



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월23일

(11) 등록번호 10-1558397

(24) 등록일자 2015년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04R 3/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0062476

(22) 출원일자 2014년05월23일

심사청구일자 2014년05월23일

(56) 선행기술조사문헌

KR101334991 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

박형민

서울특별시 강남구 삼성로 212 3동 1002호 (대치동, 은마아파트)

지민선

경기 수원시 권선구 경수대로 408, 1119호 (권선동, 청광노블하임)

(74) 대리인

이지연

전체 청구항 수 : 총 8 항

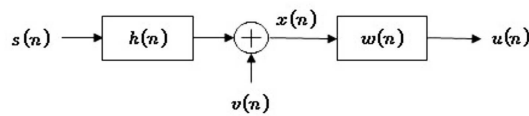
심사관 : 송근배

(54) 발명의 명칭 반향필터 추정방법, 반향제거필터 추정방법 및 이를 이용한 단일채널 반향제거방법

(57) 요약

본 발명에 따르는 단일채널에 대한 음성반향제거를 위한 반향필터 추정방법에 있어서, 반향필터의 확률밀도함수에 대한 선험적 정보를 입력받아, 상기 반향필터의 확률밀도함수를 토대로 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 산출하는 단계; 상기 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 최대화하여 반향필터를 추정하는 단계;를 구비함을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0025703

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 실세계 반향에 강인한 음성 인식 알고리즘 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2010.09.01 ~ 2013.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

단일채널에 대한 음성반향제거를 위한 반향필터 추정방법에 있어서,

반향필터의 확률밀도함수에 대한 선형적 정보를 입력받아, 상기 반향필터의 확률밀도함수를 토대로 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 산출하는 단계;

상기 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 최대화하여 반향필터를 추정하는 단계;를 구비하며,

상기 반향 필터의 확률 밀도 함수를 토대로 산출되는 반향 필터의 사후 확률 밀도함수의 로그값을 최대화한 식은 수학식 22와 같고,

상기 수학식 22의 일부는 마이크 입력신호의 우도를 최대화한 수학식 23을 포함함을 특징으로 하는 반향 필터 추정 방법.

수학식 22

$$\log p(H(z)|x) = \log p(x|H(z)) + \log p(H(z)) - \log p(x)$$

상기 수학식 22에서, $H(z)$ 는 반향필터 $h(k)$ 의 z 변환값이고, x 는 관찰신호이고, $p(H(z)|x)$ 는 반향 필터의 사후 확률 밀도 함수이고, $\log p(H(z)|x)$ 는 반향 필터의 사후 확률 밀도의 로그값임.

수학식 23

$$\Delta H \propto (H \cdot \text{fft}\{g(\underline{s})\} \cdot S^* - H)$$

상기 수학식 23에서, ΔH 는 H 의 갱신량으로 수학식 22의 $\log p(x|H(z))$ 를 반향 필터에 대해서 최대화하기 위한 최대경사법에 기반한 갱신량이고, H 는 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 반향 필터 $h(k)$ 의 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, $\text{fft}\{\}$ 는 고속 푸리에 변환 연산자이고, $g(\cdot)$ 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수로서, $p(\cdot)$ 가 확률밀도함수를 의미할 때, $-p'(\cdot)/p(\cdot)$ 이고, $\underline{s}$ 는 반향모델의 입력신호 $s(n)$ 으로 구성된 벡터이고, S^* 은 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 입력신호 벡터 $\underline{s}$ 의 주파수 영역 계수의 켤레 복소수로 이루어진 벡터임.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반향 필터의 사후 확률 밀도함수의 로그값 중 일부를 최대화한 값에 라플라스 분포를 수학식 24와 같이 적용하여 반향 필터에 성감특성을 부가함을 특징으로 하는 반향 필터 추정 방법.

수학식 24

$$\begin{aligned}\Delta h(k) &\propto \frac{\partial \log p(H(z))}{\partial h(k)} = \frac{\partial \sum_{l=0}^{L-1} \log p(h(l))}{\partial h(k)} \\ &= \frac{\partial \sum_{l=0}^{L-1} -|h(l)|}{\partial h(k)} = -\text{sgn}(h(k))\end{aligned}$$

상기 수학식 24에서, $\Delta h(k)$ 는 반향필터 계수 $h(k)$ 의 갱신량으로, 수학식 22의 $\log p(H(z))$ 를 반향 필터에 대해서 최대화하기 위한 최대경사법에 기반한 갱신량이고, k 는 필터계수 표본 색인이고, $\log p(H(z))$ 는 반향필터의 확률밀도함수의 로그값이고, z 는 z 변환 인수이고, $\log p(h(l))$ 는 1번째 반향필터 계수의 확률밀도함수의 로그값이고, $h(l)$ 는 1번째 반향필터 계수이고, $h(k)$ 는 k 번째 반향필터 계수이고, L 은 반향필터 길이이고, l 은 필터 계수 표본 색인이고, $\text{sgn}()$ 는 부호 함수임.

청구항 4

제1항 및 제3항 중 어느 한 항에 따라 추정된 반향 필터의 역필터를 구하여 단일채널에 대한 음성반향제거를 위한 반향제거필터를 추정하며,

상기 역필터는, 고속 푸리에 변환에 기반하여 산출되며, 이는 수학식 25 및 수학식 26에 따름을 특징으로 하는 음성반향제거를 위한 반향제거필터 추정방법.

수학식 25

$$\begin{aligned}[h_{\text{inv}}(0) h_{\text{inv}}(1) \cdots h_{\text{inv}}(L_{\text{inv}}-1)] \\ = \text{ifft}([1/\bar{h}(0) 1/\bar{h}(1) \cdots 1/\bar{h}(L_{\text{inv}}-1)])\end{aligned}$$

상기 수학식 25에서 $[h_{\text{inv}}(0) h_{\text{inv}}(1) \cdots h_{\text{inv}}(L_{\text{inv}}-1)]$ 는 반향필터로부터 추정한 반향제거 필터 계수로 이루어진 벡터이고, $\bar{h}()$ 는 반향필터 계수로 이루어진 벡터 양 옆에 미리 정의된 개수의 0을 채운 벡터의 고속 푸리에 변환값이고, L_{inv} 는 반향제거 필터의 길이임.

수학식 26

$$\begin{aligned}[\bar{h}(0) \bar{h}(1) \cdots \bar{h}(L_{\text{inv}}-1)] \\ = \text{fft}([0 0 \cdots 0 h(0) h(1) \cdots h(L-1) 0 0 \cdots 0])\end{aligned}$$

상기 수학식 26에서, $[\bar{h}(0) \bar{h}(1) \cdots \bar{h}(L_{\text{inv}}-1)]$ 는 반향필터 계수로 이루어진 벡터 양 옆에 미리 정해진 개수의 0을 채운 벡터의 고속 푸리에 변환값으로 이루어진 벡터이고, $h()$ 는 반향필터 계수이

고, L_{inv} 는 반향제거 필터의 길이이고, L 는 반향필터의 길이임.

청구항 5

삭제

청구항 6

단일채널에 대한 음성반향제거방법에 있어서,

반향이 있는 마이크 신호에 대해 독립화 필터링을 수행하여 음성 고유의 시간적 상관을 제거하는 단계;

상기 독립화 필터링된 마이크 신호를 입력받아 반향 제거 필터를 추정하는 단계;

상기 추정된 반향 제거 필터를 마이크 신호에 적용하여 반향을 제거하는 단계로 구성되며,

상기 반향제거필터링을 위한 반향제거필터는,

반향필터의 확률밀도함수에 대한 선형적 정보를 입력받아, 상기 반향필터의 확률밀도함수를 토대로 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 산출하고, 상기 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 최대화하여 반향필터를 추정하고, 추정된 반향필터의 역필터를 구하여 획득하며,

상기 반향 필터의 확률 밀도 함수를 토대로 산출되는 반향 필터의 사후 확률 밀도함수의 로그값을 최대화한 식은 수학식 27과 같고,

상기 수학식 27의 일부는 마이크 입력신호의 우도를 최대화한 수학식 28을 포함함을 특징으로 하는 단일채널에 대한 음성반향제거방법.

수학식 27

$$\log p(H(z)|\mathbf{x}) = \log p(\mathbf{x}|H(z)) + \log p(H(z)) - \log p(\mathbf{x})$$

상기 수학식 27에서, $H(z)$ 는 반향필터 $h(k)$ 의 z 변환값이고, $\mathbf{x}$ 는 관찰신호이고, $p(H(z)|\mathbf{x})$ 는 반향 필터의 사후 확률 밀도 함수이고, $\log p(H(z)|\mathbf{x})$ 는 반향 필터의 사후 확률 밀도의 로그값임.

수학식 28

$$\Delta H \propto (H \cdot \text{fft}\{g(\underline{s})\} \cdot S^* - H)$$

상기 수학식 28에서, ΔH 는 H 의 갱신량으로 수학식 22의 $\log p(\mathbf{x}|H(z))$ 를 반향 필터에 대해서 최대화하기 위한 최대경사법에 기반한 갱신량이고, H 는 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 반향 필터 $h(k)$ 의 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, $\text{fft}\{\}$ 는 고속 푸리에 변환 연산자이고, $g(\cdot)$ 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수로서, $p(\cdot)$ 가 확률밀도함수를 의미할 때, $-p'(\cdot)/p(\cdot)$ 이고, $\underline{s}$ 는 반향모델의 입력신호 $s(n)$ 으로 구성된 벡터이고, S^* 은 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 입력신호 벡터 $\underline{s}$ 의 주파수 영역 계수의 켈레 복소수로 이루어진 벡터임.

청구항 7

삭제

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 반향 필터의 사후 확률 밀도함수의 로그값 중 일부를 최대화한 값에 라플라스 분포를 수학식 29와 같이 적용하여 반향 필터에 성감특성을 부가함을 특징으로 하는 단일채널에 대한 음성반향제거방법.

수학식 29

$$\begin{aligned}\Delta h(k) &\propto \frac{\partial \log p(H(z))}{\partial h(k)} = \frac{\partial \sum_{l=0}^{L-1} \log p(h(l))}{\partial h(k)} \\ &= \frac{\partial \sum_{l=0}^{L-1} -|h(l)|}{\partial h(k)} = -\text{sgn}(h(k))\end{aligned}$$

상기 수학식 29에서, $\Delta h(k)$ 는 반향필터 계수 $h(k)$ 의 갱신량으로, 수학식 27의 $\log p(H(z))$ 를 반향 필터에 대해서 최대화하기 위한 최대경사법에 기반한 갱신량이고, k 는 필터계수 표본 색인이고, $\log p(H(z))$ 는 반향필터의 확률밀도함수의 로그값이고, z 는 z 변환 인수이고, $\log p(h(l))$ 는 1번째 반향필터 계수의 확률밀도함수의 로그값이고, $h(l)$ 는 1번째 반향필터 계수이고, $h(k)$ 는 k 번째 반향필터 계수이고, L 은 반향필터 길이이고, l 은 필터 계수 표본 색인이고, $\text{sgn}()$ 는 부호 함수임.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 역필터는, 고속 푸리에 변환에 기반하여 산출되며, 이는 수학식 30 및 수학식 31에 따름을 특징으로 하는 단일채널에 대한 음성반향제거방법.

수학식 30

$$\begin{aligned}[h_{\text{inv}}(0) h_{\text{inv}}(1) \cdots h_{\text{inv}}(L_{\text{inv}}-1)] \\ = \text{ifft}([1/\hbar(0) 1/\hbar(1) \cdots 1/\hbar(L_{\text{inv}}-1)])\end{aligned}$$

상기 수학식 30에서 $[h_{\text{inv}}(0) h_{\text{inv}}(1) \cdots h_{\text{inv}}(L_{\text{inv}}-1)]$ 는 반향필터로부터 추정된 반향제거 필터 계수로 이루어진 벡터이고, $\hbar()$ 는 반향필터 계수로 이루어진 벡터 양 옆에 미리 정의된 개수의 0을 채운 벡터의 고속 푸리에 변환값이고, L_{inv} 는 반향제거 필터의 길이임.

수학식 31

$$\begin{aligned}[\hbar(0) \hbar(1) \cdots \hbar(L_{\text{inv}}-1)] \\ = \text{fft}([0 0 \cdots 0 h(0) h(1) \cdots h(L-1) 0 0 \cdots 0])\end{aligned}$$

상기 수학식 31에서, $[\tilde{h}(0) \tilde{h}(1) \cdots \tilde{h}(L_{\text{inv}} - 1)]$ 는 반향필터 계수로 이루어진 벡터 양 옆에 미리 정해진 개수의 0을 채운 벡터의 고속 푸리에 변환값으로 이루어진 벡터이고, $\tilde{h}()$ 는 반향필터 계수이고, L_{inv} 는 반향제거 필터의 길이이고, L 는 반향필터의 길이임.

청구항 10

제1항 및 제3항 중 어느 한 항에 따르는 반향 필터 추정방법을 실현하는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 11

제6항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에 따르는 단일채널에 대한 음성반향제거방법을 실현하는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 음성신호에 대한 반향제거기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 선형적 지식 기반의 성감 특성이 부가된 반향필터를 추정하고, 그에 대한 역필터를 구하여 반향제거필터를 획득함으로써, 반향제거필터를 간소화하면서도 성능을 개선할 수 있는 반향필터 추정방법, 반향제거필터 추정방법 및 이를 이용한 단일채널 반향제거방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

일반적으로 음성은 영상 통화 또는 핸드프리 통화에서와 같이 화자가 마이크로부터 떨어질 경우에는 반향에 의해 왜곡된다. 상기 반향은 음성의 명료도와 자동 음성 인식의 성능을 크게 떨어뜨린다고 알려져 있다. 이에 반향이 없는 음성신호를 복원하기 위한 반향제거기술이 제안되었다. 상기 반향제거기술은 영상 통화나 핸드프리 통화 외에도 원격 화상 회의, 원거리 음성 인식과 같이 음질 향상과 통신 분야에서 널리 이용되고 있기 때문에, 음성 신호 처리 분야의 연구와 발전에 있어서 중요한 주제가 되어 왔다.

[0003]

그리고 대부분의 경우에는 반향이 없는 원래 음성 신호와 반향 환경을 알지 못하므로, 마이크 신호만을 이용하여 반향의 역에 해당하는 필터를 추정하는 암묵 반향제거방법들이 많이 제안되어 왔다. 그 중 많은 연구들은 여러 개의 마이크를 동시에 사용하는 다채널 신호 획득을 기반으로 하였고, 그 대부분은 화자로부터 마이크까지의 다른 경로에 의해 발생한 신호 차이를 이용하였다. 그러나 추가적인 마이크 부담이 없는 단일 마이크를 사용할 때는 상기 신호 차이를 이용할 수 없고, 음향환경에서의 반향제거가 매우 복잡할 뿐만 아니라, 이웃한 표본 사이에 상관성이 있고 비정상적(non-stationary)인 음성을 이용하기 때문에, 단일 채널 암묵 반향 제거는 어려운 문제로 알려져 있다.

[0004]

상기 단일 채널 암묵 반향 제거 방법들 중에서 많은 알고리즘은 반향이 없는 음성의 확률밀도함수가 정규분포가 아니라는 가정에 기초한다. 특히 반향된 음성의 확률밀도함수가 중심극한정리에 의해서 정규분포함수에 근접해 나가므로, 복원된 신호의 비정규성을 최대화시킴으로써 반향제거를 할 수 있다. 이와 동일한 효과를 얻을 수 있는 정보 이론에 기반한 적응 알고리즘은 간단한 수식들과 강인성으로 인해 많은 관심을 받고 있다.

[0005]

비록 이러한 알고리즘이 반향 성분을 효과적으로 제거할 수 있다 하더라도, 음향 환경에서 반향 제거 필터들은 일반적으로 매우 길고 복잡하기 때문에, 한정된 개수의 관측값으로 반향 제거 필터를 직접 추정할 때에는 오차가 크게 나타나는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1185650호
(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1022457호
(특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2011-0021306호
(특허문헌 0004) 한국공개특허 제10-2013-0005805호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 선행적 지식 기반의 성감 특성이 부가된 반향필터를 추정하고, 그에 대한 역필터를 구하여 반향제거필터를 획득함으로써, 반향제거필터를 간소화하면서도 성능을 개선할 수 있는 반향필터 추정방법, 반향제거필터 추정방법 및 이를 이용한 단일채널 반향제거방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르는 단일채널에 대한 음성반향제거를 위한 반향필터 추정방법에 있어서, 반향필터의 확률밀도함수에 대한 선행적 정보를 입력받아, 상기 반향필터의 확률밀도함수를 토대로 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 산출하는 단계; 상기 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 최대화하여 반향필터를 추정하는 단계;를 구비함을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0009] 상기한 본 발명은 선행적 지식과 성감 특성이 부가된 반향필터를 추정하고, 그에 대한 역필터를 구하여 반향제거필터를 획득함으로써, 반향제거필터를 간소화하면서도 성능을 개선할 수 있는 효과를 야기한다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 일반적인 단일채널 반향 및 반향제거에 대한 시스템 구성도.
도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반향제거장치의 구성도.
도 3은 도 2의 반향제거필터 추정장치의 구성도.
도 4는 이미지 방법으로 생성한 음향반향 필터를 도시한 도면.
도 5는 10명의 화자 음성 데이터에 대한 심별간 간섭의 평균을 도시한 도면.
도 6은 10명의 화자 음성 데이터에 대한 신호대 반향 잡음비의 평균을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명은 선행적 지식 기반의 성감 특성이 부가된 반향필터를 추정하고, 그에 대한 역필터를 구하여 반향제거필터를 획득함으로써, 반향제거필터를 간소화하면서도 성능을 개선할 수 있다.

- [0012] 이러한 본 발명의 설명에 앞서 단일채널에 대한 반향 유입 및 반향 제거과정을 설명한다.

- [0013] 화자와 멀리 떨어져 있는 마이크로부터 반향된 음성을 입력받는다고 가정할 때에 입력신호와 출력신호 사이의

관계는 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$x(n) = \sum_{k=0}^{L-1} h(k)s(n-k) + v(n)$$

상기 수학식 1에서 $x(n)$ 은 관찰신호, $h(n)$ 은 반향필터, $s(n)$ 은 반향이 없는 원신호, $v(n)$ 은 잡음신호, k 는 필터 계수 색인, L 은 반향필터 길이, n 은 표본 색인이다. 여기서, 잡음신호 $v(n)$ 은 평균이 0인 정규잡음으로 가정한다.

암묵반향제거는 반향필터 $h(n)$ 와 반향이 없는 원신호 $s(n)$ 을 알지 못한 채, 관찰신호 $x(n)$ 을 이용하여 $s(n)$ 을 복원하는 것으로, 일반적인 암묵반향제거 방법은 반향이 없는 원신호 $s(n)$ 을 복원하기 위해 유한 임펄스 응답을 선형 반향제거 시스템으로 사용한다. 이를 위한 반향제거모델은 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$u(n) = \sum_{k=0}^{L_w-1} w(k)x(n-k)$$

상기 수학식 2에서 $u(n)$ 은 반향이 제거된 신호이고, $w(n)$ 은 반향제거 필터의 필터계수, $x(n)$ 은 관찰신호이고, k 는 필터 계수 색인이고, L_w 는 반향제거 필터 길이, n 은 표본 색인이다.

이러한 수학식 1 및 수학식 2에 기초하여 일반적인 단일채널 반향 및 반향제거에 대한 시스템의 구성은 도 1과 같다.

상기 도 1을 참조하면, 음성신호 $s(n)$ 은 반향필터 $h(n)$ 에 입력되어 반향이 반영되고, 그 반향이 반영된 음성신호와 잡음신호 $v(n)$ 이 결합하여 관찰신호 $x(n)$ 을 구성한다.

그리고 반향 제거 필터 $w(n)$ 은 상기 관찰신호 $x(n)$ 에 대해 반향을 제거하여, 반향이 제거된 음성신호 $u(n)$ 을 출력한다.

암묵반향제거 방법은 미리 약속된 훈련신호를 따로 가지고 있지 않으므로, 반향제거신호 $u(n)$ 의 선형(*a priori*) 통계적인 지식을 이용하여 반향제거필터를 추정한다.

먼저 정보 이론에 기반한 적응 알고리즘을 유도하기 위해서 반향제거신호의 이웃한 표본간의 중복성(redundancy)을 없애도록 정보를 최대화한다. 이를 위해서 반향제거신호 $u(n)$ 의 엔트로피가 최대가 되도록 반향제거 필터계수를 추정하기 위한 최대 경사법은 주파수 영역에서 수학식 3으로 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\Delta W \propto (1/W^* - \text{fft}\{g(\underline{u})\} \cdot X^*)$$

상기 수학식 3에서 W^z 는 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 반향 제거 필터의 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, ΔW 는 W^z 의 갱신량이고, W^{*z} 는 W^z 의 켤레 복소수이고, $\underline{u}$ 는 반향제거신호의 일정 구간 내 이웃한 표본으로 구성된 벡터이고, $g(\cdot)$ 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수이고, $\text{fft}\{\cdot\}$ 는 고속 푸리에 변환 연산자이고, X 는 관찰신호 $x(n)$ 의 일정 구간 내 이웃한 표본으로 구성된 벡터에 대해 고속 푸리에 변환을 통해 얻은 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, X^{*z} 는 X 의 켤레 복소수이다.

특히 상기 $\underline{u}$ 는 "유한 임펄스 응답행렬의 대수학(FIR matrix algebra)"(Lambert, R. H. (1996). *Multichannel blind deconvolution: FIR matrix algebra and separation of multipath mixtures*. Ph.D. Dissertation, University of Southern California, Los Angeles.)에 따라 반향제거신호 $u(n)$ 으로 구성된 벡터이다.

또한 상기 비선형 함수 $g(\cdot)$ 는 $p(\cdot)$ 가 확률밀도함수를 의미할 때, $-p'(u)/p(u)$ 를 나타낸다. 그리고 수렴 성능을 개선하기 위해서 자연경사법(the natural gradient)을 적용하면 상기 수학식 3은 수학식 4로 표현될 수 있다.

수학식 4

$$\Delta W \propto (W - \text{fft}\{g(\underline{u})\} \cdot U^* \cdot W)$$

상기 수학식 4에서 W^z 는 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 반향 제거 필터의 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, ΔW 는 W^z 의 갱신량이고, $\underline{u}$ 는 반향제거신호의 일정 구간내 이웃한 표본으로 구성된 벡터이고, $g(\cdot)$ 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수이고, $\text{fft}\{\cdot\}$ 는 고속 푸리에 변환 연산자이고, U^z 는 반향제거신호 $u(n)$ 의 일정 구간내 이웃한 표본으로 구성된 벡터에 대해 고속 푸리에 변환을 통해 얻은 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, U^{*z} 는 U^z 의 켤레 복소수이다.

이러한 일반적인 반향필터는 음성의 연속적인 표본들은 크게 상관되어 있는 반면에 출력신호를 시간적으로 독립화하려 하기 때문에, 이를 음성반향제거에 바로 적용하면 음성 고유의 시간상관이 제거된 결과를 얻게 된다.

이에 본 발명에서는 음성의 고유 시간 상관을 제거하기 위해 반향이 없는 음성신호에 수학식 4의 알고리즘을 적용하여 독립화 필터를 미리 추정하고, 이 독립화 필터를 사용하여 반향이 있는 마이크 신호의 음성 고유의 시간적 상관을 제거한 후에 반향 제거 필터를 추정하는 반향 제거 알고리즘을 사용한다. 이때, 반향이 제거된 음성신호는 반향이 있는 마이크 신호에 반향제거 필터를 적용하여 얻을 수 있다.

이러한 본 발명에 따르는 단일채널 음성 반향제거장치의 구성을 도 2를 참조하여 설명한다.

- [0033] 상기 단일채널 음성 반향제거장치는 마이크(100)와 반향제거필터(102)와 독립화 필터 추정부(104)와 독립화 필터(106)와 반향제거필터 추정장치(108)로 구성된다.
- [0034] 상기 마이크(100)는 반향이 있는 음성을 입력받아 그에 대응되는 관찰신호 $x(n)$ 를 생성하여 출력한다.
- [0035] 상기 독립화 필터(106)는 상기 반향이 있는 음성을 필터링하여 시간적 상관을 제거하여 반향제거필터 추정장치(108)에 제공한다.
- [0036] 상기 반향제거필터 추정장치(108)는 상기 시간적 상관이 제거된 음성신호를 제공받아 반향제거필터(102)를 추정한다.
- [0037] 상기 반향제거필터(102)는 상기 관찰신호 $x(n)$ 에서 반향을 제거하여 반향제거된 음성신호 $u(n)$ 을 출력한다.
- [0038] 상기 독립화 필터 추정부(104)는 반향이 없는 음성신호를 제공받아 독립화 필터(106)를 추정한다. 또한 상기 독립화 필터 추정은 [Torkkola, K. (1997). Blind deconvolution, information maximization and recursive filters. *Proc. IEEE ICASSP*, 3301-3304.]에 개시된 바, 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0039] 상기 반향제거필터 추정장치(108)는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 선험적 정보와 성감 특성을 반영한 반향제거필터(102)를 추정한다.
- [0040] 상기한 도 2에서는 반향제거필터(102)와 독립화 필터 추정부(104)와 독립화 필터(106)와 반향제거필터 추정장치(108)를 하나의 독립된 하드웨어 모듈로 도시하였으나, 이는 프로세서에 의해 수행되는 소프트웨어 모듈로 구성될 수 있으며 이는 본 발명에 의해 당업자에게 자명하다.
- [0041] 또한 상기한 소프트웨어 모듈은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있으며, 이는 본 발명에 의해 당업자에게 자명하다.
- [0042] 상기 도 2의 반향제거필터 추정장치(108)의 구성은 도 3에 도시한 바와 같다.
- [0043] 상기 반향제거필터 추정장치(108)는 반향필터 추정부(200)와 반향제거필터 추정부(202)로 구성된다.
- [0044] 상기 반향필터 추정부(200)는 반향필터의 확률밀도함수에 대한 선험적 정보를 입력받아, 상기 반향필터의 확률밀도함수를 토대로 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 산출하고, 상기 반향필터의 사후확률밀도함수의 로그값을 최대화하여 반향필터를 추정하여 반향제거필터 추정부(202)에 제공한다.
- [0045] 상기 반향제거필터 추정부(202)는 상기 반향필터 추정부(200)가 제공하는 반향필터에 대한 역필터를 구함으로써 반향제거필터를 획득한다.
- [0046] 이제 상기한 반향제거필터 추정장치(108)에 의해 수행되는 반향필터 및 반향제거필터의 추정과정을 좀더 상세히 설명한다.
- [0047] 본 발명은 반향필터의 역에 해당하는 음향반향제거필터는 반향필터보다 훨씬 길고 복잡하다. 이에 본 발명은 더 간단하게 구성되는 반향 필터를 추정하고, 그 역필터를 구하는 방법을 채용한다. 이와같이 본 발명은 더 간단한 반향 필터를 추정하기 때문에 한정된 개수의 입력 데이터에 대해 실제 반향 필터에 더 가까이 수렴할 수 있으며, 반향이 없는 원래의 음성에 더 가까운 반향 제거 신호를 찾을 수 있다.

- [0048] 도 1에 도시한 반향모델을 나타낸 수학식 1에 시간지연연산자 z^{-1} 을 적용하면 수학식 5와 같다.

수학식 5

[0049]
$$x(n) = H(z)s(n) + v(n)$$

- [0050] 상기 수학식 5에서 $x(n)$ 은 반향이 포함된 관찰신호이고, $s(n)$ 은 반향 및 잡음이 존재하지 않은 원래의 음성신호

이고, $v(n)$ 은 잡음신호이고, $H(z)$ 는 반향필터의 z 변환값이다. 상기 $H(z)$ 은 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$H(z) = \sum_{k=0}^{L-1} h(k)z^{-k}$$

[0051]

상기 수학식 6에서, $H(z)$ 는 반향필터의 z 변환값이며, $h(k)$ 는 반향필터이며, z^{-k} 는 k 개 표본 시간 지연 연산자이며, L 은 반향필터의 길이이며, k 는 필터계수 색인이다.

[0052]

상기 수학식 6의 반향 필터 $h(k)$ 를 추정하기 위해 길이가 N 인 반향모델의 입출력 신호벡터를 수학식 7 및 수학식 8과 같이 정의한다.

[0053]

수학식 7

$$\mathbf{s} = [s(0), s(1), \dots, s(N-1)]^T$$

[0054]

상기 수학식 7에서, $\mathbf{s}$ 는 길이가 N 인 반향 및 잡음이 존재하지 않은 원래의 음성신호 벡터이고, N 은 벡터의 길이이고, T 는 전치연산자이다.

[0055]

수학식 8

$$\mathbf{x} = [x(0), x(1), \dots, x(N-1)]^T$$

[0056]

상기 수학식 8에서, $\mathbf{x}$ 는 길이가 N 인 관찰신호 벡터이고, N 은 벡터의 길이이고, T 는 전치연산자이다.

[0057]

여기서, 간단한 수식 유도를 위해 $n < 0$ 일 때 $s(n)$ 과 $x(n)$ 이 0이고, $v(n)$ 은 무시할 수 있다고 가정하면, 관찰신호벡터 $\mathbf{x}$ 는 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

[0058]

수학식 9

$$\mathbf{x} = \mathbf{H}\mathbf{s}$$

[0059]

상기 수학식 9에서 $\mathbf{x}$ 는 관찰신호벡터이고, $\mathbf{H}$ 는 반향필터 계수로 이루어진 행렬이고, $\mathbf{s}$ 는 원래의 음성신호 벡터이다. 상기 $\mathbf{H}$ 는 수학식 10과 같다.

[0060]

수학식 10

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h(0) & 0 & \cdots & 0 \\ h(1) & h(0) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h(N-1) & h(N-2) & \cdots & h(0) \end{bmatrix}$$

상기 수학식 10에서, $\mathbf{H}$ 는 반향필터 계수로 이루어진 행렬이고, $h(\cdot)$ 는 반향필터 계수이고, N 은 원래의 음성신호 및 관찰신호 벡터의 길이이다.

그리고, 필터 길이 L 이 상기 N 보다 훨씬 작다고 가정하면, $h(L+1) = h(L+2) = \cdots = h(N-1)$ 은 모두 0이 된다.

그리고 관찰신호벡터 $\mathbf{x}$ 의 확률밀도함수 $p(\mathbf{x}|\mathbf{H})$ 는 수학식 11과 같다.

수학식 11

$$p(\mathbf{x}|\mathbf{H}) = \frac{p(\mathbf{s})}{|\det(\mathbf{H})|}$$

상기 수학식 11에서, $p(\mathbf{x}|\mathbf{H})$ 는 관찰신호벡터 $\mathbf{x}$ 의 확률밀도함수이고, $p(\mathbf{s})$ 는 원래의 음성신호 벡터 $\mathbf{s}$ 의 확률밀도함수이고, $\det(\mathbf{H})$ 는 반향필터 계수로 이루어진 행렬 $\mathbf{H}$ 의 행렬식의 절대값이다.

상기한 수학식 11의 로그우도는 수학식 12와 같다.

수학식 12

$$\log L(\mathbf{H}) = \log p(\mathbf{s}) - \log |\det(\mathbf{H})|$$

상기 수학식 12에서, $\log L(\mathbf{H})$ 는 관찰신호벡터 $\mathbf{x}$ 의 확률밀도함수 $p(\mathbf{x}|\mathbf{H})$ 의 로그값이다.

상기 "에 대하여 로그우도를 최대화하는 자연경사법은 [Lewicki, M. S. & Sejnowski, T. J. (2000). Learning overcomplete representations. *Neural Computation*, 12, 337-365.]의 유도도를 따라 수학식 13과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 13

$$\Delta \mathbf{H} \propto \mathbf{H} \mathbf{H}^T \nabla_{\mathbf{H}} \log L(\mathbf{H}) = \mathbf{H} g(\mathbf{s}) \mathbf{s}^T - \mathbf{H}$$

상기 수학식 13에서, $\Delta \mathbf{H}$ 는 $\mathbf{H}$ 의 갱신량이고, "는 반향필터 계수로 이루어진 행렬이고, $\mathbf{H}^T$ 는 $\mathbf{H}$ 의

전치행렬이고, $\nabla_{\mathbf{H}} \log L(\mathbf{H})$ 는 관찰신호벡터 $\mathbf{x}$ 의 확률밀도함수 $p(\mathbf{x}|\mathbf{H})$ 의 로그값 $\log L(\mathbf{H})$ 을 반향필터 계수로 이루어진 행렬 $\mathbf{H}$ 에 대해 미분한 그레디언트(gradient) 행렬이고, g 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수로서, $p(\cdot)$ 가 확률밀도함수를 의미할 때, $-p'(\cdot)/p(\cdot)$ 이고, $\mathbf{s}$ 는 음성신호 벡터이고, $\mathbf{s}^T$ 는 $\mathbf{s}$ 의 전치 벡터이다.

[0073] 이러한 수학적 식 13에 따르면 주파수영역에서의 반향 필터는 수학적 식 14와 같다.

수학적 식 14

$$\Delta H \propto (H \cdot \text{fft}\{g(\underline{s})\} \cdot S^* - H)$$

[0074]

[0075]

상기 수학적 식 14에서, ΔH 는 H 의 갱신량이고, H 는 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 반향 필터 $h(k)$ 의 주파수 영역 계수로 이루어진 벡터이고, $\text{fft}\{\}$ 는 고속 푸리에 변환 연산자이고, $g(\cdot)$ 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수로서, $p(\cdot)$ 가 확률밀도함수를 의미할 때, $-p'(\cdot)/p(\cdot)$ 이고, $\underline{s}$ 는 반향모델의 입력신호 $s(n)$ 으로 구성된 벡터이고, S^* 은 고속 푸리에 변환을 통해 변환된 입력신호 벡터 $\underline{s}$ 의 주파수 영역 계수의 켤레 복소수로 이루어진 벡터이다.

[0076]

그리고 반향제거필터는 상기 반향필터 $H(z)$ 의 역필터로 구현된다. 이와같이 반향 필터 $h(k)$ 를 알고 있을 때, 역필터 $h_{\text{inv}}(k)$ 를 찾는 알고리즘으로는, [Radlović, B. D. & Kennedy, R. A. (2000). Nonminimum-phase equalization and its subjective importance in room acoustics. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 8(6), 476-488]과 [Mourjopoulos, J. (1985). On the variation and invertibility of room impulse response functions. *Journal of Sound and Vibration*, 102(2), 217-228.]가 있다.

[0077]

그러나 본 발명은 고속 푸리에 변환에 기반하여 수학적 식 15와 수학적 식 16과 같이 반향제거필터를 산출한다.

수학적 식 15

$$\begin{aligned} & [h_{\text{inv}}(0) h_{\text{inv}}(1) \cdots h_{\text{inv}}(L_{\text{inv}}-1)] \\ & = \text{ifft}([1/\hbar(0) 1/\hbar(1) \cdots 1/\hbar(L_{\text{inv}}-1)]) \end{aligned}$$

[0078]

[0079]

상기 수학적 식 15에서 $[h_{\text{inv}}(0) h_{\text{inv}}(1) \cdots h_{\text{inv}}(L_{\text{inv}}-1)]$ 는 반향필터로부터 추정된 반향제거 필터 계수로 이루어진 벡터이고, $\hbar()$ 는 반향필터 계수로 이루어진 벡터 양 옆에 미리 정해진 충분한 개수의 0을 채운 벡터의 고속 푸리에 변환값이고, L_{inv} 는 반향제거 필터의 길이이다.

수학식 16

$$[h(0)h(1) \cdots h(L_{\text{inv}}-1)] \\ = \text{fft}([0 \ 0 \ \cdots \ 0 \ h(0) \ h(1) \ \cdots \ h(L-1) \ 0 \ 0 \ \cdots \ 0])$$

상기 수학식 16에서, $[h(0)h(1) \cdots h(L_{\text{inv}}-1)]$ 는 반향필터 계수로 이루어진 벡터 양 옆에 충분한 개수의 0을 채운 벡터의 고속 푸리에 변환값으로 이루어진 벡터이고, $h()$ 는 반향필터 계수이고, L_{inv} 는 반향제거 필터의 길이이고, L 는 반향필터의 길이이다.

그리고 상기 수학식 16에서, 위신호(aliasing)를 피하기 위해서 고속 푸리에 변환의 입력인 반향 필터 벡터의 양쪽에 있는 0의 개수를 충분히 크게 해야 하며, 보통 반향필터 길이의 5배 이상으로 정하는 것이 일반적이다.

<반향 필터에 성감 특성 부과>

상술한 바와 같이 반향 제거 필터보다 상대적으로 간단한 반향 필터를 추정함으로써 성능이 향상될 수 있지만, 여전히 반향 필터에 대한 어떤 가정도 하지 않았다. 이에 본 발명에서는 반향 필터에 대한 선형적인 지식을 이용하여, 한정된 개수의 마이크 신호로 더욱 정확하게 필터를 추정한다. 특히, 본 발명은 반향 필터의 확률밀도 함수 $p(H(z))$ 에 대한 선형적 지식을 사용한다. 즉, 통계적 관점에서 반향 필터의 최적 추정이 사후 확률과 관계되어 있기 때문에 사후 확률 밀도 함수 $p(H(z)|\mathbf{x})$ 의 로그 값은 베이즈(Bayes) 정리를 이용해 수학식 17과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$\log p(H(z)|\mathbf{x}) = \log p(\mathbf{x}|H(z)) + \log p(H(z)) - \log p(\mathbf{x})$$

상기 수학식 17에서, $H(z)$ 는 반향필터 $h(k)$ 의 z 변환값이고, $\mathbf{x}$ 는 관찰신호이고, $p(H(z)|\mathbf{x})$ 는 반향 필터의 사후 확률 밀도 함수이고, $\log p(H(z)|\mathbf{x})$ 는 반향 필터의 사후 확률 밀도의 로그값이다.

상기 수학식 17에서 $H(z)$ 에 대해서 $\log p(H(z)|\mathbf{x})$ 를 최대화하여 선형적 지식을 부과한 반향 필터를 추정한다. 먼저, 수학식 17의 우변 중 세번째 항 $-\log p(\mathbf{x})$ 은 필터와 관계없기 때문에 적응 알고리즘에 영향을 주지 않는다. 그리고 수학식 17의 우변 중 첫번째 항인 $\log p(\mathbf{x}|H(z))$ 을 $H(z)$ 에 대해서 최대화하는 것은 수학식 14의 반향 필터 추정방법과 같다. 그리고 수학식 17의 우변 중 두번째 항은 $\log p(H(z))$ 을 $H(z)$ 에 대해서 수학식 18과 같이 최대화한다.

수학식 18

$$\frac{d \log p(H(z))}{dH(z)} = \frac{\frac{dp(H(z))}{dH(z)}}{p(H(z))}$$

[0088]

[0089]

<성검 특성 부과>

[0090]

또한 방의 임펄스 응답과 같은 일반적인 음향 반향 필터에서는 크기가 큰 필터 계수가 드물게 나타나기 때문에, 상기 반향 필터에 성검 특성을 부과할 수 있다. 상기 성검 특성을 반영할 수 있는 분포로서 간단하고 일반적인 확률분포함수인 0의 평균값을 갖는 라플라스 분포를 적용하면, 수학식 18은 수학식 19와 같다.

수학식 19

$$\begin{aligned} \Delta h(k) &\propto \frac{\partial \log p(H(z))}{\partial h(k)} = \frac{\partial \sum_{l=0}^{L-1} \log p(h(l))}{\partial h(k)} \\ &= \frac{\partial \sum_{l=0}^{L-1} -|h(l)|}{\partial h(k)} = -\text{sgn}(h(k)) \end{aligned}$$

[0091]

[0092]

상기 수학식 19에서, $\Delta h(k)$ 는 반향필터 계수 $h(k)$ 의 갱신량이고, k 는 필터계수 표본 색인이고, $\log p(H(z))$ 는 반향필터의 확률밀도함수의 로그값이고, z 는 z 변환 인수이고, $\log p(h(l))$ 는 1번째 반향필터 계수의 확률밀도함수의 로그값이고, $h(l)$ 는 1번째 반향필터 계수이고, $h(k)$ 는 k 번째 반향필터 계수이고, L 은 반향필터 길이이고, l 은 필터 계수 표본 색인이고, $\text{sgn}()$ 는 부호 함수이다.

[0093]

여기서 본 발명은 수식 유도를 간단히 하기 위해 반향 필터계수는 상호 독립인 동일분포를 따른다고 가정한다.

[0094]

이와 같이 본 발명은 사후 확률 밀도 함수를 최대화함으로써, 마이크 입력신호의 우도를 최대화한 수학식 14와 사전확률밀도함수를 최대화한 수학식 19, 이 두 가지를 얻을 수 있고, 이를 토대로 선험적 지식과 성검특성을 부여한 반향필터를 얻을 수 있다.

[0095]

또한 상기 수학식 14가 길이 $2L$ 의 고속 푸리에 변환으로 주파수 영역에서 효율적으로 구현되더라도 추정된 반향 필터는 순환 컨볼루션에 의한 오차를 피하기 위해서 필터 길이가 L 이거나 그보다 더 짧아야 한다. 따라서 반향 필터를 추정하는 방법은 시간 영역에서 마지막 L 개의 값들을 0으로 하기 위해 필터값이 갱신될 때 고속 역 푸리에 변환이 필요하다. 결국 수학식 19에 따른 성검 특성 최대화는 무시할만한 계산량의 증가로 쉽게 수행할 수 있다.

[0096]

본 출원인은 상기한 바와 같은 본 발명에 따르는 반향 필터를 추정하는 방법과 그 필터에 성검 특성을 부과한 효과를 평가하기 위해 반향이 없는 음성을 반향 필터에 통과시킨 반향입력신호로 모의실험을 하였다.

[0097]

반향이 없는 음성신호로는 TIMIT 데이터베이스[Garofolo, J. S., Lamel, L. F., Fisher, W. M., Fiscus, J. G., Pallett, D. S., & Dahlgren, N. L. (1993). *DARPA TIMIT acoustic-phonetic continuous speech corpus*. Gaithersburgh, MD: Tech. Rep. NISTIR 4930.]에서 특정 화자의 문장들을 연결하여 사용하였다. 특히 화자를 바꿔가며 실험을 반복하기 위해 10명의 남자 화자를 임의로 선택하였다. 그 신호들의 길이는 평균적으로 25초 정도이고, 표본화속도는 계산량을 줄이기 위해 8 kHz로 변환하였다. 음성신호는 대략적으로 라플라스 분포를 따른다는 사실에 근거하여 수학적 4와 수학적 14의 $g(\cdot)$ 으로 $\text{sgn}(\cdot)$ 을 사용하였다. 여기서 $g(\cdot)$ 는 엔트로피 최대화를 위한 최대 경사법에서 얻게 되는 스코어(score) 함수라 불리는 비선형 함수로서, $p(\cdot)$ 가 확률밀도 함수를 의미할 때, $-p'(\cdot)/p(\cdot)$ 이고, $\text{sgn}(\cdot)$ 는 부호 함수이다.

[0098]

그리고 음성 고유의 시간적 상관성을 없애기 위한 필터 추정을 위해 이전에 선택한 10명의 남자 화자를 제외하고 다시 10명의 남자 화자를 임의로 선택하였다. 이 화자들의 반향이 없는 음성신호로부터 길이가 256인 독립화 필터를 생성하였다.

[0099]

반향 필터에 의한 반향 성분이 얼마나 잘 추정되고 제거되었는지 파악하기 위한 직접적인 성능 척도로 심별 간 간섭(ISI)과 신호 대 반향잡음비(SRR)를 사용하였다. 이때, 심별간 간섭은 수학적 20과 같이 정의된다.

수학적 20

$$\text{ISI}(\text{dB}) = 10 \log \left(\frac{\sum_k |t(k)|^2 - \max_k |t(k)|^2}{\max_k |t(k)|^2} \right)$$

[0100]

[0101]

상기 수학적 20에서, 상기 $t(k)$ 는 반향제거 필터추정에 대해서는 $w(k) * h(k)$, 반향 필터 추정에 대해서는 $h_{\text{inv}}(k) * h(k)$ 이다. 상기 $h(k)$ 는 실제 반향 필터를 의미한다. 반향이 없는 원래 음성신호 $s(n)$ 과 복원된 반향제거 신호 $u(n)$ 사이의 차이로 잔존반향성분을 추정하여 신호 대 반향잡음비는 수학적 21과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 21

$$\text{SRR}(\text{dB}) = 10 \log \left(\frac{\sum_n s^2(n)}{\sum_n (s(n) - u(n))^2} \right)$$

[0102]

[0103]

음성반향제거에서는 심별 간 간섭이 낮거나 신호 대 반향잡음비가 높을수록 성능이 더 좋다고 할 수 있다.

[0104]

그리고 반향음성신호를 생성하기 위해 도 4에 도시한 바와 같이 이미지 방법(image method)으로 직육면체 방을 가정하고, 두 지점 사이에서의 반향 필터를 생성하였다. 상기 방의 크기는 5m*4m*3m로, 화자와 마이크간의 거리는 1m로 설정하였다. 그리고 반향시간 RT_{60} 가 0.3초가 되도록 반사계수 값을 결정하였다. 보다 실제적인 환경을 고려하여 반향이 없는 음원신호를 반향 필터에 통과시켜서 반향음성신호를 생성한 후에 신호 대 잡음비가 20dB가 되도록 백색정규잡음을 가산하였다.

[0105]

도 5 및 도 6은 반향이 없는 원래 음성신호를 도 4의 반향 필터에 통과시켜 얻은 가산 잡음하의 반향음성신호에 대한 실험 결과를 10명의 화자 음성 데이터에 대해서 평균한 결과이다. 심벌 간 간섭, 신호 대 반향잡음비 모두 반향 필터를 추정하는 방법이 반향제거필터를 추정하는 방법보다, 그리고 필터의 성감 특성을 이용한 방법이 그렇지 않은 방법보다 더 좋은 성능을 나타내었다. 무엇보다도 필터의 성감 특성을 이용한 반향 필터 추정방법이 가장 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

[0106]

부호의 설명

[0107]

100 : 마이크

102 : 반향제거필터

104 : 독립화필터 추정장치

106 : 독립화필터

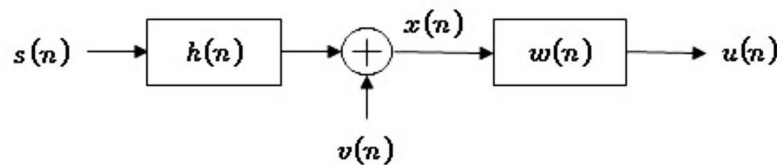
108 : 반향제거필터 추정장치

200 : 반향필터 추정부

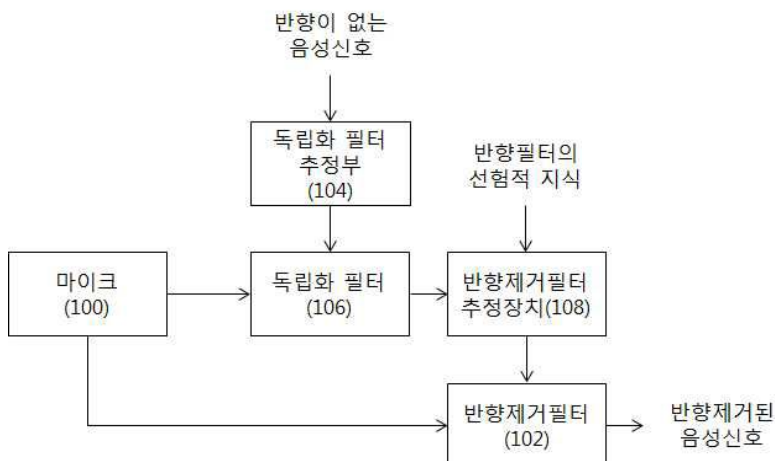
202 : 반향제거필터 추정부

도면

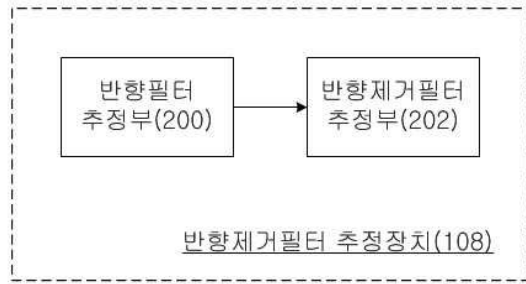
도면1



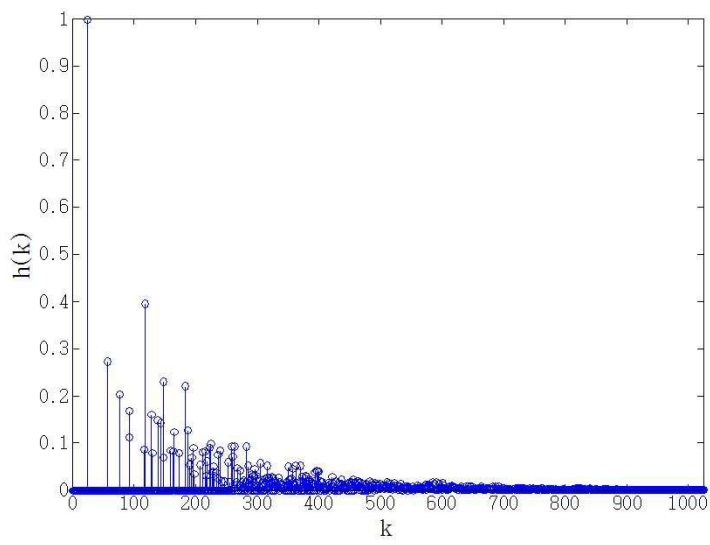
도면2



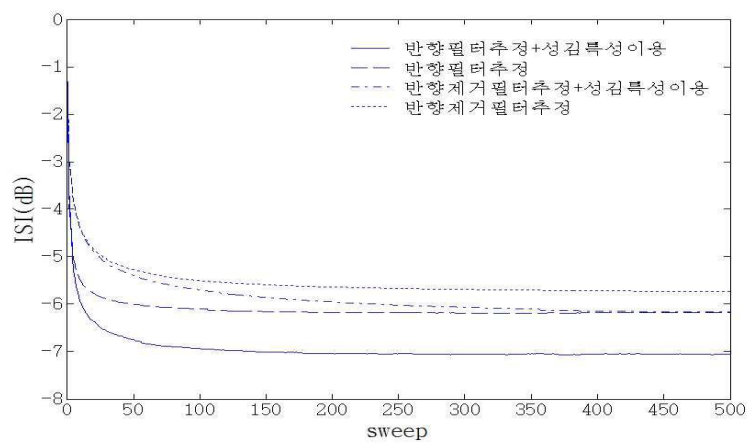
도면3



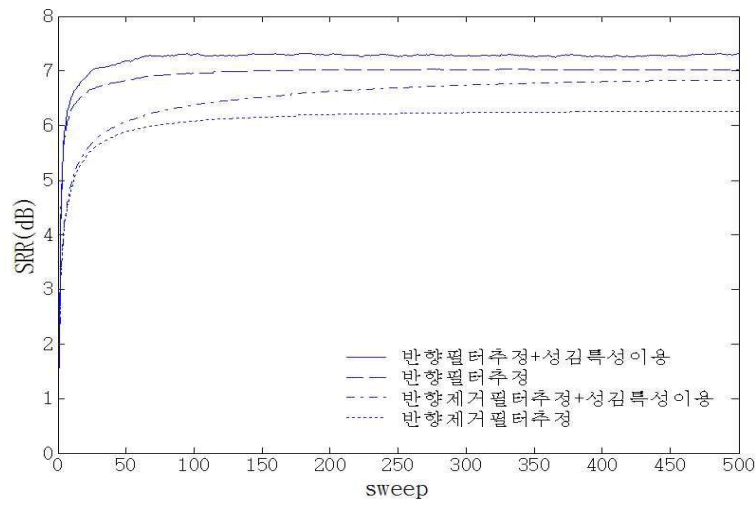
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경진】

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따라

【변경후】

제1항 및 제3항 중 어느 한 항에 따라