



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H04S 3/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년02월02일 10-0677119 2007년01월26일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2004-0043077	(65) 공개번호	10-2005-0115801
(22) 출원일자	2004년06월11일	(43) 공개일자	2005년12월08일
심사청구일자	2004년06월11일		

(30) 우선권주장      60/576,618      2004년06월04일      미국(US)

(73) 특허권자      삼성전자주식회사  
                         경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자      김선민  
                         경기도 수원시 영통구 영통동 황골마을쌍용아파트 245동 1704호

(74) 대리인      리엔목특허법인  
                         이해영

(56) 선행기술조사문헌	
JP05041900 A	JP10066198 A
KR1020040048104 A	US6597791 B1
1002725750000	1019980031979
1019990058952	
* 심사관에 의하여 인용된 문헌	

심사관 : 조지은

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 와이드 스테레오 재생 방법 및 그 장치

(57) 요약

오디오 재생 기기에서 출력되는 스테레오 사운드를 서로 가까이 배치된 2채널의 스피커만을 사용하여 넓혀주는 와이드 스테레오 재생 방법 및 장치가 개시되어 있다. 본 발명은 스테레오 채널 음원 신호에 대해 소정의 위치에서 측정된 머리 전달 함수(HRTF)를 바탕으로 임의의 위치에 대한 가상 음원으로 형성시키고, 머리 전달 함수를 반영한 필터 계수에 근거하여 상기 가상 음원의 크로스토크를 캔슬링하는 와이드닝 필터링 과정, 스테레오 채널의 음원 신호와 상기 크로스토크 캔슬링된 가상 음원 사이의 신호 특성을 조정하는 다이렉트 필터링 과정을 포함한다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

**청구항 1.**

오디오 재생 기기의 스테레오 신호 재생 방법에 있어서,

- (a) 머리 전달 함수(HRTF)에 근거한 바이노럴 합성 계수들과 크로스토크 캔셀링 계수들을 콘볼루션하여 와이드닝 필터로 미리 설정하고, 두 채널의 입력 신호를 상기 설정된 와이드닝 필터로 필터링하여 가상 음원을 생성하는 와이드닝 필터링 과정;
- (b) 상기 와이드닝 필터링 과정에서 생성되는 가상 음원에 대해 두 채널 각각의 입력 신호의 시간 지연과 출력 레벨을 조정하는 다이렉트 필터링 과정;
- (c) 상기 와이드닝 필터링 과정에서 생성된 두 채널의 가상 음원과 상기 다이렉트 필터링 과정에서 조정된 두 채널의 입력 신호가 채널끼리 합쳐져 각 채널의 스피커로 출력되는 과정을 포함하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 2.**

제1항에 있어서, 상기 와이드닝 필터링 과정의 와이드닝 필터와 상기 다이렉트 필터링 과정에서 계산되는 필터를 콘볼루션하여 파노라마 필터로 미리 설정하여두고 상기 스테레오 채널의 음원 신호를 가상 음원으로 형성하고 상기 가상 음원과 실제 음원간의 신호 지연 및 출력 크기를 조정하는 파노라마 필터링을 수행하며,

상기 파노라마 필터링은

$$Y_L = P_{11}(z)L + P_{12}(z)R$$

$y_R = P_{21}(z)L + P_{22}(z)R$ 로 되고, 여기서 L, R은 좌/우 입력 신호이고,  $Y_L$  과  $Y_R$  은 좌/우 출력 신호이며, 각 필터 계수들 ( $P_{11}(z)$ ,  $P_{12}(z)$ ,  $P_{21}(z)$ ,  $P_{22}(z)$ )은

$$\begin{bmatrix} P_{11}(z) & P_{12}(z) \\ P_{21}(z) & P_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(z)+D(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{21}(z)+D(z) \end{bmatrix} \text{으로 계산되고,}$$

여기서  $W(z)$ 는  $\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(z) & C_{12}(z) \\ C_{21}(z) & C_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix}$ 이고,  $D(z)$ 는 지연 시간과 크기를 가진 필터 계수임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 3.**

제2항에 있어서, 상기 바이노럴 합성 계수들은

$$\begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N L_{Li}(z) & \sum_{i=1}^N R_{Li}(z) \\ \sum_{i=1}^N L_{Ri}(z) & \sum_{i=1}^N R_{Ri}(z) \end{bmatrix} \text{로 계산되며,}$$

여기서  $L_{Li}(z)$ 는 왼쪽 i 번째 가상 스피커와 왼쪽 귀사이의 HRTF,  $R_{Li}(z)$ 는 오른쪽 i 번째 가상 스피커와 왼쪽 귀사이의 HRTF,  $L_{Ri}(z)$ 는 왼쪽 i 번째 가상 스피커와 오른쪽 귀사이의 HRTF,  $R_{Ri}(z)$ 는 오른쪽 i 번째 가상 스피커와 오른쪽 귀사이의 HRTF임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 4.**

제2항에 있어서, 상기 크로스토크 캔셀링에 대한 필터 계수의 행렬은 두 스피커와 두 귀 사이의 전달함수의 행렬의 역행렬 (inverse matrix)임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 5.**

제1항에 있어서, 상기 와이드닝 필터링 과정의 와이드닝 필터링 계수들은

$$\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(z) & C_{12}(z) \\ C_{21}(z) & C_{22}(z) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix} \text{로 계산되며,}$$

여기서 W(z)는 와이드닝 필터이고, C(z)는 크로스토크 캔셀러 계수이고, L<sub>L</sub>(Z), L<sub>R</sub>(Z)는 청취자 왼쪽에 배치할 가상 스피커의 각도에 해당하는 HRTF들의 합이고, R<sub>L</sub>(Z), R<sub>R</sub>(Z)는 청취자 오른쪽에 배치할 가상 스피커의 각도에 해당하는 HRTF들의 합임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 6.**

삭제

**청구항 7.**

삭제

**청구항 8.**

제1항에 있어서, 입력되는 모노 사운드에 대해 위상을 180도로 변환하여 두 채널의 스테레오 사운드로 형성하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 9.**

오디오 재생 기기의 스테레오 재생 방법에 있어서,

스테레오 채널로 사운드를 입력하는 과정;

상기 스테레오 채널의 음원 신호를 가상 음원으로 형성하여 크로스토크 성분을 제거하고, 상기 가상 음원과 실제 음원간의 신호 지연 및 출력 크기를 조정하는 파노라마 필터링 과정을 포함하며,

상기 파노라마 필터링은

$$Y_L = P_{11}(z)L + P_{12}(z)R$$

$Y_R = P_{21}(z)L + P_{22}(z)R$ 로 되고, 여기서 L, R은 좌/우 입력 신호이고, Y<sub>L</sub> 과 Y<sub>R</sub> 은 좌/우 출력 신호이며, 각 필터 계수들 (P<sub>11</sub>(z), P<sub>12</sub>(z), P<sub>21</sub>(z), P<sub>22</sub>(z))은

$$\begin{bmatrix} P_{11}(z) & P_{12}(z) \\ P_{21}(z) & P_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(z)+D(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{21}(z)+D(z) \end{bmatrix} \text{으로 계산되고,}$$

여기서  $W(z)$ 는  $\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(z) & C_{12}(z) \\ C_{21}(z) & C_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix}$ 이고,  $D(z)$ 는 지연 시간과 크기를 가진 필터 계수임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 10.**

삭제

**청구항 11.**

제9항에 있어서, 청취자의 위치에 따라 상기 각 파노라마 필터 계수들을 미리 계산하는 과정;

소정의 위치 파악 기법을 이용하여 청취자의 위치를 검지하는 과정;

상기 검지된 청취자의 위치에 해당하는 상기 파노라마 필터 계수들( $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{21}$ ,  $P_{22}$ )을 리드하는 과정;

상기 리드된 파노라마 필터 계수들을 적용하여 입력되는 두 채널의 오디오 신호에 대한 스테레오 사운드를 출력하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 12.**

스테레오 사운드 재생 장치에 있어서,

바이노럴 합성의 HRTF 계수 행렬과 크로스토크 캔슬러의 필터 계수 행렬을 콘볼루션하여 와이드닝 필터 계수 행렬을 설정하고, 입력 신호를 와이드닝 필터 계수 행렬로 필터링하여 가상 음원을 생성하는 와이드닝 필터링 수단;

상기 와이드닝 필터링 수단에 의해 생성되는 가상 음원에 대해 두 채널 각각의 입력 신호의 시간 지연과 출력 레벨을 조정하는 다이렉트 필터 수단을 포함하며,

그 와이드닝 필터링 계수 행렬은

$$\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(z) & C_{12}(z) \\ C_{21}(z) & C_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix} \text{로 계산되며,}$$

여기서  $W(z)$ 는 와이드닝 필터이고,  $C(z)$ 는 크로스토크 캔슬러 계수이고,  $L_L(z)$ ,  $L_R(z)$ 는 청취자 왼쪽에 배치할 가상 스피커의 각도에 해당하는 HRTF들의 합이고,  $R_L(z)$ ,  $R_R(z)$ 는 청취자 오른쪽에 배치할 가상 스피커의 각도에 해당하는 HRTF들의 합임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 장치.

**청구항 13.**

제12항에 있어서, 상기 와이드닝 필터링 계수는 주파수 샘플링을 통해 IIR 필터 계수 형렬을 FIR 필터 계수 행렬로 변환하는 것임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 장치.

**청구항 14.**

제13항에 있어서, 상기 와이드닝 필터링 수단의 와이드닝 필터링 계수 행렬과 다이렉트 필터 수단의 필터 계수를 콘볼루션하여 파노라마 필터 계수 행렬로 설정하고, 그 파노라마 필터 계수 행렬은

$$\begin{bmatrix} P_{11}(z) & P_{12}(z) \\ P_{21}(z) & P_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(z)+D(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{21}(z)+D(z) \end{bmatrix}$$

로 계산되며, 여기서 D(z)는 순수 지연 시간과 크기만을 가진 필터임을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 장치.

**청구항 15.**

제14항에 있어서, 청취자의 위치에 따라 상기 각 파노라마 필터 계수들을 저장하는 테이블부;

소정의 위치 파악 기법을 이용하여 청취자의 위치를 검지하는 위치 파악부;

상기 위치 파악부에서 검지된 청취자의 위치에 해당하는 상기 파노라마 필터 계수들을 상기 테이블부에서 리드하여 상기 파노라마 필터 계수들로 대체하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 방법.

**청구항 16.**

제12항에 있어서, 모노 사운드에 대해 위상을 반전하여 상기 스테레오 사운드로 변환하는 위상 변환 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 스테레오 사운드 재생 장치.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 오디오 재생 시스템에 관한 것이며, 특히 오디오 재생 기기에서 출력되는 스테레오 사운드를 서로 가까이 배치된 2채널의 스피커만을 사용하여 넓혀주는 와이드 스테레오 재생 방법 및 장치에 관한 것이다.

일반적인 텔레비전의 경우 본체의 좌/우 혹은 아래에 2채널의 스피커가 부착이 되어 있기 때문에 청취 각도가 좁아서 DVD/CD 재생기 혹은 일반 텔레비전 방송에서 나오는 스테레오 효과가 저하되어 마치 모노 사운드 처럼 들리게 된다. 특히, 영화를 시청할 때 좁은 스테레오 사운드 스테이지는 영화의 재미를 반감시켜 시청자들로 하여금 별도의 스피커 시스템 구매를 유발하기도 한다.

따라서 통상적인 스테레오 향상 시스템은 두 개의 스피커만을 이용하여 정면에서 스테레오 사운드를 향상시켜준다.

이러한 스테레오 향상 시스템에 관련된 기술이 US 6,597,791 B1(filed 15 Dec. 1998 entitled AUDIO ENHANCEMENT)에 개시되어 있다.

종래의 문헌을 참조하면, 스테레오 향상 시스템은 서라운드 사운드 시스템을 통해 또는 한 쌍의 스피커를 통해 재생된 넓혀진 스테레오 이미지를 생성하기 위해 한쌍의 좌/우 입력 신호들로부터 발생된 차신호 성분을 처리한다. 차신호 성분의 처리는 저역 및 고역의 가청 주파수증폭에 의해 특징지어진 등화를 통해 발생한다. 그 처리된 차신호는 좌/우 입력 신호들 그리고 원래 좌/우 신호들로부터 발생된 합 신호와 결합된다.

그러나 종래의 기술을 참조하면, 종래의 스테레오 향상 시스템은 대부분 크로스토크 캔셀용 필터를 설계하기 어렵기 때문에 HRTF(head related transfer function)를 사용하지 않고 스테레오 사운드의 오른쪽 채널과 왼쪽 채널의 합과 차를 이용하여 위상과 크기를 조절하였다. 따라서 종래의 스테레오 향상 시스템은 HRTF를 사용하지 않기 때문에 계산량이 적어 용이한 구현이 가능하나 사람이 음원의 방향을 인지하는데 중요한 역할을 하는 머리와 귓바퀴에 대한 고려가 되어 있지 않아 성능이 뛰어나지 않은 단점이 있었다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는 오디오 재생 기기에서 출력되는 스테레오 사운드 스테이지를 서로 가까이 배치된 2채널의 스피커만을 사용하여 넓혀주는 와이드 스테레오 재생 방법을 제공하는 데 있다.

본 발명이 이루고자하는 다른 기술적 과제는 상기 와이드 스테레오 재생 방법을 적용하여 오디오 재생 기기에서 출력되는 스테레오 사운드 스테이지를 서로 가까이 배치된 2채널의 스피커만을 사용하여 넓혀주는 와이드 스테레오 장치를 제공하는 데 있다.

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 오디오 재생 기기의 스테레오 재생 방법에 있어서,

(a) 스테레오 채널 음원 신호에 대해 소정의 위치에서 측정된 머리 전달 함수(HRTF)를 바탕으로 임의의 위치에 대한 가상 음원으로 형성시키고, 상기 머리 전달 함수를 반영한 필터 계수에 근거하여 상기 가상 음원의 크로스토크를 캔셀링하는 와이드닝 필터링 과정;

(b) 상기 스테레오 채널의 음원 신호와 상기 크로스토크 캔셀링된 가상 음원 사이의 신호 특성을 조정하는 다이렉트 필터링 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기의 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 오디오 재생 기기의 스테레오 재생 방법에 있어서,

스테레오 채널로 사운드를 입력하는 과정;

상기 스테레오 채널의 음원 신호를 가상 음원으로 형성하여 크로스토크 성분을 제거하고, 상기 가상 음원과 실제 음원간의 신호 특성을 조정하는 파노라마 필터링 과정을 포함하며,

상기 파노라마 필터링은

$$Y_L = P_{11}(z)L + P_{12}(z)R$$

$Y_R = P_{21}(z)L + P_{22}(z)R$ 로 되고, 여기서 L, R은 좌/우 입력 신호이고,  $Y_L$  과  $Y_R$  은 좌/우 출력 신호이며, 각 필터 계수들 ( $P_{11}(z)$ ,  $P_{12}(z)$ ,  $P_{21}(z)$ ,  $P_{22}(z)$ )은

$$\begin{bmatrix} P_{11}(z) & P_{12}(z) \\ P_{21}(z) & P_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(z)+D(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{21}(z)+D(z) \end{bmatrix} \text{으로 계산되고,}$$

여기서  $W(z)$ 는  $\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{11}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(z) & C_{12}(z) \\ C_{21}(z) & C_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix}$ 이고,  $D(z)$ 는 지연 시간과 크기를 가진 필터 계수임을 특징으로 한다.

상기의 또 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 스테레오 사운드 재생 장치에 있어서,

스테레오 채널 음원 신호에 대해 소정의 위치에서 측정된 측정된 머리 전달 함수(HRTF)를 바탕으로 임의의 위치에서 가상의 음원으로 형성하는 바이노럴 합성 수단;

실제 스피커 배치 각도 정보에 의한 필터 계수를 기반으로 상기 바이노럴 합성 수단에서 형성된 가상 음원에 대한 크로스토크를 캔셀링하는 크로스토크 캔셀러 수단;

상기 스테레오 채널의 음원 신호와 상기 크로스토크 캔셀러링된 가상 음원 사이의 신호의 크기 및 시간 지연을 필터 계수를 바탕으로 조정하는 다이렉트 필터 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 구성**

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기로 한다.

도 1은 본 발명에 따른 와이드 스테레오 사운드 재생 장치의 전체 블록도이다.

도 1의 스테레오 사운드 재생 장치는 와이드닝 필터(120), 좌/우 다이렉트 필터(140, 150)로 구성된다. 여기서 좌/우 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)부(112,114)와 크로스토크 캔셀러(118)를 콘볼루션하여 하나의 와이드닝 필터(120)로 구현할 수 있다. 또한 와이드닝 필터(120)와 좌/우 다이렉트 필터(140, 150)를 콘볼루션하여 한 개의 파노라마 필터(100)로 구현할 수 있다.

도 1을 참조하면, 좌/우 바이노럴 합성(Binaural Synthesis부)(112,114)는 2채널의 음원 신호를 소정의 위치에서 측정된 머리 전달 함수(HRTF)를 바탕으로 임의의 위치에 대한 가상 음원으로 형성한다. 즉, 좌/우 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)부(112,114)는 HRTF를 이용하여 가상 스피커를 정면에서 대칭적으로 배치시킨다. -30도에서 측정된 좌/우 머리 전달 함수(HRTF) 또는 30도에서 측정된 좌/우 귀에 대한 전달 함수(HRTF)와 입력되는 스테레오 채널의 음원 신호를 콘볼루션한다. 따라서 -30도 왼쪽 귀에 대한 HRTF를 거친 신호와 30도 왼쪽 HRTF를 거친 신호가 합해져 오른쪽 가상 스피커(182)로 출력되고, -30도 오른쪽 귀에 대한 HRTF를 거친 신호와 30도 오른쪽 HRTF를 거친 신호가 합해져 왼쪽 가상 스피커(192)로 출력된다.

크로스토크 캔셀러(118)는 좌/우 바이노럴 합성부(112,114)에서 형성된 가상 음원을 상기 머리 전달함수를 반영한 필터 계수에 근거하여 크로스토크를 캔셀링한다. 즉, 크로스토크 캔셀러(118)는 왼쪽(오른쪽) 스피커에서 재생되는 신호가 청취자의 오른쪽 귀(또는 왼쪽 귀)에서 들리지 않도록 크로스 토크를 제거한다.

좌/우 다이렉트 필터(140, 150)는 두 채널의 음원 신호와 크로스토크 캔셀러(118)에서 크로스토크 캔셀링된 가상 음원 사이의 신호 크기와 시간 지연을 조정한다. 즉, 좌/우 다이렉트 필터(140, 150)는 입력되는 스테레오 사운드를 필터링하여 실제 스피커를 통해 출력하며, 가상의 스피커와 실제 스피커 출력 사이의 시간 지연과 신호 레벨을 조정해 자연스러운 소리를 생성한다.

최종적으로 좌/우 다이렉트 필터(140, 150)에서 필터링된 스테레오 신호와 와이드닝 필터에서 필터링된 가상 음원 신호가 합쳐져 각각 좌/우 스피커(180,190)로 출력된다.

도 2는 도 1의 와이드 스테레오 사운드 재생 장치를 구현하는 흐름도이다.

음원과 고막사이의 음향학적 전달함수를 HRTF(head related transfer function)라고 한다. 이러한 HRTF는 두 귀간의 시간차와 두 귀간의 레벨차, 귓바퀴의 형상(pinna)을 포함하여 소리가 전달되어온 공간의 특성을 나타내는 많은 정보가 담겨 있다. 특히 HRTF는 위와 아래의 음상 정위에 결정적인 영향을 미치는 귓바퀴에 대한 정보를 포함하며, 그 귓바퀴에 대한 모델링이 쉽지 않아 주로 측정을 통해 얻어진다.

먼저, 가상 스피커의 배치 각도를 선정하여(212) 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)에 의한 가상 스피커를 배치한다(216). 각 위치에서 측정된 HRTF 데이터 베이스를 사용하면 임의의 위치에 가상의 음원을 형성할 수 있다. 예를 들어, 30도의 위치에 가상의 음원을 형성시키기 위해서는 30도에서 측정된 HRTF와 실제 음원을 콘볼루션( Convolution) 시켜 주면 음원이 마치 30도에 위치한 것과 같은 정위감을 형성시킬 수 있다. 스테레오 사운드 스테이지(Stereo Sound Stage)를 넓혀 주기 위해서 2N개의 가상의 스피커를 전방에 대칭적으로 배치하고 오른쪽에 위치한 N개의 가상 스피커를 통해서 Stereo Sound의 오른쪽 채널 신호를 왼쪽 스피커에 대해서는 왼쪽 신호를 통과 시킨다.

2개의 가상 스피커를 배치하기 위해서는 도 3에서 보는 것과 같이 왼쪽의 가상 스피커(182)와 양 귀 사이의 HRTF 2개, 오른쪽의 가상 스피커(192)와 양 귀 사이의 HRTF 2개, 총 4개의 HRTF가 필요하다. 따라서, 2N개의 가상 스피커를 배치하기 위해서는 4N개의 HRTF가 필요하다. 이는 크기 2의 정방행렬의 합으로 나타낼 수 있으므로 수학 식1과 같이 계산하면 총 4개의 HRTF만을 필요로 하게 되어 계산량을 대폭 줄일 수 있다.

$$\text{수학식 1}$$

$$\begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N L_{Li}(z) & \sum_{i=1}^N R_{Li}(z) \\ \sum_{i=1}^N L_{Ri}(z) & \sum_{i=1}^N R_{Ri}(z) \end{bmatrix}$$

여기서  $L_{Li}(z)$ 는 왼쪽 i 번째 가상 스피커와 왼쪽 귀사이의 HRTF,  $R_{Li}(z)$ 는 오른쪽 i 번째 가상 스피커와 왼쪽 귀사이의 HRTF,  $L_{Ri}(z)$ 는 왼쪽 i 번째 가상 스피커와 오른쪽 귀사이의 HRTF,  $R_{Ri}(z)$ 는 오른쪽 i 번째 가상 스피커와 오른쪽 귀사이의 HRTF를 나타낸다.

그리고, 실제 스피커 배치 각도 정보(214)를 바탕으로 성능이 최적화된 IIR 필터기반의 크로스토크 캔셀러를 설계한다(218). 두 개의 스피커를 통해서 재생을 하게 되면 두 개의 스피커와 두 귀 사이에서 크로스토크 현상이 발생하여 성능이 저하된다. 이를 해결하기 위해 크로스토크 캔셀러가 필요하다. 도 4는 크로스토크 캔셀러의 블록도이다. 도 4를 참조하면,  $d(z)$ 는 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)된 신호이고  $u(z)$ 는 스피커의 출력이며  $e(z)$ 는 최소화되어야 하는 오차이다. H는 두 스피커와 두 귀 사이의 전달함수 행렬(크기 2의 정방행렬)이고, 크로스토크 캔셀용 행렬 C는 H의 역행렬이 되도록 설계한다. A는 인과성(Causality)을 만족시켜 주기 위한 순수 지연 필터 행렬이다. H는 일반적으로 FIR 필터의 형태이므로 H의 역행렬인 C는 IIR 필터 형태로 구해지는 것이 최적이나 안정성 문제 때문에 일반적으로 FIR 필터의 형태로 근사화된다. 이 경우, 대부분 FIR 필터의 차수가 매우 커야 근사화가 잘 되나 하드웨어적인 한계 때문에 차수가 적은 FIR 필터로 가정하여 근사화를 하므로 정확한 H의 역행렬 C를 얻기가 어렵다. 따라서 본 발명에서는 IIR 필터를 FIR 필터로 변환하고 필터 차수를 최적화하는 부분이 있으므로 최적화된 IIR 필터를 크로스토크 캔셀러에 적용할 수 있다. IIR 필터 형태의 크로스토크 캔셀러는 역행렬을 구했을 때 안정한 부분과 불안정한 부분을 나눈다. 이때 안정한(stable) 부분은 IIR 필터로 구성하고 불안정한 부분은 FIR 필터로 구성해서 그 둘을 콘볼루션하여 하나의 안정한 IIR 필터로 설계된다.

이어서, 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)에 영향을 미치는 가상의 스피커의 수와 위치는 미리 결정되고 크로스토크 캔셀러에 영향을 미치는 실제 스피커의 위치도 미리 결정되므로 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)과 크로스토크 캔셀러를 곱해서 IIR 필터를 기반으로 한 하나의 와이드닝 필터(Widening Filter)를 설계한다(222). 가상의 스피커가 2N인 경우, 바이노럴 합성(Binaural Synthesis)부분은 크기 2인 정방행렬이고 크로스토크 캔셀러 부분도 크기 2인 정방행렬이므로 와이드닝 필터는 두 개의 행렬을 곱한 형태인 크기 2인 정방행렬이 된다. 이때 와이드닝 필터는 수학 식 2와 같이 구해진다.

$$\text{수학식 2}$$

$$\begin{bmatrix} W_{11}(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}(z) & C_{12}(z) \\ C_{21}(z) & C_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_L(z) & R_L(z) \\ L_R(z) & R_R(z) \end{bmatrix}$$

여기서  $W(z)$ 는 와이드닝 필터 행렬이고,  $C(z)$ 는 크로스토크 캔셀레이션 행렬이고,  $L_L(z)$ ,  $L_R(z)$ 는 청취자 왼쪽에 배치할 가상 스피커의 각도에 해당하는 HRTF들의 합이고,  $R_L(z)$ ,  $R_R(z)$ 는 청취자 오른쪽에 배치할 가상 스피커의 각도에 해당하는 HRTF들의 합이다.

그러나, 크로스토크 캔셀러가 IIR 필터를 기반으로 최적화되어 있으므로 와이드닝 필터도 덩달아 차수가 너무 높아져 실시간적으로 최적의 필터로 구현하기에는 어려움이 있다. 따라서 와이드닝 필터는 차수를 최소화하기 위해 주파수 샘플링(Frequency Sampling)방법을 사용하여 IIR 필터를 FIR 필터 형태로 변환한다(224). 이때 주파수 샘플링 방법을 이용하여 주파수 영역에서 주파수 간격을 조절하여 FIR 필터의 차수로 조절할 수 있다. 이때 청취 테스트를 통하여 성능이 저하되지 않는 최소의 필터 차수를 결정한다.

이어서, 청취 실험을 통한 성능 평가를 실시한다(226). 이때 성능 평가가 완료되면 실제 스피커와 가상 스피커 사이의 시간 지연 및 출력 레벨을 보정하는 다이렉트 필터를 설계한다(228). 즉, 스테레오 사운드가 와이드닝 필터를 통과하여 2개의 스피커를 통해 재생되면 마치 전방에 넓게 배치한 가상의 스피커를 통해 소리가 나는 것처럼 느끼게 된다. 이 경우, 가상의



스피커의 수와 위치에 따라 스테레오 사운드가 넓어지긴 하나 가상의 스피커가 위치하지 않은 정면 중앙에서의 소리가 비어 있는 듯한 느낌이 나므로 청취자는 불안감과 함께 음색이 변질된 부자연스러운 소리를 듣게 된다. 이를 해결하기 위해 다이렉트 필터를 정의하여 실제 스피커를 통해서도 소리를 출력시켜준다. 다이렉트 필터는 실제 스피커와 가상 스피커 출력의 크기 및 시간 지연을 조정해 준다. 다이렉트 필터의 시간 지연은 음색이 변하지 않게 하기 위해 이미 설계된 와이드닝 필터의 시간 지연과 맞춰 준다. 다이렉트 필터의 크기는 실제 스피커(180,190)와 가상 스피커(182,192)사이의 출력 레벨의 비를 결정해주므로 스테레오 사운드가 벌어지는 정도를 조정할 수 있다. 극단적인 경우로, 다이렉트 필터의 크기가 0에 가까우면 가상 스피커만을 통해 소리가 재생되므로 스테레오 사운드 스테이지가 넓어지는 반면, 정 중앙에서의 소리가 비게 되고 다이렉트 필터의 크기가 굉장히 크면 실제 스피커만을 통해 소리가 재생되므로 신호처리를 전혀 하지 않은 것과 같이 와이드 스테레오 효과가 없어진다. 따라서, 수많은 청취 실험을 통해 다이렉트 필터의 크기를 결정해야 한다. 도 5는 다이렉트 필터 행렬(D(z))와 와이드닝 필터 행렬(W(z))의 관계를 나타낸다. 여기서 와이드닝 필터는 입력되는 스테레오 사운드를 가상 음원으로 형성하여 가상 스피커로 출력하도록하고, 다이렉트 필터(D(z))는 입력되는 스테레오 사운드와 가상 음원과의 신호 특성을 조절하여 실제 스피커로 출력하도록한다.

이어서, 와이드닝 필터 행렬과 다이렉트 필터 행렬을 콘볼루션하여 파노라마 필터를 설계한다(232). 즉, 와이드닝 필터 행렬 W(z)와 다이렉트 필터 행렬 D(z)를 미리 계산하여 하나의 필터 형태인 파노라마 필터 행렬 P(z)을 구한다. 파노라마 필터 행렬 P(z)은 수학 식 3과 같이 정의된다.

수학식 3

$$P(z) = W(z) + D(z)$$

행렬의 각 요소는 다음 식과 같이 계산된다.

수학식 4

$$\begin{bmatrix} P_{11}(z) & P_{12}(z) \\ P_{21}(z) & P_{22}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(z)+D(z) & W_{12}(z) \\ W_{21}(z) & W_{21}(z)+D(z) \end{bmatrix}$$

여기서 P(z)와 W(z) 행렬의 각 요소는 FIR 필터 계수이고, D(z)는 순수 지연 시간과 크기만을 가진 필터 계수이다.

도 6은 와이드 스테레오 사운드를 구현하기 위한 파노라마 필터를 도시한 것이다. 도 6을 참조하면, 스테레오 사운드는 크기 2의 벡터이므로 크기 2의 정방행렬 형태인 파노라마 필터 행렬을 통과하면 2채널의 와이드 스테레오로 출력된다. 마지막으로 와이드 스테레오 ON/OFF시 가장 자연스럽게 좋은 효과를 보이게 하기 위해 파노라마 필터 통과 전과 후의 신호의 크기를 다양한 청취 실험을 통해 조정한다. 최종 출력 값은 수학 식 5에 의해서 구해진다. L, R은 두 채널 좌/우 입력 신호 이고 y<sub>L</sub> 과 y<sub>R</sub> 은 좌/우 출력 신호이다.

수학식 5

$$\begin{aligned} y_L &= P_{11}(z)L + P_{12}(z)R, \\ y_R &= P_{21}(z)L + P_{22}(z)R \end{aligned}$$

이어서, 청취 실험을 통한 성능 평가를 실시한다(234). 이때 성능 평가가 완료되면 와이드 스테레오 구현을 종료한다. 따라서 최종적으로 도 6과 같이 실제 스피커(180, 190)와 가상 스피커(182, 192)를 통해 청취자에게 와이드 스테레오 효과를 발생한다.

도 7은 본 발명에 따른 모노 사운드에 대한 와이드 스테레오 재생 장치의 블록도이다.

일반적으로 텔레비전 방송국에서는 모노 사운드(Mono Sound)로 출력하는 경우가 많다. 본 발명에 따른 파노라마 필터 행렬은 수학 식 4와 같이 대칭적인 구조를 가지고 있다. 따라서 모노 사운드에 대해서 파노라마 필터를 통과시키면 동일한 신호가 스피커로 재생된다. 이에 따라 모노 사운드를 도 6의 장치에 입력하면 가상 스피커가 정 중앙에 형성되어 스테레오 효과가 없어지게 된다. 본 발명에서는 한 채널로 입력되는 모노 오디오 신호는 180도로 위상 변환하는 위상 변환기(710)를 통해 두 채널의 오디오 신호로 변환된다. 입력되는 모노 오디오 신호와 180도 위상 변환된 모노 오디오 신호가 최적의 필터로 미리 설계된 파노라마 필터(100)로 입력된다. 모노 사운드로부터 생성되는 스테레오 사운드는 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, M은 모노 신호이다.

**수학식 6**

$$L = M, R = -M$$

도 8은 본 발명에 따른 적응적 와이드 스테레오 사운드 재생 시스템을 보이는 블록도이다.

본 발명에 따른 와이드 스테레오 기술을 이용할 경우, 청취자는 특정한 위치(Sweet Spot)에 있어야 최적의 성능을 느끼게 된다. 일반적으로 청취자의 위치는 한정되어 있지 않기 때문에 청취자가 어느 위치로 가더라도 최적의 와이드 스테레오 성능이 나올 필요가 있다. 따라서, 본 발명에서는 청취자의 위치를 실시간으로 파악하여, 각 위치에 따라 미리 설계된 필터 계수를 이용하여 와이드 스테레오 사운드를 재생한다.

도 8을 참조하면, 우선, 청취자의 위치에 따라 최적화된 파노라마 필터 계수들( $P_{11}, P_{12}, P_{21}, P_{22}$ )을 미리 계산한다. 그리고 이 파라미터 필터 계수들은 룩-업 테이블(look-up table) 형태로 필터 계수 테이블부(820)에 저장된다. 위치 파악부(810)는 주지의 기술인 홍채 인식 기술을 이용하여 청취자의 위치를 파악한다. 제어부(830)는 위치 파악부(810)에서 파악된 청취자의 위치에 해당하는 필터 계수들( $P_{11}, P_{12}, P_{21}, P_{22}$ )을 필터계수 테이블부(820)로부터 리드하여 파노라마 필터(100)로 출력한다. 파노라마 필터장치(100)는 필터 계수 테이블부(820)에 저장된 필터 계수들을 적용하여 입력되는 두 채널의 오디오 신호에 대한 스테레오 사운드를 발생시킨다. 따라서 스테레오 재생 시스템은 스테레오 효과를 청취자의 위치에 따라 적응적으로 확대할 수 있다.

본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상내에서 당업자에 의한 변형이 가능함은 물론이다.

또한 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 하드디스크, 플로피디스크, 플래쉬 메모리, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 저장되고 실행될 수 있다.

**발명의 효과**

상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, Binaural Synthesis Crosstalk Canceller 를 콘볼루션하여 와이드닝 필터(Widening Filter)로 구현함으로써 계산량을 대폭 줄일 수 있다. 또한, HRTF를 사용한 가상의 스피커 뿐만 아니라 실제 스피커를 통해서 소리가 출력되도록 설계한다. 이때, 가상의 스피커를 위한 와이드닝 필터와 실제 스피커를 위한 다이렉트 필터를 따로 계산하지 않고 두 필터가 미리 곱해진 행렬인 파노라마 필터(Panorama Filter)만으로 설계된다. 또한, 각 필터는 최적의 성능이 나오도록 설계한 후 다양한 청취 실험을 통해 최적의 성능을 유지하고, 주파수 샘플링(Frequency Sampling)을 적용함으로써 최적의 성능을 보이면서 계산량을 최소화시켰다. 따라서 본 발명은 2개의 스피커 간격이 좁게 만들어진 제품(TV, PC, Note PC, PDA, Cellular phone 등)에 적용 시 스테레오 사운드 스테이지를 넓혀주기 때문에 청취자로 하여금 별도의 스피커 세트를 구입하지 않고도 향상된 스테레오 효과를 느낄 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명에 따른 와이드 스테레오 사운드 재생 장치의 전체 블록도이다.

도 2는 도 1의 스테레오 사운드 재생 장치를 구현하는 흐름도이다.

도 3은 도 1의 바이노럴 합성부의 상세 블록도이다

도 4는 도 1의 크로스토크 캔슬러의 상세 블록도이다.

도 5는 도 1의 다이렉트 필터와 와이드닝 필터의 행렬 관계를 보이는 블록이다.

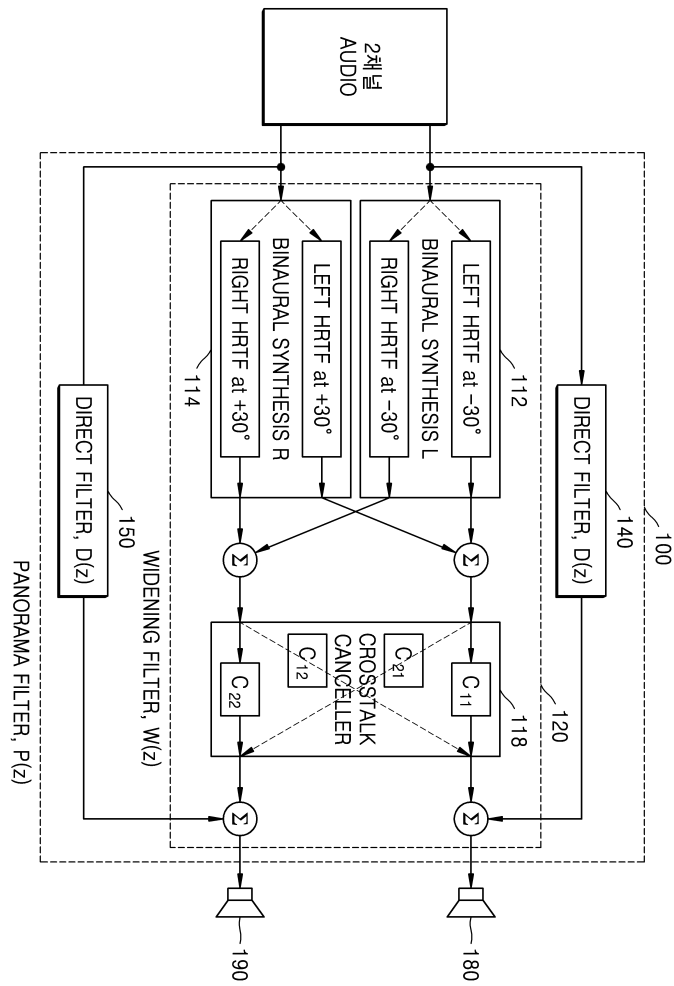
도 6은 도 1의 파노라마 필터의 상세 블록도이다.

도 7은 본 발명에 따른 모노 사운드에 대한 와이드 스테레오 사운드를 구현하는 블록도이다.

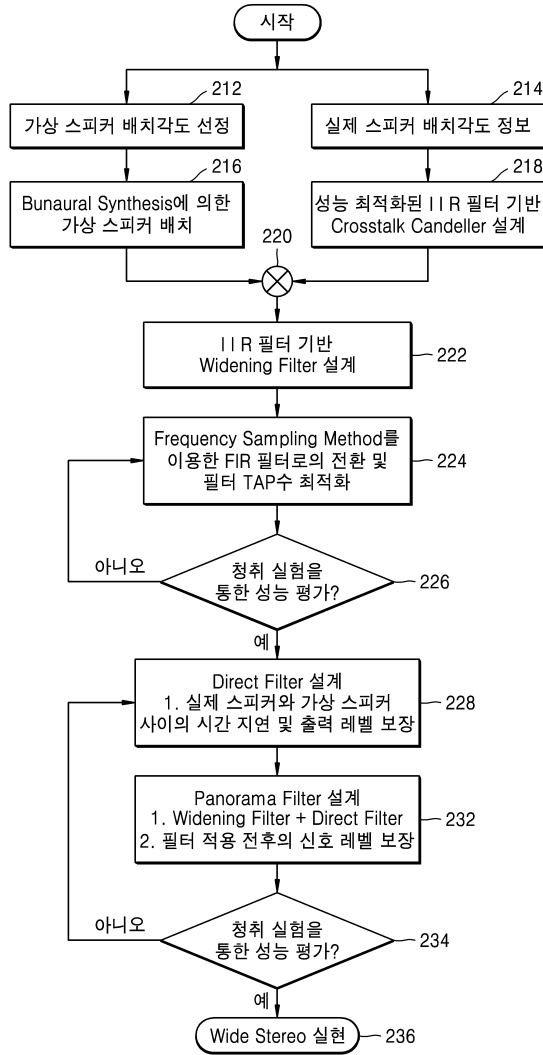
도 8은 본 발명에 따른 적응적 와이드 스테레오 사운드를 구현하기 위한 블록도이다.

도면

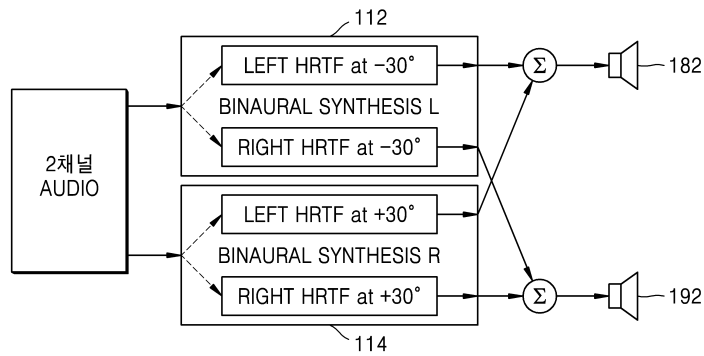
도면1



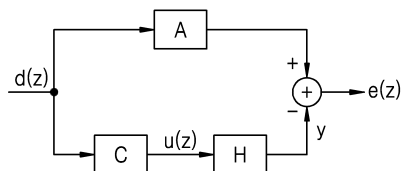
도면2



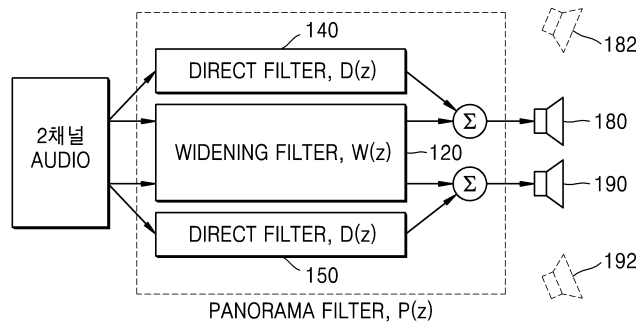
도면3



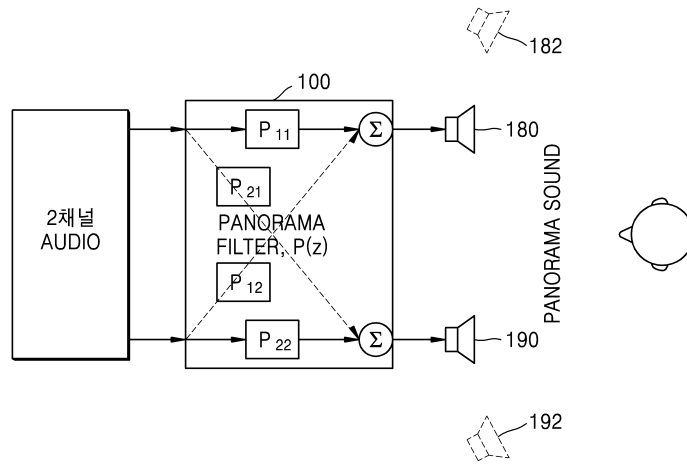
도면4



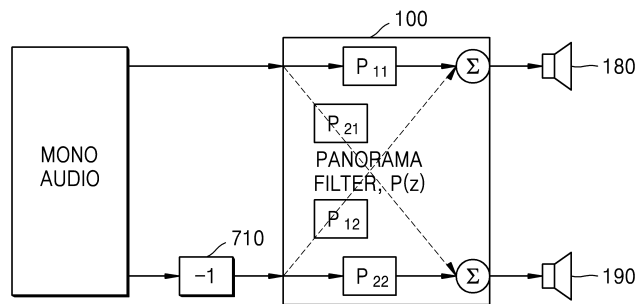
도면5



도면6



도면7



도면8

