로서 추정하여 패턴인식에 적합한 퍼지 Lyapunov 차원을 제안한다.

그림 2에서와 같이 표준 패턴 어트랙터 궤도상의 한 점을 X_{ii} 라고 하고, 이 점을 중심으로 이 구에 들어가는 시험 패턴의 어트랙터상의 다른점 $M (j=1, 2, \dots, M)$ 개의 X_j 를 설정한다. 이때 X_{ii} 에서 구내의 M 개의 점 X_j 에 대해 퍼지 Lyapunov 차원을 추정하기 위해서 변위 벡터 y_j 에 대한 퍼지 유사도 $\mu_y(X_j)$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_y(X_j) = \begin{cases} \frac{1}{h_y - X_{ii}} (X_j - X_{ii}) + 1, & X_j \leq X_{ii} \\ \frac{-1}{g_y - X_{ii}} (X_j - X_{ii}) + 1, & X_j > X_{ii} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $h_y = X_{ii} - \Delta_1$, $g_y = X_{ii} + \Delta_1$ 이다.

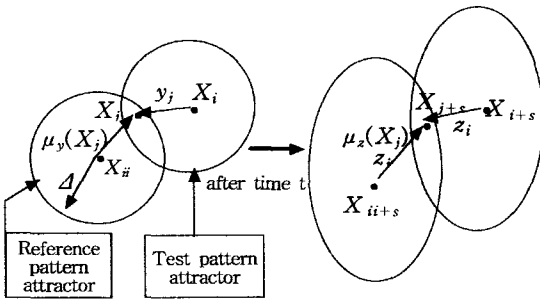


그림 2. 퍼지 유사도 $\mu_y(X_j)$ 와 $\mu_z(X_j)$ 의 추정
Fig. 2. Estimation of the fuzzy membership functions $\mu_y(X_j)$ and $\mu_z(X_j)$.

그림 2에서 시간이 s 만큼 지난 후, 미소 반경 Δ_2 로 하는 구의 중심은 X_{ii} 에서 X_{ii+s} 로, 각 상태 X_j 는 X_{j+s} 로 변화하므로 시간 $t+s$ 에서 z_j 에 대한 퍼지 유사도 $\mu_z(X_j)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_z(X_j) = \begin{cases} \frac{1}{h_z - X_{ii}} (X_{j+s} - X_{ii}) + 1, & X_{j+s} \leq X_{ii} \\ \frac{-1}{g_z - X_{ii}} (X_{j+s} - X_{ii}) + 1, & X_{j+s} > X_{ii} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $h_z = X_{ii} - \Delta_2$, $g_z = X_{ii} + \Delta_2$ 이다.

미소반경 Δ_2 로 하는 구의 반경과 시간 s 가 충분히 작다면 행렬 $\overline{FH}(X_j)$ 는 퍼지 유사도 $\mu_y(X_j)$ 와 $\mu_z(X_j)$ 사이에 선형 관계가 성립되므로 퍼지화된 벡터행렬은 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$\mu_z(X_j) = F\overline{H}(X_j) \mu_y(X_j) \quad (3)$$

행렬 $F\overline{H}(X_j)$ 는 Jacobian 행렬에 근사적이므로 다음식의 거리 오차 S 를 최소로 하는 최소 자승법으로 결정할 수 있다.

$$S = \sum_{j=1}^M [\mu_z(X_j) - F\overline{H}(X_j) \mu_y(X_j)] \quad (4)$$

행렬 $F\overline{H}(X_j)$ 의 제 kl 성분을 $F\overline{H}_{kl}$ 이라고 하면 식 (1)의 $\mu_y(X_j)$ 와 $\mu_z(X_j)$ 에 대한 거리 오차 S 에 대해 각각의 $F\overline{H}_{kl}$ 에 대한 최소조건은 $\frac{\partial S}{\partial F\overline{H}_{kl}} = 0$ 이므로 다음식이 성립된다.

$$F\overline{H}(X_j) V = C \quad (5)$$

$F\overline{H}(X_j)$ 를 추정하고 행렬 $F\overline{H}(X_j)$ 를 Lyapunov 차원에서의 $\overline{G}(X_j)$ 로 적용하여 퍼지화된 Lyapunov 스펙트럼을 구할 수 있다. 여기서 V 분산행렬이고 C 는 공분산 행렬이다.

Lyapunov 차원 추정에서는 패턴 변동량을 흡수하지 못하므로 표준 패턴과 동일한 시험 패턴간의 변동량을 흡수하기 위해서 퍼지 유사도 $\mu_y(X_j)$ 와 $\mu_z(X_j)$ 의 선형 비례 관계에 있는 행렬 벡터 $F\overline{H}(X_j)$ 를 적용한다. 또한 Lyapunov 차원에서와 같이 연산을 감소시키기 위해서 서로 직교하는 단위 벡터를 적용하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$Fe(j+1) = F\overline{H}(X_j) u(i) \quad (6)$$

퍼지화된 벡터 행렬 $F\overline{H}(X_j)$ 는 $u(i)$ 의 벡터방향으로만 추정되는 퍼지화된 $Fe(j+1)$ 을 구할 수 있다.

$Fe(j+1)$ 를 직교화하면

$$F\hat{e}(j+1) = Fe(j+1) - \sum_{j=1}^{i-1} \langle Fe(j+1), u(i+1) \rangle u(i+1)$$

$$\rangle \mathbf{u}(i+1) \tag{7}$$

이고 이것을 반복계산하여 다음의 정규직 교계 $\mathbf{u}(j+1)$, ($j=1,2,\dots,m$)를 구한다.

$$\mathbf{u}(i+1) = \frac{F\hat{\mathbf{e}}(j+1)}{|F\hat{\mathbf{e}}(j+1)|} \tag{8}$$

$\mathbf{u}(i+1)$, ($i=1, 2, \dots, m$)을 식 (7)에 의해 다시 사상하는 과정을 되풀이하여 얻어진 $F\hat{\mathbf{e}}(i)$ 의 계열을 Lyapunov스펙트럼의 추정식에 대입하면 퍼지 Lyapunov스펙트럼 γ_i ($i=1, 2, \dots, m$)를 추정하는 식은 다음과 같다.

$$\gamma_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \log |F\hat{\mathbf{e}}(i)| \tag{9}$$

식(9)에서 구해진 γ_i 는 표준 패턴과 시험 패턴에 대한 Lyapunov지수의 변동분에 대한 것을 의미하므로 본 논문에서 제안하고자 하는 퍼지 Lyapunov차원의 추정 식은 식 (9)에서 구해진 퍼지 Lyapunov지수를 i 순으로 나열하여 $\gamma_{k+1} < 0$ 이 만족되는 γ 가 있을 때 다음식과 같다.

$$FD_L = k + \frac{\sum_{i=1}^k \gamma_i}{|\gamma_{k+1}|} \tag{10}$$

III. 화자인식평가 방법

화자 인식 과정은 화자를 식별하여 등록된 음성이 발생한 음성과 유사 정도를 판정함으로써 인식을 결정한다. 그러므로 발생한 음성의 음향적 특성과 화자간의 특징이 구분되어야 하고 동일 화자의 동일 음성에 대해서는 특징 변동이 흡수되어야 한다.^[17] 본 논문에서는 화자 인식 파라미터를 평가하기 위해서 화자 식별과 패턴 변별 및 변동 흡수에 대해 다른 화자, 다른 모음과 동일화자, 동일 모음과의 차를 구하였다. 그 차이가 클수록 우수한 화자 인식 파라미터이다. 즉, 모든 화자가 패턴별로 발생한 음성에 대한 차원과 등록된 표준 패턴 차원과의 차를 구하여 식 (11)과 같은 식별 오차율에 의하여 화자를 인식하는 평가방법을 제안하였다. 이 식별 오차율은 다른 화자의 동일한 패턴에 대해서 그 차이가 크면 클수록 우수한 화자인식 파라미터이며, 동일

화자이지만 다른 모음 패턴일 때에도 역시 차이가 크면 클수록 우수하다. 동일화자, 동일모음일 때에는 그 차이가 적을수록 우수한 파라미터이다. 평가를 위해 화자별로 각 모음 패턴마다 10회씩 발생한 시험 패턴에 대해 차원을 구한 후 화자에 따라 등록된 표준패턴의 차원과 차를 구하여 10회 발생된 모음에 따라 평균하여 식별 오차를 구한다. 식별 오차율의 흐름도는 그림 3에 나타내었다.

$$\delta = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left| \frac{\text{표준패턴의차원} - \text{시험패턴의차원}}{\text{표준패턴의차원}} \right| \times 100 \tag{11}$$

여기서 P는 음성 발생수이다. 구해진 식별오차는 오차율에 대한 값의 크기를 고찰함으로써 제안된 퍼지 Lyapunov차원에 대한 화자 식별 파라미터로 평가하였다. 또한 표준 패턴과 동일한 시험 패턴의 식별오차를 δ_1 로 하고 δ_1 과 가장 근사값인 식별오차를 δ_2 로 하여 다음 식(12)와 같이 차를 구함으로써 그 차이가 크면 화자인식 파라미터로서 우수하도록 오인식이 일어날 수 있는 평가 기준으로 사용하였다.

$$R_s = \delta_2 - \delta_1 \tag{12}$$

제안된 퍼지 Lyapunov차원에 의한 화자 인식은 그림 4의 흐름도에 의하여 수행하였다. 먼저 화자마다 모음마다 임의의 시험 패턴을 입력하여 제안된 퍼지 Lyapunov차원을 구하고, 등록된 각 화자의 1개로 구성되는 모음표준패턴과의 차를 구한후 그 차에서 최소값을 나타내는 것을 인식화자의 발생모음으로 인식하였다.

IV. 퍼지 Lyapunov차원에 의한 화자인식

Lyapunov차원은 시간에 따른 어트랙터 궤적의 각 미소 벡터 방향에 따른 변화를 정밀하게 추정하므로 다수개의 시험패턴 어트랙터간의 변별 특성은 우수하지만 동일화자에 의해 발생된 서로 다른 음성에 대해서도 어트랙터 궤도 변화에 민감하다. 따라서 이러한 Lyapunov차원에 퍼지 유사도를 적용하여 변별특성과 동일패턴에 대한 변동흡수를 해결한 퍼지 Lyapunov차원으로 화자인식을 향상을 시도하였다. 시각 t에서 표준패턴 어트랙터에 대해 한점 X_i 를 중심으로 일정반경의 미소구안에 존재하는 시험 패턴 어트랙터의 M개의 점을 계산하고, X_i 의 t+s후에 변화를 퍼지 유사도를

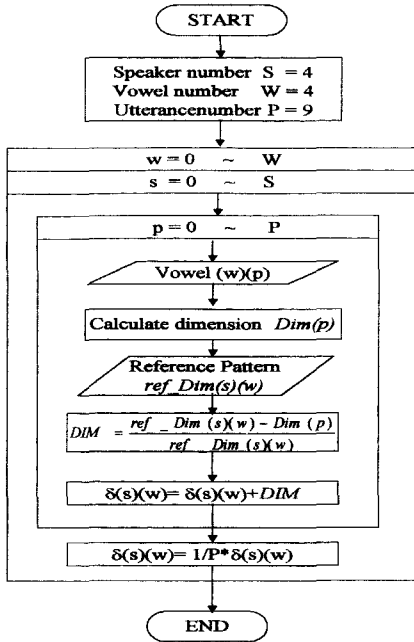


그림 3. 식별 오차율 추정을 위한 흐름도
Fig. 3. Flowchart for estimation of the discrimination error ratio δ .

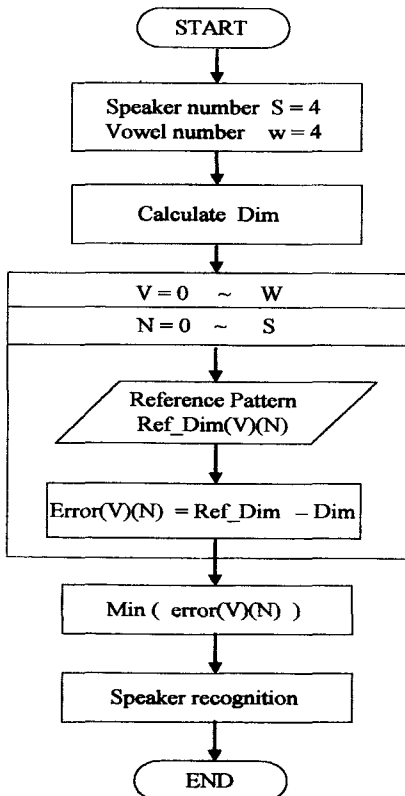


그림 4. 화자 인식을 위한 흐름도
Fig. 4. Flowchart for speaker recognition.

이용하여 Lyapunov차원을 추정하였다. 그림 5에 퍼지 Lyapunov차원 추정에 대한 순서도를 나타냈다. 이 순서도에 따라 시험패턴의 어트레터의 궤적변화를 정밀히 추정하고, 그 변동을 표준패턴에 대해 가중치로 흡수함으로써 화자 인식을 향상을 시도하였다.

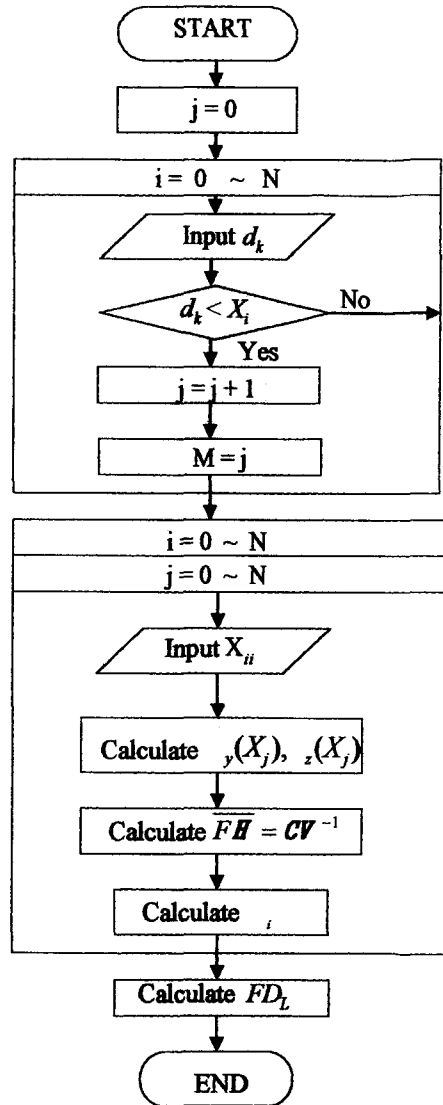


그림 5. 퍼지 Lyapunov차원 추정을 위한 흐름도
Fig. 5. Flowchart for estimation of fuzzy Lyapunov dimension.

식 (9)에 의한 퍼지 Lyapunov지수를 추정하기 위해 전 절에서 설명한 Takens의 매립 정리를 적용하고 제안된 주피수 분석 방법에 의해 음성 주요주기 τ_0 를 추정하는 다음 식 (4)의 $F\overline{H}(X_j)$ 를 식 (6)으로부터 계산하

고 식 (9)을 계산하여 퍼지 Lyapunov지수를 구하였다. m은 5로 하고, 구해진 퍼지 Lyapunov지수 중 큰 순서대로 바꿔 가면서 음(-)이 아닌 최대정수를 k로 하여 퍼지 Lyapunov차원을 추정하였다.

표 1은 화자별로 퍼지 Lyapunov차원을 추정한 결과를 각 발성횟수에 대해 평균하여 나타낸 것이며 공간 차원 m이 3일 때 각 화자별 모음에 따른 퍼지 Lyapunov차원의 평균값이다.

화자 인식의 파라미터로서의 효용성을 검토해보면 A 화자의 모음 「a」에 대한 퍼지 Lyapunov차원은 2.771 이고 B화자의 모음 「a」에 대한 퍼지 Lyapunov차원은 2.974로서 차이가 있음 알 수 있고, 다른 모음에 대해서도 역시 화자간의 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 퍼지 Lyapunov차원이 화자의 음성에 대한 개인성의 차와 동일 화자에 대해서도 모음간의 차를 나타내는 것으로 생각되며, 퍼지 Lyapunov차원이 화자 식별의 파

라미터로서 유용함을 나타내는 것이다. 값의 분포형태에 대해 단어군과 인식 화자대상이 커지면 인식이 어려울 것으로 생각되지만 시간에 따라 어트레터의 값이 변화하는 정도를 패턴마다 식별오차율 δ 를 추정함으로써 카오스차원의 단점을 보완할 수 있다.

표 1. 화자별 퍼지 Lyapunov차원의 분포.
Table 1. Distribution of fuzzy Lyapunov dimensions according to speakers.

Reference pattern speaker	「a」	「e」	「i」	「o」	「u」	Distribution $\phi 1$
A	2.771	2.708	2.852	2.897	2.677	2.68~2.89
B	2.974	2.926	2.945	2.967	2.878	2.87~2.97
C	2.475	2.445	2.576	2.564	2.408	2.40~2.57
D	2.255	2.232	2.271	2.296	2.158	2.15~2.29
E	2.286	2.243	2.333	2.314	2.209	2.20~2.33
distribution $\phi 2$	2.2~2.9	2.2~2.9	2.2~2.9	2.2~2.9	2.1~2.8	

표 2. A화자의 표준패턴에 대한 식별오차율 δ

Table 2. Discremination error ratio δ from the reference pattern of speaker A.

Reference pattern Speaker	「a」	「e」	「i」	「o」	「u」	Average	
A	「a」	4.22	29.14	26.83	23.59	21.05	4.07
	「e」	24.13	3.04	27.45	20.37	23.76	
	「i」	20.14	20.17	3.96	21.85	25.59	
	「o」	24.84	25.27	24.34	4.16	20.91	
	「u」	26.13	20.84	26.59	19.68	4.96	
B	「a」	20.27	32.21	39.32	31.77	28.99	20.29
	「e」	31.86	19.82	34.23	32.01	35.62	
	「i」	36.06	27.32	24.27	26.52	34.40	
	「o」	35.34	31.63	28.22	19.59	33.60	
	「u」	33.95	35.77	29.36	27.42	17.53	
C	「a」	15.58	31.64	33.51	36.42	31.83	20.01
	「e」	28.56	26.68	39.76	35.87	29.45	
	「i」	27.61	32.00	16.13	37.34	28.91	
	「o」	35.65	26.61	37.11	18.56	31.54	
	「u」	32.09	29.69	36.12	30.77	23.11	
D	「a」	26.89	29.04	31.70	29.56	27.21	22.37
	「e」	29.54	25.66	32.35	35.90	26.42	
	「i」	28.15	31.37	20.12	36.20	28.23	
	「o」	27.28	30.49	33.33	18.18	30.92	
	「u」	31.71	29.32	34.85	34.92	21.01	
E	「a」	28.04	24.46	23.12	26.43	30.03	23.33
	「e」	28.28	20.61	27.45	26.60	31.38	
	「i」	27.13	26.33	19.89	28.74	27.45	
	「o」	25.46	30.55	30.52	24.67	29.98	
	「u」	26.59	29.31	27.20	29.71	23.44	

따라서 음성인식과 화자식별의 유용성을 알아보기 위해서 A화자의 각 모음중 1회 발성한 음성을 표준 패턴으로 설정하고, 나머지 각 음성에 대해 퍼지 Lyapunov차원을 구하여 화자별로 인식된 식별오차율의 평균값 δ 를 식 (11)로 구하여 표 2에 나타내었다.

표 2를 고찰하면 평균 4.07[%]로 식별 오차율이 낮음을 알 수 있으며, 표 1에서도 $\varphi 1$ 의 분포가 화자별로 뚜렷한 특징을 갖고 있음을 고찰할 수 있다.

각 화자에 대해 퍼지 Lyapunov차원에 의한 화자 인식을 수행한 결과를 표 3에 나타내었다. 전체평균 97[%] 인식율을 나타낸 것은 퍼지 Lyapunov차원이 화자 식별에 매우 우수한 파라미터이며 어트랙터의 특징을 더욱 잘 나타내고, 음성시계열로 구성되는 서로 다른 표준 패턴사이에서 어트랙터제도에 대해 변별력이 강하고, 각 표준패턴인 어트랙터와 동일한 음성 어트랙터인 시험패턴에 대해서는 그 시간에 따른 궤도변동분을 흡수할 수 있으므로 높은 인식율이 나타난 것이다. 따라서 퍼지 Lyapunov차원은 패턴 인식 파라미터로서 우수하다. 서로 다른 음성 패턴간은 분별시키고, 동일패턴에 대해서는 패턴 변동분을 흡수시키는 패턴 인식에 적합한 카오스차원임을 확인할 수 있다. 또한 음성 발생시스템 자체의 특징을 잘 나타낸다고 할 수 있다. 따라서 퍼지 Lyapunov차원은 화자식별에 매우 효과적인 파라미터이다.

V. 결 론

표 3. 퍼지 Lyapunov차원에 의한 화자인식율[%]

Table 3. Speaker recognition ratio by fuzzy Lyapunov dimension.

Speaker Refer ence Pattern	A	B	C	D	E
「a」	98.0	96.0	98.0	98.0	98.0
「e」	96.0	94.0	96.0	98.0	96.0
「i」	98.0	96.0	98.0	96.0	98.0
「o」	96.0	98.0	96.0	96.0	98.0
「u」	96.0	98.0	96.0	98.0	98.0
Average	96.8	96.4	96.8	97.2	97.6

본 연구에서는 음성 어트랙터에 대하여 Lyapunov차원을 구해본 결과, 패턴인식보다는 화자식별에 적합한 파라미터임을 알 수 있었으며 Lyapunov차원에 있어서 어트랙터를 구성하는 미소벡터간의 변화율을 추정할 때 퍼지유사도를 적용하여 퍼지 Lyapunov차원을 제안할 수 있었다.

퍼지 Lyapunov차원은 서로 다른 패턴간은 분별시키고, 동일패턴에 대해서는 패턴변동분을 흡수시킴으로서 음성인식과 화자인식에 적합한 파라미터임을 확인할 수 있었으며 제안된 퍼지Lyapunov차원으로 화자인식을 수행한 결과, 퍼지Lyapunov차원은 평균 97%의 우수한 인식율을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Sadaoki, Furui, Advances in Speech Signal Processing, 1992.
- [2] S. Saito, K. Nakata, Fundamentals of Speech Processing, Academic Press, 1985.
- [3] 合原一幸, 腦とカオス, 東京電氣大學, 1992
- [4] Thomas S. Parker, Leon O. Chua, "Chaos: A Tutorial for Engineers", Proceeding of the IEEE, Vol. 75, No. 8, pp. 982~1008, 1987.
- [5] Alan Wolf, "Determining Lyapunov Exponents from a time series", Physica 16D, pp 285~317. 1985.
- [6] B. Malraison, P. Atten, P. Brege and M. Dubois, "Dimension of strange attractors", an experimental de Physique Letters, Vol. 44, No. 22, pp. 897~902, 1983.
- [7] J. D. Farmer, E. Ott and J. A. Yorke, "The dimension of chaotic attractors", Physical, Vol. 7, pp. 153~180, 1983.
- [8] P. Eckmann, S. O. Kanmhorst, D. Ruelle and S. Ciliberto, "Liapunov exponents from a time series", Phys. Rev. A, Vol. 6, pp.4971~4979, 1986.
- [9] P. Frederickson, J. L. Kaplan, E. D. Yorke and J. A. Yorke, "The Lyapunov dimension of strange attractors", j. Diff. Equations, Vol. 49, pp. 185~207, 1983.

- [10] 유병욱, 김창석, "Lyapunov 차원을 이용한 화자식별 파라미터추정", 한국음향학회지 제 16권4호, 1987
- [11] Bart Kosko, "Neural Ntworks and Fuzzy Systems", Prentice Hall, 1991.
- [12] 寺野,菅野, ファジィ システム入門 , オーム社, 1987.
- [13] Earl Cox, The Fuzzy systems Hand book, AP, 1994.
- [14]. Fujimoto, T. Nakatani and M. Yoneyama, "Speaker independent word recognition using fuzzy pattern mathing", Fuzzy Sets and System. vol.32, pp.181~191, 1989.
- [15] Alan Wolf, "Determining Lyapunov Exponants from a time series", Physica 16D, pp.285~317, 1985.
- [16] D. S. KIM, "Chaotic Analysis of Speech Signals", 한.일.중 카오스 공동 세미나 논문집, pp. 124~129, 1984.
- [17] 최승호, 최갑석, "다구간 등분할법과 퍼지추론을 이용한 단어인식", 한국음향학회지, vol.12-4, pp. 47~56, 1993

저 자 소 개



印 俊 煥(正會員)

1949년 3월 30일생. 1975.2 : 명지대학교 전자공학과 (공학사). 1977.2 ; 명지대학교 전자공학과 (공학석사). 1997.9~현재 : 명지대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 1977.3~현재 ; 명지전문대학 전자과 교수.

관심분야 : 신호처리, 반도체 회로 설계



金昌錫 (正會員)

1985년 2월 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1985년 3월~현재 : 명지대학교 전자공학과 교수. 관심분야: 음성인식, 화자인식, 감성공학



鄭 明 眞(正會員)

1956년 11월 27일생. 1980.2 : 명지대학교 전자공학과 (공학사). 1982.2 ; 명지대학교 전자공학과 (공학석사). 1989.8 ; 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1988.4. 1.~현재 ; 명지전문대학 전자과 교수.

관심분야 : 신호처리, 인터페이스 회로 설계



柳 碩 漢(學生會員)

1972년 10월 30일생. 1998.8 : 명지대학교 전자공학과 (공학사). 1998.9~현재 ; 명지대학교 전자공학과 석사과정 재학중. 관심분야: 화자인식



兪 炳 旭(正會員)

1962년 10월 1일생. 1986.2 : 명지대학교 전자공학과 (공학사). 1988.2 ; 명지대학교 전자공학과 (공학석사). 1999.2 ; 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1997.12.~현재 : (주)데이터씨큐어 정보기술연구소장.

관심분야 : 음성인식, 화자인식, 정보보안, 암호기술