

논문-2000-5-1-13

퍼지 추론을 이용한 동시통화 검출

류근택*, 배현덕**

Double Talk Detection using the Fuzzy Inference

Geun-Taek, Ryu* and Hyen-Deok, Bae**

요 약

본 논문에서는 장거리 통신시스템의 적응 반향제거기에서 퍼지제어에 기초한 새로운 동시통화 검출방법을 제안하였다. 이 방법에서, 동시통화 검출을 위한 퍼지추론의 두 입력 변수는 근단 신호와 실제 반향 신호가 더해진 소요 신호와 에러 신호 사이의 상호상관 계수 그리고 소요신호와 추정된 신호 사이의 상호상관계수를 사용하였다. 퍼지 제어기에서 사다리꼴 소속함수로 퍼지화하고 추론규칙을 이용하여 합성하였으며, 합성된 결과를 무게 중심법에 의하여 디퍼지화한 값으로 동시통화와 반향경로 변화를 검출하도록 하였다. 제안한 통화 검출기는 기존의 알고리즘보다 동시통화와 반향경로 변화를 잘 추정하는 것을 보였다.

Abstract

This paper addresses a new double talk detection algorithm which is based on the fuzzy control in the adaptive echo canceller of communication system. In this method, the two input of the fuzzy inference for detecting double talk condition are used. The one is the cross-correlation coefficient between the error signal and the primary signal which is the summed signal of the real echo signal and the near-end signal. The other is the cross-correlation coefficient between the estimation error signal and the primary signal. The fuzzy controller made a fuzzification for two inputs by the membership functions of trapezoid and them became the composition using inference rules. The composed result is defuzzificated by the center gravity method. The output is compared with two threshold values to detect double talk and echo path variation effectively.

It is confirmed by computer simulation that this fuzzy double talk detector is able to track echo path variation accurately.

I. 서 론

적응 반향제거기는 적응필터의 오차신호에 근단 화자 신호가 포함되므로 근단 화자신호가 존재할 경우에는 필터의 가중치들이 크게 변동하며 심지어 발산하게 되는 현상이 일어날 수 있다^[1]. 따라서 수렴속도를 향상하고 수렴의 안정성을 유지하기 위해서 근단 화자신호가 존재

하는 동시 통화시에는 적응필터의 가중치 조정을 중단하여야 하며, 이를 위해서 동시 통화검출기가 사용된다. 최근 적응 반향제거기에 관한 연구는 다양한 입력신호의 특성 및 반향경로의 불 특정한 변동상황에도 수렴속도, 시스템의 안정성, 동시통화검출 성능을 보다 향상시키기 위한 측면에서 새로운 알고리즘에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 동시통화 검출에 대한 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다^[2]. 그 하나는 입력신호의 레벨을 비교하는 크기 비교 형태의 검출기이고 다른 하나는 입력신호들간의 상호 상관계수를 이용하는 상호상관형태의 검출기로서 후자가 성능이 우수하여 널리 사용되고 있

* 극동정보대학 전자통신과
Dept. of Electronic and Telecommunication Keukdong College

** 충북대학교 전자공학과
Dept. of Electronic Chonybuk Nation Univ.

다. 크기 비교 형태의 기본적인 동시통화검출 알고리즘은 계산량이 적다는 이유로 많이 사용되어 왔으나 근단 화자신호의 레벨이 매우 작은 경우에는 검출 조건이 제대로 성능을 발휘하지 못하고 오동작을 일으킬 가능성이 많다^[3].

상호 상관성 알고리즘은 신호의 크기를 이용하여 동시통화 검출하는 방법보다 근단 화자신호의 존재 여부를 정확히 판단할 수 있다. 그러나 임계치가 높을 경우에는 근단 화자신호를 빠르게 검출할 수 있는 반면 반향 경로의 변화가 있는 경우에는 이를 근단화 신호로 오인하여 적응필터의 가중치 조절을 중단하는 문제점이 있다. 또한, 반향경로의 변화를 동시통화로 오인하는 것을 막기 위하여 임계치를 낮게 선정하면 근단화자 신호의 검출 속도가 느려져 적응 필터의 가중치들이 근단 화자신호의 영향으로 크게 변동하여 적응 반향제거기의 성능이 저하되는 문제점이 발생한다^[4]. 따라서 반향경로가 변하는 경우와 동시통화를 잘 구분해내는 지능적인 방법이 필요하게 되어 입력신호들 간의 상호상관성을 이용하는 동시통화 검출기가 다양한 형태로 많이 연구되고 있다^[5].

본 논문에서는 퍼지 제어를 이용하여 동시통화와 반향 경로변환 그리고 동시 통화에 반향경로 변환에도 정확하게 검출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 동시 통화검출기는 기존의 입력과 에러에 대한 상호상관계수를 이용하는 방법에 동시통화와 반향경로 변동시 발생하는 문제를 퍼지이론의 퍼지 추론으로 제어하는 퍼지제어를 이용하여 개선하고자 한다. 제안된 퍼지 동시통화 검출기에서 퍼지 제어기의 입력변수는 소요신호와 적응필터의 출력과의 상호상관계수와 소요신호와 예측신호의 상호 상관계수를 이용하였다. 설계한 퍼지 제어기는 이 두 상호 상관계수를 퍼지화하고 전문가의 지식에 근거하여 퍼지규칙을 결정하였으며 퍼지규칙은 if-then으로 표현된 언어 정보를 이용하였다. 이 퍼지화 데이터와 퍼지 규칙을 이용하여 max-min합성한 결과를 무게중심 법에 의하여 디퍼지화 하였다. 그리고 이 값에 따라 동시통화 상태와 반향경로의 변화를 결정하였다.

제안한 방법의 타당성을 검증하고자 반향제거기에서 퍼지 시스템을 이용한 동시통화 검출기와 하이브리드 시스템을 설계하여 모의 실험하였다. 그리고 제안 알고리즘의 우수성을 평가하고자 직교이론을 이용한 동시통화 알고리즘^[3]과 상호상관계수를 이용한 동시통화 알고리즘^[4]에 대하여 성능을 비교하였다.

II. 동시통화 알고리즘

반향제거기에서 동시통화 검출을 하는 방법에는 크기비교법과 상호상관 계수를 이용하는 방법이 있는데 적응 반향제거기는 동시통화 검출기와 적응필터로 구성되는데 그림1과 같다.

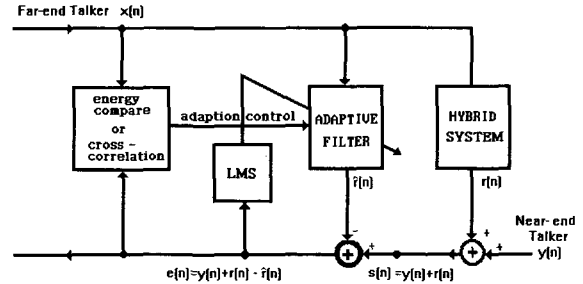


그림 1. 반향제거기에서 동시통화 검출기.
Fig. 1. Double talk detector in the echo canceller

여기서 $x(n)$ 은 원단화자의 신호이고 $r(n)$ 은 원단화자 신호의 반향 성분이다. 또한 $y(n)$ 은 근단 화자신호이고 $\hat{r}(n)$ 은 적응 필터의 출력이다. 그리고 $s(n)$ 은 근단 화자신호로 $y(n)$ 과 반향 성분 $r(n)$ 의 중첩된 소요신호이며 $e(n)$ 은 예측된 신호이다. 여기서 기존의 방법과 제안된 방법을 언급하고자 한다.

1. 기존의 동시통화 알고리즘

[4]의 알고리즘은 소요신호와 필터의 출력신호와의 상호상관계수를 이용한 동시통화 검출로 $s(n)$ 과 $\hat{r}(n)$ 과 사이의 상호상관관계는 다음 식으로 표현되며 이 상관성은 동시통화 검출에 많이 이용되어지고 있다.

$$\rho_s(n) = \lambda \rho_s(n-1) + (1-\lambda)s^2(n) \quad (1)$$

$$\rho_{\hat{r}}(n) = \lambda \rho_{\hat{r}}(n-1) + (1-\lambda)\hat{r}^2(n) \quad (2)$$

$$\rho_{sr}(n) = \lambda \rho_{sr}(n-1) + (1-\lambda)s(n)\hat{r}(n) \quad (3)$$

여기서 λ 는 망각인자(forgetting factor)로서 [0.9 1]사이의 범위에서 결정하였다. 그리고 상호상관계수는 식(4)와 같이 표현된다.

$$C_1(n) = \frac{\rho_{sr}(n)}{\sqrt{\rho_s(n)\rho_{\hat{r}}(n)}} \quad (4)$$

이 상호 상관성을 이용한 동시통화 검출기의 조건은 다음과 같다.

$$C_1(n) > R_1 : \text{가중치 조정}$$

$$C_1(n) \leq R_1 : \text{가중치 조정 중단}$$

여기서 R_1 은 임계치이다.

이 알고리즘은 신호의 크기를 이용한 방법보다 근단화자신호의 존재여부를 정확하게 판단할 수 있는 방법이지만 임계치가 높을 경우에는 근단화자신호가 빠르게 검출할 수 있는 반면에 반향경로 변화에 의해서도 상호상관계수가 임계치 아래로 떨어질 경우가 있으므로 반향 경로의 변화가 있는 경우에도 이를 근단 화자신호로 오인하여 적응 필터의 가중치 조정을 중단하는 문제점이 발생할 수 있다. 또한 반향 경로의 변화를 동시통화로 오인하는 것을 막기 위하여 임계치를 낮게 선정하면 근단화자신호의 검출속도가 느려져 적응 필터의 가중치들이 근단화자신호의 영향으로 크게 변동하여 적응 반향 제거기의 성능이 저하되는 문제를 발생하게 된다.

2. 제안한 동시통화 검출 알고리즘

제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘에서 상호상관계수의 임계치 결정에 따라 동시통화와 반향경로변화의 검출성능이 좌우되는 문제를 애매한 문제에서 장점을 보이는 퍼지이론을 이용하여 보다 정확하게 동시통화와 반향 경로변화를 검출하도록 하였다. 제안한 퍼지 추론 동시통화 검출기는 상호상관계수를 이용하였는데 첫 번째 소요신호와 적응필터의 신호에 대한 상호상관계수와 소요신호와 오차신호에 대한 상호상관계수이다. 반향제거기에서 제안한 동시통화 검출기의 상호상관성은 1차 IIR(Infinite Impulse Response) 필터의 적응 반향 제거기가 수렴 상태에 도달했다고 가정하면 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$\rho_s(n) = \lambda \rho_s(n-1) + (1-\lambda)s^2(n) \quad (5)$$

$$\rho_e(n) = \lambda \rho_e(n-1) + (1-\lambda)e^2(n) \quad (6)$$

$$\rho_r(n) = \lambda \rho_r(n-1) + (1-\lambda)\hat{r}^2(n) \quad (7)$$

$$\rho_{sr}(n) = \lambda \rho_{sr}(n-1) + (1-\lambda)s(n)\hat{r}(n) \quad (8)$$

$$\rho_{se}(n) = \lambda \rho_{se}(n-1) + (1-\lambda)s(n)e(n) \quad (9)$$

위 식을 이용하여 소요신호와 적응 필터의 출력에 대한 상호 상관계수는 다음 식(10)에 의하여 얻을 수 있다.

$$C_2(n) = \frac{\rho_{sr}(n)}{\sqrt{\rho_s(n)\rho_r(n)}} \quad (10)$$

이 상호 상관계수는 적응필터가 반향 경로를 정확하게 추정할수록 거의 1에 가까워지며 근단화자 신호가 존재할 경우에는 크게 떨어진다. 또한 소요신호와 예측신호(오차신호)의 상호상관계수는 식(11)으로 얻을 수 있다.

$$C_3(n) = \frac{\rho_{se}(n)}{\sqrt{\rho_s(n)\rho_e(n)}} \quad (11)$$

이 계수는 적응 필터가 반향 경로를 정확하게 추정할수록 0에 가까워지고 근단화자가 존재하면 급격하게 커지게 된다. 여기서 우리는 두 상호상관계수에 퍼지이론을 이용하여 동시통화 검출기를 설계하였다. 그리고 동시통화 검출기에서 사용한 퍼지 제어기는 그림5와 같다.

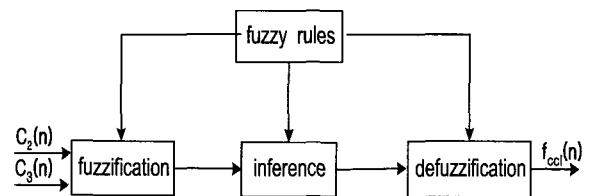


그림 2. 퍼지 동시통화 제어시스템
Fig. 5. Control system of Fuzzy double talk

퍼지 제어 동시통화 제어 시스템에서 퍼지화(fuzzification)는 상호상관계수 $C_2(n)$ 과 $C_3(n)$ 를 입력변수로 하였으며, 이 두 입력변수에 대하여 사다리꼴의 소속함수(Trapezoidal fuzzy membership function)를 사용하였다. 그리고 이 사다리꼴 소속함수는 식(12)과 같이 표현할 수 있다

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3} & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{그 밖에} \end{cases} \quad (12)$$

여기서 a_1, a_2, a_3, a_4 는 소속함수의 각 정의 구역을 의미이며 본 논문에서 각 입력변수에 생성된 소속함수는 그림5에서와 같이 두 입력 변수에 대하여 각각 3개의 소속함수(Low, Medium, High)를 생성하였다.

		$C_2(n)$		
		LOW	MEDIUM	HIGH
		$C_3(n)$		
		0	0.5	1
$C_1(n)$	HIGH 1	정상 상태	동시 통화	NONE
	MEIUM 0.5	정상 상태	동시 통화	동시 통화
	LOW 0	NONE	반향 경로 변화	반향 경로 변화

그림 3. 퍼지 제어기의 투사도
Fig 3. Projection of the fuzzy controller

퍼지추론을 위한 언어적 표현 방법은 그림 3에 근거하여 if-then 규칙을 이용하였으며, 여기서 퍼지규칙은 동시 통화 검출기에서 일어날 수 있는 조건을 전문가의 학습을 통하여 지식을 습득시키는데 그 결과의 퍼지규칙은 다음과 같이 정리하였다.

만약 $c_2(n)$ 은 High 그리고 $c_3(n)$ 은 Medium 이면 $f_{cci}(n)$ 은 가중치 조정 중단.

만약 $c_2(n)$ 은 Low 그리고 $c_3(n)$ 은 High 이면 $f_{cci}(n)$ 는 가중치 조절.

만약 $c_2(n)$ 은 Medium 그리고 $c_3(n)$ 은 Low 이면 $f_{cci}(n)$ 은 가중치 조절.

이와 같은 규칙을 전문가의 지식을 이용하여 생성한다. 이렇게 생성된 규칙에 따라 퍼지 추론된 결과에 따라 동시 통화와 반향 경로 변화에 대한 결정은 다음과 같다. 퍼지추론은 max-min합성에 의하여 얻은 결과를 무게중심 법에 의하여 디퍼지화한다. 그리고 이 값은 제안한 동시통화 검출기에서 근단화자의 신호와 반향경로를 제어하는 신호이다.

$$f_{cci}(n) = \frac{\sum_{r=1}^R m(y_r) y_r J_r}{\sum_{r=1}^R m(y_r) J_r} \quad (13)$$

여기서 r 은 규칙의 수, $m(y_r)$ 는 r 번째 규칙의 전제의 진리 등급이다. y_r 과 J_r 은 r 번째 규칙의 출력과 가중치이다. 본 논문에서 제안한 퍼지 제어기를 이용한 동시통화 검출기의 결정은 다음 조건에 따라서 결정된다.

$$f_{cci}(n) > R_2 : \text{가중치 조정}$$

$$f_{cci}(n) \leq R_2 : \text{가중치 조정 중단}$$

여기서 R_2 는 디퍼지화 값의 임계치를 나타낸다.

III. 모의 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘으로 그림 4와 같이 동시 통화 검출기를 설계하여 LMS 알고리즘에 의해 설계된 반향제거기에 적용하고 동시통화 검출 및 반향 경로 변화 검출 성능을 모의 실험으로 확인하였다.

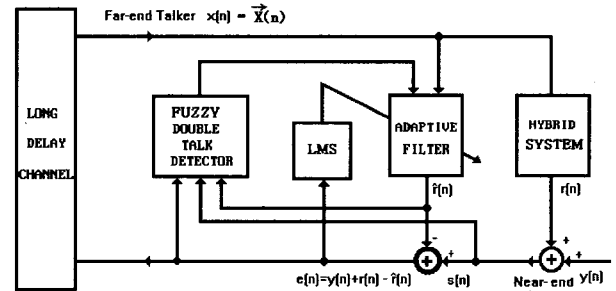


그림 4. 반향제거기에서 제안한 동시통화 검출기.
Fig. 4. Proposed Double talk detector in the echo canceller

반향 제거기의 입력 신호의 샘플신호는 300-3400[Hz]의 대역 제한된 백색 잡음을 사용하였다. 하이브리드에 의한 반향 경로의 임펄스 응답은 그림7과 같은 형태로 6[dB]의 감쇠를 갖는다고 가정하였다. 이때 임펄스 응답의 순수 지연 부분은 [10.625ms] 난 반사 부분은 5.375 [ms]정도로 지정하였다. 난 반사 부분은 지수함수와 사인함수의 곱으로 식(14)과 같이 표현하였다.

$$H(n) = \exp(\text{grand} \times n) \times \sin(2\pi \times N \times n / b) \quad (14)$$

여기서, grand는 $-5.0/b$ 이고 b 는 난 반사 부분의 길이이다. 음성신호의 8KHz샘플링을 기준하여 하이브리드(Hybrid)

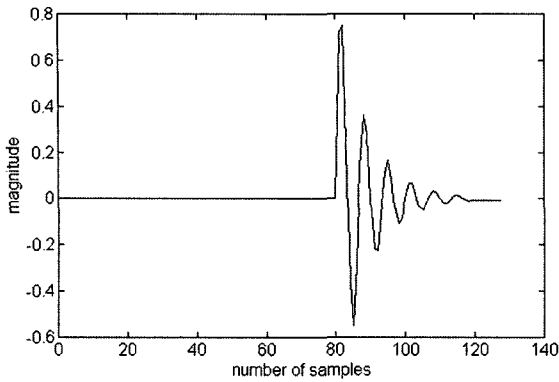


그림 5. 하이브리드 임펄스 함수
Fig. 5. Impulse function of hybrid

임펄스 응답은 128차 필터를 사용하였고 2초 정도의 시간 변화에 따른 각종 모의 실험을 위하여 적응횟수는 16000 번으로 지정하였다. 반향제거기의 성능은 반향 신호대 잔여 에러 신호의 비인 ERLE (Echo Return loss Enhancement)로 평가되며, 식(15)과 같이 정의된다.

$$ERLE(n)[dB] = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{j=0}^{N-1} r^2(n-j)}{\sum_{j=0}^{N-1} (r(n-j) - \hat{r}(n-j))^2} \right) \quad (15)$$

본 논문에서 제안된 알고리즘으로 동시통화 상태와 반향 경로 변화 그리고 동시통화시 반향경로 변화에 검출 성능을 비교하기 위하여 직교이론에 의한 동시통화 검출기(기존 알고리즘 I)와 상호상관계수를 이용한 동시통화 검출기(기존 알고리즘 II)에 대하여 모의 실험하

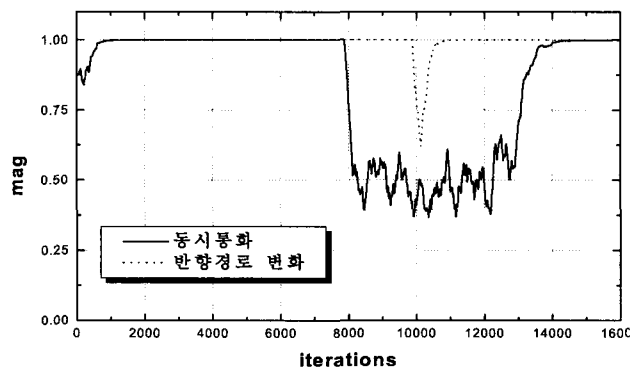


그림 6. 식(10)에 대한 상호 상관계수의 변화
Fig. 6. Variances of cross-correlation about equation(10)

였다. 기존의 알고리즘 I은 동시통화와 반향 경로 변화를 결정하기 위하여 임계치를 0.3으로 결정하였으며 기존 알고리즘 II는 동시통화와 반향 경로 변화를 결정하기 위하여 임계치를 0.9와 0.8인 경우에 대하여 각각 실험하였다.

제안 알고리즘에 의한 동시 통화검출기에서 이용된 상호상과 계수의 식(10)과 식(11)에 대하여 동시통화와 반향경로 변화에 따른 계수의 변화를 그림 6, 7에 나타내었다.

그림 6은 동시 통화시간이 8000샘플에서 13000샘플동안에 계수의 변화를 나타내었는데, 이 그림에서 알 수 있는 것은 동시통화의 초기 상태는 명확하게 판단을 할 수 있지만 동시통화 끝나는 곳은 정확하게 판단하기 어렵다. 또한 반향 경로 변화에는 민감하게 상관계수 값이 변화함을 보였다. 그리고 식(11)에 의한 상호 상관계수의 변화를 나타낸 것은 그림 7로 동시통화의 초기상태와 끝나는 점에서 빠르게 변화함을 보여주고 있으나 동시통화에서 반향 경로 변화는 구분하기가 어렵다는 단점을 가지고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 환경에서 우리는 제안한 퍼지 동시 통화검출기와 기존의 알고리즘을 다음의 2가지 측면에서 평가하였다.

첫 번째는 동시 통화검출기가 정확하게 동작될 수 있는 조건 즉 최적의 수렴상태에서 근단화자 신호가 원단화자 신호와 같거나 그 이상의 레벨로 입력될 때의 성능 테스트로서 근단화자 신호의 제거와 더불어 신속한 수렴특성을 나타내야 하는데, 이와 같은 관점에서 계수적응이 안정된 구간을 8000샘플 이후로 보고 8000샘플에서 13000샘플까지 근단 화자신호가 원단화자신호와 같은 레벨로 입력되도록 하였다. 이러한 조건하에서 모의 실험한 결과

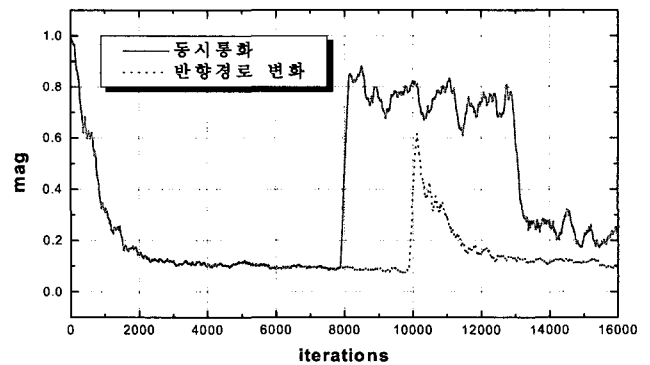


그림 7. 식(11)에 대한 상호 상관계수의 변화
Fig. 7. Variances of cross-correlation about equation(11)

그림8과 같이 나타내었다. 이 결과에서 볼 수 있듯이 제안한 동시 통화검출기는 동시통화 해제시 빠르게 추적함을 볼 수 있다.

두 번째는 동시 통화검출기가 사용되는 상황에서 반향경로의 변동시 추적성능은 그림 8과 같이 10,000-11,000 샘플 구간에 반향경로의 변동이 발생한 것으로 하여 측정하였다. 상호상관성을 이용한 기존의 알고리즘 I과 기존 알고리즘 II의 동시통화 검출기를 사용하였을 때에는 임계치가 정확하지 않을 경우에는 반향경로 변동을 동시통화 상황으로 오인하여 적응필터가 계속 동작을 멈추었다. 제안한 동시통화 검출기는 반향경로 변동을 신속하게 추적하여 수렴하는 우수한 특성을 나타낸 것이다.

여기서 본 논문에서 제안한 동시통화 알고리즘과 기존

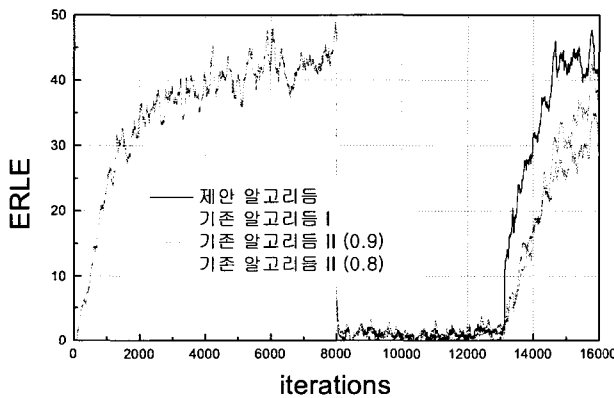


그림 8. 근단화자 통화시에 검출 성능
Fig. 8. Double talk detecting performance

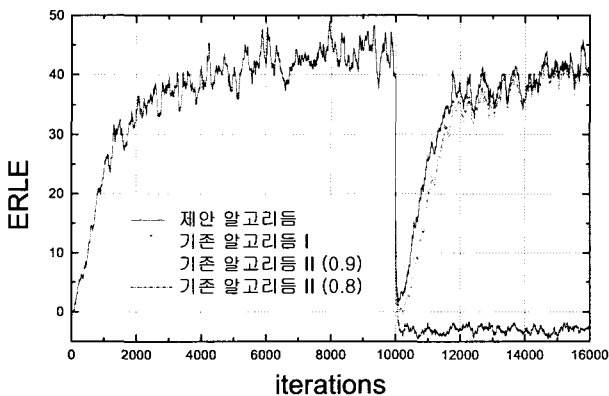


그림 9. 반향 경로 변화에 대한 검출 성능
Fig. 9. Echo path tracking performance during double talk

의 알고리즘에 대한 시뮬레이션 결과를 고찰하면 다음과 같다.

제안한 퍼지추론을 이용한 동시통화와 반향 경로 변화 그리고 동시통화상태를 잘 검출할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 알고리즘에서 [3]에서 제안한 직교이론에 의한 알고리즘은 정상 상태에서 수렴하는 동안에 동시통화 상태를 검출할 수 있다는 문제를 가지고 있으며, 임계치 결정시 아주 민감하다는 문제가 있으며 계산량과 메모리가 많이 요구된다^[3]. 또한 $s(n)$ 과 $\hat{x}(n)$ 사의 상호 상관 계수를 이용한 동시통화 검출기는 동시통화의 시작점을 잘 검출하였지만 끝점을 정확하게 검출하기가 어려움을 보였다. 따라서 본 논문에서 제안한 퍼지 시스템을 이용한 동시 통화 검출기는 동시통화와 반향 경로 변경 그리고 동시 통화 시에 반향 경로 변화에 대하여 퍼지 시스템에 전문가의 지식을 이용하여 각 상태를 좀더 정확하게 분류할 수 있도록 하여 동시통화 검출기의 성능을 개선할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 반향 제거기에서 소요신호와 예측신호의 상호상관계수와 소요신호와 에러신호의 상관계수를 이용하여 동시통화와 반향경로변화를 좀 더 정확하게 검출할 수 있는 퍼지 검출기를 설계하였다.

퍼지 제어동시통화 검출기에서 두 상호 상관계수를 퍼지화하고 퍼지규칙을 전문가의 지식에 근거하여 설계하였으며 max-min합성된 결과를 무게중심법에 의하여 디퍼지화하였다. 이 디퍼지화 값에 따라 동시통화 상태와 반향경로의 변화를 결정하였다.

퍼지 제어 동시통화 검출기의 성능은 모의 실험을 통하여 비교하였으며, 그 결과 동시통화 와 반향경로 변화에 대하여 우수한 성능을 보였다.

참고 문헌

[1] 류근택, 김진민, 배현덕, "음성 반향 제거기의 실시간 처리에 관한 연구", *신호처리 합동학술대회*, 제7권 1호, pp. 834-837, 1994. 10.
[2] Ryu Geun Taek and Hyeon-Deok Bae, "Double talk Detection in Adaptive Echo Canceller Using the

Fuzzy Logic," in *Proc. of ICSP'96*, vol. 2, pp. 1643-1646, Oct. 1996.

[3] Hua Ye and Bo-Xiu Wu, "A New Double-Talk Detection Algorithm based on the Orthogonality Theorem," *IEEE Tran. Comm.*, vol. 39, no. 11, Nov. 1991.

[4] 김남선 외 4, "향상된 수렴속도와 근단화자신호 검출 능력을 갖는 적응 반향제거기", *전자공학회지*, 제30권, B편, 12호, pp. 12-20, 1993. 12.

[5] Tomas Gansler et. 3. "A Double Talk Detector Based on Coherence," *IEEE Trans. on comm.*, vol. 44, no. 11, pp. 1421-1427, Nov. 1996 .

[6] K. Ochiai et al., "Echo Canceller with Two Echo Path Models," *IEEE Trans. on Comm.*, pp. 589-595, 1997.

[7] D. G. Messersschmitt, "Echo Cancellation in Speech and Data Transmission," *IEEE J. Selected Areas in Comm.*, vol. SAC-2, no. 2, pp. 283-297, Mar. 1984.

[8] Jinhui Chao and Shigeo Tsujii, "A New Configuration for Echo Canceller Adaptable During Double Talk Periods," *IEEE Tran. on Comm.*, vol. 37, no. 9, Sep. 1989.

[9] M. A. Khasawneh and T. F. Haddad, "Real-Time Echo Cancellation Using a New Fast LMS Based Algorithm," *IEEE ICASSP'94*, vol. 3, pp. 221-224, 1994.

저 자 소 개



류근택

1991년 2월: 청주대학교 전자공학과 졸업 .
 1993년 2월: 동 대학원 전자공학과 석사졸업.
 1996년 2월: 충북대학교 전자공학과 박사과정수료
 1996년~현재 극동정보대학 전자통신과 조교수
 주관심분야 : 적응신호처리, Fuzzy이론, 통신신호처리.



배현덕

1977년: 한양대학교 전자공학과 학사.
 1980년: 서울대학교 대학원 전자공학과 석사.
 1992년: 서울대학교 대학원 전자공학과 박사.
 1987~현재: 충북대학교 전자공학과 교수.
 1994~1995: 미국 시라큐스대학 전기전자공학과 방문교수
 주관심분야 : 적응신호처리, 다중신호처리