



입력되는 오디오 신호를 디지털 처리함으로써, 입력되는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법의 단계를 포함하는 프로그램, 및, 이 프로그램을 저장한 컴퓨터에 의해 판독 가능한 기록 매체에 관한 것이다.

### 배경기술

아날로그 오디오 재생 신호에 대하여, 재생 주파수대의 고 음역 상한(上限) 또는 가청 주파수 대역의 고 음역 상한을 초과하는 주파수의 스펙트럼을 갖는 신호를 부가하기 위한 종래 기술의 오디오 신호 재생 장치가, 일본국 특허 출원 공개 평성 9-36685호 공보의 도 3, 혹은, 그것에 대응하는 미합중국 특허 제5754666호의 도 3에서 개시되어 있으며, 그 오디오 신호 재생 장치의 구성을 도 16에 나타낸다. 도 16에 있어서, 오디오 신호 재생 장치는, 버퍼 증폭기(91)와, 필터 회로(92)와, 증폭기(93)와, 검파 회로(94)와, 시정수(時定數) 회로(95)와, 잡음 발생기(96)와, 필터 회로(97)와, 승산기(乘算器)(98)와, 가산기(加算機)(99)를 구비해서 구성된다.

우선, 오디오 신호는 입력 단자(T1)로부터 버퍼 증폭기(91)에 입력된 후 2분배되어, 분배된 한쪽의 오디오 신호는 그대로 가산기(99)에 입력되는 한편, 2분배된 다른 쪽의 오디오 신호는, 고역 통과 필터 또는 대역 통과 필터인 필터 회로(92)에 입력된다. 필터 회로(92)는, 입력된 오디오 신호 중의 특정한 대역의 신호만을 대역파로서 통과시킨 후, 증폭기(93)에 출력한다. 증폭기(93)는, 입력되는 오디오 신호를 소정의 적당한 레벨까지 증폭한 후, 시정수 회로(95)를 갖는 검파 회로(94)에 출력한다. 검파 회로(94)는, 입력되는 오디오 신호를, 예를 들면 포락선 검파함으로써 그 오디오 신호의 포락선 레벨을 검출하고, 검출한 포락선 레벨을 나타내는 레벨 신호를, 원래의 오디오 신호에 부가하는 잡음 성분의 레벨 조절을 하는 레벨 컨트롤 신호로서 승산기(98)에 출력한다.

한편, 잡음 발생기(96)에 의해 발생된 잡음 성분은, 고역 통과 필터 또는 대역 통과 필터인 필터 회로(97)에 입력되고, 필터 회로(97)는, 20kHz 이상의 주파수 대역의 잡음 성분을 통과시킨 후, 승산기(98)에 출력한다. 승산기(98)는, 입력되는 잡음 성분을 검파 회로(94)로부터의 레벨 컨트롤 신호로 승산함으로써, 레벨 컨트롤 신호에 의해 나타나는 레벨에 비례하는 레벨을 갖는 잡음 성분을 발생해서 가산기(99)에 출력한다.

또한, 가산기(99)는, 버퍼 증폭기(91)로부터의 원래의 오디오 신호에, 승산기(98)로부터의 잡음 성분을 가산하여, 잡음 성분이 가산된 오디오 신호를 발생해서 출력 단자(T2)로부터 출력한다. 여기서, 시정수 회로(95)의 시정수를 소정의 값으로 선택함으로써, 잡음 발생기(96)에 의해 발생된 잡음 성분을 인간의 청감(聽感) 특성에 적합하게 해서 오디오 신호의 음질 개선 효과를 향상시키고 있다.

### 발명의 상세한 설명

이상 설명한 바와 같이, 원래의 오디오 신호의 고역 음의 출력 레벨에 비례한 랜덤 잡음(random noise)을 원래의 오디오 신호에 부가함으로써 고 음역을 확대하고 있다. 그러나, 상술한 종래 기술의 오디오 신호 재생 장치에 있어서는, 이하에 나타내는 문제점을 갖고 있었다.

- (1) 부가하는 잡음 성분의 고역 신호의 스펙트럼 구조가 악음(樂音) 신호의 그것과 상이하기 때문에, 음질 상 위화감이 있었다.
- (2) 또한, 종래 기술의 오디오 신호 재생 장치는 아날로그 회로로서 구성되어 있기 때문에, 이하의 문제점이 있었다. 즉, 이 아날로그 회로를 구성하는 부품의 변동이나 온도 특성에 의해 장치 성능의 변동이 발생하고, 오디오 신호가 이 아날로그 회로를 통과할 때마다 음질 열화(劣化)가 발생한다. 또한, 구성하고 있는 필터 회로의 정밀도를 향상시키면, 그 회로 규모가 커지고, 제조 비용의 증대로 연결된다.

본 발명의 목적은, 이상의 문제점을 해결하고, 음질 상 위화감이나 열화가 없고, 장치 성능의 변동이 거의 발생하지 않고, 또한 종래 기술에 비해서 제조 비용이 저렴한, 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것에 있다.

또한, 본 발명의 다른 목적은, 음질 상 위화감이나 열화가 없고, 장치 성능의 변동이 거의 발생하지 않으며, 또한 종래 기술에 비해서 제조 비용이 저렴한, 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법의 단계를 포함하는 프로그램, 및, 이 프로그램을 저장한 컴퓨터에 의해 판독 가능한 기록 매체를 제공하는 것에 있다.

제1의 발명에 따른 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법은, 소정의 대역을 갖는 입력된 오디오 신호에 근거하여, 상기 입력된 오디오 신호의 고조파(高調波)를 발생하는 단계와,

상기 발생된 오디오 신호의 고조파를, 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호에 따라 진폭 변조함으로써 제1변조 신호를 발생하는 단계와,

상기 발생된 제1변조 신호를, 소정의 대역 통과 특성을 이용하여 대역 통과 여파(濾波)해서 출력하는 단계와,

상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호를 상기 입력된 오디오 신호에 가산하고, 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 진폭을 변조하는 단계 전에, 상기 대역 신호의 레벨을 변화시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 가산하는 단계 전에, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호의 레벨을 변화시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 진폭을 변조하는 단계의 후로서, 상기 대역 통과 여파하는 단계 전에, 상기 입력된 오디오 신호의 레벨을 변화시킨 후, 이 변화된 레벨을 갖는 오디오 신호를 상기 제1변조 신호에 가산해서 상기 대역 통과 여파하는 단계에 출력하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는, 상기 입력된 오디오 신호와 상관이 없는 잡음 신호를 발생하는 것을 특징으로 한다. 혹은, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는, 상기 입력된 오디오 신호에 근거하여, 대역 신호를 발생하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 전자(前者)의 방법에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는,

소정의 랜덤 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 발생된 랜덤 잡음 신호의 절대치를 연산하고, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 후자의 방법에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는,

상기 입력된 오디오 신호를, 델타 시그마 변조형 양자화기 또는 시그마 델타 변조형 양자화기를 이용해서 양자화하여 제2 변조 신호를 발생하는 동시에, 상기 양자화 시의 양자화 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 발생된 양자화 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 가산하는 단계는, 상기 입력된 오디오 신호에 대신하여, 상기 입력된 오디오 신호를 양자화해서 발생된 오디오 신호를, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호에 가산해서 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서, 상기 대역 통과 특성의 저역 측의 차단 특성을 변화시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

제2의 발명에 따른 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치는, 소정의 대역을 갖는 입력된 오디오 신호에 근거하여, 상기 입력된 오디오 신호의 고조파를 발생하는 고조파 발생 수단과,

상기 발생된 오디오 신호의 고조파를, 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호에 따라 진폭 변조함으로써 제1변조 신호를 발생하는 진폭 변조 수단과,

상기 발생된 제1변조 신호를, 소정의 대역 통과 특성을 이용하여 대역 통과 여파해서 출력하는 대역 통과 여파 수단과,

상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호를 상기 입력된 오디오 신호에 가산하여, 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 진폭 변조 수단의 전단(前段)에, 상기 대역 신호의 레벨을 변화시키는 제1의 레벨 변화 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 가산 수단의 전(前)에, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호의 레벨을 변화시키는 제2의 레벨 변화 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 진폭 변조 수단의 후단(後段)으로서, 상기 대역 통과 여파 수단의 전단에, 상기 입력된 오디오 신호의 레벨을 변화시킨 후, 이 변화된 레벨을 갖는 오디오 신호를 상기 제1변조 신호에 가산해서 상기 대역 통과 여파하는 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 대역 신호 발생 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은, 상기 입력된 오디오 신호와 상관성이 없는 잡음 신호를 발생하는 것을 특징으로 한다. 혹은, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은, 상기 입력된 오디오 신호에 근거하여, 대역 신호를 발생하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 전자의 장치에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은,

소정의 랜덤 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 발생된 랜덤 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 후자의 장치에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은,

상기 입력된 오디오 신호를, 델타 시그마 변조형 양자화기 또는 시그마 델타 변조형 양자화기를 이용해서 양자화하여 제2변조 신호를 발생하는 동시에, 상기 양자화 시의 양자화 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 발생된 양자화 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 가산 수단은, 상기 입력된 오디오 신호에 대신하여, 상기 입력된 오디오 신호를 양자화해서 발생된 오디오 신호를, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호에 가산해서 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치에 있어서, 상기 대역 통과 여파 수단의 대역 통과 특성의 저역 측 차단 특성을 변화시키는 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 한다.

제3의 발명에 따른 프로그램은, 상기 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서의 각각의 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

제4의 발명에 따른 컴퓨터로 관독 가능한 기록 매체는, 상기 프로그램을 저장한 것을 특징으로 한다.

따라서, 본 발명에 따른 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법 또는 장치에 의하면, 입력된 오디오 신호의 고조파인 반송파를, 상기 대역 신호에 따라서 진폭 변조함으로써 얻어진 대역 확장 신호를 입력된 오디오 신호에 가산함으로써, 종래 기술에 비해서 용이하게 오디오 대역이 확장된 오디오 신호를 발생할 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이 진폭 변조에 의해 얻어진 대역 확장 신호는 원음의 레벨에 따라서 변화되고 또한 스펙트럼의 연속성을 유지하고 있으므로, 대역 확장 신호의 고역 성분은 인공적인 것이 아니고, 원음에 대하여 자연스럽게 들린다고 하는 특유한 효과를 갖는다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도.

도 2는 도 1의 오버샘플링(oversampling)형 저역 통과 필터(1)의 내부 구성을 나타내는 블록도.

도 3은 도 2의 오버샘플링 회로(32)의 동작을 나타내는 신호 파형도.

도 4는 도 1의 고조파 발생기(3)의 내부 구성을 나타내는 블록도.

도 5는 도 1의 랜덤 잡음 발생 회로(11)의 내부 구성을 나타내는 블록도.

도 6은 도 5의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)(n=1, 2, ..., N)의 내부 구성을 나타내는 블록도.

도 7은 도 6의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)(n=1, 2, ..., N)의 일례에 의해 발생하는 백색 잡음(white noise) 신호의 진폭 레벨에 대한 확률 밀도의 함수를 나타내는 그래프.

도 8은 도 6의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)(n=1, 2, ..., N)의 다른 일례에 의해 발생하는 벨 분포형 잡음 신호의 진폭 레벨에 대한 확률 밀도의 함수를 나타내는 그래프.

도 9는 도 6의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)(n=1, 2, ..., N)의 다른 일례에 의해 발생하는 가우스 분포형 잡음 신호의 진폭 레벨에 대한 확률 밀도의 함수를 나타내는 그래프.

도 10은 도 1의 1/f 특성 필터(8)의 주파수 특성을 나타내는 스펙트럼 도면.

도 11은 도 1의 1/f 특성 필터(8)에 대신하는 1/f<sup>2</sup> 특성 필터의 주파수 특성을 나타내는 스펙트럼 도면.

도 12는 본 발명의 제2실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도.

도 13은 도 12의 랜덤 잡음 발생 회로(9)의 내부 구성을 나타내는 블록도.

도 14는 본 발명의 제3실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도.

도 15는 본 발명의 제4실시형태에 따른, 오디오 신호 대역 확장 장치의 애플리케이션의 일례인 광 디스크 재생 시스템의 구성을 나타내는 블록도.

도 16은 종래 기술에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도.

### 실시예

이하에, 도면을 참조해서 본 발명에 따른 실시형태에 대해서 설명한다. 또한, 첨부 도면에 있어서, 동일한 구성 요소에 대해서는, 동일한 부호를 부여하고, 그 상세한 설명을 생략한다.

(제1실시형태)

도 1은, 본 발명의 제1실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도이다. 이 제1실시형태인 오디오 신호 대역 확장 장치는, 입력 단자(T1)와 출력 단자(T2)와의 사이에 삽입되는 디지털 신호 처리 회로로서, 오버샘플링형 저역 통과 필터(오버샘플링형 LPF)(1)와, 가산기(2)와, 고조파 발생기(3)와, 승산기(4)와, 디지털 대역 통과 필터(BPF)(5)와, 가변 증폭기(6)를 구비하는 동시에, 랜덤 잡음 발생 회로(11)와, 절대치 연산기(12)와, 디지털 저역 통과 필터(LPF)(13)와, 가변 증폭기(14)를 구비해서 구성된다. 여기서, 디지털 대역 통과 필터(5)는, 중속 접속된 디지털 고역 통과 필터(HPF)(7) 및  $1/f$  특성 필터(8)를 구비해서 구성된다.

도 1에 있어서, 디지털 오디오 신호가 입력 단자(T1)를 통해서 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)에 입력된다. 이 디지털 오디오 신호는, 예를 들면 콤팩트 디스크(CD)로부터 재생된 신호이며, 이때, 이 신호는, 샘플링 주파수  $f_s=44.1\text{kHz}$ 와, 단어 길이=16비트를 갖는 신호이다. 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 오버샘플링 회로(31)와, 디지털 저역 통과 필터(LPF)(32)를 구비해서 구성되고, 입력 단자(T1)를 통해서 입력된 디지털 오디오 신호의 샘플링 주파수  $f_s$ 를  $p$ 배( $p$ 는, 2 이상의 정(正)의 정수(整數)이다)하고 또한 주파수  $f_s/2$ 로부터 주파수  $pf_s/2$ 까지의 불필요한 대역의 신호를 60dB 이상 감쇠(減衰)시키는 디지털 필터 회로이다.

예를 들면,  $p=2$ 일 때, 샘플링 주파수  $f_s$ (샘플링 주기  $T_s=1/f_s$ )를 갖는 디지털 오디오 신호는, 오버샘플링 회로(31)에 입력되고, 오버샘플링 회로(31)는, 입력된 디지털 오디오 신호의 데이터(D1)에 대하여, 도 3에 나타낸 바와 같이, 각각의 인접하는 2개의 데이터(D1)의 중간 위치(시간 축에 대하여)에 샘플링 주기  $T_s$ 로 제로 데이터(D2)를 삽입해서 보간(補間)함으로써 오버샘플링 처리를 실행하여, 샘플링 주파수  $2f_s$ (샘플링 주기  $T_s/2$ )를 갖는 디지털 오디오 신호로 변환한 후, 디지털 저역 통과 필터(32)에 출력한다. 디지털 저역 통과 필터(32)는,

- (a) 주파수  $0\sim 0.45f_s$ 의 통과 대역과,
- (b) 주파수  $0.54f_s\sim f_s$ 의 저지 대역과,
- (c) 주파수  $f_s$  이상으로 60dB 이상의 감쇠량을

가지고, 입력 디지털 오디오 신호를 저역 통과 여파함으로써, 상기 오버샘플링 처리에 의해 발생하는 반향 잡음을 제거하도록 대역 제한하여, 실질적으로 입력 디지털 오디오 신호가 지속하는 유효한 대역(주파수  $0\sim 0.45f_s$ )만을 통과시킨 후, 도 1의 가산기(2) 및 고조파 발생기(3)의 절대치 연산기(51)(도 4)에 출력한다.

이어서, 도 1의 고조파 발생기(3)는, 비선형(非線型)의 입출력 특성을 갖는 비선형 처리 회로로서, 입력되는 디지털 오디오 신호에 대하여 비선형 처리를 실행함으로써 디지털 오디오 신호를 왜곡시켜서 고조파 성분의 신호를 발생시키고, 이 고조파 성분의 신호를 갖는 디지털 오디오 신호를 승산기(4)에 출력한다. 고조파 발생기(3)는, 예를 들면 그 일례로서, 도 4에 나타낸 바와 같이, 절대치 연산기(51)와, DC 오프셋 제거 회로(52)를 구비해서 구성되며, 여기서, DC 오프셋 제거 회로(52)는, 감산기(53)와, 평균화 회로(54)와,  $1/2$  승산기(55)를 구비해서 구성된다.

도 4에 있어서, 절대치 연산기(51)는, 입력된 디지털 오디오 신호에 대하여, 예를 들면 전파(全波) 정류 처리 등의 비선형 처리를 실행한 후, 비선형 처리 후의 디지털 오디오 신호를 DC 오프셋 제거 회로(52)의 감산기(53) 및 평균화 회로(54)에 출력한다. 절대치 연산기(51)는, 정(正)의 진폭을 갖는 신호를 그대로 출력하는 한편, 부(負)의 진폭을 갖는 신호를 부의 진폭과 동일한 절대치를 갖는 정(正)의 진폭으로 변환해서 출력한다. 그 때문에, 부의 진폭을 갖는 신호는 제로 레벨을 경계로 해서 정 측으로 뒤집어 접어지므로 고조파 성분이 발생한다. 이어서, 평균화 회로(54)는, 샘플링 주파수  $f_s$ 에 비교해서 대단히 낮은, 예를 들면  $0.0001f_s$  정도의 차단 주파수를 갖는 저역 통과 필터를 구비해서 구성되며, 소정의 시간 기간(예를 들면, 샘플링 주기  $T_s$ 에 비교해서 충분히 긴 시간 기간)에 대하여, 입력되는 디지털 오디오 신호의 진폭의 시간 평균치를 연산하고, 이 시간 평균치를 갖는 디지털 신호를  $1/2$  승산기(55)에 출력한다. 그리고,  $1/2$  승산기(55)는, 입력되는 디지털 신호에 대하여  $1/2$ 을 승산하고, 승산 결과의 값을 갖는 디지털 신호를, DC 오프셋량을 나타내는 디지털 신호로서 감산기(53)에 출력한다. 또한, 감산기(53)는, 절대치 연산기(51)로부터 출력되는 디지털 오디오 신호로부터,  $1/2$  승산기(55)로부터 출력되는 디지털 신호를 감산함으로써, DC 오프셋을 제거하고 있다.

본 실시형태에 있어서, 입력 단자(T1)를 통해서 입력되는 디지털 신호는 제로 레벨을 기준으로 한 신호이며, 도 1 내의 각각의 회로로부터의 출력 디지털 신호 및 출력 단자(T2)로부터의 디지털 신호도 제로 레벨을 기준으로 할 필요가 있지만, 고조파 발생기(3)에의 입력 디지털 신호는 제로 레벨을 기준으로 한 신호이어도, 비선형 처리를 실행하기 위한 절대치 연산기(51)에 의해 정의 레벨로 변환되기 때문에, DC 오프셋이 발생한다. 그래서, 절대치 연산기(51)로부터의 출력 디지털 신호에 대하여, 평균화 회로(54)로 평균치를 연산하고, 그 평균치의 2분의 1을 절대치 연산기(51)로부터의 출력 디지털 신호로부터 감산함으로써 DC 오프셋을 제거하고 있다.

그리고, 입력된 디지털 오디오 신호의 레벨을 기준으로 해서 고조파 발생기(3)에서 발생된 고조파 성분(즉, 입력된 디지털 오디오 신호의 레벨에 실질적으로 비례하도록 대응한 레벨을 갖는 고조파 성분)을 포함하는 디지털 신호는, 도 1에 나타낸 바와 같이, 승산기(4)에 출력된다.

또한, 도 1의 랜덤 잡음 발생 회로(11)는 주파수 0~pfs/2의 대역을 갖고, 시간 축에 대하여 랜덤한 진폭 레벨을 갖는 디지털 오디오 신호를 발생하고, 즉, 입력 단자(T1)를 통해서 입력된 디지털 오디오 신호와는 상관없이 발생시킨 디더(dither) 신호인 랜덤 잡음 신호를 발생해서 절대치 연산기(12)에 출력한다. 이어서, 절대치 연산기(12)는 입력되는 랜덤 잡음 신호에 대하여 절대치 연산 처리를 실행하는 연산기로서, 정의 진폭을 갖는 신호를 그대로 디지털 저역 통과 필터(13)에 출력하는 한편, 부의 진폭을 갖는 신호를 부의 진폭과 동일한 절대치를 갖는 정의 진폭으로 변환해서 디지털 저역 통과 필터(13)에 출력한다. 여기서, 절대치 연산기(12)는, 랜덤 잡음 신호의 부호의 변화에 관계없이, 고조파 발생기(3)로부터의 고조파 성분에 대하여 승산기(4)로 소정의 부호를 갖는 랜덤 잡음 신호를 승산하기 위해서 설치된다. 또한, 디지털 저역 통과 필터(13)는, 100Hz 내지 20kHz의 범위이며, 바람직하게는 1kHz 내지 2kHz의 최고 차단 주파수를 가지고, 입력되는 절대치 연산 후의 랜덤 잡음 신호를 저역 통과 여파해서 가변 증폭기(14)를 통해서 승산기(4)에 출력한다.

여기서, 가변 증폭기(14)는 레벨 제어 회로이며, 입력되는 디지털 신호의 레벨(진폭 값)을, 제어 신호에 근거한 증폭도(이 증폭도는 정의 증폭 처리도 있지만, 부의 감쇠 처리도 가능하다)로 변화시키고, 레벨 변화 후의 디지털 신호를 승산기(4)에 출력한다. 또한, 가변 증폭기(14)에서는, 고조파 발생기(3)로부터의 디지털 오디오 신호의 레벨과, 저역 통과 필터(13)로부터의 잡음 신호의 레벨을 상대적으로 조정하기 위해서 이용된다. 이 조정은, 바람직하게는, 승산기(4)에서의 진폭 변조가 예를 들면 80% 내지 100%의 변조도가 되도록 설정된다.

도 1의 랜덤 잡음 발생 회로(11)는, 구체적으로는, 예를 들면 도 5에 나타낸 바와 같이 구성된다. 도 5에 있어서, 랜덤 잡음 발생 회로(11)는, 복수 N개의 의사(擬似) 잡음 계열 잡음 신호 발생 회로(이하에, PN 계열 잡음 신호 발생 회로라고 한다)(60-n)(n=1, 2, ..., N)와, 가산기(61)와, DC 오프셋 제거용 정수 신호 발생기(63)와, 감산기(64)를 구비해서 구성된다. 여기서, 각각의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)는, 서로 독립한 초기치(初期値)를 가지며, 예를 들면, M 계열 잡음 신호인 한결같이 랜덤한 진폭 레벨을 갖는 의사 잡음 신호를 발생해서 가산기(61)에 출력한다. 이어서, 가산기(61)는 복수의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-1) 내지 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-N)로부터 출력되는 복수 N개의 의사 잡음 신호를 가산하여, 가산 결과의 의사 잡음 신호를 감산기(64)에 출력한다. 한편, DC 오프셋 제거용 정수 신호 발생기(63)는, 복수 N개의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-1) 내지 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-N)로부터의 의사 잡음 신호의 시간 평균치의 합인 DC 오프셋 제거용 정수 신호를 발생해서 감산기(64)에 출력한다. 그리고, 감산기(64)는, 의사 잡음 신호의 합으로부터 DC 오프셋 제거용 정수 신호를 감산함으로써, DC 오프셋이 없는 디더 신호를 발생해서 출력한다.

여기서, 각각의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)(n=1, 2, ..., N)는, 도 6에 나타낸 바와 같이, 32비트 카운터(71)와, 배타적 논리합 게이트(72)와, 클럭 신호 발생기(73)와, 초기치 데이터 발생기(74)를 구비해서 구성된다. 32비트 카운터(71)에는, 초기치 데이터 발생기(74)로부터 각각의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)마다에 서로 상이한 32비트의 초기치가 설정된 후, 클럭 신호 발생기(73)에 의해 발생되는 클럭 신호에 근거하여, 32비트 카운터(71)는 1씩 증가하도록 계수한다. 32비트 카운터(71)의 32비트의 데이터(0~31번째 비트의 데이터를 포함한다) 중, 최상위 비트(MSB; 31번째 비트)의 1비트 데이터와, 그 3번째 비트의 1비트 데이터는, 배타적 논리합 게이트(72)의 입력 단자에 입력되고, 배타적 논리합 게이트(72)는 배타적 논리합의 연산 결과인 1비트 데이터를 32비트 카운터(71)의 최하위 비트(LSB)에 설정한다. 그리고, 32비트 카운터(71)의 하위 8비트의 데이터는 PN 계열 잡음 신호로서 출력된다. 이렇게 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)를 구성함으로써, 각각의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)로부터 출력되는 PN 계열 잡음 신호는 서로 독립한 8비트의 PN 계열 잡음 신호가 된다.

도 6의 예에서는, 각각의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)로 서로 독립한 8비트의 PN 계열 잡음 신호를 발생하기 위해서, 상술한 바와 같이 구성하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 아래와 같이 구성해도 좋다.

(1) 32비트 카운터(71)로부터 취출하는 PN 계열 잡음 신호의 8비트의 비트 위치를 서로 상이하게 한다. 즉, PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-1)에서는 최하위 8비트로부터 8비트의 PN 계열 잡음 신호를 취출하고, PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-2)에서는 최하위 8비트보다 바로 위의 8비트로부터 PN 계열 잡음 신호를 취출하고, 이하에 마찬가지로 해서 PN 계열 잡음 신호를 취출한다.

(2) 대신하여, 배타적 논리합 게이트(72)에 입력하는 1비트 데이터를 취출하는 32비트 카운터(71)의 비트 위치를 각각의 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)로 서로 상이하게 한다.

(3) 혹은, 도 6의 예와, 상기 (1)의 변형 예와, 상기 (2)의 변형 예 중 적어도 2개를 조합한다.

그리고, 서로 독립한 복수 개의 PN 계열 잡음을 가산함으로써, 도 7, 도 8 및 도 9에 나타낸 바와 같이, 진폭 레벨에 대하여 확률 밀도를 갖는 PN 계열 잡음 신호를 발생시킬 수 있다. 예를 들면, n=1일 때는, 대개, 도 7에 나타낸 바와 같이, 진폭 레벨에 대하여 한결같은 분포의 확률 밀도를 갖는 백색 잡음 신호를 발생시킬 수 있다. 또한, n=12일 때, 중심 극한 정리를 이용하면, 가우스 분포는 분산이 1/12이기 때문에 12개의 한결같은 난수(亂手)를 발생하는 PN 계열 잡음 신호 발생 회로(60-n)로부터의 각각의 PN 계열 잡음 신호를 가산함으로써, 도 9에 나타낸 바와 같이, 대개, 진폭 레벨에 대하여 가우스 분포의 확률 밀도를 갖는 가우스 분포형 잡음 신호를 발생시킬 수 있다. 또한, n=3일 때, 도 8에 나타낸 바와 같이, 가우스 분포에 가깝고, 가우스 분포로부터 약간 큰 분산을 갖고, 진폭 레벨에 대하여 벨형 분포 또는 범종형 분포의 확률 밀도를 갖는 벨 분포형(범종형) 잡음 신호를 발생시킬 수 있다. 이상 설명한 바와 같이, 도 5 및 도 6의 회로를 구성하고, 예를 들면, 도 8 또는 도 9의 잡음 신호를 발생함으로써, 소규모인 회로로서, 자연음이나 악음(樂音) 신호에 가까운 디터 신호를 발생시킬 수 있다.

도 1에 돌아가 참조하면, 승산기(4)는 진폭 변조를 위한 연산기로서, 고조파 발생기(3)로부터 출력되는 고조파 성분의 디지털 오디오 신호인 반송파를, 가변 증폭기(14)로부터 출력되는 대역 제한되고 또한 원음과는 상관이 없는 잡음 신호를 따라 진폭 변조를 실행하고, 즉, 이것들 2개의 신호를 승산함으로써, 예를 들면 고조파 성분의 디지털 오디오 신호의 복수의 반송파와 그것을 중심으로 해서 상기 저역 통과 필터(13)에 의해 대역 제한된 잡음 신호의 양측파 대역 성분을 갖는 복수의 진폭 변조 신호를 포함하고, 또한 입력 단자(T1)를 통해서 입력된 디지털 오디오 신호의 레벨에 대응한 레벨을 갖는 디지털 대역 확장 신호를 발생해서 디지털 대역 통과 필터(5) 내의 디지털 고역 통과 필터(7)에 입력된다.

디지털 대역 통과 필터(5)는, 도 1에 나타낸 바와 같이, 디지털 고역 통과 필터(7)와, 디지털 저역 통과 필터인 1/f 특성 필터(8)를 종속 접속해서 구성되며, 예를 들면, 입력되는 디지털 오디오 신호가 CD 플레이어 등으로부터의 압축되지 않고 있는 디지털 신호일 때, 디지털 대역 통과 필터(5)는 바람직하게는 이하의 규격을 갖는다.

(1) 저역 측의 차단 주파수  $f_{LC}$ =개략  $f_s/2$ .

(2) 저역 측의 차단 특성은 주파수  $f_s/4$ 에서 80dB 이상의 감쇠량. 그 감쇠량은, 원음의 양자화수에 근거하는 SN비 근방으로 된다. 예를 들면 원음의 양자화수가 16비트라면, 이론적인 SN은 98dB이 되므로, 바람직하게는, 80~100dB 이상의 감쇠량을 갖는다. 여기서, 저역 측의 차단 특성이 완만할수록, 부드러운 음질이 되는 한편, 저역 측의 차단 특성이 가파를수록, 날카로운 음질 경향으로 된다. 후자의 경우, 원음의 음질 경향을 손상하는 일 없이, 대역 확장의 효과가 나온다. 따라서, 디지털 저역 통과 필터(7)를, 상기 저역 측의 차단 특성을, 외부의 컨트롤러로부터 사용자의 지시 신호를 따라서, 예를 들면 상기 2개의 특성 사이에서 선택적으로 변화할 수 있도록 전환 가능하게 하는 것이 바람직하다.

(3) 고역 측의 차단 주파수  $f_{HC}$ =개략  $f_s/2$ .

(4) 고역 측의 차단 특성은 -6dB/oct(도 10 참조).

여기서, 1/f 특성 필터(8)는, 도 10에 나타낸 바와 같이, 주파수 0으로부터  $f_s/2$ 까지의 대역(B1)보다도 높고, 주파수  $f_s/2$ 로부터  $p \cdot f_s/2$ 까지의 대역(B2)에 있어서 -6dB/oct의 경사를 갖는 감쇠 특성을 구비한, 소위 1/f 특성의 저역 통과 필터이다. 여기서, p는 오버샘플링율로, 예를 들면 2 이상 대개 8까지의 정수이다.

디지털 대역 통과 필터(5)는, 입력되는 디지털 신호를 상술한 바와 같이 대역 통과 여파해서, 대역 통과 여파 후의 디지털 대역 확장 신호를 가변 증폭기(6)를 통해서 가산기(2)에 출력한다. 또한, 가산기(2)는, 가변 증폭기(6)로부터의 디지털 대

역 확장 신호를, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 저역 통과 여파된 디지털 오디오 신호에 가산함으로써, 원음의 디지털 오디오 신호에 있어서 디지털 대역 확장 신호를 포함하는 가산 결과의 디지털 오디오 신호를 출력 단자(T2)를 통해서 출력한다.

여기서, 가변 증폭기(6)는 가변 증폭기(14)와 마찬가지로 레벨 제어 회로로서, 입력되는 신호의 레벨(진폭 값)을, 제어 신호에 근거한 증폭도(이 증폭도는 정의 증폭 처리도 있지만, 부의 감쇠 처리도 가능하다)로 변화시키고, 레벨 변화 후의 신호를 가산기(2)에 출력한다. 가변 증폭기(6)에서는, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호의 레벨과, 디지털 대역 통과 필터(5)로부터의 디지털 대역 확장 신호의 레벨을 상대적으로 조정하기 위해서 이용된다. 이 조정은, 바람직하게는, 가산기(2)에 있어서, 예를 들면 주파수  $f_s/2$ 에 있어서 이것들 2개 신호의 레벨이 실질적으로 일치하도록, 즉 스펙트럼의 연속성을 유지하도록 설정한다.

이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 제1 실시형태에 의하면, 입력된 디지털 오디오 신호가 갖는 대역 이상에서 악음 신호와 마찬가지로의 스펙트럼 구조를 갖는(즉, 디터 신호의 발생 빈도를 대략 가우스 분포나 벨 분포로 함으로써 자연음과 대략 상사(相似)의 발생 메커니즘을 갖는다) 고조파 성분이나 디터 신호를 발생시키고, 입력된 디지털 오디오 신호의 고역 스펙트럼 강도에 상응해서 이 발생시킨 고조파 성분의 디지털 신호인 반송파를, 디터 신호 등의 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호인 잡음 신호에 따라 진폭 변조함으로써 얻어진 대역 확장 신호를 입력된 디지털 오디오 신호에 가산함으로써, 종래 기술에 비해서 용이하게 오디오 대역이 확장된 디지털 오디오 신호를 발생시킬 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이 진폭 변조에 의해 얻어진 대역 확장 신호는 원음의 레벨에 따라서 변화되고 또한 스펙트럼의 연속성을 유지하고 있으므로, 대역 확장 신호의 고역 성분은 인공적인 것이 아니고, 원음에 대하여 자연스럽게 들린다고 하는 특유한 효과를 갖는다.

또한, 본 실시형태의 오디오 신호 대역 확장 장치에 있어서의 신호 처리는 모두 디지털 신호 처리이기 때문에, 회로를 구성하는 부품의 변동이나 온도 특성에 의해 성능 변동이 발생하지 않는다. 또한, 오디오 신호가 회로를 통과할 때마다 음질 열화(劣化)가 발생하는 일도 없다. 또한, 구성하고 있는 필터의 정밀도 추구를 실행해도 아날로그 회로 구성과 비교해서, 회로 규모가 커지는 일도 없고, 제조 비용의 증가에 연결되지 않는다.

이상의 실시형태에 있어서는, 고조파 발생기(3)를 구성하기 위해서, 전파(全波) 정류 회로인 도 4의 절대치 연산기(51)를 이용했지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 절대치 연산기(51)에 대신하여, 입력된 디지털 오디오 신호의 정의 부분만을 출력하고, 입력된 디지털 오디오 신호의 부의 부분을 제로 레벨로 해서 출력하는 반파(半波) 정류 회로를 이용해도 좋다.

이상의 실시형태에 있어서는,  $1/f$  특성 필터(8)를 이용하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고,  $1/f$  특성 필터(8)에 대신하여, 도 11의 감쇠 특성을 갖는  $1/f^2$  특성 필터를 구비해도 좋다. 여기서,  $1/f^2$  특성 필터는, 도 11에 나타난 바와 같이, 주파수 0으로부터  $f_s/2$ 까지의 대역(B1)보다도 높고, 주파수  $f_s/2$ 로부터  $p \cdot f_s/2$ 까지의 대역(B2)에 있어서  $-12\text{dB/oct}$ 의 경사를 갖는 감쇠 특성을 구비한, 소위  $1/f^2$  특성의 저역 통과 필터이다.

이상의 실시형태에 있어서는, 입력되는 디지털 오디오 신호가 CD 플레이어 등으로부터의 압축되지 않고 있는 디지털 신호일 때의 디지털 대역 통과 필터(5)의 바람직한 규격에 대해서 설명했지만, 입력되는 디지털 오디오 신호가, MD(Mini Disk) 플레이어로부터의 디지털 신호(이하에, MD 신호라고 한다), 혹은, MPEG-4의 오디오 신호로 이용되는 AAC(Advanced Audio Coding)에 의해 압축 부호화된 디지털 오디오 신호(이하에, AAC 신호라고 한다)일 때는, 디지털 대역 통과 필터(5)의 저역 측 및 고역 측의 차단 주파수  $f_s/2$ 를, 이것들의 압축 음성 신호의 재생 대역 상한 주파수에 설정하는 것이 바람직하다. 여기서, MD 신호 및 AAC 신호의 샘플링 주파수  $f_s$ 는 예를 들면 44.1kHz 또는 48kHz이며, AAC 신호의 하프 레이트 신호인 경우의 샘플링 주파수  $f_s$ 는 22.05kHz 또는 24kHz이다. 전자의 경우에 있어서, 재생 대역 상한 주파수는 대개 10kHz 내지 18kHz이며, 후자의 경우에 있어서, 재생 대역 상한 주파수는 대개 5kHz 내지 9kHz이다.

이상의 실시형태에 있어서는, 랜덤 잡음 발생 회로(11)를 이용해서 랜덤 잡음 신호를 발생하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 랜덤 잡음 신호를 외부 회로에 의해 발생해서 절대치 연산기(12)에 입력하도록 해도 좋다.

이상의 실시형태에 있어서는, 랜덤 잡음 발생 회로(11)를 이용해서 랜덤 잡음 신호를 발생하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 랜덤 잡음 신호에 대신하여, 데이터 신호나 음성 신호 등 여러 가지의 신호 또는 그 변조 신호 등의 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호를 이용해도 좋다.

(제2 실시형태)

도 12는, 본 발명의 제2실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도이다. 이 제2실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치는, 도 1의 오디오 신호 대역 확장 장치에 비교해서, 원음에 상관이 없는 잡음 신호를 발생하는 랜덤 잡음 발생 회로(11)에 대신하여, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호에 근거해서 랜덤 잡음 신호를 발생하는 랜덤 잡음 발생 회로(9)를 구비한 것을 특징으로 하고 있다. 이하에, 이 상위점(相違点)에 대해서 상술한다.

도 12에 있어서, 랜덤 잡음 발생 회로(9)는, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호에 대하여 1차 델타 시그마 변조( $\Delta-\Sigma$ 변조) 처리를 실행함으로써 랜덤 잡음 신호를 발생해서 절대치 연산기(12)에 출력하는 동시에, 상기 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호를 그대로, 혹은 재양자화 후의 디지털 오디오 신호(재양자화 후의 양자화수를 감소시켰다)를 가산기(2)에 출력한다.

도 13은, 도 12의 랜덤 잡음 발생 회로(9)의 내부 구성을 나타내는 블록도이다. 도 13에 있어서, 랜덤 잡음 발생 회로(9)는, 1차 델타 시그마 변조형 양자화기(80)와, 1개의 스위치(SW)를 구비해서 구성된다. 여기서, 1차 델타 시그마 변조형 양자화기(80)는, 감산기(81)와, 재양자화를 실행하는 양자화기(82)와, 감산기(83)와, 1 샘플의 지연을 실행하는 지연 회로(84)를 구비해서 구성된다.

오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호는 그대로 스위치(SW)의 접점(b)을 통해서 가산기(2) 및 고조파 발생기(3)에 출력되는 동시에, 감산기(81)에 출력된다. 이어서, 감산기(81)는, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호로부터, 지연 회로(84)로부터의 디지털 오디오 신호를 감산하고, 감산 결과의 디지털 오디오 신호를 양자화기(82) 및 감산기(83)에 출력한다. 그리고, 양자화기(82)는, 입력되는 디지털 오디오 신호를 재양자화하고, 이 재양자화 후의 디지털 오디오 신호인 델타 시그마 변조 신호를 감산기(83)에 출력하는 동시에, 스위치(SW)의 접점(a)을 통해서 가산기(2) 및 고조파 발생기(3)에 출력한다. 또한, 감산기(83)는, 감산기(81)로부터의 디지털 오디오 신호로부터, 양자화기(82)로부터의 델타 시그마 변조 신호를 감산하고, 감산 결과의 디지털 오디오 신호인(양자화 시에 발생된다) 양자화 잡음 신호를 절대치 연산기(12)에 출력하는 동시에, 지연 회로(84)를 통해서 감산기(81)에 출력한다.

도 13의 랜덤 잡음 발생 회로(9)에 있어서, 스위치(SW)를 접점(a) 측에 전환했을 때, 가산기(2) 및 고조파 발생기(3)에는, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로 양자화한 오디오 디지털 신호를 더욱 재양자화한 오디오 디지털 신호(양자화수를 감소시킨 신호)를 출력한다. 이것에 의해, 이 오디오 신호 대역 확장 장치의 출력 단자(T2)로부터의 디지털 오디오 신호의 비트 수를 감소시켜서 출력할 수 있고, 이후의 신호 처리 수단의 회로, 혹은 연산 규모를 작게 할 수 있다. 한편, 스위치(SW)를 접점(b) 측에 전환했을 때, 가산기(2) 및 고조파 발생기(3)에는, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로 양자화한 오디오 디지털 신호를 그대로 출력한다. 이것에 의해, 이 오디오 신호 대역 확장 장치의 출력 단자(T2)로부터의 디지털 오디오 신호의 비트 수를 감소시키지 않고, 상기 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호를 그대로의 비트 수로 출력할 수 있다.

이상과 같이 구성된 랜덤 잡음 발생 회로(9)에 있어서, 오버샘플링형 저역 통과 필터(1)로부터의 디지털 오디오 신호에 근거하여, 1차 델타 시그마 변조한 변조 신호를 발생하고, 즉, 원음의 디지털 오디오 신호에 근거해서 발생된 대역 신호인 잡음 신호를 발생하는 한편, 입력된 디지털 오디오 신호의 고역 스펙트럼 강도에 상응해서 이 발생시킨 고조파 성분의 디지털 신호인 반송파를, 상기 발생된, 입력된 디지털 오디오 신호에 근거하는 잡음 신호에 따라서 진폭 변조함으로써 얻어진 대역 확장 신호를, 입력된 디지털 오디오 신호에 가산한다. 따라서, 본 실시형태에 의하면, 제1실시형태에 따른 작용 효과에 추가해서, 잡음 신호도 원음의 디지털 오디오 신호에 근거해서 발생하므로, 대역 확장 신호의 고역 성분은 인공적인 것이 아니고, 원음에 대하여 자연스럽게 들린다고 하는 특유한 효과를 갖는다.

이상의 제2실시형태에 있어서, 1차 델타 시그마 변조형 양자화기(80)를 이용하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 복수 차(次)의 델타 시그마 변조형 양자화기를 이용해도 좋다.

이상의 제2실시형태에 있어서, 델타 시그마 변조형 양자화기(80)를 이용하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 입력되는 오디오 신호를 시그마 델타 변조하는 시그마 델타 변조형 양자화기를 이용해도 좋다.

(제3실시형태)

도 14는, 본 발명의 제3실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치의 구성을 나타내는 블록도이다. 이 제3실시형태에 따른 오디오 신호 대역 확장 장치는, 도 12의 오디오 신호 대역 확장 장치에 비교해서, 가변 증폭기(86)와, 가산기(85)를 추가로 구비한 것을 특징으로 하고 있다. 이하에, 이 상위점에 대해서 설명한다.

도 14에 있어서, 랜덤 잡음 발생 회로(9)로부터의 랜덤 잡음 신호는, 가변 증폭기(86)를 통해서 가산기(85)에 출력된다. 가산기(85)는 승산기(4)와 고역 통과 필터(7)와의 사이에 삽입되어, 승산기(4)로부터 출력되는 디지털 신호와, 가변 증폭기(86)로부터의 디지털 신호를 가산하고, 가산 결과의 디지털 신호를 고역 통과 필터(7)에 출력한다.

여기서, 가변 증폭기(86)는 레벨 제어 회로로서, 입력되는 디지털 신호의 레벨(진폭 값)을, 제어 신호에 근거한 증폭도(이 증폭도는 정의 증폭 처리도 있지만, 부의 감쇠 처리도 가능하다)로 변화시키고, 레벨 변화 후의 디지털 신호를 승산기(4)에 출력한다. 또한, 가변 증폭기(86)에서는, 고조파 발생기(3)로부터의 디지털 오디오 신호와, 저역 통과 필터(13)로부터의 잡음 신호의 레벨과의 가산 결과의 디지털 신호에 대하여, 랜덤 잡음 발생 회로(9)에 의해 얻어진 랜덤 잡음의 디지털 신호를 상기 가산 결과의 디지털 신호의 레벨보다도 작은 베이스의 랜덤 잡음을 추가해서 부가하도록 조정하기 위해서 이용된다. 이 조정은, 바람직하게는, 부가하는 랜덤 잡음의 디지털 신호의 레벨이, 승산기(4)로부터의 디지털 신호의 레벨에 대하여, 예를 들면 그 10% 내지 50% 정도가 되도록 설정한다.

따라서, 본 실시형태에 의하면, 제2실시형태에 따른 작용 효과에 추가해서, 제2실시형태에 따른 대역 확장 신호에 대하여 베이스가 되는 랜덤 잡음의 디지털 신호를 부가하므로, 대역 확장 신호의 고역 성분은, 더욱 주파수 스펙트럼은 주파수에 대하여 보다 연속적으로 되고, 원음에 대하여 더욱 자연에 가깝게 들린다고 하는 특유한 효과를 갖는다.

#### (제4실시형태)

도 15는, 본 발명의 제4실시형태에 따른, 오디오 신호 대역 확장 장치의 애플리케이션의 일례인 광 디스크 재생 시스템의 구성을 나타내는 블록도이다.

이상의 제1, 제2 또는 제3실시형태에 있어서는, 오디오 신호 대역 확장 장치를, 하드웨어의 디지털 신호 처리 회로로 구성하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 예를 들면, 도 1, 도 12 또는 도 14의 구성에 있어서의 각각의 처리 단계를, 오디오 신호의 대역 확장을 실행하기 위한 신호 처리 프로그램으로 실현하고, 이 신호 처리 프로그램을 도 15의 디지털 시그널 프로세서(이하, DSP라고 한다)(101)의 프로그램 메모리(101p)에 저장해서 DSP(101)에 의해 실행해도 좋다. 또한, DSP(101)의 데이터 테이블 메모리(101d)에는, 상기 신호 처리 프로그램을 실행하기 위해서 필요한 여러 가지의 데이터를 저장한다.

도 15에 있어서, 광 디스크 재생 장치(102)는, 예를 들면 DVD 플레이어, CD 플레이어, MD 플레이어 등의 광 디스크의 콘텐츠를 재생하기 위한 장치이며, 광 디스크 재생 장치(102)에 의해 재생된 좌우의 디지털 오디오 신호는, DSP(101)에 의해 상기 신호 처리 프로그램이 실행되어서, 입력된 오디오 디지털 신호에 대하여 대역 확장된 오디오 디지털 신호를 얻고, D/A 변환기(103)에 출력된다. 이어서, D/A 변환기(103)는, 입력된 디지털 오디오 신호를 아날로그 오디오 신호에 A/D 변환해서 전력 증폭기(104a, 104b)를 통해서 좌우의 스피커(105a, 105b)에 출력한다. 여기서, 시스템 컨트롤러(100)는, 이 광 디스크 재생 시스템의 전체 동작을 제어하고, 특히, 광 디스크 재생 장치(102) 및 DSP(101)의 동작을 제어한다. 또한, DSP(101)의 프로그램 메모리(101p) 및 데이터 테이블 메모리(101d)는, 예를 들면 플래시 메모리나 EEPROM 등의 불휘발성 메모리로 구성된다.

또한, 도 1, 도 12 및 도 14에 있어서, 고역 통과 필터(7)에의 지시 신호, 및 가변 증폭기(14)에의 제어 신호에 대해서는, 예를 들면 시스템 컨트롤러(100)에 의해 발생되어서 입력되며, 이것들의 장치나 시스템의 동작을 제어할 수 있다.

이상과 같이 구성된 광 디스크 시스템에 있어서는, 광 디스크 재생 장치(102)에 의해 재생된 디지털 오디오 신호는, DSP(101)에 의해 그 신호가 적정하게 대역 확장된 후, 좌우의 스피커(105a, 105b)에 의해 재생될 수 있다.

이상 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 의하면, 도 1, 도 12 또는 도 14의 구성에 있어서의 각각의 처리 단계를, 오디오 신호의 대역 확장을 실행하기 위한 신호 처리 프로그램으로 실현하고, 이 신호 처리 프로그램을 도 15의 DSP(101)에 의해 실행하도록 구성했으므로, 신호 처리 프로그램의 기능 추가나 버그(bug) 보정 등의 버전 업(version up) 등을 용이하게 할 수 있다.

본 실시형태에 있어서, 상기 신호 처리 프로그램 및 그 실행을 위한 데이터는 각각 프로그램 메모리(101p) 및 데이터 테이블 메모리(101d)에, 제조 시에 미리 저장해도 좋고, 이것에 대신하여, 이하에 나타난 바와 같이, CD-ROM(111) 등의, 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체에 기록된 신호 처리 프로그램 및 그 실행을 위한 데이터를 각각, 컴퓨터 등의 컨트롤러를 포함하는 광 디스크 드라이브(110)에 의해 재생해서 외부 인터페이스(106)를 통해서 DSP(101) 내의 프로그램 메모리(101p) 및 데이터 테이블 메모리(101d)에 저장해도 좋다.

이상의 실시형태에 있어서는, DSP(101)를 이용하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하지 않고, 마이크로 프로세서 유닛(MPU) 등의 디지털 계산기의 컨트롤러에 의해 구성해도 좋다.

### 산업상 이용 가능성

이상 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법 또는 장치에 의하면, 소정의 대역을 갖는 입력된 오디오 신호에 근거하여, 상기 입력된 오디오 신호의 고조파를 발생하고, 상기 발생된 오디오 신호의 고조파를, 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호에 따라서 진폭 변조함으로써 진폭 변조 신호를 발생하고, 상기 발생된 진폭 변조 신호를, 소정의 대역 통과 특성을 이용하여 대역 통과 여파해서 출력하고, 상기 대역 통과 여파된 진폭 변조 신호를 상기 입력된 오디오 신호에 가산하여, 가산 결과의 오디오 신호를 출력한다. 따라서, 입력된 오디오 신호의 고조파인 반송파를, 상기 대역 신호에 따라서 진폭 변조함으로써 얻어진 대역 확장 신호를 입력된 오디오 신호에 가산함으로써, 종래 기술에 비해서 용이하게 오디오 대역이 확장된 오디오 신호를 발생시킬 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이 진폭 변조에 의해 얻어진 대역 확장 신호는 원음의 레벨을 따라서 변화되고 또한 스펙트럼의 연속성을 유지하고 있으므로, 대역 확장 신호의 고역 성분은 인공적인 것이 아니고, 원음에 대하여 자연스럽게 들린다고 하는 특유한 효과를 갖는다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

소정의 대역을 갖는 입력된 오디오 신호에 근거하여, 상기 입력된 오디오 신호의 고조파(高調波)를 발생하는 단계와,

상기 발생된 오디오 신호의 고조파를, 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호에 따라서 진폭 변조함으로써 제1변조 신호를 발생하는 단계와,

상기 발생된 제1변조 신호를, 소정의 대역 통과 특성을 이용하여 대역 통과 여파(濾波)해서 출력하는 단계와,

상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호를 상기 입력된 오디오 신호에 가산하여, 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

#### 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 진폭을 변조하는 단계 전(前)에, 상기 대역 신호의 레벨을 변화시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

#### 청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 가산하는 단계 전에, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호의 레벨을 변화시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

#### 청구항 4.

제1항 내지 제3항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 진폭을 변조하는 단계의 후(後)로서, 상기 대역 통과 여파하는 단계 전에, 상기 입력된 오디오 신호의 레벨을 변화시킨 후, 이 변화된 레벨을 갖는 오디오 신호를 상기 제1변조 신호에 가산해서 상기 대역 통과 여파하는 단계에 출력하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

#### 청구항 5.

제1항 내지 제4항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 6.

제5항에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는, 상기 입력된 오디오 신호와 상관이 없는 잡음 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 7.

제5항에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는, 상기 입력된 오디오 신호에 근거하여, 대역 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는,

소정의 랜덤 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 발생된 랜덤 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 단계는,

상기 입력된 오디오 신호를, 델타 시그마 변조형 양자화기 또는 시그마 델타 변조형 양자화기를 이용하여 양자화해서 제2 변조 신호를 발생하는 동시에, 상기 양자화 시의 양자화 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 발생된 양자화 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 단계와,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 가산하는 단계는, 상기 입력된 오디오 신호에 대신하여, 상기 입력된 오디오 신호를 양자화해서 발생된 오디오 신호를, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호에 가산해서 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 11.

제1항 내지 제10항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 대역 통과 특성의 저역 측의 차단 특성을 변화시키는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법.

### 청구항 12.

소정의 대역을 갖는 입력된 오디오 신호에 근거하여, 상기 입력된 오디오 신호의 고조파를 발생하는 고조파 발생 수단과,

상기 발생된 오디오 신호의 고조파를, 소정의 대역 폭을 갖는 대역 신호에 따라서 진폭 변조함으로써 제1변조 신호를 발생하는 진폭 변조 수단과,

상기 발생된 제1변조 신호를, 소정의 대역 통과 특성을 이용하여 대역 통과 여파해서 출력하는 대역 통과 여파 수단과,

상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호를 상기 입력된 오디오 신호에 가산하여, 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 진폭 변조 수단의 전단(前段)에, 상기 대역 신호의 레벨을 변화시키는 제1의 레벨 변화 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 14.

제12항 또는 제13항에 있어서, 상기 가산 수단의 전에, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호의 레벨을 변화시키는 제2의 레벨 변화 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 15.

제12항 내지 제14항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 진폭 변조 수단의 후단(後段)으로서, 상기 대역 통과 여파 수단의 전단에, 상기 입력된 오디오 신호의 레벨을 변화시킨 후, 이 변화된 레벨을 갖는 오디오 신호를 상기 제1변조 신호에 가산해서 상기 대역 통과 여파하는 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 16.

제12항 내지 제15항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 대역 신호를 발생하는 대역 신호 발생 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은, 상기 입력된 오디오 신호와 상관이 없는 잡음 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 18.

제16항에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은, 상기 입력된 오디오 신호에 근거하여, 대역 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 19.

제17항에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은,

소정의 랜덤 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 발생된 랜덤 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 20.

제18항에 있어서, 상기 대역 신호 발생 수단은,

상기 입력된 오디오 신호를, 델타 시그마 변조형 양자화기 또는 시그마 델타 변조형 양자화기를 이용하여 양자화해서 제2 변조 신호를 발생하는 동시에, 상기 양자화 시의 양자화 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 발생된 양자화 잡음 신호의 절대치를 연산하여, 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를 발생하는 수단과,

상기 절대치를 갖는 랜덤 잡음 신호를, 소정의 저역 통과 특성을 이용하여 저역 통과 여파해서 상기 대역 신호로서 출력하는 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 21.

제20항에 있어서, 상기 가산 수단은, 상기 입력된 오디오 신호에 대신하여, 상기 입력된 오디오 신호를 양자화해서 발생된 오디오 신호를, 상기 대역 통과 여파된 제1변조 신호에 가산해서 가산 결과의 오디오 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 22.

제12항 내지 제21항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 대역 통과 여파 수단의 대역 통과 특성의 저역 측의 차단 특성을 변화시키는 수단을 추가로 구비한 것을 특징으로 하는 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 장치.

### 청구항 23.

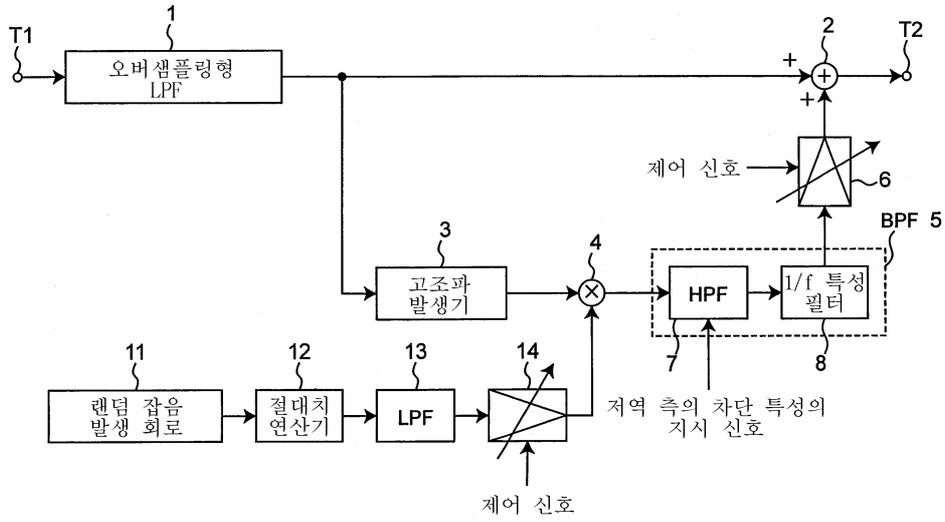
제1항 내지 제11항 중의 어느 한 항에 기재한 오디오 신호의 대역을 확장하기 위한 방법에 있어서의 각각의 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램.

### 청구항 24.

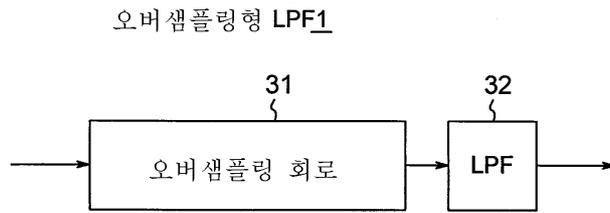
제23항에 기재한 프로그램을 저장한 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

도면

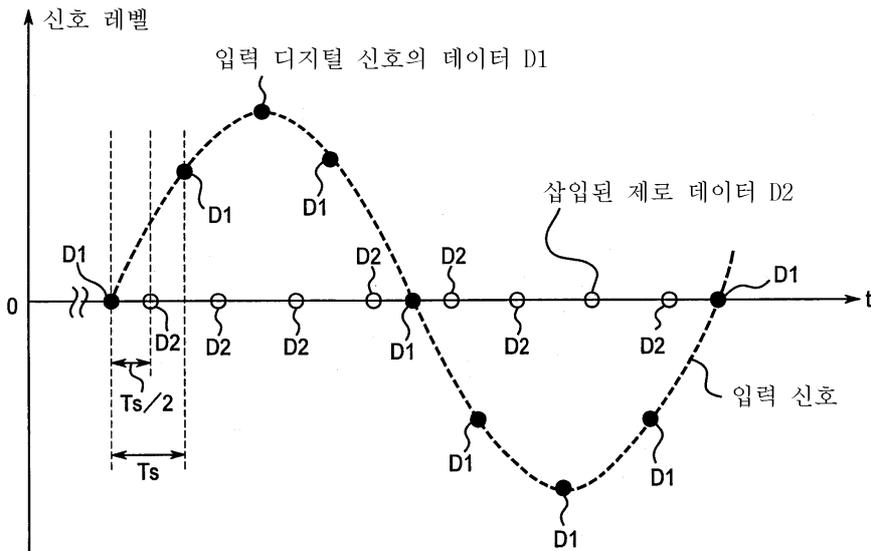
도면1



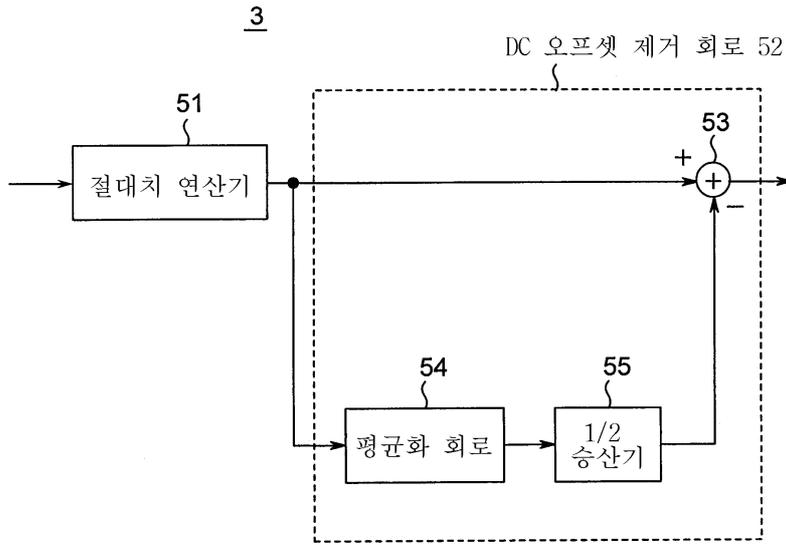
도면2



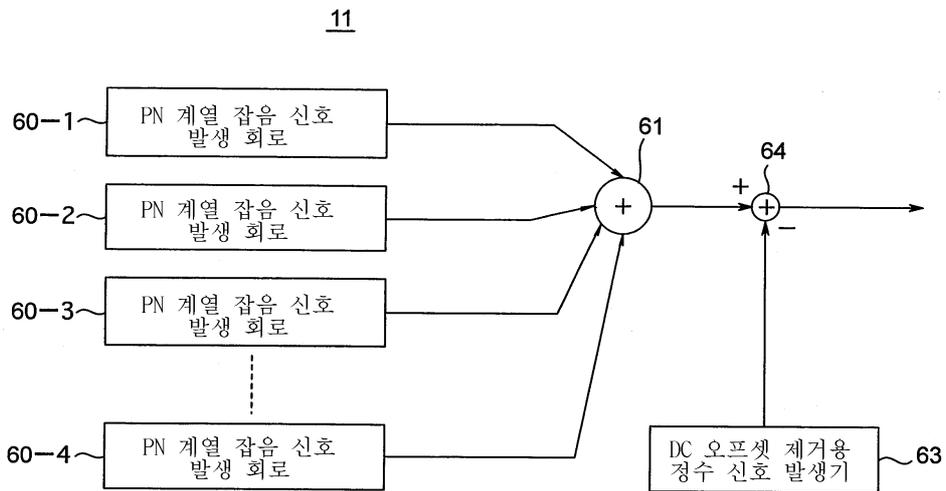
도면3



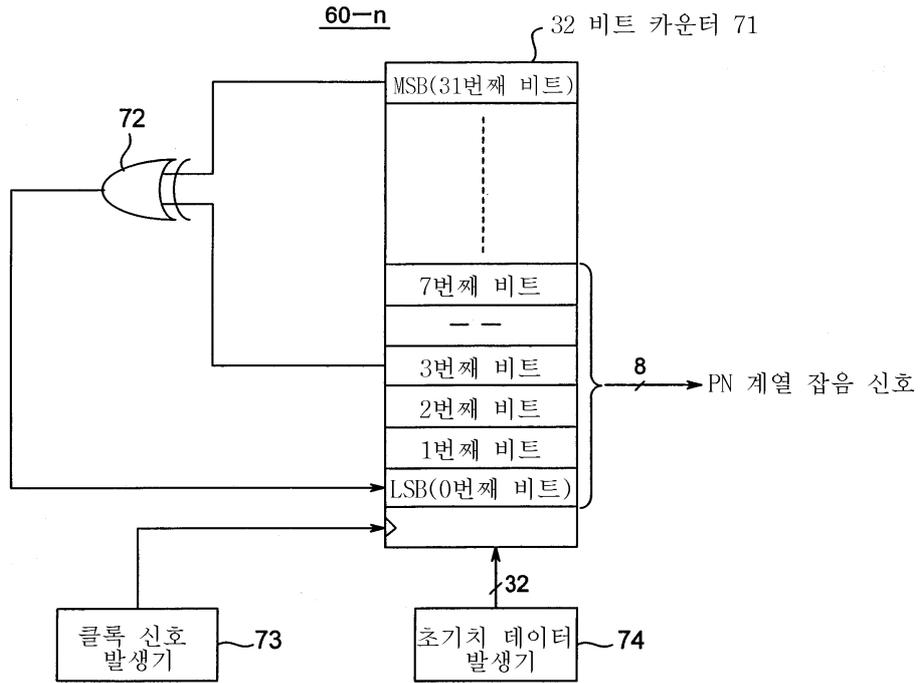
도면4



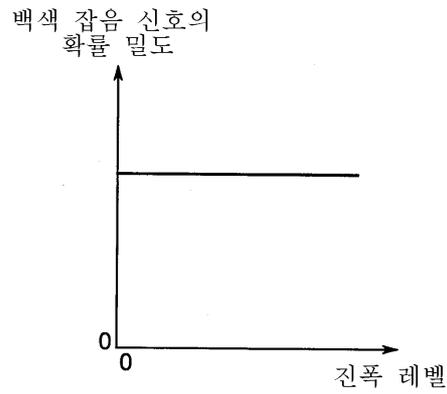
도면5



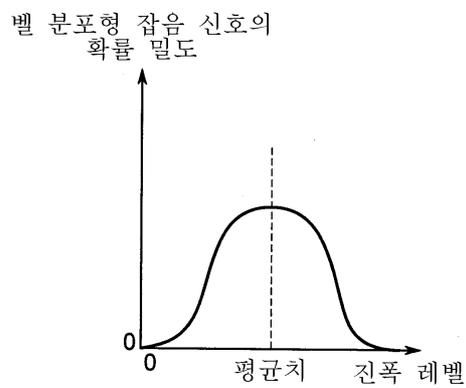
도면6



도면7

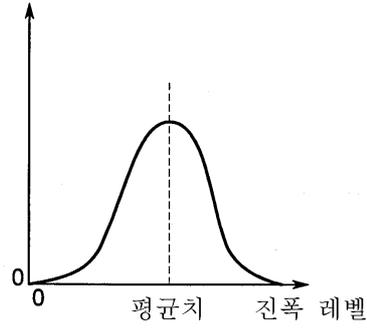


도면8

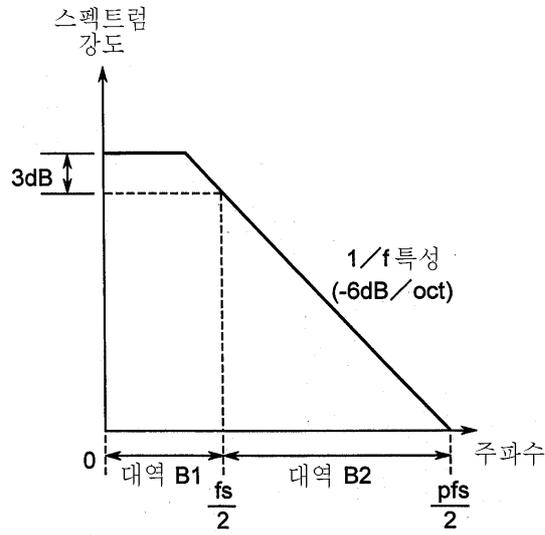


도면9

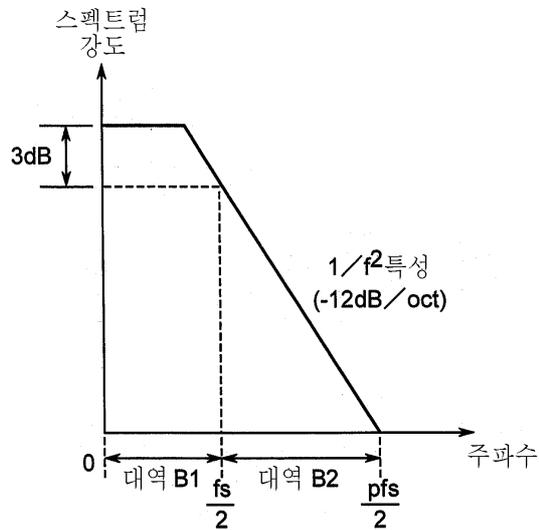
가우스 분포형 잡음 신호의  
확률 밀도



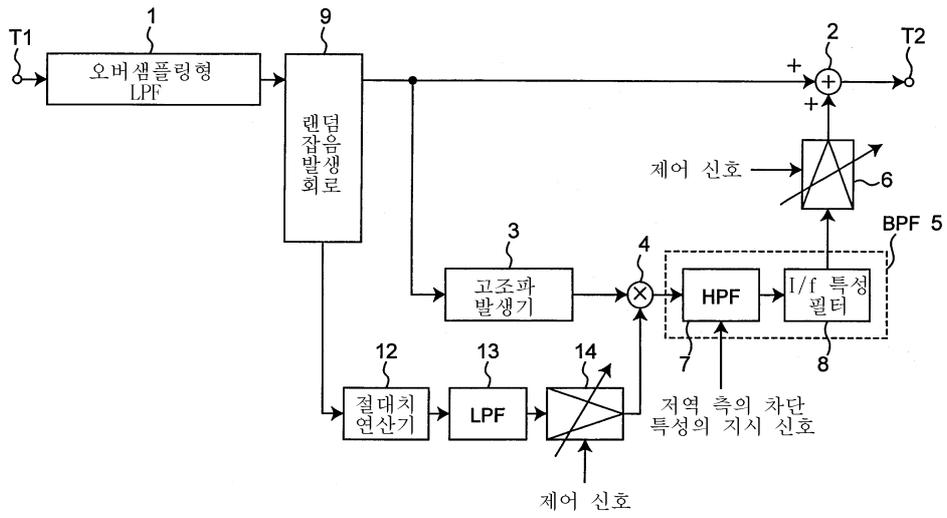
도면10



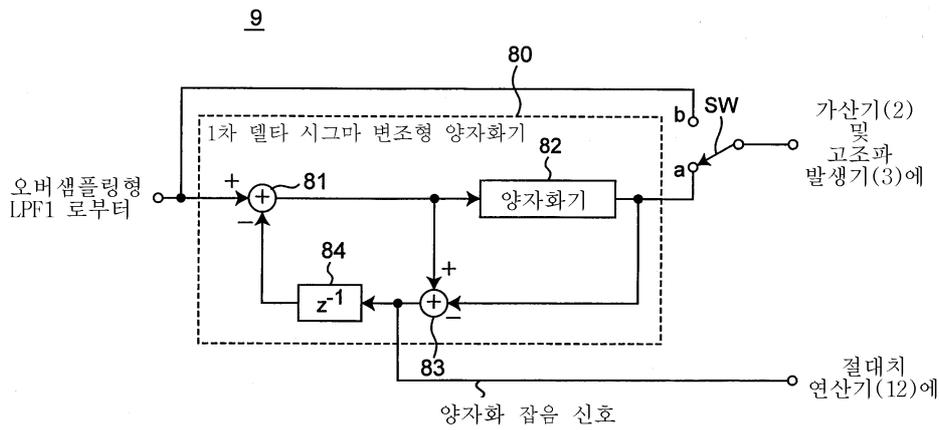
도면11



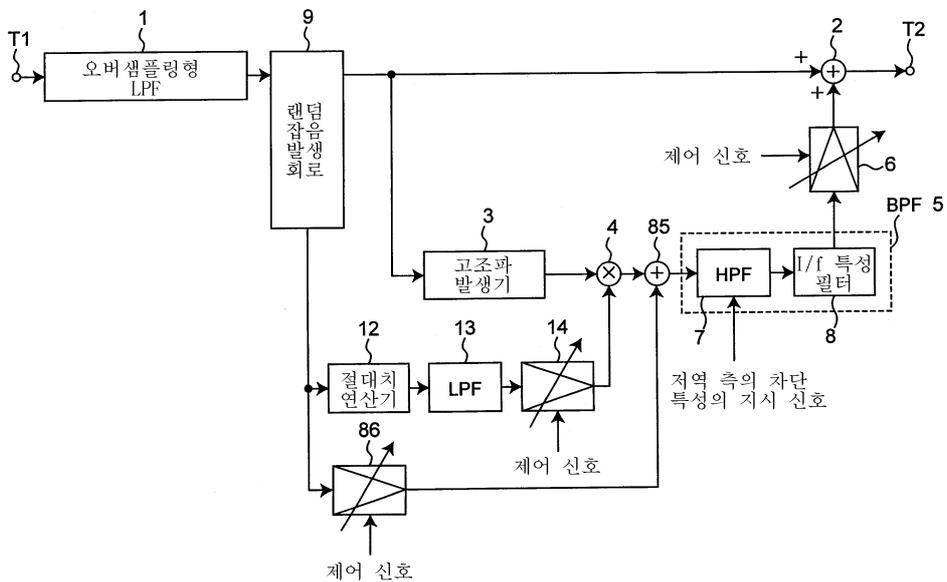
도면12



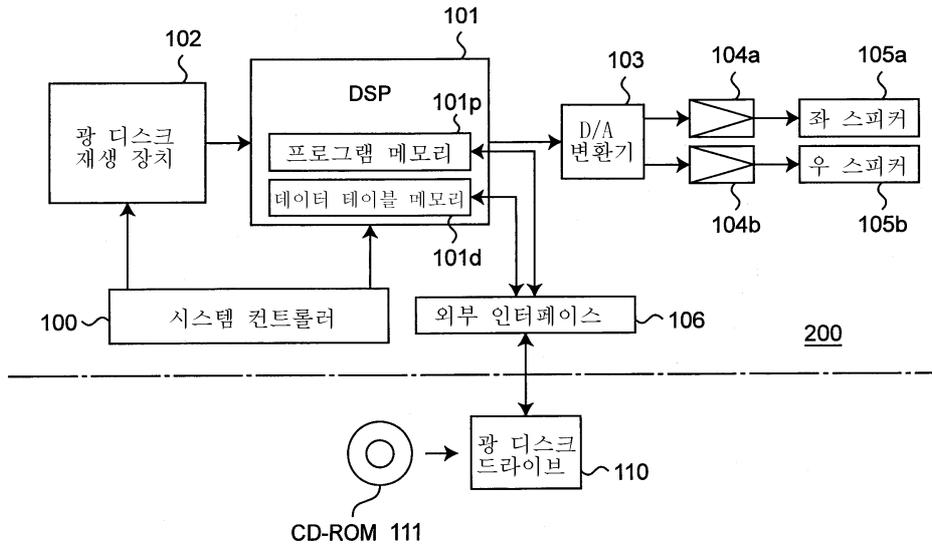
도면13



도면14



도면15



도면16

