



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0116089
(43) 공개일자 2009년11월11일

(51) Int. Cl.

B25J 13/08 (2006.01) *B25J 19/02* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0041786

(22) 출원일자 2008년05월06일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

김현수

경기도 용인시 수지구 상현동 만현마을 두산위브
아파트 803동 501호

육동석

서울특별시 용산구 서빙고동 신동아아파트 1-102

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박상수

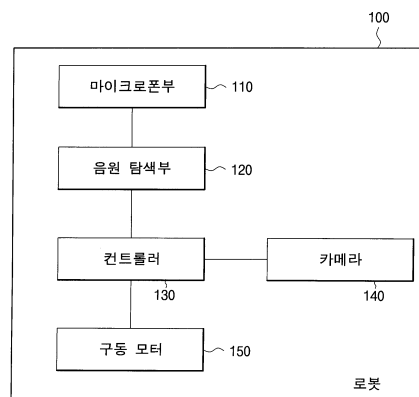
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 적어도 하나 이상의 마이크로폰으로 구현되며, 3차원 공간 상으로부터 소리를 획득하는 마이크로폰부와, 상기 마이크로폰부를 통해 획득되는 상기 소리의 도착 지연 시간 및 최대 파워를 기반으로 상기 소리의 음원 위치를 결정하는 음원 탐색부를 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치를 개시함으로써, 로봇이 최소의 마이크로폰 개수로 최소한의 사각 영역을 가지면서 3차원 공간 상의 음원 위치를 신속하면서 정확하게 탐색할 수 있도록 하는 것이다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

조영규

서울특별시 강남구 압구정동 미성아파트 21동 203
호

최우진

서울특별시 성북구 종암동 28-16번지 102호

특허청구의 범위

청구항 1

로봇의 음원 위치 탐색 장치에 있어서,

적어도 하나 이상의 마이크로폰으로 구현되며, 3차원 공간 상으로부터 소리를 획득하는 마이크로폰부와,

상기 마이크로폰부를 통해 획득되는 상기 소리의 도착 지연 시간 및 최대 파워를 기반으로 상기 소리의 음원 위치를 결정하는 음원 탐색부를 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 마이크로폰부는,

4개의 마이크로폰이 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 것을 특징으로 하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 음원 탐색부는,

제1 알고리즘을 이용하여 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간을 기반으로 상기 음원 방향을 결정하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 음원 탐색부는,

GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 각 마이크로폰 쌍의 도착 지연 시간을 기반으로 상기 음원 방향을 로봇을 기준으로 세 방향 중 어느 한 방향으로 결정하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 5

제3 항에 있어서, 상기 음원 탐색부는,

상기 각 마이크로폰 쌍의 도착 지연 시간으로 기반으로 3 쌍의 마이크로폰이 동일한 방향을 향하지 않으면, 3 쌍의 마이크로폰이 각각 가르키는 두 방향으로 음원 방향으로 결정하는 것을 특징으로 하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 6

제3 항에 있어서, 상기 음원 탐색부는,

상기 음향 방향이 결정되면, 제2 알고리즘을 이용하여 상기 음향 방향의 3차원 공간 상에서 음원 위치를 결정하는 것을 특징으로 하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 음원 탐색부는,

SRP-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 음향 방향의 3차원 공간 상에서 최대 파워를 가지는 지점을 음원 위치로 결정하는 것을 특징으로 하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 8

제1 항에 있어서, 상기 음원 탐색부는,

GCC-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따른 음원 방향을 결정하는 제1 알고리즘 처리부와,

상기 제1 알고리즘 처리부에서 결정되는 음원 방향의 3차원 공간 상에서 SRP-PHAT 알고리즘을 통해 최대 파워를 가지는 지점을 탐색하는 제2 알고리즘 처리부와,

상기 제2 알고리즘 처리부에서 탐색된 상기 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 음원 위치로 결정하는 음원 위치 결정부를 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서, 상기 로봇은,

상기 로봇의 시선 방향 영상을 촬상하는 카메라부와,

상기 로봇의 움직임이 형성되도록 구동력을 제공하는 다수의 구동 모터와,

상기 음원 위치 결정부에서 결정된 3차원 좌표로 상기 카메라가 향하도록 상기 구동 모터를 제어하는 컨트롤러를 더 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 10

로봇의 음원 위치 탐색 장치에 있어서,

삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 4개의 마이크로폰으로 구현되며, 3차원 공간 상으로부터 소리를 획득하는 마이크로폰부와,

상기 마이크로폰부의 각 마이크로폰 쌍의 상기 소리의 도착 지연 시간에 따라 음원 방향을 결정하고, 상기 음원 방향의 3차원 공간 상에 최대 파워를 가지는 지점을 음원 위치로 결정하는 음원 탐색부를 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 장치.

청구항 11

로봇의 음원 위치 탐색 방법에 있어서,

상기 로봇이 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 4개의 마이크로폰을 통해 소리를 획득하는 단계와,

제1 알고리즘을 이용하여 상기 각 마이크로폰간 상기 소리의 도착 지연 시간을 기반으로 음원 방향을 결정하는 단계와,

제2 알고리즘을 이용하여 상기 음원 방향의 3차원 공간 상의 음원 위치를 결정하는 단계를 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서, 상기 음원 방향을 결정하는 단계는,

GCC-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 방향이 동일한 방향을 가르키는지 여부를 확인하여,

a) 동일한 방향이면, 상기 로봇을 기준으로 구분되는 세 방향 중 해당 방향을 음원 방향으로 결정하고,

b) 동일하지 않으면, 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 두 방향을 음원 방향으로 결정하는 것을 특징으로 하는 로봇의 음원 위치 탐색 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서, 상기 음원 위치를 결정하는 단계는,

SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 결정된 하나 또는 두 음원 방향의 3차원 공간 상의 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 상기 음원 위치로 결정하는 것을 특징으로 하는 로봇의 음원 위치 탐색 방법.

청구항 14

제11 항에 있어서,

상기 3차원 공간 상의 음원 위치가 결정되면, 시선 방향을 상기 음원 위치로 향하도록 구동 모터를 제어하는 단계를 더 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 방법.

청구항 15

로봇의 음원 위치 탐색 방법에 있어서,

상기 로봇이 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 4개의 마이크로폰을 통해 소리를 획득하는 단계와,

GCC-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 방향이 동일한 방향을 가르키는지 여부를 확인하는 단계와,

상기 동일한 방향을 가르키면, 상기 로봇을 기준으로 구분되는 세 방향 중 해당 방향을 음원 방향으로 결정하는 단계와,

SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 결정된 음원 방향의 3차원 공간 상의 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 상기 음원 위치로 결정하는 단계와,

상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 방향이 동일한 방향을 가르키지 않으면, 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 두 방향을 음원 방향으로 결정하는 단계와,

상기 SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 결정된 두 음원 방향의 3차원 공간 상의 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 상기 음원 위치로 결정하는 단계를 포함하는 로봇의 음원 위치 탐색 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치에 대한 것으로, 더욱 상세하게는, 소형화된 로봇이 최소의 마이크로폰 개수로 최소한의 사각 영역을 가지면서 3차원 공간 상의 음원 위치를 신속하면서 정확하게 탐색할 수 있도록 하는 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치에 대한 것이다.

배경 기술

- <2> 최근 들어 인간의 파트너로서 생활을 지원하는 즉, 주거 환경 외의 일상 생활 중 다양한 측면에서 인적 활동을 지원하는 실용 로봇의 개발이 진행되고 있으며, 실용 로봇은 산업용 로봇과는 다르게 인간과 같은 생활 환경에서 인간과 유사한 움직임을 가지며, 인간처럼 만들어진 로봇이라 하여 휴머노이드 로봇(Humanoid Robot)(이하 "로봇"이라 칭함)이라 불려지고 있다.
- <3> 로봇은 일반적으로 인간과 같이 2 족(또는 2개 바퀴) 보행을 하는 로봇으로, 인간과 비슷한 움직임으로 손, 팔, 목, 다리 등을 동작시키기 위해서 다수의 관절과 각 관절을 구동하는 구동 모터를 구비한다. 예컨대 2004년 12월 한국과학기술원(KAIST)에서 개발한 인간형 로봇인 휴보(HUBO)에는 41개의 관절용 구동 모터가 장착되어 각 관절을 동작시킨다.
- <4> 이러한 로봇의 구동 모터는 통상 상호 독립적으로 제어되며, 이러한 구동 모터의 제어를 위해 로봇의 내부에는 하나 또는 2 이상의 구동 모터를 제어하는 모터 드라이브가 다수 설치되며, 모터 드라이브는 로봇의 내부 또는 외부에 설치된 제어용 컴퓨터에 의하여 제어된다.
- <5> 로봇이 친인간적으로 진화함에 의해 사용자가 로봇과 대화하는 형식으로 의사 소통, 즉 명령을 지시할 수 있는 기술이 개발되었다.
- <6> 사용자가 로봇과 의사 소통시에 로봇의 시선 방향이 사용자에게 향하는 것이 아니라 다른 방향을 응시하고 있으면, 사용자는 로봇과 원활한 의사 소통이 진행되고 있다고 느끼지 못하게 되므로, 로봇이 사용자가 위치하는 방향으로 응시하기 위해 사용자의 위치, 즉 사용자의 음원 위치를 파악하는 것이 필수적이다.
- <7> 일반적으로 음원의 위치를 탐색하는 방법은 크기 다음과 같다.
- <8> 1) 빔 형성기의 조향된 파워를 최대화시켜 음원의 위치를 탐색하는 방법과, 2) 고해상도 스펙트럼 추정으로 음원의 위치를 탐색하는 방법과, 3) 다수개의 센서에 소리가 도착하는 시간적 차이, 즉 센서간의 도착 지연시간(TDOA)을 이용하여 음원의 위치를 탐색하는 방법이 있다.

- <9> 빔 형성기의 조향된 파워를 최대화시켜 음원의 위치를 탐색하는 방법으로 대표적인 방식은 SRP 알고리즘이 있으며, SRP 알고리즘은 2000년 발간된 J. Dibiase 저서의 "A High-Accuracy, Low-Latency Technique for Talker Localization in Reverberant Environments using Microphone Arrays"에 상세 기술되어 있다.
- <10> 그리고, 고해상도 스펙트럼 추정으로 음원의 위치를 탐색하는 방법으로 대표적인 방식은 MUSIC 알고리즘이 있으며, 2000년 발간된 J. Benesty 저서의 "Adaptive Eigenvalue Decomposition Algorithm for Passive Acoustic Source Localization"에 상세 기술되어 있다.
- <11> 센서간의 도착 지연시간(TDOA)을 이용하여 음원의 위치를 탐색하는 방법으로 대표적인 방식으로 GCC 알고리즘이 있으며, 1976년에 발표된 C. H. Knapp와 G. C. Carter 공동 저서의 "The Generalized Correlation Method for Estimation of Time Delay"에 상세 기술되어 있다.
- <12> 이와 같은 음원 위치를 탐색하는 다양한 알고리즘 중에서 GCC 알고리즘에 phase transform(PHAT) 필터를 적용한 GCC-PHAT 알고리즘은 비교적 계산량이 적어 실시간으로 음원의 위치를 탐색할 수 있으며, SRP 알고리즘에 PHAT 필터를 적용한 SRP-PHAT 알고리즘은 음원의 위치를 탐색하기 위해 모든 공간은 블록 단위로 구분하고, 각 블록 단위로 음원 위치를 탐색하는 격자(grid) 검색 방식이므로 많은 계산량이 요구되어 실시간으로 사용하기는 어렵지만, GCC-PHAT 알고리즘에 비해 음원 위치를 탐색하는데 높은 성능을 가진다.
- <13> PHAT 필터는 1997년 발표된 M. Omologo와 P. Svaizer 공동 저서의 "Use of the crosspower-spectrum phase in acoustic event location"에 상세 기술되어 있다.
- <14> 도 1은 GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 3차원 공간에서 음원 위치를 탐색하기 위한 마이크로폰의 배열을 도시한 것으로, 도 1에 도시된 바와 같이, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 3차원 공간 상에서 음원의 위치를 탐색하기 위해서는 최소 8개의 마이크로폰(10)을 정육면체 모양, 즉 정육면체의 각 꼭지점에 마이크로폰(10)을 배열시켜야 한다.
- <15> 즉, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 3차원 공간 상에서 음원의 위치를 탐색하기 위해서는 로봇을 기준으로 전방위(상/하/전/후/좌/우 측면)에서 발생하는 음원의 위치를 탐색할 수 있어야 하므로, 정육면체에서 각 사각형을 이루는 측면의 대각선에 위치하는 마이크로폰(10) 사이의 도착 지연 시간을 통해 음원의 위치를 탐색한다.
- <16> 한편, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 3차원 공간에서 음원의 위치를 탐색하는 방법은 GCC-PHAT 알고리즘과 같이 마이크로폰(10)의 위치에 제약이 없다는 장점을 가진다.
- <17> 그리고, SRP-PHAT 알고리즘은 로봇을 기준으로 전방위 공간을 블록 단위로 구분하고, 각 블록 단위로 음원의 위치를 탐색하므로, 계산량이 GCC-PHAT 알고리즘에 비해 많으므로, 실시간으로 음원의 위치를 탐색하는 데 사용하기 어려우나, 3차원 공간 상에서 음원의 위치를 탐색하는데 높은 성능을 가진다.
- <18> 일반적인 GCC-PHAT 알고리즘은 상기 도 1과 같이 8개의 마이크로폰(10)을 이용하여 음원의 위치를 탐색하면, 3차원 공간에서 정확하게 음원이 발생한 위치를 탐색할 수 있다는 장점을 가지는데 반해, 최소 8개의 마이크로폰(10)이 필요하게 되므로, 미니 로봇과 같은 소형화되는 로봇에는 많은 마이크로폰(10)을 설치하기 어려우므로, GCC-PHAT 알고리즘을 적용하기 적합하지 않다.
- <19> 또한, 최소 마이크로폰(10)의 개수를 이용하여 GCC-PHAT 알고리즘을 적용하는 방식으로 도 2에 도시된 바와 같이, 평면상에 4개의 마이크로폰(10)을 배열시키는 방식을 고려할 수 있으나, 4개의 마이크로폰(10)의 사각형으로 배열하는 경우, 측면에서 발생하는 음원의 위치는 탐색할 수 있으나, 아래 방향과 위 방향에서 발생한 음원의 위치는 탐색할 수 없다는 단점을 가진다. 소형화된 미니 로봇의 경우에는 로봇이 키가 작기 때문에 이와 같은 단점이 심각한 문제가 되지는 않지만, 로봇의 크기가 커질수록, 마이크로폰(10)의 배치가 높을수록 음원의 위치를 탐색할 수 없는 사각 영역이 커지게 된다.
- <20> 또한, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 음원의 위치를 찾는 방법은 마이크 배치가 자유로우며, GCC 방법에 비해 성능이 높다는 장점이 있지만, 실시간 시스템에서는 사용하기 힘들 정도의 많은 계산량을 요구하므로, 소형화된 미니 로봇과 같은 환경에서는 적용하기 어려운 문제가 있다.
- <21> 결과적으로 소형화된 로봇의 음원 위치 탐색 방식은 사용하는 마이크로폰(10)의 개수 및 음원 방향 추정의 사각영역을 최소화하고, 빠른 시간내에 정확하게 3차원 공간내의 음원 위치를 탐색할 수 있어야 한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <22> 본 발명은 상술한 로봇의 음원 위치 탐색 방식의 문제를 해소하기 위해 제안되는 것으로, 최소한의 마이크로폰의 개수를 이용하여 3차원 공간상의 음원 위치를 탐색할 수 있는 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- <23> 그리고, 본 발명은 음원의 위치를 탐색할 때, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 빠른 시간내에 음원 발생 방향을 탐색하고, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 음원 발생 방향내에서 정확한 음원 발생 위치를 탐색하여, GCC-PHAT 알고리즘 및 SRP-PHAT 알고리즘을 적절하게 이용하여, 신속하면서 정확한 음원 위치를 탐색할 수 있는 하이브리드 방식의 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- <24> 또한, 본 발명은 음원 위치를 탐색하기 위한 다수개(예컨대 4개)의 마이크로폰을 적절하게 설치 배열하여, 음원 위치를 탐색하지 못하는 사각 영역을 최소화할 수 있는 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <25> 본 발명의 일 측면에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 장치는, 적어도 하나 이상의 마이크로폰으로 구현되며, 3차원 공간 상으로부터 소리를 획득하는 마이크로폰부와, 상기 마이크로폰부를 통해 획득되는 상기 소리의 도착 지연 시간 및 최대 파워를 기반으로 상기 소리의 음원 위치를 결정하는 음원 탐색부를 포함한다.
- <26> 상기 마이크로폰부는, 4개의 마이크로폰이 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- <27> 상기 음원 탐색부는, 제1 알고리즘을 이용하여 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간을 기반으로 상기 음원 방향을 결정하고, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 각 마이크로폰 쌍의 도착 지연 시간을 기반으로 상기 음원 방향을 로봇을 기준으로 세 방향 중 어느 한 방향으로 결정한다.
- <28> 상기 음원 탐색부는, 상기 각 마이크로폰 쌍의 도착 지연 시간으로 기반으로 3 쌍의 마이크로폰이 동일한 방향을 향하지 않으면, 3 쌍의 마이크로폰이 각각 가르키는 두 방향으로 음원 방향으로 결정하고, 상기 음향 방향이 결정되면, 제2 알고리즘을 이용하여 상기 음향 방향의 3차원 공간 상에서 음원 위치를 결정한다.
- <29> 상기 음원 탐색부는, SRP-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 음향 방향의 3차원 공간 상에서 최대 파워를 가지는 지점을 음원 위치로 결정한다.
- <30> 상기 음원 탐색부는, GCC-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따른 음원 방향을 결정하는 제1 알고리즘 처리부와, 상기 제1 알고리즘 처리부에서 결정되는 음원 방향의 3차원 공간 상에서 SRP-PHAT 알고리즘을 통해 최대 파워를 가지는 지점을 탐색하는 제2 알고리즘 처리부와, 상기 제2 알고리즘 처리부에서 탐색된 상기 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 음원 위치로 결정하는 음원 위치 결정부를 포함한다.
- <31> 상기 로봇은, 상기 로봇의 시선 방향 영상을 촬상하는 카메라부와, 상기 로봇의 움직임이 형성되도록 구동력을 제공하는 다수의 구동 모터와, 상기 음원 위치 결정부에서 결정된 3차원 좌표로 상기 카메라가 향하도록 상기 구동 모터를 제어하는 컨트롤러를 더 포함한다.
- <32> 본 발명의 다른 측면에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 장치는, 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 4개의 마이크로폰으로 구현되며, 3차원 공간 상으로부터 소리를 획득하는 마이크로폰부와, 상기 마이크로폰부의 각 마이크로폰 쌍의 상기 소리의 도착 지연 시간에 따라 음원 방향을 결정하고, 상기 음원 방향의 3차원 공간 상에 최대 파워를 가지는 지점을 음원 위치로 결정하는 음원 탐색부를 포함한다.
- <33> 본 발명의 또 다른 측면에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 방법은, 상기 로봇이 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 4개의 마이크로폰을 통해 소리를 획득하는 단계와, 제1 알고리즘을 이용하여 상기 각 마이크로폰간 상기 소리의 도착 지연 시간을 기반으로 음원 방향을 결정하는 단계와, 제2 알고리즘을 이용하여 상기 음원 방향의 3차원 공간 상의 음원 위치를 결정하는 단계를 포함한다.
- <34> 상기 음원 방향을 결정하는 단계는, GCC-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 방향이 동일한 방향을 가르키는지 여부를 확인하여, a) 동일한 방향이면, 상기 로봇을 기준으로 구분되는 세 방향 중 해당 방향을 음원 방향으로 결정하고, b) 동일하지 않으면, 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 두 방향을 음원 방향으로 결정한다.
- <35> 상기 음원 위치를 결정하는 단계는, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 결정된 하나 또는 두 음원 방향의 3차

원 공간 상의 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 상기 음원 위치로 결정한다.

- <36> 상기 로봇의 음원 위치 탐색 방법은, 상기 3차원 공간 상의 음원 위치가 결정되면, 시선 방향을 상기 음원 위치로 향하도록 구동 모터를 제어하는 단계를 더 포함한다.
- <37> 본 발명의 또 다른 측면에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 방법은, 상기 로봇이 삼각뿔 형태로 사면체의 꼭지점에 배치되는 4개의 마이크로폰을 통해 소리를 획득하는 단계와, GCC-PHAT 알고리즘을 기반으로 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 방향이 동일한 방향을 가르키는지 여부를 확인하는 단계와, 상기 동일한 방향을 가르키면, 상기 로봇을 기준으로 구분되는 세 방향 중 해당 방향을 음원 방향으로 결정하는 단계와, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 결정된 음원 방향의 3차원 공간 상의 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 상기 음원 위치로 결정하는 단계와, 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 방향이 동일한 방향을 가르키지 않으면, 상기 각 마이크로폰간 도착 지연 시간에 따라 가르키는 두 방향을 음원 방향으로 결정하는 단계와, 상기 SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 상기 결정된 두 음원 방향의 3차원 공간 상의 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 상기 음원 위치로 결정하는 단계를 포함한다.

효 과

- <38> 상술한 바와 같은 본 발명에 따르면, 로봇이 4개의 마이크로폰을 이용하여 최소한의 사각 영역을 가지면서 3차원 공간 상의 음원 위치를 탐색할 수 있다.
- <39> 그리고, 본 발명에 따르면, 로봇이 음원의 위치를 탐색할 때, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 빠른 시간내에 음원 발생 방향을 탐색하고, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 음원 발생 방향내에서 정확한 음원 발생 위치를 탐색함에 의해 신속하면서 정확한 음원 위치를 탐색할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <40> 이하 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 방법 및 그 장치를 첨부 도면을 참조하여 상세 설명하며, 본 발명의 주된 기술 요지를 흐리거나, 주지된 기술 내용에 대한 상세 설명은 생략한다.
- <41> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 장치를 설명하기 위한 블록 도면이다.
- <42> 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 로봇(100)은, 다수개(예컨대 4개) 마이크로폰(111)으로 구현되는 마이크로폰부(110)와, 3차원 공간상에서 음원의 위치를 탐색하는 음원 탐색부(120)와, 로봇(100)의 시선 방향의 영상을 촬상하는 카메라(140)와, 로봇(100)의 위치, 시선 방향, 손 등의 움직임을 위한 구동력을 제공하는 다수개의 구동 모터(150)와, 음원 탐색부(120)에서 탐색된 3차원 공간 상의 음원 위치(3차원 좌표)로 로봇(100)의 시선이 향하도록 구동 모터(150)를 제어하는 컨트롤러(130)를 포함한다.
- <43> 컨트롤러(130)는 음원 탐색부(120)에서 음원의 위치를 결정하면, 로봇(100)의 시선이 음원의 위치, 즉 사용자의 방향으로 향하도록 구동 모터(150)를 제어한다.
- <44> 구동 모터(150)는 로봇(100)의 관절 각도를 변화시키는 구동력을 제공하며, 로봇(100)은 구동 모터(150)로부터 제공되는 구동력에 의해 움직임을 형성한다.
- <45> 마이크로폰부(110)는 예를 들어, 4개의 마이크로폰(111)이 정사면체 모양으로 배치되어 구현될 수 있다.
- <46> 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로폰부의 마이크로폰 배치를 설명하기 위한 도면이다.
- <47> 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 마이크로폰부(110)의 각 마이크로폰(111)은 삼각뿔 형태를 가지는 정사면체의 각 꼭지점에 배치되는 구조로 배열되며, 각 마이크로폰(111)간 거리 및 거리 비율은 한정되지 않는다.
- <48> 즉, 상기 도 4a 및 도 4b와 같이, 4개의 마이크로폰(111)을 정사면체 모양으로 배치하면, 3차원 공간 상에서 발생하는 음원으로부터 적어도 3개의 마이크로폰(111)과의 직접 경로가 존재하므로, 음원의 위치를 탐색할 수 있으며, 상기 도 2와 같은 사각형 모양으로 마이크로폰(111)을 배치하는 것과 비교하여, 음원 위치를 탐색하지 못하는 사각 영역이 대폭 줄어들음을 알 수 있다.
- <49> 도 5a 및 도 5b는 로봇이 음원을 탐색하지 못하는 사각 영역을 설명하기 위한 것으로, 도 5a 및 도 5b는 일례를 들어, 로봇(100)의 머리 부분에 마이크로폰부(110)가 구현되는 상태를 도시한 것이다.

- <50> 도 5a는 4개의 마이크로폰(111)이 사각형 모양으로 배치된 상태에서 형성되는 사각 영역을 도시한 것이고, 도 5b는 4개의 마이크로폰(111)이 정사면체 모양으로 배치된 상태에서 형성되는 사각 영역을 도시한 것으로, 정사면체 모양으로 4개의 마이크로폰(111)이 배치되면, 상/하 측면에서 발생하는 음원의 위치를 탐색할 수 있으므로, 사각 영역이 대폭 줄어들음을 알 수 있다.
- <51> 한편, 음원 탐색부(120)는 마이크로폰부(110)를 통해 소리가 획득되면, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 음원 방향을 결정하고, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 결정된 음원 방향의 3차원 공간 상의 음원 위치를 결정한다.
- <52> 즉, 음원 탐색부(120)는 GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 음원의 대략적인 방향(음원 방향)을 결정하고, 로봇(100)을 기준으로 전 방위가 아닌 음원 방향의 3차원 공간 상을 블록 단위로 구분하여, SRP-PHAT 알고리즘을 통해 음원 위치를 결정한다.
- <53> 그리고, 음원 탐색부(120)는 결정된 음원 위치의 3차원 좌표를 컨트롤러(130)로 제공하여, 컨트롤러(130)가 로봇(100)의 시선을 음원 위치로 향하도록 한다.
- <54> 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 음원 탐색부를 설명하기 위한 블록 도면이다.
- <55> 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 음원 탐색부(120)는, 제1 알고리즘 처리부(121), 제2 알고리즘 처리부(122) 및 음원 위치 결정부(123)를 포함한다.
- <56> 제1 알고리즘 처리부(121)는 마이크로폰부(110)를 통해 소리가 획득되면, 제1 알고리즘, 즉, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 각 마이크로폰(111)간 도착 지연 시간을 기반으로 음원 방향을 결정한다.
- <57> 제1 알고리즘 처리부(121)는 각 마이크로폰(111)간 도착 지연 시간을 다음 수학적식1과 같이 산출할 수 있다.

수학적식 1

- <58>
$$R_{12}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \{ X_1(\omega) X_2^*(\omega) \} \over \{ \text{LEFT} | \{ X_1(\omega) X_2^*(\omega) \} \text{RIGHT} | \} d\omega$$
- <59> 상기 수학적식1은 두 개의 마이크로폰(111)간 도착 지연 시간이 '일 때 교차상관 값을 나타낸 것으로, ' 값이 최대가 되는 음원의 도착 지연 시간이라고 추정할 수 있다.
- <60> 이때, PHAT 필터에 따라 시간 관계를 주파수 관계로 변환하여 최대 도착 지연 시간을 산출한다.
- <61> 그리고, 다음 수학적식2를 최대 도착 지연 시간을 기반으로 음원 방향을 결정한다.

수학적식 2

$$\hat{\tau}_{12} = \arg \max_{\tau \in D} R_{12}(\tau)$$

- <62>
- <63> 상기 수학적식2에서 D는 두 개의 마이크로폰(111)간 물리적 거리에 따른 가능한 도착 지연 시간을 나타내는 변수이다. 그러므로, 각 마이크로폰(111)간 물리적 거리에 대한 제한은 필요하지 않음을 알 수 있다.
- <64> 제1 알고리즘 처리부(121)는 상기 수학적식1 및 수학적식2를 이용하여 음원 방향을 결정한다.
- <65> 그리고, 제2 알고리즘 처리부(122)는 제1 알고리즘 처리부(121)에서 음원 방향을 결정하면, 제2 알고리즘, 즉, SRP-PHAT 알고리즘을 이용하여 음원 방향의 3차원 공간 상에서 음원 위치를 결정한다.
- <66> 다음 수학적식 3 및 수학적식 4는 제2 알고리즘 처리부(122)가 음원의 위치를 결정하기 위해 3차원 공간을 블록 단위로 구분하고, 각 블록 단위의 파워를 계산하는 것을 설명하기 위한 것이다.

수학적식 3

$$P(q) = \sum_{l=1}^N \sum_{k=1}^N \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{X_l(\omega) X_k^*(\omega)}{|X_l(\omega) X_k^*(\omega)|} e^{j(\Delta k - \Delta l)} d\omega$$

<67>

수학식 4

$$\hat{q}_s = \arg \max_q P(q)$$

<68>

<69> 상기 수학식3 및 수학식4에서 나타나는 바와 같이, q 지점에서의 빔 형성기로부터 조향된 파워를 계산하는 수학식으로, 3차원 공간에서의 모든 블록에서의 파워를 계산하여 최대 파워가 나타나는 지점을 음원의 위치로 결정한다.

<70> 음원 위치 결정부(123)는 제1 알고리즘 처리부(121)에서 음원 방향이 결정되고, 제2 알고리즘 처리부(122)에서 음원 위치가 결정되면, 음원의 3차원 좌표를 컨트롤러(130)로 전송한다.

<71> 이하 본 발명에 따른 음원 탐색부(120)가 음원의 위치를 결정하는 방식을 보다 구체적으로 설명한다.

<72> 도 7은 본 발명에 따른 음원의 위치를 결정하는 방식을 설명하기 위한 도면이다.

<73> 도 7을 참조하면, 음원 탐색부(120)의 제1 알고리즘 처리부(121)는 마이크로폰부(110)를 통해 소리가 획득되면, GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 각 마이크로폰(111)간 도착 지연 시간을 계산하고, 음원의 방향을 결정한다.

<74> 예컨대, 마이크로폰부(110)의 각 마이크로폰(111)이 삼각형 형상의 정사면체이므로 정사면체의 정면에서 소리가 발생했을 경우, a, b, d 마이크로 쌍의 GCC-PHAT 알고리즘에 따라 음원의 방향을 산출하면, 모두 정면 방향을 향하게 된다.

<75> 한편, 좌측 면에서 소리가 발생했을 경우 a, b, f 마이크로폰(111) 쌍이 모두 좌측 방향을 향하게 되고, 우측 면에서 소리가 발생했을 경우 a, c, e 마이크로폰(111) 쌍이 모두 우측 방향을 향하게 된다.

<76> 따라서, 제1 알고리즘 처리부(121)는 각 마이크로폰(111)간 도착 지연 시간을 기반으로 로봇(100)을 기준으로 세 방향, 즉, 정면, 좌측면, 우측면 중에 한 방향을 음원 방향으로 결정할 수 있다.

<77> 그리고, 제2 알고리즘 처리부(122)는 세 방향 중 결정된 음원 방향의 3차원 공간 상에서 음원의 위치를 결정한다. 즉, 제2 알고리즘 처리부(122)는 각 마이크로폰(111)이 정사면체 구조를 배치됨에 의해 4개의 마이크로폰(111) 중 음원 방향과 직접 경로가 존재하는 이루고 있는 3개의 마이크로폰(111)을 이용하여 SRP-PHAT 알고리즘을 수행한다.

<78> 예컨대, 제2 알고리즘 처리부(122)는 음원 방향이 정면으로 결정되면, (1), (2), (4) 번 마이크로폰(111)을 이용하여 SRP-PHAT 알고리즘으로 음원 위치를 탐색하고, 좌측 면으로 결정되면, (2), (3), (4)번 마이크로폰(111)을 이용하여 SRP-PHAT 알고리즘으로 음원 위치를 탐색하고, 우측 면으로 결정되면, (1), (3), (4) 번 마이크로폰(111)을 이용하여 SRP-PHAT 알고리즘으로 음원 위치를 탐색한다.

<79> 따라서, 음원 탐색부(120)가 GCC-PHAT 알고리즘을 통해 음원 방향을 일측 방향으로 결정하고, 음원 방향의 3차원 공간 상에서 SRP-PHAT 알고리즘을 통해 음원의 위치를 결정하므로, GCC-PHAT 알고리즘의 장점인 실시간으로 음원 방향을 검색하는 측면과, SRP-PHAT 알고리즘의 장점인 정확한 음원의 위치를 탐색하는 할 수 있는 측면을 모두 수용할 수 있다. 즉, 음원 탐색부(120)는 빠르고 정확하게 3차원 상의 음원 위치를 결정할 수 있다.

<80> 그러나, 음원의 위치가 도 7에 도시된 x, y, z 측면 상에 존재하면, 제1 알고리즘 처리부(121)는 세 방향 중 한 방향을 음원 방향으로 결정할 수 없다.

<81> 즉, x 방향에서 소리가 발생하면, b, d 마이크로폰(111) 쌍의 GCC-PHAT 알고리즘에 따른 결과는 정면을 향하지만, c 마이크로폰(111) 쌍은 도착 지연 시간에 차이가 없기 때문에 정면을 향하지 않는다.

<82> 또한 a, e 마이크로폰(111) 쌍의 GCC-PHAT 알고리즘의 결과는 우측면을 향하지만, c 마이크로폰(111) 쌍은 우측면을 향하지 않는다. 즉, 3개의 마이크로폰(111) 쌍의 GCC-PHAT 알고리즘의 결과가 모두 한 방향을 가리키지 않게 되기 때문에 세 방향 중 한 방향을 음원 방향으로 결정할 수 없다.

<83> 따라서, 제1 알고리즘 처리부(121)는 3개의 마이크로폰(111) 쌍의 GCC-PHAT 알고리즘의 결과가 한 방향을 향하지 않는다면, 세 방향중 3개의 마이크로폰(111) 쌍이 가리키는 두 방향을 음원 방향으로 결정하고, 제2 알고리즘 처리부(122)는 세 방향 중 두 방향의 3차원 공간상의 음원 위치를 SRP-PHAT 알고리즘을 통해 결정한다.

<84> 이와 같이, 3개의 마이크로폰(111) 쌍이 한 방향을 가리키지 않는 경우라도 모든 방향에 대한 SRP-PHAT 알고리

음을 수행하지 않고, 세 방향 중 두 방향에 대해서만 SRP-PHAT 알고리즘을 수행하기 때문에 기존의 SRP-PHAT 알고리즘으로만 음원의 위치를 결정하는 방식보다 빠르게 음원의 위치를 결정할 수 있다.

<85> 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 방법을 설명하기 위한 플로차트이다.

<86> 도 8을 참조하면, 로봇(100)의 설계자 또는 제조자는 마이크로폰부(110)로 구현되는 4개의 마이크로폰(111)은 삼각뿔 형태를 가지는 정사면체의 각 꼭지점에 배치되는 구조로 배열시킨다(S 100).

<87> 그리고, 로봇(100)은 소리가 획득되면, 제1 알고리즘, 즉 GCC-PHAT 알고리즘을 통해 로봇(100)을 기준으로 음원 방향을 결정한다(S 110).

<88> 로봇(100)은 세 방향 중 한 방향으로 음원 방향이 결정되면, 제2 알고리즘, 즉 SRP-PHAT 알고리즘을 통해 3차원 공간 상의 음원 위치를 결정한다(S 120).

<89> 로봇(100)은 음원 위치가 결정되면, 구동 모터(150)를 구동시켜 시선 방향을 음원 위치를 향하도록 한다(S 130).

<90> 도 9는 본 발명에 따른 로봇의 음원 방향 및 음원 위치를 결정하는 방법을 설명하기 위한 플로차트이다.

<91> 도 9를 참조하면, 로봇(100)은 소리가 획득되면, 상기 도 7과 같이 배치된 3 쌍의 마이크로폰(111)간 도착 지연 시간을 기반으로, 모두 같은 방향을 가르키는지 여부를 확인한다(S 111).

<92> 즉, 로봇(100)은 a, b, d 마이크로 쌍, a, b, f 마이크로폰(111) 쌍 또는 a, c, e 마이크로폰(111) 쌍이 모두 같은 방향을 가르키는지 여부를 확인한다.

<93> 로봇(100)은 3 쌍의 마이크로폰(111)이 모두 같은 방향을 가르키면, 해당 방향을 음원 방향으로 결정한다(S 112).

<94> 한편, 로봇(100)은 3쌍의 마이크로폰(111)이 모두 같은 방향을 가르키지 않으면, 즉, x, y, z 측면 상에 음원이 위치하면, 세 방향 중 3쌍의 마이크로폰(111)이 가르키는 두 방향(정면/좌측, 정면/우측 또는 좌측/우측)을 음원 방향으로 결정한다(S 113).

<95> 로봇(100)은 세 방향 중 한 방향이 음원 방향으로 결정되면, 해당 방향의 3차원 공간 상에 대한 SRP-PHAT 알고리즘을 수행한다(S 121).

<96> 한편, 로봇(100)은 세 방향 중 두 방향이 음원 방향으로 결정되면, 두 방향의 3차원 공간 상에 대한 SRP-PHAT 알고리즘을 수행한다(S 122).

<97> 로봇(100)은 SRP-PHAT 알고리즘의 결과에 따라 최대 파워를 가지는 3차원 좌표를 음원 위치로 결정한다(S 123).

<98> 이상에서 본 발명은 기재된 구체 예에 대해서만 상세히 설명하였지만 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속함은 당연한 것이다.

도면의 간단한 설명

<99> 도 1은 GCC-PHAT 알고리즘을 이용하여 3차원 공간에서 음원 위치를 탐색하기 위한 마이크로폰의 배열을 도시한 도면.

<100> 도 2는 평면상에 4개의 마이크로폰을 배열시키는 방식을 설명하기 위한 도면.

<101> 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 장치를 설명하기 위한 블록 도면.

<102> 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로폰부의 마이크로폰 배치를 설명하기 위한 도면.

<103> 도 5a 및 도 5b는 로봇이 음원을 탐색하지 못하는 사각 영역을 설명하기 위한 도면.

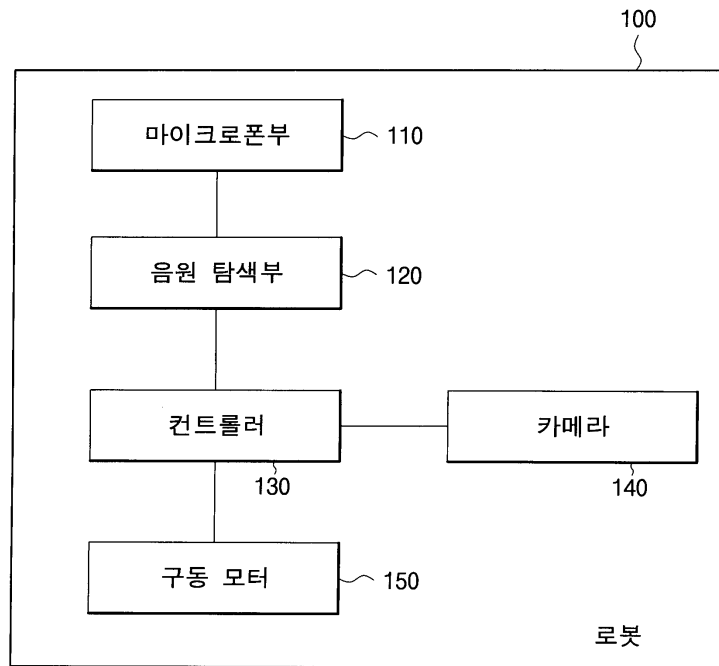
<104> 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 음원 탐색부를 설명하기 위한 블록 도면.

<105> 도 7은 본 발명에 따른 음원의 위치를 결정하는 방식을 설명하기 위한 도면.

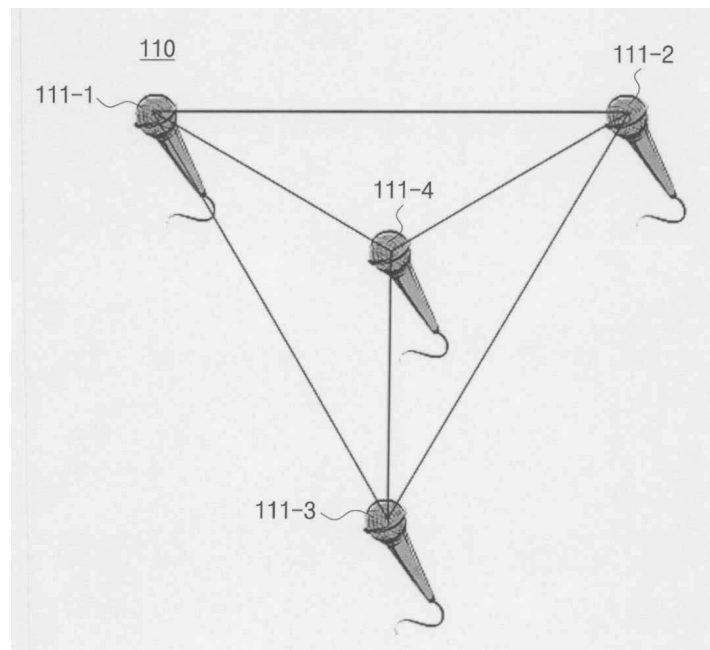
<106> 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 로봇의 음원 위치 탐색 방법을 설명하기 위한 플로차트.

<107> 도 9는 본 발명에 따른 로봇의 음원 방향 및 음원 위치를 결정하는 방법을 설명하기 위한 플로차트.

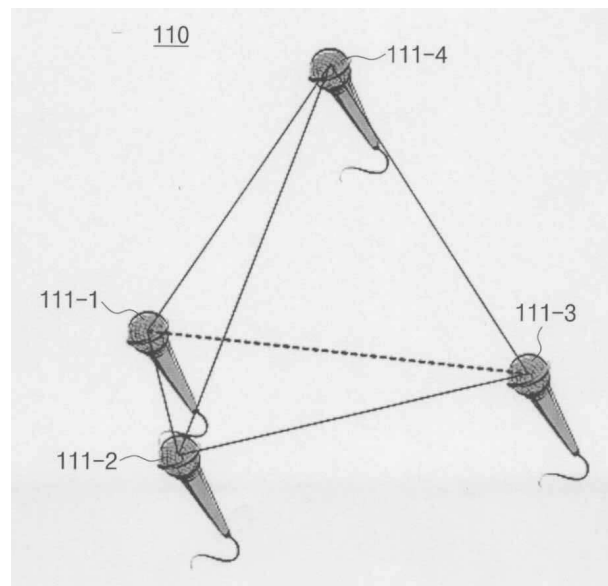
도면3



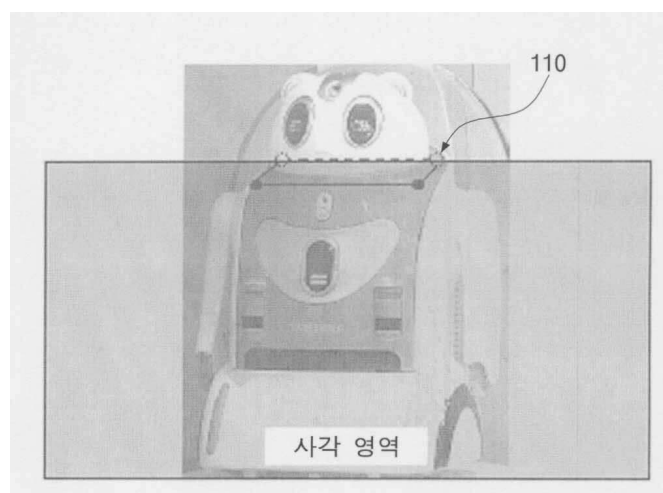
도면4a



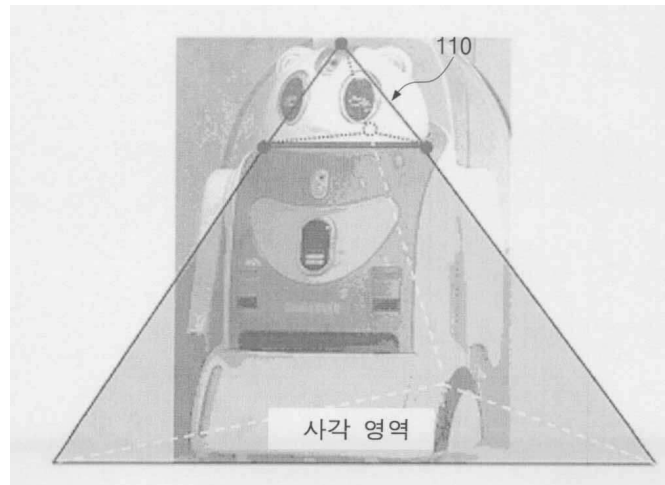
도면4b



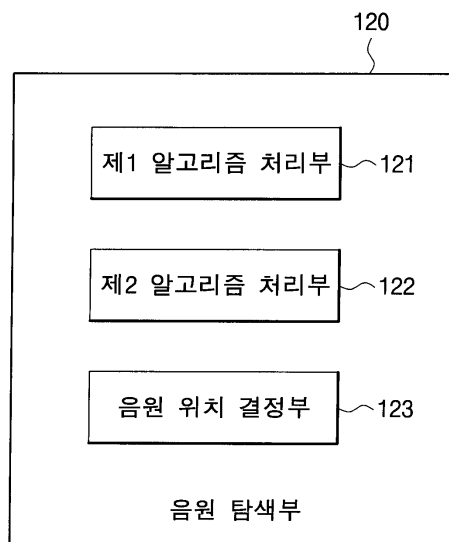
도면5a



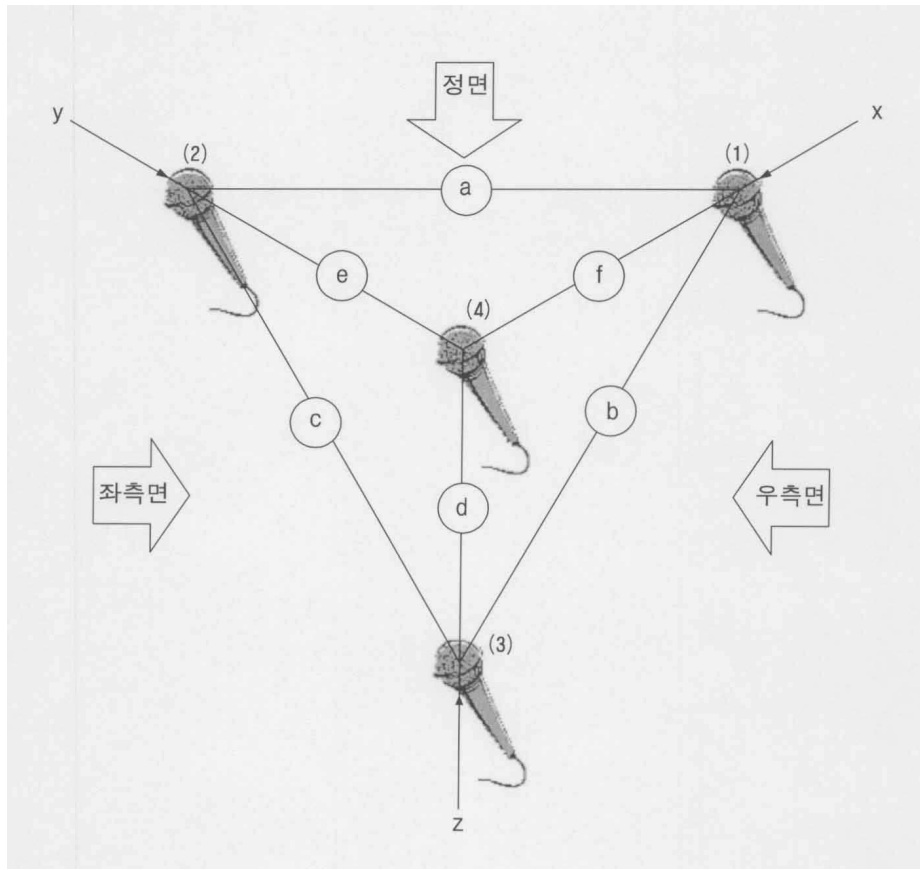
도면5b



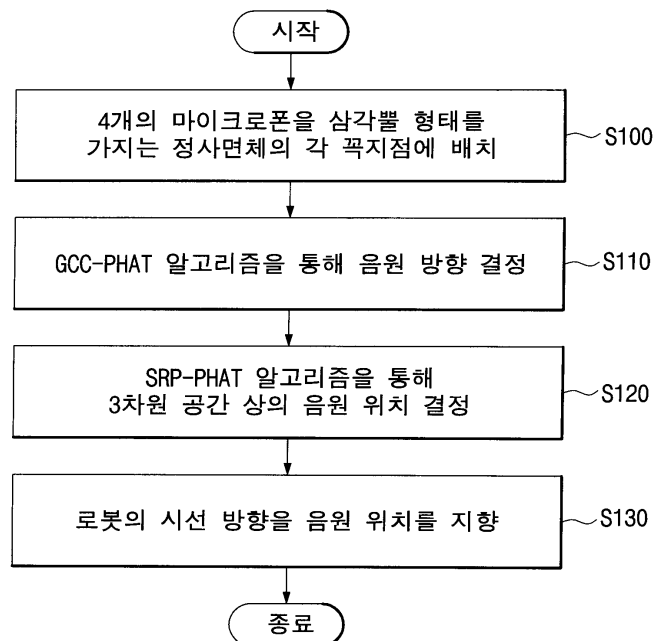
도면6



도면7



도면8



도면9

