

입력신호 상호상관을 이용한 주파수 영역 블라인드 음원 분리

박근수^{*}, 성창숙^{**}, 박장식^{***}, 손경식^{****}

요 약

본 논문에서는 혼합된 입력음성신호들을 분리하기 위해 마이크로폰 어레이를 이용한 주파수영역 ICA 블라인드 음원분리 방법을 제안한다. 음성신호가 지연 혼합되어 입력되더라도 신호와 잡음을 분리하기 위한 분리행렬이 최적해로 수렴할 수 있도록 입력신호의 상호상관도를 이용하여 지연 혼합의 초기 지연값을 결정하는 방법을 제안한다. 그리고 계산량을 줄이기 위하여 주파수영역 블라인드 음원분리 알고리즘을 채용한다. 본 논문에서 제안하는 블라인드 음원분리 방법의 성능을 컴퓨터시뮬레이션을 통하여 확인한다.

Frequency Domain Blind Source Separation Using Cross-Correlation of Input Signals

Keun-Soo Park^{*}, Chang Sook Sung^{**}, Jang Sik Park^{***}, Kyung Sik Son^{****}

ABSTRACT

This paper proposes a frequency domain independent component analysis (ICA) algorithm to separate the mixed speech signals using a multiple microphone array. By estimating the delay timings using a input cross-correlation, even in the delayed mixture case, we propose a good initial value setting method which leads to optimal convergence. To reduce the calculation, separation process is performed at frequency domain. The results of simulations confirms the better performances of the proposed algorithm.

Key words: Array Signal Processing(배열신호처리), Blind Source Separation(블라인드 음원분리), Independent Component Analysis(독립요소분석), Initial Value Estimation(초기값 추정)

1. 서 론

음성신호처리에 있어 음성신호와 잡음을 분리하는 것은 다양한 응용분야에서 중요한 기초 기술이다. 음성통신에 있어 음성통화 품질을 개선하기 위하여 음성신호와 잡음을 분리하여 제거하여야 한다. 그리고 음성인식에 있어 다양한 환경에서 인식률을 개선하기 위해서는 잡음을 제거하는 것이 필수적인 요소

이다[1].

입력신호로부터 잡음을 분리하여 제거하기 위하여 다양한 방법들이 제안되었다. 특히 입력신호의 통계적인 특성 등의 사전 정보를 알지 못하는 상황에서 잡음과 신호를 분리하는 블라인드 음원분리(BSS, blind source separation)에 대하여 많은 연구를 하고 있다. 음성간의 통계적 특성이 독립이라는 가정하에 여러 음원을 분리하는 방법은 잡음제거의 일반적 처

※ 교신저자(Corresponding Author) : 박근수, 주소 : 부산시 금정구 장전3동 산30번지(609-735), 전화 : (051)510-1470, FAX : (051)515-1590, E-mail : zeaney@pusan.ac.kr

접수일 : 2004년 7월 13일, 완료일 : 2004년 10월 29일

^{*} 부산대학교 전자공학과

^{**} 삼성전자 무선통신사업부

(E-mail : changsook.sung@samsung.com)

^{***} 정회원, 동의공업대학 영상정보과

(E-mail : jsipark@dit.ac.kr)

^{****} 부산대학교 전자공학과

(E-mail : ksson@pusan.ac.kr)

리로 해석할 수 있다. 잡음의 분리는 여러 음원의 분리 (source separation)의 특별한 상황이다[1].

BSS는 음성신호처리는 물론이고 배열안테나신호처리, 원격회의에서 화자의 분리, 통신에서 다중경로분리 등의 다양한 분야에 응용될 수 있다. Jutten과 Herault가 제안한 BSS알고리즘은 간단하게 선형혼합(linear mixture)된 신호에 대하여 신호를 분리할 수 있다고 밝혀진 이후 다양하게 연구되었다[2,3,5]. Jutten과 Herault는 BSS를 시간영역에서 잡음과 신호를 분리하는 시간영역 BSS(TDBSS, time-domain BSS)알고리즘을 제안하였다. 그러나 TDBSS는 입력신호로부터 잡음이 제거된 신호를 얻기 위해서는 수천 탭을 처리하기 위한 메모리가 필요하고 따라서 계산량이 많아진다[2].

그리고 신호와 잡음 분리하는 과정에 혼합되는 원신호(source signals)의 특성과 혼합방법에 따라서 BSS의 성능이 다르게 나타난다. 지연이 있는 신호가 혼합될 때 지연을 추정하여야만 신호의 분리가 용이하다. Bell과 Sejnowski는 지연혼합된 신호를 분리하기 위하여 지연을 ICA(independent component analysis)를 이용하여 추정하는 방법을 제안하였다[2,3]. 그러나 원신호가 음성인 경우에는 음성신호의 주기적인 특성 때문에 지연을 추정하는데 있어 초기값에 따라서 최적해로 수렴하지 못하는 문제가 있다. Torkkoo는 최적해로 수렴할 수 있도록 정보량 최대화 알고리즘을 이용하여 지연을 추정하였다[5]. 그러나 계산량이 다소 많고 주변잡음에 때문에 정확하게 지연을 추정하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 최근에는 주파수영역 BSS(FDBSS, frequency-domain BSS)알고리즘이 널리 연구되고 있다[6,7,9].

본 논문에서는 FDBSS를 기반으로 입력신호의 상호상관도(cross correlation)를 이용하여 지연 초기값을 추정하여 입력음성신호와 잡음을 분리하는 방법을 제안한다. 시변하는 입력신호에 대하여 시변 상호상관도를 이용하여 기존의 방법에 비하여 적은 계산량으로 지연을 추정할 수 있다. 그리고 입력신호를 주파수영역으로 변환하여 신호와 잡음을 분리하는 알고리즘을 적용함으로써 전체 계산량을 감소시켜 구현을 용이하게 한다. 본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안하는 알고리즘이 나선혼합(convolutional mixture) 즉, 지연된 신호가 혼합되어도 신호를 효과적으로 분리할 수 있음을 알 수 있다.

2. 블라인드 음원 분리

TDBSS는 Jutten과 Herault에 의하여 간단한 선형혼합된 신호를 분리할 수 있다는 가능성을 보인 이후로 관련 연구가 다양하게 진행되었다. Bell과 Sejnowski는 정보량 최대화 알고리즘을 이용하여 계산량이 적으면서 효율적으로 신호를 분리하는 방법을 제안하였다.

N개의 음원 s_j 는 식 (1)과 같은 행벡터로 나타낼 수 있다.

$$s^T(t) = [s_1(t) \cdots s_N(t)] \tag{1}$$

t는 시간을 나타내고, $[\cdot]^T$ 는 벡터의 전치(transpose)이다. 음원신호는 임의의 경로를 거쳐 N개의 센서로 입력된 신호는 식(2)와 같다.

$$x^T = [x_1(t) \cdots x_N(t)] \tag{2}$$

음원들이 선형 중첩으로 혼합되어 있다고 가정하면 센서로 입력되는 신호는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$x(t) = A \cdot s(t) \tag{3}$$

여기서 A는 임의의 경로를 나타내는 $N \times N$ 혼합행렬(mixing matrix)이고 각 성분(element)은 스칼라(scalar) 값이다.

TDBSS는 임의의 경로에 대한 사전 정보없이 입력 혹은 관측된 신호 $x(t)$ 로부터 음원신호 $s(t)$ 를 추정하는 것이다. 입력신호 $x(t)$ 로부터 각 성분이 독립(independent)인 음원신호 $s(t)$ 를 추정하기 위해서는 분리행렬(unmixing matrix) W는 혼합행렬 A의 역행렬(inverse matrix)이 될 수 있도록 추정한다. 음원신호의 추정신호 $\hat{s}(t)$ 와 입력신호 $x(t)$ 와의 관계는 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\hat{s}(t) = W \cdot x(t) \tag{4}$$

Bell과 Sejnowski는 W를 추정하기 위하여 식 (5)와 같은 알고리즘을 제안하였다.

$$\Delta W \propto W^{-1} - 2f(y(t)) \cdot x^T(t) \tag{5}$$

여기서

$$y(t) = W \cdot x(t)$$

이다. 함수 $f(\cdot)$ 는 비선형 시그모이드(sigmoid)

함수이다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 함수 $f(\cdot)$ 는 $\tanh(\cdot)$ 를 적용하였을 때 성능이 가장 우수한 것으로 알려져 있다. TDBSS 는 우수한 성능을 나타내지만 음원을 분리시키기 위하여 많은 수의 행렬 계수가 필요하고 이에 따라서 계산량이 많아지게 된다.

3. 제안하는 주파수영역 블라인드 음원 분리 알고리즘

본 논문에서는 계산량이 적으면서 효율적으로 신호와 잡음을 분리하기 위하여 주파수영역 BSS를 이용한다. 주파수영역 블라인드 음원분리의 기본 구조는 아래 그림 1과 같다. 입력신호에 대한 단구간 Fourier 변환(STFT, short time Fourier transform)을 하고 각 주파수 빈에 대하여 분리알고리즘을 적용하여 신호를 분리하고 Fourier 역변환(inverse transform)을 통하여 분리된 신호를 얻는다. STFT에 있어 프레임의 길이는 시간적으로 긴 잔향이 있는 경우에는 이를 분리하기 위해서는 길어야 하지만 프레임의 길이가 길수록 각 주파수에서 학습 데이터의 수는 적어지므로 프레임의 길이를 적절히 선택하는 것이 필요하며 본 논문에서의 시뮬레이션을 위해서는 512 샘플을 적용한다. 각 주파수 빈에 대하여 선형 BSS 알고리즘을 적용하여 분리된 신호에 대한 역변환에서는 중첩합(overlap-save) 방법을 사용한다[6].

시간영역의 FIR 필터 혼합행렬은 Fourier 변환에 의하여 FIR 다항식 행렬로 변환할 수 있다. FIR 다항

식행렬은 각 성분들이 복소수이고 다항식인 행렬이다. FIR 다항식 행렬은 \hat{A} 로 표시한다. 식 (3)과 (4)를 주파수변환한 형태로 표현하면 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\hat{X} = \hat{A} \cdot \hat{S} \tag{6}$$

FIR 다항식행렬 \hat{X} 와 \hat{S} 는 $x(t)$ 와 $s(t)$ 의 각각 Fourier 변환이고 \hat{A} 는 혼합행렬의 Fourier 변환이다. \hat{A} 행렬의 각 성분은 FIR 필터의 주파수응답이 되고 행렬의 두 성분간의 컨볼루션은 곱셈이 된다. 식(6)을 각 주파수 빈(bin)에 대하여 정리하면 식 (7)과 같다.

$$X_f(t) = A_f \cdot S_f(t) \tag{7}$$

여기서 $S_f(t)$ 와 $X_f(t)$ 는 $s(t)$ 와 $x(t)$ 성분들의 주파수 f , 시간 t 에 대한 Fourier 변환이고 A_f 는 혼합행렬의 주파수 f 에 대한 Fourier 변환이다. 식 (7)을 두 음원에 대하여 2개의 센서로 입력되는 신호에 대하여 정리하면

$$\begin{aligned} x_1(f,t) &= a_{11}(f,t)s_1(f,t) + a_{12}(f,t)s_2(f,t) \\ x_2(f,t) &= a_{21}(f,t)s_1(f,t) + a_{22}(f,t)s_2(f,t) \end{aligned} \tag{8}$$

가 된다. $s_i(f,t)$ 와 $x_i(f,t)$ 는 각각 \hat{S} 와 \hat{X} 의 주파수 f , 시간 t 의 성분이고 $a_{ij}(f,t)$ 는 혼합다항식 행렬 \hat{A} 의 주파수 f , 시간 t 로 표현되는 경로를 나타내는

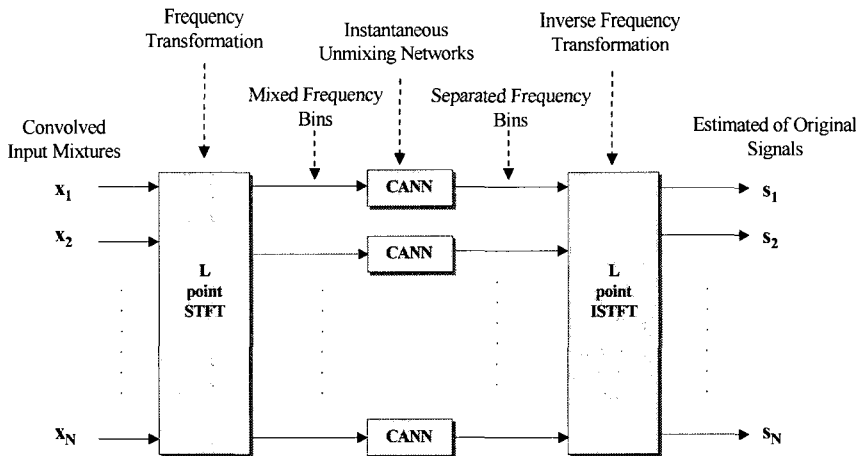


그림 1. 주파수영역 블라인드 음원분리 알고리즘 구조

필터성분이다. FDBSS는 기본적으로 센서로 입력된 신호의 주파수 빈마다 BSS 알고리즘을 적용하여 신호를 분리한다. 주파수영역에서 분리하는 과정에서 복소수 연산이 요구되기 때문에 본 논문에서는 신호를 분리하기 위한 알고리즘으로 CANN(complex artificial neural network)[6]를 적용한다. CANN은 각 주파수 빈의 신호에 대하여 복소수 연산처리를 함으로써 수렴이 빠르고 비선형적 특성에 대한 최적점을 찾는 데 유리하다. 특히 주파수영역 BSS처리에서 CANN은 추정하는 분리행렬의 필터 계수값과 연관되어 처리하므로 기존의 시간영역의 처리보다 선호되고 있다.

그리고 기존의 시간영역에서의 선형 BSS 알고리즘을 CANN에 적용할 수 있도록 알고리즘을 수정한다. 분리행렬의 각 성분 값이 복소수이므로 행렬전치를 복소공액전치(Hermitian)으로 바꿔야 한다. 선형 BSS 알고리즘 중에 음성 신호에 대한 수렴특성이 좋은 것으로 알려진 Amari 등이 제안한[4] 식 (9)의 알고리즘을 이용하여 CANN에 적용한다.

$$W = W + \mu \Delta W \tag{9}$$

$$\Delta W \propto [I - f(Y(f)) \cdot Y^H(f)] \cdot W$$

μ 는 분리 다항식행렬의 적응매개 변수이고 t 는 STFT의 시간 구간을 나타낸다. 비선형 함수 $f(\cdot)$ 는 주로 $\tanh(\cdot)$ 을 주로 사용하고 있지만 복소수영역에서는 특이점(singular point)이 나타나기 때문에 수렴하는데 어려움이 있다. 본 논문에서는 특이점이 생기지 않으면서 특성이 유사한 비선형함수 식 (10)을 선택하여 갱신한다.

$$\tanh(y) = \tanh(\text{Re}(y)) + j \tanh(\text{Im}(y)) \tag{10}$$

BSS에는 분리된 신호들은 크기가 달라지고(variant scaling), 주파수 빈들이 바뀌는 현상(variant permutation)이 발생한다. 시간영역에서는 큰 문제가 되지 않지만 주파수 영역에서는 그림 2에 보이는 바와 같이 각 주파수 빈 신호들의 크기가 다르게 되면 추정하는 음원신호의 스펙트럼 변형을 가져오게 된다.

각 주파수 빈에서 신호의 크기가 바뀌는 것은 식 (11)와 같이 분리행렬의 행렬식(determinant)를 1이 되도록 정규화 하여 해결한다.

$$W_f^{norm} = W_f^{org} \cdot |W_f^{org}|^{-\frac{1}{N}} \tag{11}$$

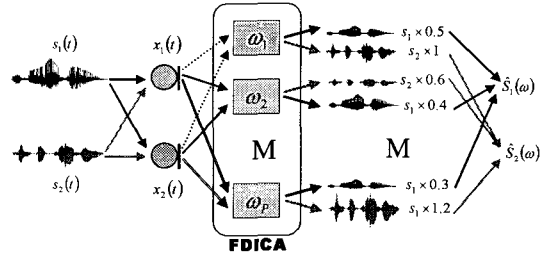


그림 2. FDICA에서 발생하는 교차와 크기 불균일

W_f^{norm} 과 W_f^{org} 는 각각 주파수 f 에서 정규화된 분리행렬과 정규화되기 전의 분리행렬이다. 각 주파수 빈들이 바뀌는 것은 선형혼합보다 나선혼합에서 문제가 된다. 주파수 빈들이 바뀌는 문제를 해결하기 위하여 식 (12)와 같이 인접 주파수 빈의 갱신값에 가중값을 부여하여 갱신한다.

$$\Delta_a W_{f+1} = \Delta_e W_{f+1} + k \cdot \Delta W_f \tag{12}$$

여기서 $\Delta_a W_f$ 와 $\Delta_e W_f$ 는 각각 f 주파수 빈에서의 적용하는 갱신값과 추정된 갱신값이다. k 는 인접 주파수 빈에 영향을 주는 매개변수으로써 $0 < k < 1$ 범위의 값을 갖는다.

일반적으로 선형혼합에 비하여 지연혼합이나 나선 혼합된 입력신호에 대하여 성능이 저하된다. 지연 혼합의 경우, 지연시간에 대한 정보를 추정하여 분리행렬의 역을 구해야 하므로 기존의 선형 혼합의 상황보다 그 성능이 저하된다. 기존의 TDBSS의 방법으로는 지연 정보를 얻기 위한 계산이 따로 필요하다 [5]. 그러나 지연을 추정하는데 있어 지역 최소로 수렴하여 궁극적으로 알고리즘이 최적해로 수렴하지 못하게 된다. 반면 FDBSS 방법은 각 주파수 빈 마다의 선형혼합으로 해석할 수 있어 그 역을 구하기가 용이하지만, 복소 영역에서 위상(phase)을 추정해야 한다. 본 논문에서는 입력신호의 상호상관도를 이용하여 지연을 추정하고 추정된 지연을 이용하여 분리 다항식 행렬을 갱신하는 방법을 제안한다. 이 방법은 적용 알고리즘에서 지연에 대한 위상 정보를 이미 가지고 적용을 시작하기 때문에 임의의 초기값(보통 단위 행렬)으로 시작하는 알고리즘의 경우보다 적용하는데 유리하다.

음원신호들이 독립이고, 같은 전력을 가진다고 가정하면, 두 센서로 입력되는 신호에 대하여 상호상관도는 식 (13)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & E[x_1(t)x_2(t)] \\
 &= E[\{s_1(t) + s_2(t-d_2)\}\{s_2(t) + s_1(t-d_1)\}] \\
 &= E[s_1(t)s_1(t-d_2)] + E[s_2(t)s_2(t-d_1)] \\
 & \text{where, } E[s_i(t)s_j(t-d_k)] = 0. \tag{13}
 \end{aligned}$$

두 개의 독립인 신호를 가정하기 때문에 다른 음원에 대해서는 상호상관도가 영(zero)이 되고, 자기상관도만 계산하면, 동일한 전력의 두 신호에 대해서 식 (13)은 각각 d_1, d_2 에서 최대값을 가진다. 이 정보를 이용하여 초기 지연값들을 구할 수 있다. 그림 3은 상호상관도를 이용하여 임의의 두 지연 값을 추정할 수 있음을 나타내고 있다.

상호상관도를 이용하여 초기 지연을 구하는 방법은 기존의 방법[5]에 비하여 계산량이 적으면서 효과적으로 지연을 추정할 수 있다. 두 입력 신호의 상호상관도를 최소화하는 방향으로 분리 다항식행렬을 갱신함으로써 최적해로 수렴한다.

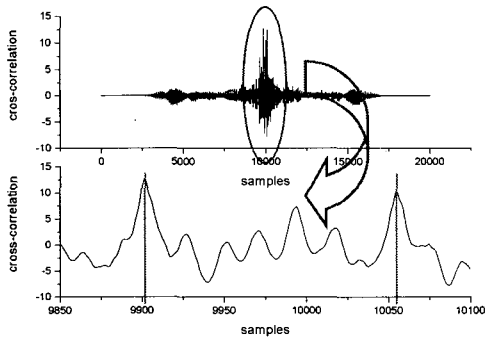


그림 3. 상호 상관과 추정된 지연 값

4. 시뮬레이션 결과 및 검토

제안하는 초기값을 이용한 FDBSS의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 음원신호는 16 kHz로 샘플링되고 16 비트로 양자화된 500,000 샘플의 여성 음성과 남성 음성을 이용한다. 단구간 Fourier 변환(short time Fourier Transform)을 위하여 방형창(rectangular window), 512 샘플을 사용한다. 주파수 빈은 1024개로 한다. 선형 및 지연혼합된 음원신호에 대하여 신호를 분리하여 성능을 평가한다.

그리고 분리행렬의 최적해는 혼합행렬의 역행렬이므로 혼합행렬과 분리행렬을 곱하면 단위행렬(identity matrix)와 같은 형태가 나와야 한다. 혼합행렬과

분리행렬을 곱한 행렬을 수행행렬(performance matrix)이라 하고 이를 이용하여 신호 분리 성능을 평가한다. 수행행렬의 대각 성분이 1에 가깝고, 비대각 성분이 0에 가까울수록 신호의 분리 성능이 좋다고 볼 수 있다. 비록 정확한 해를 구하지 못하더라도, 수행행렬의 각 행(row)이 상대적으로 크면 분리 성능이 좋다고 해석할 수 있다.

선형혼합을 위한 혼합행렬은

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{14}$$

를 사용한다. 따라서 센서로 입력되는 신호는 식 (15) 과 같다.

$$\begin{aligned}
 x_1(t) &= 2s_1(t) + s_2(t) \\
 x_2(t) &= s_1(t) + s_2(t) \tag{15}
 \end{aligned}$$

이다.

분리행렬이 완전히 적용한 구간에서는 TDBSS와 같이 FDBSS에서 음성이 완전히 분리됨을 확인할 수 있다. 그림 4에서 (a)와 (b)는 두 개의 음성 신호를 나타낸다. (c)와 (d)는 각각 두 개의 수신 마이크에서의 신호파형을, (e)와 (f)는 BSS 처리 후 분리된 두 신호를 보여 주고 있다. (a)와 (e), (b)와 (f)가 거의 유사한 음성 파형을 보이며 혼합된 신호를 수신 신호만을 이용하여 분리해 내고 있음을 보여주고 있다. 그리고 분리행렬과 혼합행렬의 곱인 수행행렬은 그림 5와 같이 단위행렬의 형태를 띠는 것을 확인할 수 있다. 즉 선형 혼합된 신호들을 분리해 내고 있음

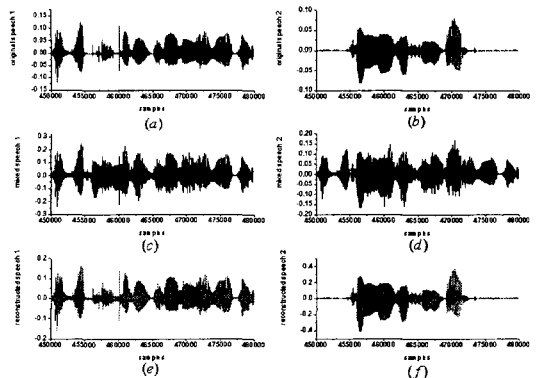


그림 4. 선형 혼합된 입력신호에 대한 제안하는 알고리즘으로 분리한 결과

- (a) 남성 음성
- (b) 여성 음성
- (c) $x_1(t)$ 신호
- (d) $x_2(t)$ 신호
- (e) 분리된 남성 음성
- (f) 분리된 여성 음성

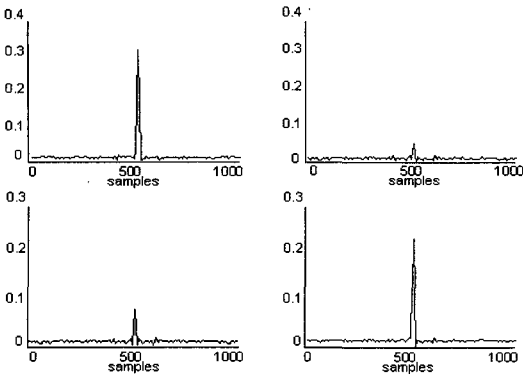


그림 5. 수행행렬, 제안하는 방법을 이용한 선형 혼합된 입력 신호를 분리한 결과

을 나타내고 있다.

그림 6은[5]의 방법으로 시간지연을 추정한 후 BSS 알고리즘을 실행한 결과이다. 음성의 분리정도를 확인 할 때는 각 행의 상대적 크기의 비가 중요하다. 거의 같은 분리 정도를 나타낸다고 볼 수 있다.

지연 혼합된 음원신호를 분리하는 시뮬레이션을 위하여 혼합행렬을 식 (16) 과 같이 설정하였다. 앞의 시뮬레이션과 같은 조건(16 kHz 샘플링, 16 비트로 양자화, 500,000 샘플)으로 다른 음성 샘플을 이용하여 실험하였다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & z^{-50} \\ z^{-100} & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

여기서 z^{-k} 는 k 샘플 지연을 나타낸다. 즉, 센서로 입력되는 신호는 식 (17)와 같다.

$$\begin{aligned} x_1(t) &= s_1(t) + s_2(t-50) \\ x_2(t) &= s_1(t-100) + s_2(t) \end{aligned} \quad (17)$$

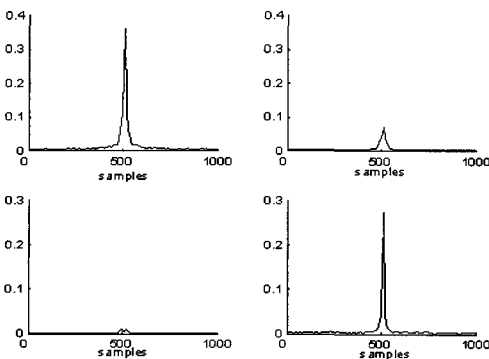


그림 6. 수행행렬, 지연혼합에 대한 기존의 방법을 이용한 결과

식 (17)에 대해서 FDBSS 알고리즘을 완전히 실행 하면, 그림 7과 같이 혼합 신호에 대한 분리 결과를 알 수 있다.

지연 혼합의 경우에, 그 수행행렬의 결과를 그림 8에서 나타내고 있다. 대각 성분을 살펴보면 약 150 샘플 마다 잔여 성분이 나타남을 확인할 수 있는데 식 (17)의 상대적 지연차[100 - (-50) = 150.]는 완전히 제거하지는 못하고 있다. 그림 9는[5]의 방법으로 실행한 결과이다. 우선 대각 성분을 살펴보면 여전히 지연이 발생하는 부분에서 잔여 성분이 남아서 성능을 저하시키고 있으며, 비대각 성분은 완전히 제거되지 못하고 있다.

같은 환경에서 여러 음성 샘플로 실행한 결과 선형 혼합의 경우 그 수행행렬의 성능은 기존의 방법과 비슷하며, 지연 혼합의 경우 기존의 방법과 비슷하거나 우수한 성능을 보인다. 수행행렬에서 나온 각 성분의

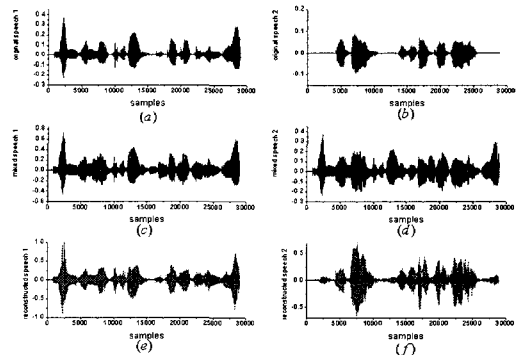


그림 7. 지연혼합된 음성신호 대하여 제안하는 알고리즘으로 분리한 결과

- (a) 남성 음성
- (b) 여성 음성
- (c) $x_1(t)$ 신호
- (d) $x_2(t)$ 신호
- (e) 분리된 남성 음성
- (f) 분리된 여성 음성

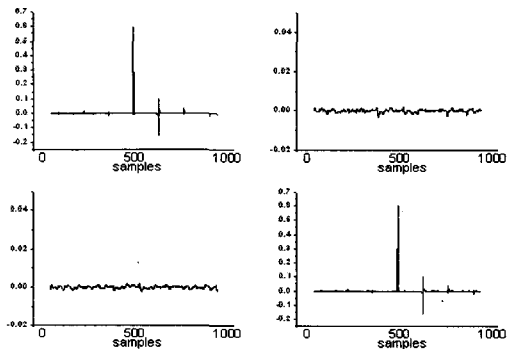


그림 8. 수행행렬, 제안하는 방법을 이용한 지연 혼합된 입력 신호에 대한 분리 결과

최대값의 비를 데시벨(dB) 단위로 나타내면 평균 10 (dB) 정도의 분리 정도를 나타낸다.

기존의 시간 지연 추정[5] 후 TDBSS 알고리즘을 사용한 방법과 제안하는 방법의 계산량 비교는 표 1에 나타낸다. 이 표는 복소수 곱하기의 횟수를 나타 낸 것이다. 프레임의 길이가 1024이고, 500,000 샘플의 음성인 경우 계산량을 비교한 결과 제안하는 알고리즘의 계산량이 기존의 방법에 비하여 약 500배 가 량 감소함을 확인할 수 있다.

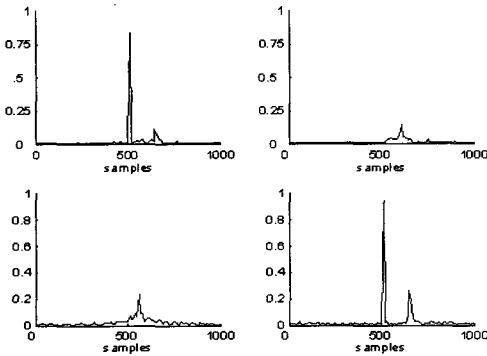


그림 9. 수행행렬, 지연혼합에 대한 기존의 방법을 이용한 결과

표 1. 기존의 시간 지연 추정 후 TDBSS 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 계산량 비교 (N: frame tap 수)

구 분 \ 알고리즘	TDBSS	제안하는 알고리즘
지연시간 계산량	$4N^2$	$2N$
BSS/frame계산량	$2N^2$	$8N + 2M \log N$
1024 taps/frame 경우의 계산량	약 6.3×10^6	약 1.4×10^4

5. 결 론

입력된 신호로부터 원 신호들을 분리하는 절차는 다양한 응용분야에서 요구되고 있다. 본 논문에서는 신호들을 효율적으로 분리하기 위하여 주파수영역에서의 블라인드 음원 분리 알고리즘을 제안한다. 제안방법은 입력신호의 상호상관도를 구하여 초기 지연을 얻은 후 최적해로 수렴할 수 있도록 하였으며 주파수영역에서 신호분리 알고리즘을 적용함으로써 계산량을 줄일 수 있는 방법이다. 제안 방법의 유효성을 확인하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 초기 지연을 구함으로써 시간영역 블라인드 음원분리

와 주파수영역 블라인드 음원분리를 위한 분리행렬이 정확하게 수립할 수 있음을 보였다. 따라서 본 논문에서 제안하는 주파수영역 블라인드 음원분리가 기존의 방법에 비해 계산량을 줄이면서 효과적으로 음원을 원활하게 분리할 수 있음을 보여 그 유효성을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Pierre Comon, "Independent Component Analysis, a new concept?," *IEEE Signal Processing*, Vol.36, No.3, pp. 287-314, April, 1994.

[2] C. Jutten, J. Herault, "Blind Separation of Sources, part I, An Adaptive Algorithm Based on Neuromimetic Architecture," *IEEE Signal Processing*, Vol.24, pp. 1-10, 1991.

[3] Bell A. J., Sejnowski T.J., "An Information Maximization Approach to Blind Separation and Blind Deconvolution," *Neural Computation*, Vol.7, pp. 1129-1159, 1995.

[4] Amari, S-I Chichoki and HH. Yang, "A New Learning Algorithm for Blind Signal Separation," *In Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol.8, MIT Press, Cambridge, MA, 1997.

[5] Kari Torkkola, "Blind Separation of Convolved Sources Based on Information Maximization," *Neural Networks for Signal Processing, IEEE Signal Processing Society Workshop*, 1996.

[6] Paris Smaragdís, "Blind Separation of Convolved Mixtures in the Frequency Domain," *International Workshop on Independence & Artificial Neural Networks University of La Laguna*, Tenerife, Spain, February, 1998.

[7] H. Saruwatari, T. Kawamura and K. Shikano, "Blind source separation for speech based on fast-convergence algorithm with ICA and beamforming," *Proceedings of the Eurospeech-2001*, pp. 2603-2606, Sept. 2001.

[8] Lambert R. H., "Multichannel Blind Deconvolution : FIR matrix algebra and separation of multichannel mixtures," *Ph. D. disserta-*

tion, University of Southern California, EE dept., May, 1996.

- [9] S. Araki, S. Makino and H.Saruwatari, "Fundamental limitation of frequency domain blind source separation for convolutive of speech," *Proceedings of the ICASSP2001*, pp. 2737-2740, May 2001.



박 근 수

2000년 2월 부산대학교 전자공학과 공학사
 2002년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 2002년 3월~현재 부산대학교 대학원 전자공학과 박사과정

관심분야: 적응신호처리, 음향 및 음성신호처리



성 창 숙

2002년 2월 부산대학교 전자공학과 공학사
 2004년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 2004년 2월~현재 삼성전자 무선통신 사업부

관심분야: 적응신호처리, 음향 및 음성신호처리



박 장 식

1992년 2월 부산대학교 전자공학과 공학사
 1994년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1999년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 공학박사
 1997년 3월~현재 동의공업대학

영상정보과 교수

관심분야: 적응신호처리, 음향 및 음성신호처리



손 경 식

1973년 2월 부산대학교 전자공학과 공학사
 1977년 8월 부산대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1985년 12월 M.S. in Electrical Engineering, The University of Alabama, USA.

1991년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 공학박사

1996년 10월~현재 부산대학교 전자공학과 교수

관심분야: 적응신호처리, 음향 및 음성신호처리