(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0134443
(43) 공개일자 2014년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G10L 25/66* (2013.01) *G10L 19/087* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2013-0054318
(22) 출원일자 2013년05월14일
심사청구일자 2013년05월14일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
**울산대학교 산학협력단**
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
**정의필**
서울특별시 은평구 은평로16나길 12 (응암동)
**지영준**
울산광역시 울주군 범서읍 모두박길 1-14, 203호
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**김종선, 이형석**

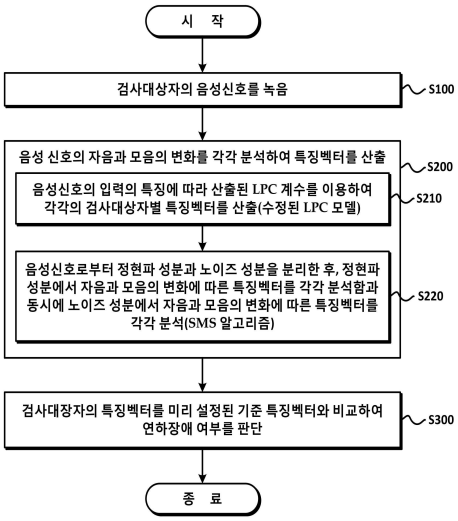
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법**

## (57) 요 약

본 발명은 연하장애 판단방법에 관한 것으로, 음성신호를 기반으로 하여 연하장애 여부를 판단함으로써 안전하고 간편하면서도 평가의 신뢰성을 높이도록 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법에 관한 것이다. 이를 위하여 본 발명은, 검사대상자의 음성신호를 녹음하는 음성신호 녹음단계; 상기 음성신호의 자음과 모음의 변화를 각각 분석하여 특징벡터를 산출하는 특징벡터 산출단계; 및 상기 검사대상자의 특징벡터를 미리 설정된 기준 특징벡터와 비교하여 연하장애 여부를 판단하는 연하장애 판단단계를 포함한다.

*대 표 도* - 도1



(72) 발명자

**황창호**

울산광역시 동구 바드래1길 45, 310호 (전하동)

**나승원**

울산광역시 동구 서부길 1, S3동 208호 (서부동, 외국인사택)

**한형섭**

울산광역시 동구 옥류로 77, 102동 506호 (동부동, 현대하이야트)

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

검사대상자의 음성신호를 녹음하는 음성신호 녹음단계;

상기 음성신호의 자음과 모음의 변화를 각각 분석하여 특징벡터를 산출하는 특징벡터 산출단계; 및

상기 검사대상자의 특징벡터를 미리 설정된 기준 특징벡터와 비교하여 연하장애 여부를 판단하는 연하장애 판단단계;를 포함하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 특징벡터 산출단계는;

음성신호의 입력(input)의 특징과 필터(filter)의 특성을 분리하여 처리하되, 상기 입력의 특징에 따라 산출된 LPC(Linear Predictive Coding) 계수를 이용하여 각각의 검사대상자별 특징벡터를 산출하는 수정된 LPC 모델을 적용하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,

상기 특징벡터 산출단계는;

프레임 사이즈 및 필터 계수에 따라 나타나는 LPC 엔벨로프(Envelope)를 원시 스펙트럼(original spectrum)과 코릴레이션(correlation)하여 LPC 계수와 차수를 결정하고, 계수별 평균, 분산, 표준편차, 왜도 및 첨도를 비교하고 K-mean 클러스터링 알고리즘(Clustering Algorithm)을 통하여 그 차이값이 미리 설정된 기준값 이상인 LPC 계수를 적용하여 특징벡터를 산출하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 4**

제 2항에 있어서,

상기 수정된 LPC 모델은;

AR 모델(Auto Regression Model)을 적용하여 음성신호의 시점 사이의 관계를 추정하되, 현재의 출력에 과거의 입력 값의 영향을 제외시키고, 과거의 출력과 현재의 입력만 영향을 미치도록 변형한 수정된 AR모델을 적용하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 5**

제 1항에 있어서,

상기 특징벡터 산출단계는;

SMS(Spectral Modeling Synthesis) 알고리즘을 이용하여 상기 특징벡터를 산출하되, 상기 음성신호로부터 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리한 후, 상기 정현파 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징벡터를 각각 분석함과 동시에 상기 노이즈 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징벡터를 각각 분석하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 6**

제 3항에 있어서,

상기 SMS 알고리즘은;

상기 환자군 및 정상군의 자음과 모음 발성을 취득하고, 취득한 음성신호의 발음별 프레임 사이즈를 결정한 후 음성신호의 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리하는 단계;

상기 정현파 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 연속성을 계산하는 단계; 및

상기 노이즈 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 변화량을 계산하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서,

상기 연하장애 판단단계는;

상기 정현파 성분에 따른 연속성과, 상기 노이즈 성분에 따른 변화량으로 환자군과 정상군을 판단하되, 상기 연속성 판단시, 상기 정현파 성분의 연속된 각 피치 트랙킹(pitch tracking)의 기울기의 차이로 변화량을 구하여 환자군과 정상군을 판단하며, 상기 변화량 판단시, 상기 전체 노이즈 값의 분산을 구하여 환자군과 정상군을 판단하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

**청구항 8**

제 7항에 있어서,

상기 환자군과 정상군의 판단은;

상기 연속성의 기울기 차이가 기준값 이상으로 크고, 상기 노이즈 값의 분산도가 높을수록 환자군으로 구분하는 것을 특징으로 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법.

# 명 세 서

## 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 연하장애 판단방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 음성신호를 기반으로 하여 연하장애 여부를 판단함으로써 안전하고 간편하면서도 평가의 신뢰성을 높이도록 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법에 관한 것이다.

## 배 경 기 술

[0002] 연하장애(삼킴장애, dysphagia)란 인 후두의 기계적인 협착, 또는 입술, 혀, 구개, 인 후두에 관계하는 운동성 뇌신경핵(안면, 미주/설하신경)의 장애(가성구마비)에 의해 연하(삼킴, 嚥下, swallowing)가 곤란하게 되는 증상으로 즉, 삼킴의 일련의 순서와 과정에 비정상적 소견이 관찰되는 경우를 통칭하는 질환이다.

[0003] 이와 같이 연하 장애는 다양한 문제를 유발시킬 수 있으며, 특히 해부학적으로 음식이 통과하는 인두와 공기가 통과하는 후두가 공존하기에, 삼킴 장애가 발생 시 음식물이 식도 대신 후두를 통하여 기도로 흡입이 되고, 이로 인하여 이차적으로 흡입성 폐렴의 위험이 증가한다.

[0004] 따라서, 상기와 같은 연하 장애를 미리 판단하고, 이에 맞는 치료를 제공할 필요가 있다.

[0005] 연하장애를 판단하기 위한 대표적인 방법으로서 비디오투시 연하검사(videofluoroscopic examination of swallowing, VFS), 내시경적 연하검사(Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing, FEES) 등이 있다.

[0006] 비디오투시 연하검사는 X-선 투시하에 조영제를 마시면서 구강과 인두, 식도의 움직임과 구조의 이상이나 음식덩이의 움직임을 평가하는 방법이며, 내시경적 연하검사는 휴대가 가능한 내시경을 코를 통해 삽입하여 해부학적 이상, 발성시와 삼킴시 각 부위의 기능적 이상여부를 관찰하는 방법이다.

[0007] 상기 내시경적 연하검사는 구강 및 Pharyngeal 영역의 관찰에는 효과적이지만, 삼킴 시 흡인(aspiration)과 침투(penetration)를 직접적으로 관찰하지는 못하는 단점이 있다.

[0008] 상기 비디오투시 연하검사는 연하 장애를 정도를 정성적으로 평가할 수 있다는 장점이 있으나 방사선 투시 장치 이용으로 인한 방사선 노출, 검사 장비가 설치되어 있는 곳까지 환자가 이송되야 되는 접근성의 제한, 좌위가 가능해야 할 수 있는 검사로 인한 적응증의 제한, 검사 도중 흡입으로 발생할 수 있는 안정성의 문제가 있다.

[0009] 또한, 상기와 같이 연하 장애를 판단하기 위한 종래의 방법으로는, 물을 이용한 발성법이 있으나 평가자의 청력

에 의존한 주관적인 판단과 무증상의 흡입이 환자들에서 흔하게 관찰되는 것을 고려할 때 신뢰도가 많이 저하되는 문제점이 있었다.

[0010] 또한, 진단을 위하여 비디오 투시 연하 조영검사와 내시경을 통한 검사가 있으나 장비의 경제성과 접근성의 제한, 즉 검사 장비의 이동 제한으로 인하여 검사실에 환자가 내원해야된다는 제한으로 인하여 환자들에게 불편함을 줌과 아울러, 평가자의 주관적 판단으로 평가가 이루어진다는 문제점이 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개평2011-161189호(2011년08월25일)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 음성신호의 특징벡터를 이용하여 물을 사용하지 않고도 연하장애 여부를 판단함으로써 안전하고 간편하면서도 평가의 신뢰성을 높이도록 하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 검사대상자의 음성신호를 녹음하는 음성신호 녹음단계; 상기 음성신호의 자음과 모음의 변화를 각각 분석하여 특징벡터를 산출하는 특징벡터 산출단계; 및 상기 검사대상자의 특징벡터를 미리 설정된 기준 특징벡터와 비교하여 연하장애 여부를 판단하는 연하장애 판단단계;를 포함하는 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법을 제공한다.

[0014] 상기 특징벡터 산출단계는; 음성신호의 입력(input)의 특징과 필터(filter)의 특성을 분리하여 처리하되, 상기 입력의 특징에 따라 산출된 LPC(Linear Predictive Coding) 계수를 이용하여 각각의 검사대상자별 특징벡터를 산출하는 수정된 LPC 모델을 적용할 수 있다.

[0015] 상기 특징벡터 산출단계는; 프레임 사이즈 및 필터 계수에 따라 나타나는 LPC 엔벨로프(Envelope)를 원시 스펙트럼(original spectrum)과 코릴레이션(correlation)하여 LPC 계수와 차수를 결정하고, 계수별 평균, 분산, 표준편차, 왜도 및 첨도를 비교하고 K-mean 클러스터링 알고리즘(Clustering Algorithm)을 통하여 그 차이값이 미리 설정된 기준값 이상인 LPC 계수를 적용하여 특징벡터를 산출할 수 있다.

[0016] 상기 수정된 LPC 모델은; AR 모델(Auto Regression Model)을 적용하여 음성신호의 시점 사이의 관계를 추정하되, 현재의 출력에 과거의 입력 값의 영향을 제외시키고, 과거의 출력과 현재의 입력만 영향을 미치도록 변형한 수정된 AR모델을 적용할 수 있다.

[0017] 상기 특징벡터 산출단계는; SMS(Spectral Modeling Synthesis) 알고리즘을 이용하여 상기 특징벡터를 산출하되, 상기 음성신호로부터 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리한 후, 상기 정현파 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징벡터를 각각 분석함과 동시에 상기 노이즈 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징벡터를 각각 분석할 수 있다.

[0018] 상기 SMS 알고리즘은; 상기 환자군 및 정상군의 자음과 모음 발성을 취득하고, 취득한 음성신호의 발음별 프레임 사이즈를 결정한 후 음성신호의 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리하는 단계; 상기 정현파 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 연속성을 계산하는 단계; 및 상기 노이즈 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 변화량을 계산하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 연하장애 판단단계는; 상기 정현파 성분에 따른 연속성과, 상기 노이즈 성분에 따른 변화량으로 환자군과 정상군을 판단하되, 상기 연속성 판단시, 상기 정현파 성분의 연속된 각 피치 트랙킹(pitch tracking)의 기울기

의 차이로 변화량을 구하여 환자군과 정상군을 판단하며, 상기 변화량 판단시, 상기 전체 노이즈 값의 분산을 구하여 환자군과 정상군을 판단할 수 있다.

[0020] 상기 환자군과 정상군의 판단은; 상기 연속성의 기울기 차이가 기준값 이상으로 크고, 상기 노이즈 값의 분산도가 높을수록 환자군으로 구분하는 것이 바람직하다.

## 발명의 효과

[0021] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법에 의하면, 음성신호의 특징벡터를 이용하여 물을 사용하지 않고도 연하장애 여부를 판단함으로써 안전하고 간편하면서도 평가의 신뢰성을 높이도록 하는 효과가 있다.

[0022] 또한, 연하장애의 병태 생리학에 기초한 음성신호처리를 이용함으로써 종래의 흡입에 대한 검사 방법에 비해 비용 및 편리성에서 뛰어난 경쟁력을 갖춤으로써 스크리닝 또는 정량 검사로 활용될 수 있는 효과도 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법을 나타낸 제어 흐름도,

도 2는 도 1의 본 발명의 LPC 모델을 이용한 특징벡터 산출방법을 상세히 나타낸 제어 흐름도,

도 3은 도 1의 본 발명의 SMS 알고리즘을 이용한 특징벡터 분석방법을 상세히 나타낸 제어 흐름도,

도 4는 본 발명의 AR 모델을 이용한 음성신호 분석의 일 실시예를 나타낸 그래프,

도 5는 본 발명의 SMS 알고리즘을 이용한 음성신호 분석의 일 실시예를 나타낸 그래프,

도 6은 본 발명의 SMS 알고리즘을 이용한 음성신호의 정현파 성분, 노이즈 성분 및 잔여 성분을 분리한 상태를 나타낸 그래프,

도 7은 본 발명의 LPC 모델에 따라 최적화된 LPC 계수를 이용하여 산출된 각각의 정상군과 연하장애 환자군의 특징벡터를 나타낸 도표,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 LCP 모델에 따라 정상인과 연하장애 환자의 음성신호의 분석 결과를 비교하여 나타낸 그래프,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 SMS 알고리즘에 따라 정상인과 연하장애 환자의 음성신호의 분석 결과를 비교하여 나타낸 그래프로서, (a)는 정상군의 피치 트랙킹을 나타낸 그래프, (b)는 연하장애 환자군의 피치 트랙킹을 나타낸 그래프이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시 형태를 한정하는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0025] 본 발명에 개시된 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안되며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0026] 따라서, 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니며, 또한 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0027] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계,

동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 공간적으로 상대적인 용어인 아래(below, beneath, lower), 위(above, upper) 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관 관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다.

[0029] 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 아래(below, beneath)로 기술된 소자는 다른 소자의 위(above, upper)에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 아래는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0030] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법을 나타낸 제어 흐름도이고, 도 2는 도 1의 본 발명의 LPC 모델을 이용한 특징벡터 산출방법을 상세히 나타낸 제어 흐름도이며, 도 3은 도 1의 본 발명의 SMS 알고리즘을 이용한 특징벡터 분석방법을 상세히 나타낸 제어 흐름도이다.

[0032] 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법은, 먼저 검사대상자의 음성신호를 녹음하는 음성신호 녹음단계를 수행한다(S100).

[0033] 상기 음성신호 녹음단계에서는 데이터 취득을 위한 최적의 녹음환경을 설정하고, 정상인과 연하장애 환자군의 모음과 자음의 변화에 따른 각각의 음성신호를 녹음한다.

[0034] 이후, 상기 음성신호의 자음과 모음의 변화를 각각 분석하여 특징벡터를 산출하는 특징벡터 산출단계를 수행한다(S200).

[0035] 상기 특징벡터 산출단계(S200)는; 음성신호의 입력(input)의 특징과 필터(filter)의 특성을 분리하여 처리하되, 상기 입력의 특징에 따라 산출된 LPC(Linear Predictive Coding) 계수를 이용하여 각각의 검사대상자별 특징벡터를 산출하는 수정된 LPC 모델을 적용할 수 있다(S210).

[0036] 일반적으로, 선형 예측 부호화 모델(Linear Predictive Coding Model, 이하 LPC 모델이라 약칭함)이란 음성을 압축된 형태의 디지털 신호로 처리하여 스펙트럼의 표면에 표현해 주는 스피치 처리 과정으로, 특히 음성 인식의 경우, 인간의 조음 기관의 구조를 LPC 파라미터로 처리하여 신호 처리에 응용하는 것이다.

[0037] 예로서, 소리가 성문을 통과하며 신호음(buzz)을 만들어 내는데, 성문을 통과한 소리는 강도(intensity/loudness)와 진동(frequency/pitch)에 소리 값의 특징이 드러난다. 성도(목, 입)는 튜브를 형성하며 그것은 포맷(formant)이라고 불리는 공명(resonance)를 만든다.

[0038] 반면에, 본 발명의 바람직한 일 실시예에서는 수정된 LPC 모델을 적용하여 음성신호의 입력(input)의 특징과 필터(filter)의 특성을 분리하여 처리한다. 따라서, 음성 소오스(source)와 필터(성도:vocal tract)의 분리에 의하여 각각의 특징을 면밀히 나타낼 수 있다. 특히, 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 LPC 모델은, 최적의 LPC 계수를 이용하여 특징 벡터를 산출할 수 있다.

[0039] 더욱이, 상기 특징벡터 산출단계(S200)는 도 2에 도시된 바와 같이, 프레임 사이즈 및 필터 계수에 따라 나타나는 LPC 엔벨로프(Envelope)를 원시 스펙트럼(original spectrum)과 코릴레이션(correlation)하여 LPC 계수와 차수를 결정하고(S211), 계수별 평균, 분산, 표준편차, 왜도 및 첨도를 비교하고 K-mean 클러스터링 알고리즘(Clustering Algorithm)을 통하여 그 차이값이 미리 설정된 기준값 이상인 LPC 계수를 적용하여 특징벡터를 산출할 수 있다(S212).

[0040] 또한, 상기 수정된 LPC 모델을 적용하는 경우(S210)에 있어서 AR 모델(Auto Regression Model)을 적용하여 음성신호의 시점 사이의 관계를 추정하되, 현재의 출력에 과거의 입력 값의 영향을 제외시키고, 과거의 출력과 현재의 입력만 영향을 미치도록 변형한 수정된 AR모델을 적용할 수 있다.

[0041] 일반적으로 현재의 출력 값은 현재의 입력, 과거의 출력, 과거의 입력에 영향을 받는다. 이와 같이, 데이터의 시점 사이의 관계를 추정하기 위해 사용되는 대표적인 방법으로 자기회귀모델(Auto Regression Model, 이하 AR 모델이라 약칭함)과 이동평균모델(MA모델, Moving Average Model)이 있다.

[0042] 본 발명의 바람직한 일 실시예에서는 수정된 AR모델을 적용하여 데이터, 즉 음성신호의 시점 사이의 관계를 추정한다. 특히, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 수정된 AR모델은 현재의 출력에 과거의 입력 값의 영향을 제외시키고, 과거의 출력과 현재의 입력만 영향을 미치는 식으로 변형한다.

[0043] 즉, 계산의 단순화/안정화를 위해 과거의 입력 값을 무관하다고 가정한다. 이에 따라 과거 입력 값의 영향을 뺀 희생으로 비음 부분의 처리 성능이 떨어지나, 이는 처리의 안정성을 위해 필요한 희생으로 반영한다.

[0044] 도 4는 본 발명의 AR 모델을 이용한 음성신호 분석의 일 실시예를 나타낸 그래프이다. 상기 AR 모델은 LPC, EIV 또는 칼만 필터 중 어느 하나를 적용할 수 있고, 모음의 변화에 따른 AR 계수의 변화 분석 및 발성기관을 모델링하며, 상기 AR 모델의 잔여신호로부터 에너지, 피치 및 피치 스케일 값을 추정하여 음성신호를 분석할 수 있다.

[0045] 또한, 상기 특징벡터 산출단계(S200)는; SMS(Spectral Modeling Synthesis) 알고리즘을 이용하여 상기 특징벡터를 산출하되, 상기 음성신호로부터 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리한 후, 상기 정현파 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징벡터를 각각 분석함과 동시에 상기 노이즈 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징벡터를 각각 분석할 수 있다(S220).

[0046] 스펙트럴 모델링 합성(Spectral Modeling Synthesis, 이하 SMS라 약칭함)은 뮤지컬 사운드 모델링을 위한 강력한 툴로써 사용되어 왔다. 이 기술은 사운드를 결정적 (deterministic) 성분과 통계적 (stochastic) 성분의 조합으로 간주한다.

[0047] 결정적 성분은 크기(amplitude), 주파수(frequency), 위상(phase) 함수에 따른 사인파의 연속으로 표현되는 반면, 통계적 성분은 백색 잡음 (white noise)으로 자극된 시간 변화 필터로서 동작하는 크기 스펙트럼 엔블로프(spectrum envelop)의 연속으로 표현된다. 이러한 표현들은 원음의 모든 지각적인 특징들을 활용해 합성된 사운드를 구현 가능케 한다.

[0048] 하지만, 연하장애 환자의 소리와 같은 복잡한 사운드에 대해 기존의 SMS를 사용할 때 연속적인 프로임에 있는 부분 주파수가 다른 경우 결정적 성분에서 상당한 위상 변화가 발생한다. 왜냐하면, 기존의 SMS는 사운드의 결정적 성분을 합성하기 위해서 계산된 위상을 이용하기 때문이다. 그 결과 기존의 SMS는 높은 주파수 영역에서 원래 스펙트럼과 합성된 스펙트럼 사이에서 좋은 스펙트럼 매칭을 제공하지 못한다.

[0049] 이러한 문제를 해결하기 위해 본 발명은 수정된 SMS를 제안한다. 본 발명에서 제안하는 SMS는 결정적 성분을 합성하기 위해 먼저, 음성으로부터 일부 사운드를 획득하고, 이 사운드를 분석하여 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리한다.

[0050] 이때, 상기 특징벡터 산출단계(S200)에 적용되는 상기 SMS 알고리즘은 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 환자군 및 정상군의 자음과 모음 발성을 취득하고, 취득한 음성신호의 발음별 프레임 사이즈를 결정한 후 음성신호의 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리하는 단계(S221); 상기 정현파 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 연속성을 계산하는 단계(S222); 및 상기 노이즈 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 변화량을 계산하는 단계(S223)를 포함할 수 있다.

[0051] 도 5는 본 발명의 SMS 알고리즘을 이용한 음성신호 분석의 일 실시예를 나타낸 그래프이고, 도 6은 본 발명의 SMS 알고리즘을 이용한 음성신호의 정현파 성분, 노이즈 성분 및 잔여 성분을 분리한 상태를 나타낸 그래프이다.

[0052] 따라서, 상기 정현파 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징 벡터를 각각 분석함과 동시에 상기 노이즈 성분에서 자음과 모음의 변화에 따른 특징 벡터를 각각 분석한다. 본 발명의 모의 실험 결과에 따르면 시간 및 주파수 영역에서 기존의 SMS와 유사한 성능을 보였으나, 스펙트럼 매칭에서는 기존의 SMS보다 더 좋은 성능을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0053] 이후, 상기 검사대상자의 특징벡터를 미리 설정된 기준 특징벡터와 비교하여 연하장애 여부를 판단하는 연하장애 판단단계를 수행한다(S300).

[0054] 도 7은 본 발명의 LPC 모델에 따라 최적화된 LPC 계수를 이용하여 산출된 각각의 정상군과 연하장애 환자군의 특징벡터를 나타낸 도표이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 LCP 모델에 따라 정상인과 연하장애 환자의 음성신호의 분석 결과를 비교하여 나타낸 그래프이며, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 SMS 알고리즘에 따라 정상인과 연하장애 환자의 음성신호의 분석 결과를 비교하여 나타낸 그래프로서, (a)는 정상군의 피치 트랙킹을

나타낸 그래프, (b)는 연하장애 환자군의 피치 트랙킹을 나타낸 그래프이다.

[0055] 상기 연하장애 판단단계(S300)는; 상기 정현파 성분에 따른 연속성과, 상기 노이즈 성분에 따른 변화량으로 환자군과 정상군을 판단할 수 있다.

[0056] 이때, 상기 연속성 판단시에는, 상기 정현파 성분의 연속된 각 피치 트랙킹(pitch tracking)의 기울기의 차이로 변화량을 구하여 환자군과 정상군을 판단한다.

[0057] 또한, 상기 변화량 판단시에는, 상기 전체 노이즈 값의 분산을 구하여 환자군과 정상군을 판단할 수 있다.

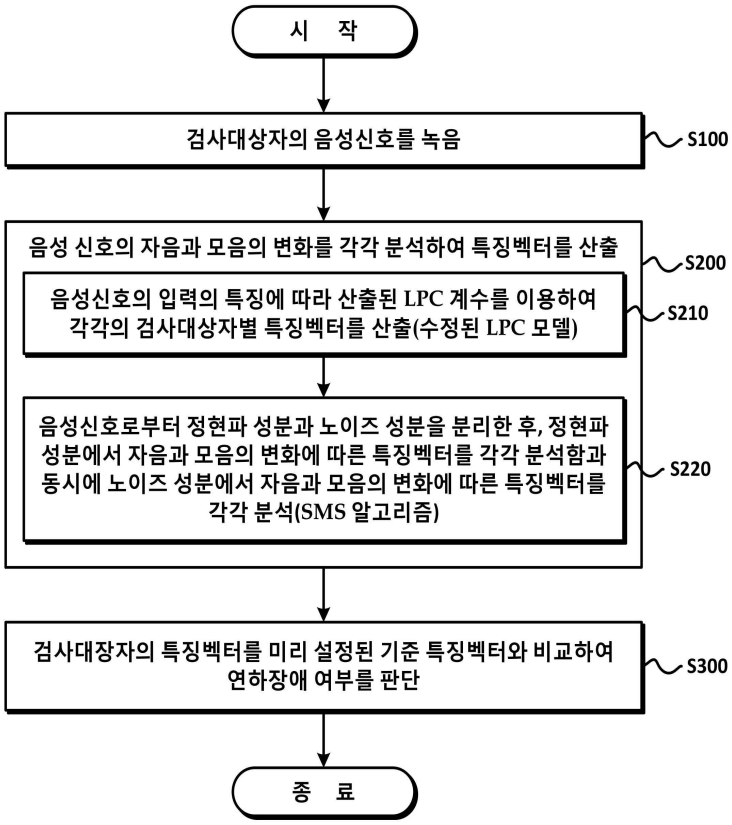
[0058] 특히, 상기 환자군과 정상군의 판단은; 상기 연속성의 기울기 차이가 기준값 이상으로 크고, 상기 노이즈 값의 분산도가 높을수록 환자군으로 구분하는 것이 바람직하다.

[0059] 따라서, 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 음성신호의 특징벡터를 이용한 연하장애 판단방법에 의하면, 음성신호의 특징벡터를 이용하여 물을 사용하지 않고도 연하장애 여부를 판단함으로써 안전하고 간편하면서도 평가의 신뢰성을 높일 수 있다.

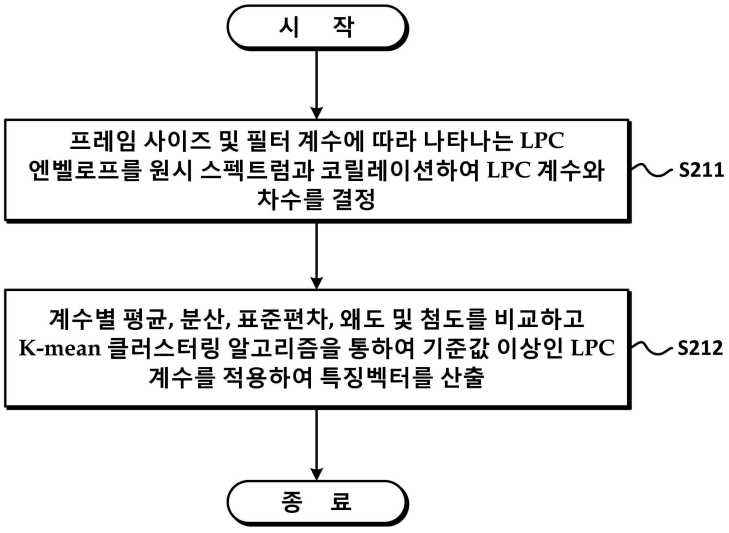
[0060] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

## 도면

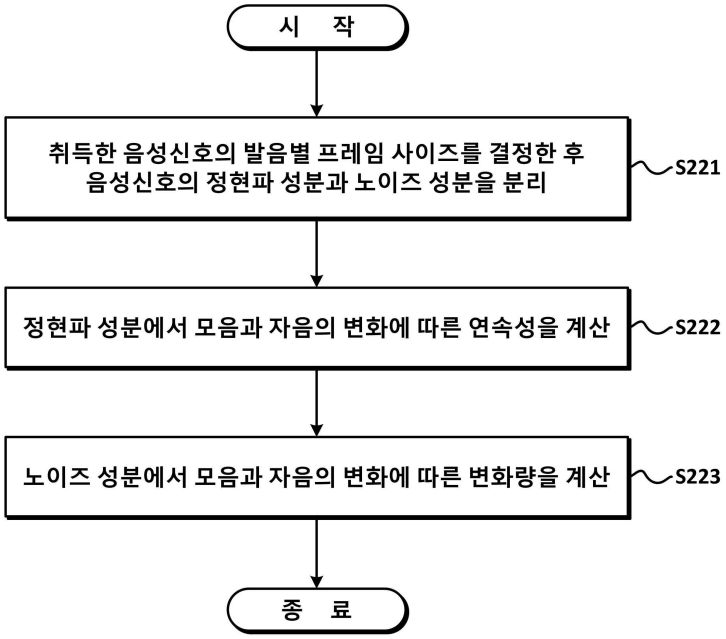
### 도면1



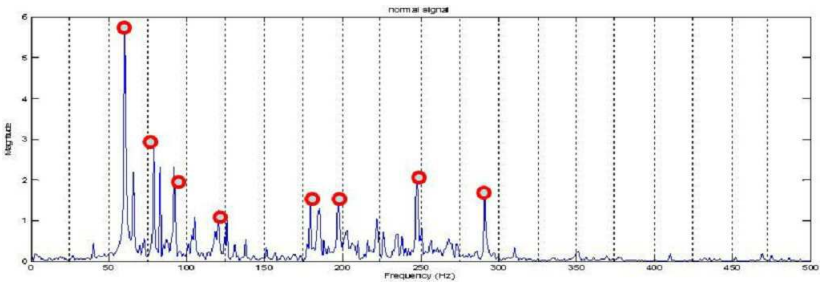
도면2


시 작
프레임 사이즈 및 필터 계수에 따라 나타나는 LPC 엔벨로프를 원시 스펙트럼과 코릴레이션하여 LPC 계수와 차수를 결정
S211
계수별 평균, 분산, 표준편차, 왜도 및 첨도를 비교하고 K-mean 클러스터링 알고리즘을 통하여 기준값 이상인 LPC 계수를 적용하여 특징벡터를 산출
S212
종 료

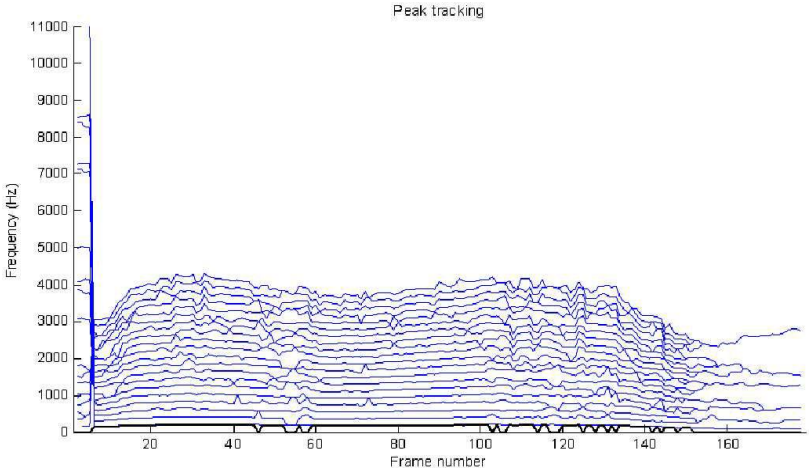
도면3


시 작
취득한 음성신호의 발음별 프레임 사이즈를 결정한 후 음성신호의 정현파 성분과 노이즈 성분을 분리
S221
정현파 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 연속성을 계산
S222
노이즈 성분에서 모음과 자음의 변화에 따른 변화량을 계산
S223
종 료

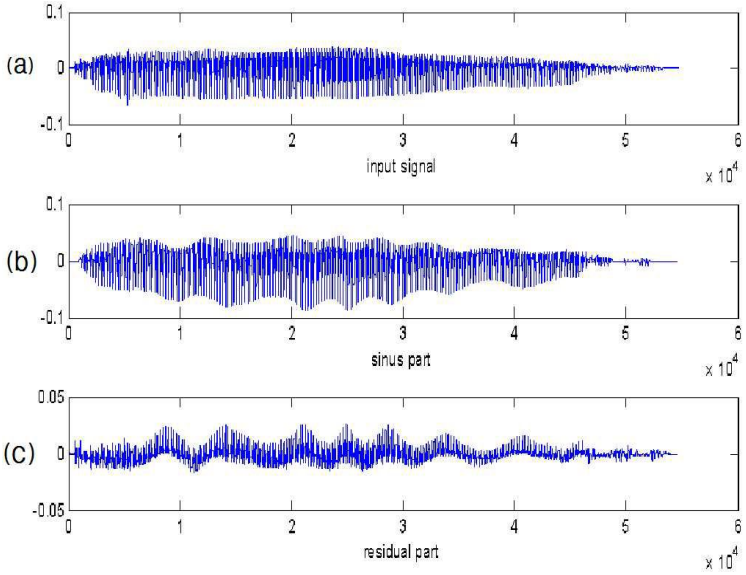
도면4


normal signal
Magnitude
Frequency (Hz)

도면5



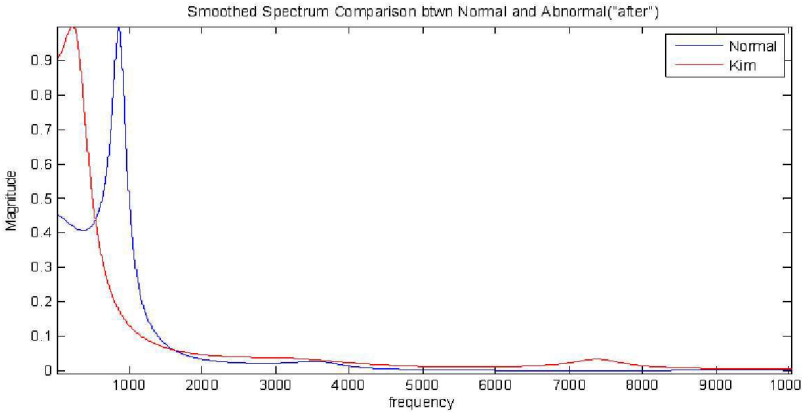

도면6



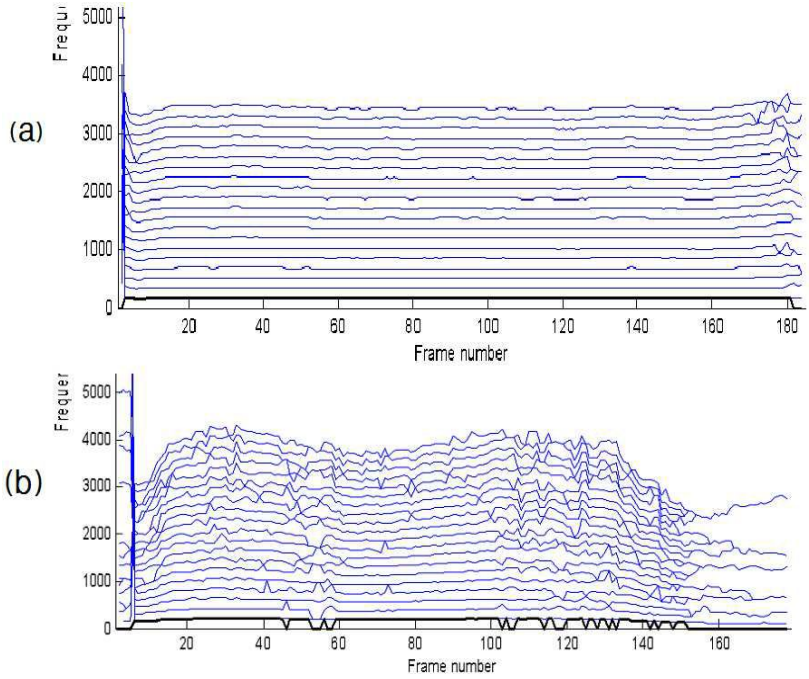

도면7

| Normal | Abnormal |
|---|---|
| -2.4407 | -1.9495 |
| 2.2453 | 1.4595 |
| -1.5383 | -0.6644 |
| 1.0518 | 0.1525 |
| -0.2749 | -0.1288 |
| 0.4356 | 0.1375 |
| -0.9141 | 0.0164 |
| 0.5816 | -0.0005 |
| -0.2577 | 0.01065 |
| -0.2668 | 0.0616 |
| 0.7906 | -0.3250 |

도면8


Smoothed Spectrum Comparison btwn Normal and Abnormal("after")
Normal
Kim
Magnitude
frequency

도면9


(a)
Frame number
(b)
Frame number