(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
G10L 21/02

(11) 공개번호 10-2004-0066835
(43) 공개일자 2004년07월27일

(21) 출원번호 10-2004-7007755
(22) 출원일자 2004년05월21일
번역문 제출일자 2004년05월21일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2002/004606
(87) 국제공개번호 wo 2003/044777
(86) 국제출원출원일자 2002년10월30일
(87) 국제공개일자 2003년05월30일

(30) 우선권주장 01204498.8 2001년11월23일 EP(EP)

(71) 출원인 코닌클리즈케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.
네덜란드 엔엘-5621 베에이 아인드호펜 그로네보드세베그 1

(72) 발명자 스메츠조
네덜란드엔엘-5656에이에이아인드호펜홀스트란6

반데파르스티븐엘제이디이
네덜란드엔엘-5656에이에이아인드호펜홀스트란6

(74) 대리인 김창세
김원준

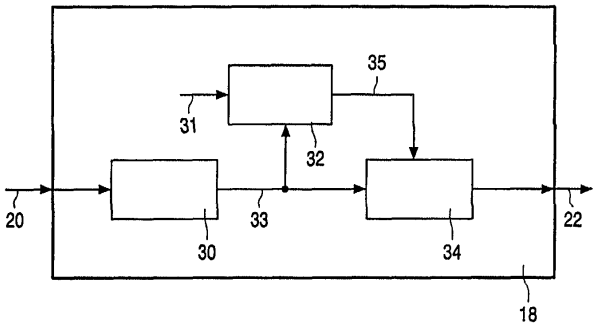
심사청구 : 없음

(54) 대역폭 확장기 및 광대역 오디오 신호 생성 방법

요약

본 발명은 전송 채널을 통해서 협대역 오디오 신호(a narrowband audio singal)를 수신기로 전송하는 전송기를 포함하는 전송 시스템에 관한 것이다. 상기 수신기는 협대역 오디오 신호로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 대역폭 확장기(a bandwidth extender)(18)를 포함한다. 상기 대역폭 확장기(18)는 상기 입력부(20)에 접속된 스펙트럼 폴딩 수단(spectral folding means)(30)을 포함한다. 또한, 상기 대역폭 확장기(18)는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부에 따라 잡음 신호(31)를 성형(shaping)함으로써 성형된 잡음 신호(35)를 생성하는 잡음 성형기(a noise shaper)를 더 포함하며, 상기 대역폭 확장기(18)는 상기 성형된 잡음 신호(35)와 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 상기 광대역 오디오 신호로 결합하는 결합기(42)를 더 포함한다. 이처럼, 성형된 잡음 신호(35)를 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(33)에 결합시킴으로써 보통 스펙트럼 폴딩에 의해서 유발되는 금속성의 소리가 차단된다.

대표도



명세서

기술분야

본 발명은 협대역 오디오 신호(a narrowband audio singal)로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 대역폭 확장기에 관한 것이며, 상기 협대역 오디오 신호는 제 1 대역폭을 가지며 상기 광대역 오디오 신호는 제 2 대역폭을 가지고 상기 제 2 대역폭은 상기 제 1 대역폭보다 크며, 상기 대역폭 확장기는 상기 협대역 오디오 신호를 수신하기 위한 입력부 및 상기 광대역 오디오 신호를 공급하기 위한 출력부를 포함하고 상기 대역폭 확장기는 상기 입력부에 접속된 스펙트럼 폴딩 수단(spectral folding means)을 더 포함하며 상기 스펙트럼 폴딩 수단은 상기 협대역 오디오 신호의 적어도 일부를 스펙트럼적으로 폴딩함으로써 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호를 생성한다.

또한, 본 발명은 전송 채널을 통해서 협대역 오디오 신호를 수신하는 수신기에 관한 것이며, 이 수신기는 협대역 오디오 신호로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 대역폭 확장기를 포함하며, 한편, 본 발명은 협대역 오디오 신호 수신 방법 및 협대역 오디오 신호로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

문헌 'Speech Enhancement Via Frequency Bandwidth Extension Using Line Spectral Frequencies' by S.Chennoukh, A.Gerrits, G. Miet and R. Sluijter in the proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Salt Lake City, Utah, May 8-11, 2001 은 무선 채널, 동축 케이블 또는 광섬유와 같은 전송 매체로부터 수신된 가령 스피치 신호 또는 뮤직 신호와 같은 오디오 신호에 대해서 사용된다. 다른 가능한 애플리케이션은 자동 응답 기계, 받아쓰기 기계, 이동 전화, MP3 플레이어 및 음성 책자 등이다.

기존의 전화망에서 사용되는 협대역 스피치는 3100 Hz (300 내지 3400 Hz)의 대역폭을 갖는다. 만일 대역폭이 약 7 KHz (50 내지 7000 Hz)로 증가하게 되면 이 스피치는 보다 자연스럽게 들린다. 이러한 대역폭을 갖는 스피치는 광대역 스피치로 지칭되며 추가적인 저대역(50 내지 300 Hz) 및 고대역(3400 - 7000 Hz)을 갖는다. 이 협대역 스피치 신호로부터, 외삽법(extrapolation)에 의해서 고대역 및 저대역을 생성할 수 있다. 이렇게 생성된 스피치 신호는 의사 광대역 스피치 신호(a pseudo-wideband speech signal)로 지칭된다. 협대역 신호의 대역폭을 확장시키는 몇몇 기술이 가령 문헌 'A new technique for wiseband enhancement of coded narrowband speech', IEEE Speech Coding Workshop 1999, June 20-23, 1999, Porvoo, Finland 에 알려져 있다. 이 기술은 가령 협대역 네트워크에서 그 네트워크를 변경시키지 않으면서 스피치 품질을 개선하는 데 사용된다. 수신측에서(가령, 이동 전화 또는 자동 응답 기계 쪽에서), 이 협대역 스피치는 의사 광대역 스피치로 확장될 수 있다.

도 5는 알려진 전송 시스템에서 사용되는 대역폭 확장기(18)의 블록도이다. 8 kHz에서 샘플링되고 대역폭 확장기(18)의 입력부(20)에 제공되는 입력 협대역 스피치 신호는 업 샘플러(60)에 의해서 2 배 업 샘플링된다(즉, 제로가 입력 협대역 스피치 신호의 연속하는 샘플들 간에 삽입된다). 이렇게 획득된 업 샘플링된 신호(61)는 16 kHz에서 샘플링된다. 이 신호는 저대역 즉 0 내지 4 kHz에서는 입력 신호와 동일하며 고대역 즉 4 내지 8 kHz에서는 자신의 폴딩된 버전(a folded version)과 동일한 스펙트럼을 갖는다. 이어서, 신호(61)는 저역 통과 필터(62)에서 저역 통과 필터링되며 이로써 폴딩된 버전이 제거되며 입력 신호와 동일한 스펙트럼 특성을 회복하게 되지만 이제는 16 kHz에서 샘플링된다. 저역 통과 필터링된 신호(63)는 LPC 분해 필터(70) 및 다운 샘플러(64)에 제공된다.

저역 통과 필터링된 신호(63)는 다운 샘플러(64)에 의해서 2 배 다운 샘플링된다. 이어서, 이렇게 다운 샘플링된 신호(65)(8 kHz에서 샘플링됨)는 LPC 분해 필터(66)에 의해서 자동 후행 LPC 모델(an auto-regressive LPC model)을 사용하여 모델링된다. 이 LPC 분해 필터(66)는 다운 샘플링된 신호(65)로부터 LPC 계수(67)를 유도한다. 이 LPC 계수(67)는 입력 협대역 스피치 신호의 스펙트럼을 나타낸다. 다음에, 이 협대역 LPC 계수(67)가 엔벨로프 확장기(an envelope extender)(68)에 의해 사용되어 협대역 신호의 스펙트럼 엔벨로프를 확장시키고 광대역 LPC 계수(69)를

유도한다. 이러한 스펙트럼 엔벨로프 확장은 저대역 라인 스펙트럼 주파수(LSF)를 광대역 LSF로 맵핑함으로써 수행된다. 이러한 맵핑은 맵핑 매트릭스 세트에 의해서 수행된다.

이어서, 저역 통과 필터(62)의 출력 신호(63)는 광대역 LPC 계수(69)를 기반으로 하여 확장된 LPC 분해 필터(72)를 사용하여 분해된다. 평탄한 스펙트럼을 갖는 것으로 예상되는 분해 잔여 신호(71)가 이어서 스펙트럼 폴딩 수단(30)에서 연속적으로 2 배 다운 샘플링 및 업 샘플링된다(즉, 매 두번째 샘플에 제로를 삽입한다). 이러한 연속적인 다운 샘플링 및 업 샘플링은 스펙트럼 폴딩을 실현한다. 이렇게 스펙트럼적으로 폴링된 신호(73)는 대역폭 확장기(18)의 출력부(22)에서 제공되는 광대역 스피치 신호를 획득하기 위해서 광대역 합성 필터(72)를 여기하도록 사용된다. 이 광대역 합성 필터(72)는 광대역 LPC 계수(69)를 기초로 하여 동작하며 분해 필터(70)의 반대되는 기능을 한다.

이 알려진 대역폭 확장기(18)의 단점은 입력 협대역 신호의 스펙트럼 폴딩은 고조파 시프트(harmonic shift)(즉, 고대역에서의 고조파 성분들이 이들이 위치해야 하는 주파수에서 정확하게 위치하지 않게 됨)를 유발하며 이러한 고조파 시프트로 인해서 그 신호가 재생될 때에 금속성의 깨지는 듯한 소리가 난다. 고대역의 고조파 성분은 (일반적인 경우는 아니지만) 고조파 샘플링이 사용될 경우에 오직 협대역 신호의 고조파 성분과 연관된 신호이기 때문에 이러한 고조파 시프트가 발생한다.

발명의 개요

본 발명의 목적은 상술한 문제를 경험하지 않는 대역폭 확장기를 제공하는 것이다. 이러한 목적을 위해서 대역폭 확장기는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 적어도 일부에 따라 잡음 신호를 성형함으로써 성형된 잡음 신호를 생성하는 잡음 성형기(a noise shaper)를 더 포함하며, 상기 대역폭 확장기는 상기 성형된 잡음 신호와 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호를 광대역 오디오 신호로 결합하는 결합기를 더 포함한다. 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호에서의 고조파 시프트는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호와 상기 성형된 잡음 신호를 결합함으로써 효과적으로 차단될 수 있다. 고조파 시프트가 차단되기 때문에, 광대역 오디오 신호가 재생될 때에 바람직하지 못한 금속성의 깨지는 소리는 더 이상 존재하지 않게 된다.

상기 성형된 잡음 신호는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 (적어도 일부의) 특성에 따라서 가령 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 진폭 또는 위상에 따라서 (백색) 잡음 신호를 성형함으로써 생성될 수 있다. 바람직하게는, 지 잡음 신호는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 적어도 일부의 엔벨로프(an envelope)(가령, 임시 엔벨로프)에 비례하여 성형된다. 음청 테스트는 이러한 성형된 잡음 신호와 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 결합으로 인해서 매우 양호한 품질의 광대역 오디오 신호가 생성됨을 보였다.

스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 엔벨로프에 비례하여 성형된 잡음 신호는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호로부터 엔벨로프 신호를 추출하는 엔벨로 프 추출기를 포함하는 잡음 성형기에 의해 생성되고, 상기 잡음 성형기는 상기 잡음 신호와 상기 엔벨로프 신호를 믹스함으로써 상기 성형된 잡음 신호를 생성하는 믹서(a mixer)를 더 포함한다.

엔벨로프 추출기는 바람직하게는 힐버트 변환기(a Hilbert transformer)를 포함하며 이 힐버트 변환기는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호의 시간 영역 표시(a time domain representation)를 주파수 영역 표시로 변환하는 퓨리에 변환기와, 상기 주파수 영역 표시의 네거티브 주파수를 제로화하는(zeroing) 수단과, 상기 제로화된 주파수 영역 표시를 그의 시간 영역 표시로 변환하는 역 퓨리에 변환기와, 상기 제로화된 시간 영역 표시를 정류함으로써 상기 엔벨로프 신호를 생성하는 정류기의 캐스캐이드(cascade)를 포함한다.

본 발명은 독립항에서 규정된다. 종속항은 유리한 실시예들을 규정한다.

본 발명의 상술한 목적 및 특징은 도면을 참조하여 바람직한 실시예에 대한 다음의 상세한 설명 부분으로부터 분명해진다.

전체 도면에서, 동일한 참조 부호는 동일한 구성 요소를 표시한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 대역폭 확장기(18)를 갖는 수신기(14)를 포함하는 전송 시스템(10)의 실시예의 블록도,

도 2는 본 발명에 따른 대역폭 확장기(18)의 실시예의 블록도,

도 3은 본 발명에 따른 전송 시스템(10)에서 사용되는 잡음 성형기(32)의 실 시예의 블록도,

도 4는 본 발명에 따른 전송 시스템(10)에서 사용되는 엔벨로프 추출기/힐버트 변환기(40)의 실시예의 블록도,

도 5는 종래 기술 대역폭 확장기(18)의 실시예의 블록도,

도 6은 도 5의 대역폭 확장기(18)의 부분(74)의 블록도이며, 여기서 상기 부분(74)은 본 발명에 따라서 적응된다.

발명의 상세한 설명

도 1은 본 발명에 따른 전송 시스템(10)의 실시예의 블록도이다. 전송 시스템(10)은 가령 협대역 스피치 신호 또는 협대역 뮤직 신호와 같은 협대역 오디오 신호를 전송 채널(16)를 통해서 수신기(14)로 전송하는 전송기(12)를 포함한다. 전송 시스템(10)은 전화 통신 시스템일 수 있으며 이 경우에 전송기는 (이동) 전화이며 수신기는 (이동) 전화 또는 응답 장치이다. 수신기(14)는 협대역 오디오 신호로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 대역폭 확장기(18)를 포함한다. 협대역 오디오 신호의 대역폭은 광대역 오디오 신호의 대역폭보다 작다. 대역폭 확장기(18)는 협대역 오디오 신호를 수신하는 입력부(20)와 광대역 오디오 신호를 수신기(14)의 추가적인 신호 처리 부분(도시되지 않음)으로 제공하는 출력부(22)를 가지며 이 추가적인 신호 처리 부분은 광대역 오디오 신호를 증폭, 재생 및/또는 저장한다.

도 2는 본 발명에 따른 전송 시스템(10)에서 사용되는 본 발명에 따른 대역 폭 확장기(18)의 실시예의 블록도이다. 이 대역폭 확장기(18)는 입력부(20), 스펙트럼 폴딩 수단(30), 잡음 성형기(32), 결합기(34) 및 출력부(22)를 포함한다. 스펙트럼 폴딩 수단(30)은 입력부(20)에 접속되어 이 입력부(20)를 통해서 수신된 협대역 오디오 신호가 상기 스펙트럼 폴딩 수단으로 제공된다. 이 스펙트럼 폴딩 수단(30)은 협대역 오디오 신호의 적어도 일부를 스펙트럼적으로 폴딩함으로써 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 생성한다. 이 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(34)는 스펙트럼 폴딩 수단(30)에 의해서 잡음 성형기(32) 및 결합기(34)로 제공된다. 잡음 성형기(32)는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부에 따라서 (백색) 잡음 신호(31)를 성형함으로써 성형된 잡음 신호(35)를 생성한다. 이 성형된 잡음 신호(35)는 잡음 성형기(32)에 의해서 결합기(34)로 제공된다. 이 결합기(34)는 상기 성형된 잡음 신호(35)와 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 광대역 오디오 신호로 결합한다. 이 광대역 오디오 신호의 대역폭은 협대역 오디오 신호의 대역폭보다 크다. 마지막으로, 광대역 오디오 신호는 출력부(22)에 제공된다.

바람직하게는, 잡음 성형기(32)는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부의 엔벨로프에 비례하여 잡음 신호(21)를 성형함으로써 성형된 잡음 신호(35)를 생성한다. 이러한 잡음 성형기(32)는 도 3에 도시되어 있다. 도 3은 본 발명에 따른 전송 시스템(10) 내에서 사용되는 잡음 성형기(32)의 일 실시예의 블록도이다. 이 잡음 성형기(32)는 엔벨로프 추출기(40) 및 믹서(42)를 포함한다. 엔벨로프 추출기(40)는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)로부터 엔 벨로프 신호(41)를 추출하고 이 추출된 엔벨로프 신호(41)를 믹서(42)로 제공한다. 믹서(42)는 잡음 신호(31)를 엔벨로프 신호(41)로 멀티플라이(multiply)함으로써 성형된 잡음 신호(35)를 생성한다.

도 4는 본 발명에 따른 수신기(14)에서 사용되는 엔벨로프 추출기/힐버트 변환기(40)의 실시예의 블록도이다. 이 엔벨로프 추출기(40)는 바람직하게는 힐버트 변환기를 포함한다. 이 힐버트 변환기(40)는 고속 퓨리에 변환기(50), 제로화 유닛(52), 역 고속 퓨리에 변환기(54) 및 정류기(56)의 캐스캐이드를 포함한다. 고속 퓨리에 변환기(50)는 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 시간 영역 표시를 주파수 영역 표시(51)로 변환한다. 제로화 유닛(52)은 상기 주파수 영역 표시(51)의 네거티브 주파수를 제로화한다. 상기 역 고속 퓨리에 변환기(54)는 상기 제로화된 주파수 영역 표시(53)를 그의 시간 영역 표시(55)로 변환한다. 상기 정류기(56)는 상기 제로화된 시간 영역 표시(55)를 정류함으로써 상기 엔벨로프 신호(41)를 생성한다.

상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 주파수 영역 표시(51)는 복소수 신호이다. 실 신호는 상이한 진폭, 위상 및 주파수를 갖는 사인 곡선들의 합(sum)에 의해서 표현될 수 있다. 고속 퓨리에 변환(FFT)은 복소수 e 멱수들의 합이다. 사인 함수는 하나는 포지티브 주파수를 갖고 하나는 네거티브 주파수를 갖는 두 개의 e 멱수 함수(e-powers)의 합으로서 표현될 수 있기 때문에, FFT 스펙트럼은 제로에 대해서 대칭이다(DC). 제로화 유닛(52)에서 네거티브 주파수를 제거함으로써, 복소수 신호(해석 신호)의 스펙트럼이 생성되며 이는 독립 e 멱수들의 합이다. (정류기(56)에 의해서) 이 해석 신호의 IFFT의 절대값이 취해질 때, 최초 입력 신호의 시간 영역 엔벨로프가 (복소수 e 멱수의 절대값은 1과 동일하기 때문에) 발견된다.

도 5는 문헌 'Speech Enhancement Via Frequency Bandwidth Extension Using Line Spectral Frequencies' by S.Chennoukh, A.Gerrits, G. Miet and R. Sluijter in the proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Salt Lake City, Utah, May 8-11, 2001 에서 알려진 종래 기술 대역폭 확장기(18)의 블록도이다. 8 kHz에서 샘플링되고 대역폭 확장기(18)의 입력부(20)에 제공되는 입력 협대역 스피치 신호는 업 샘플러(60)에 의해서 2 배 업 샘플링된다(즉, 제로가 입력 협대역 스피치 신호의 연속하는 샘플들 간에 삽입된다). 이렇게 획득된 업 샘플링된 신호(61)는 16 kHz에서 샘플링된다. 이 신호는 저대역 즉 0 내지 4 kHz에서는 입력 신호와 동일하며 고대역 즉 4 내지 8 kHz에서는 자신의 폴딩된 버전(a folded version)과 동일한 스펙트럼

을 갖는다. 이어서, 신호(61)는 저역 통과 필터(62)에서 저역 통과 필터링되며 이로써 폴딩된 버전이 제거되며 입력 신호와 동일한 스펙트럼 특성을 회복하게 되지만 이제는 16 kHz에서 샘플링된다. 저역 통과 필터링된 신호(63)는 LPC 분해 필터(70) 및 다운 샘플러(64)에 제공된다.

저역 통과 필터링된 신호(63)는 다운 샘플러(64)에 의해서 2 배 다운 샘플링된다. 이어서, 이렇게 다운 샘플링된 신호(65)(8 kHz에서 샘플링됨)는 LPC 분해 필터(66)에 의해서 자동 후행 LPC 모델(an auto-regressive LPC model)을 사용하여 모델링된다. 이 LPC 분해 필터(66)는 다운 샘플링된 신호(65)로부터 LPC 계수(67)를 유도한다. 이 LPC 계수(67)는 입력 협대역 스피치 신호의 스펙트럼을 나타낸다. 다음에, 이 협대역 LPC 계수(67)가 엔벨로프 확장기(an envelope extender)(68)에 의해 사용되어 협대역 신호의 스펙트럼 엔벨로프를 확장시키고 광대역 LPC 계수(69)를 유도한다. 이러한 스펙트럼 엔벨로프 확장은 저대역 라인 스펙트럼 주파수(LSF)를 광대역 LSF로 맵핑함으로써 수행된다. 이러한 맵핑은 맵핑 매트릭스 세트에 의해서 수행된다.

이어서, 저역 통과 필터(62)의 출력 신호(63)는 광대역 LPC 계수(69)를 기반으로 하여 확장된 LPC 분해 필터(72)를 사용하여 분해된다. 평탄한 스펙트럼을 갖는 것으로 예상되는 분해 잔여 신호(71)가 이어서 스펙트럼 폴딩 수단(30)에서 연속적으로 2 배 다운 샘플링 및 업 샘플링된다(즉, 매 두번째 샘플에 제로를 삽입한다). 이러한 연속적인 다운 샘플링 및 업 샘플링은 스펙트럼 폴딩을 실현한다. 이렇게 스펙트럼적으로 폴링된 신호(73)는 대역폭 확장기(18)의 출력부(22)에서 제공되는 광대역 스피치 신호를 획득하기 위해서 광대역 합성 필터(72)를 여기하도록 사용된다. 이 광대역 합성 필터(72)는 광대역 LPC 계수(69)를 기초로 하여 동작하며 분해 필터(70)의 반대되는 기능을 한다.

도 6은 도 5의 대역폭 확장기(18)의 일부(74)의 블록도이며 이 부분(74)은 본 발명의 원리에 따라서 적응된다. 도 5에 도시된 부분(74) 이외에, 도 5에 도시된 부분(74)은 잡음 성형기(32), 결합기(86,88) 및 몇 개의 이득 스테이지(80,82,84,92)를 포함한다. 잡음 성형기(32)는 엔벨로프 추출기(40), 믹 서(42) 및 대역 통과 필터(90)를 포함한다. 결합기(86)는 도 2의 결합기(34)와 동일하다.

도 5에 도시된 대역폭 확장기(18)의 부분(74)은 만일 이득 스테이지(92)의 이득 계수 a가 제로로 설정되고 이득 스테이지(84)의 이득 계수 b가 2로 설정되며 이득 스테이지(80)의 이득 계수 c가 제로로 설정되면 도 6에 도시된 부분(74)에 의해서 기술될 수 있다. 이득 스테이지(84)는 도 5에 도시되지 않는다.

스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73)는 저대역 신호 성분 및 고대역 신호 성분 모두를 포함한다. 이 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73) 중 오직 고대역 성분만이 고조파 시프트를 경험하기 때문에, 저대역 성분의 엔벨로프를 추출할 필요는 없다. 따라서, 저대역 신호 성분은 이득 스테이지(82) 및 결합기(88)에 의해서 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73)로부터 제거된다. 이 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73)의 진폭은 (2 배 다운 샘플링하는 다운 샘플러와 2 배 업 샘플링하는 업 샘플러의 캐스캐이드를 포함하는 스펙트럼 폴더(30)의 특성으로 인해서) 분해 잔여 신호(71)의 진폭의 절반과 동일하다. 분해 잔여 신호(71)에 - 0.5 이득 계수를 인가하는 이득 스테이지(82)에 의해서 상기 분해 잔여 신호(71)는 감쇠 및 반전된다. 이렇게 생성된 분해 잔여 신호(73)는 이후에 결합기(88)에 의해서 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73)에 부가되며 이로써 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73)로부터 저대역 신호 성분이 제거된다. 이로써 결합된 신호(85)는 오직 고대역 신호 성분만을 포함하며 (도 3에 도시된 신호와 유사하며) 엔벨로프 추출기(40)에 제공된다.

이 엔벨로프 추출기(40)는 신호(85)로부터 엔벨로프 신호(87)를 추출하여 이 신호(87)를 믹서(42)에 제공한다. 믹서(42)는 대역 통과 필터링된 잡음 신호(89)를 엔벨로프 신호(87)로 멀티플라이함으로써 (도 3의 신호(35)와 유사한) 성형된 잡음 신호(91)를 생성한다. 저역 통과 필터링된 잡음 신호(89)는 잡음 신호(31)의 고대역 성분만을 통과시키는 대역 통과 필터(90)에 의해서 (백색) 잡음 신호(31)를 필터링함으로써 획득된다.

성형된 잡음 신호(91)는 이득 스테이지(92)에 의해서 증폭/감쇠되며 이로써 생성된 신호(93)는 결합기(86)에 제공된다. 스펙트럼적으로 폴딩된 신호(73)는 이득 스테이지(84)에 의해서 증폭/감쇠되며 이렇게 생성된 신호(95)도 결합기(86)에 제공된다. 또한, 분해 잔여 신호(71)도 이득 스테이지(80)에 의해서 증폭/감쇠되며 이렇게 생성된 신호(81)도 결합기(86)에 제공된다. 결합기(86)는 신호들(93,95,81)을 결합된 신호(97) 내부로 부가함으로써 이들을 결합하며 상기 결합된 신호(97)는 광대역 합성 필터(72)에 제공된다.

광대역 합성 필터(72)가 저대역을 재구성하기 위해서는 이득 계수들(b,c) 간의 관계식은 다음과 같아야 한다. 0.5b + c = 1. (이들 저대역 신호들은 100 % 상관되며 이로써 진폭들은 합산될 수 있다.) 고대역의 경우, 이득 계수(a,b) 간의 다음과 같은 관계식이 되어야 한다. $(a/2)^2 + (b/2)^2 = 1$ 이며 이로써 $a^2 + b^2 = 4$ 이다. (이는 여기서는 신호들이 상관되지 않으며 이로써 에너지를 합산해야 하기 때문이다.) 가령, $a = b = \sqrt{2}$ 이면 $c = 1 - 0.5 * \sqrt{2}$ 0.3 이다. 그러나, 동조(tuning)가 계산된 결과보다 양호한 결과를 제공하는 다른 조합들을 제공한다. 다음과 같이 설정될 때에 양호한 결과가 획득될 수 있다. a = 1.2 , b = 1.1 및 c = 0.45

대역폭 확장기(18)는 디지털 하드웨어에 의해서 또는 디지털 신호 처리기 또는 범용 마이크로프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어에 의해서 구현될 수 있다.

본 발명의 범위는 개시된 실시예들로만 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 각 새로운 특성으로 그리고 이들 특성의 조합으로 구현된다. 임의의 참조 부호는 청구 범위를 한정하기 위한 것은 아니다. '포함한다'는 청구 범위에서 리스트된 단계 또는 요소 이외의 단계 또는 요소를 배제하는 것이 아니다. 본 발명은 몇 개의 요소를 포함하는 하드웨어에 의해서 그리고 적절하게 프로그램된 컴퓨터에 의해서 구현될 수 있다. 몇 개의 수단을 열거하는 디바이스가 청구 대상인 청구항에서, 이 수단들은 하나로 구현되거나 하드웨어의 동일한 항목으로 구현될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

협대역 오디오 신호(a narrowband audio singal)로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 대역폭 확장기(a bandwidth extender)(18)에 있어서,

상기 협대역 오디오 신호는 제 1 대역폭을 가지며 상기 광대역 오디오 신호는 제 2 대역폭을 가지고 상기 제 2 대역폭은 상기 제 1 대역폭보다 크며,

상기 대역폭 확장기(18)는 상기 협대역 오디오 신호를 수신하기 위한 입력부(20) 및 상기 광대역 오디오 신호를 공급하기 위한 출력부(22)를 포함하고,

상기 대역폭 확장기(18)는 상기 입력부(20)에 접속된 스펙트럼 폴딩 수단(spectral folding means)(30)을 더 포함하며,

상기 스펙트럼 폴딩 수단(30)은 상기 협대역 오디오 신호의 적어도 일부를 스펙트럼적으로 폴딩함으로써 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 생성하고,

상기 대역폭 확장기(18)는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부에 따라 잡음 신호(31)를 성형(shaping)함으로써 성형된 잡음 신호(35)를 생성하는 잡음 성형기(a noise shaper)(32)를 더 포함하며,

상기 대역폭 확장기(18)는 상기 성형된 잡음 신호(35)와 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 상기 광대역 오디오 신호로 결합하는 결합기(42)를 더 포함하는

대역폭 확장기.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 잡음 성형기(32)는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부의 엔벨로프(an envelope)에 비례하여 상기 잡음 신호(31)를 성형함으로써 상기 성형된 잡음 신호(35)를 생성하는

대역폭 확장기.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 잡음 성형기(32)는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)로부터 엔벨로프 신호(41)를 추출하는 엔벨로프 추출기(40)를 포함하며,

상기 잡음 성형기(32)는 상기 잡음 신호(31)와 상기 엔벨로프 신호(41)를 믹스함으로써 상기 성형된 잡음 신호(35)를 생성하는 믹서(a mixer)(42)를 더 포함하는

대역폭 확장기.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 엔벨로프 추출기(40)는 힐버트 변환기(a Hilbert transformer)를 포함하는

대역폭 확장기.

청구항 5.
제 4 항에 있어서,

상기 힐버트 변환기는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 시간 영역 표시(a time domain representation)를 주파수 영역 표시(51)로 변환하는 퓨리에 변환기(50)와, 상기 주파수 영역 표시(51)의 네거티브 주파수를 제로화하는(zeroing) 수단(52)과, 상기 제로화된 주파수 영역 표시(53)를 그의 시간 영역 표시(55)로 변환하는 역 퓨리에 변환기(54)와, 상기 제로화된 시간 영역 표시(55)를 정류함으로써 상기 엔벨로프 신호(41)를 생성하는 정류기(56)의 캐스캐이드(cascade)를 포함하는

대역폭 확장기.

청구항 6.
제 1 항에 따른 대역폭 확장기(18)를 포함하여 협대역 오디오 신호를 전송 채널(16)로부터 수신하는 수신기(14).

청구항 7.
협대역 오디오 신호로부터 광대역 오디오 신호를 생성하는 방법—상기 협대역 오디오 신호는 제 1 대역폭을 가지며, 상기 광대역 오디오 신호는 제 2 대역폭 을 가지고, 상기 제 2 대역폭은 상기 제 1 대역폭보다 큼—에 있어서,

상기 협대역 오디오 신호의 적어도 일부를 스펙트럼적으로 폴딩함으로써 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 생성하는 단계와,

상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부에 따라 잡음 신호(31)를 성형함으로써 성형된 잡음 신호(35)를 생성하는 단계와,

상기 성형된 잡음 신호(35)와 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)를 상기 광대역 오디오 신호로 결합하는 단계를 포함하는

광대역 오디오 신호 생성 방법.

청구항 8.
제 7 항에 있어서,

상기 성형된 잡음 신호(31)는 상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)의 적어도 일부의 엔벨로프에 비례하여 상기 잡음 신호(31)를 성형함으로써 생성되는

광대역 오디오 신호 생성 방법.

청구항 9.
제 8 항에 있어서,

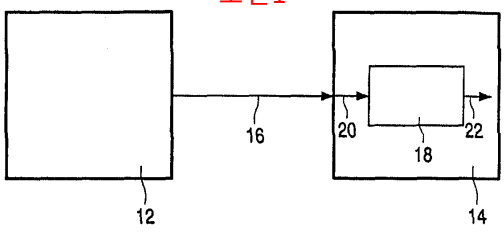
상기 스펙트럼적으로 폴딩된 오디오 신호(33)로부터 엔벨로프 신호(41)를 추출하는 단계와,

상기 잡음 신호(31)와 상기 엔벨로프 신호(41)를 믹스함으로써 상기 성형된 잡음 신호(35)를 생성하는 단계를 더 포함하는

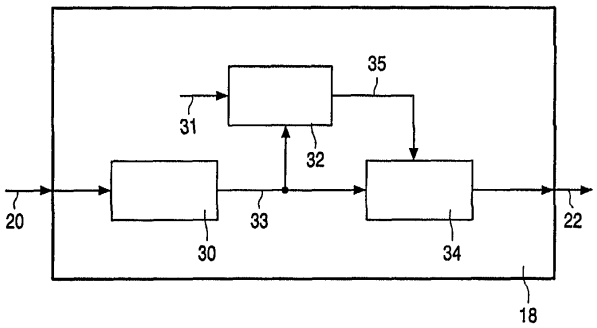
광대역 오디오 신호 생성 방법.

도면

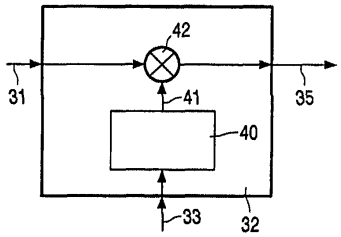
도면1



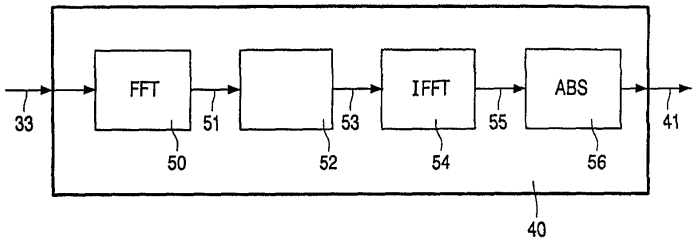
도면2



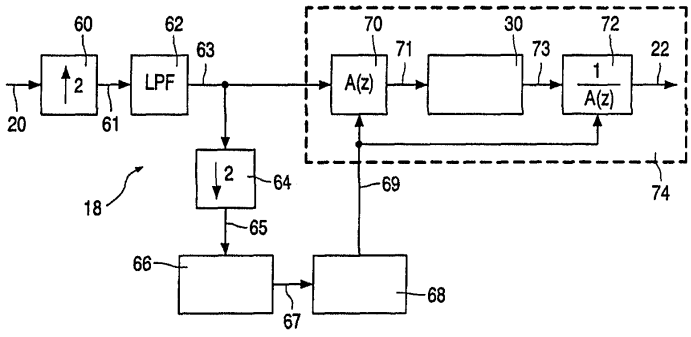
도면3



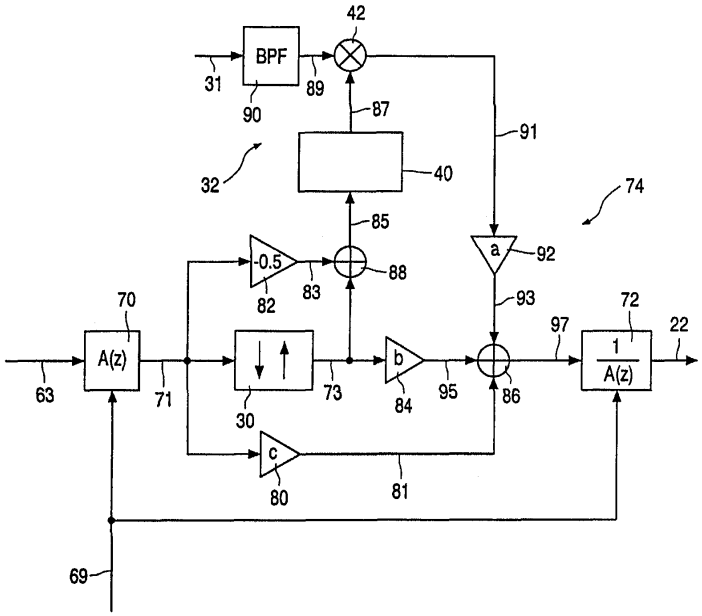
도면4



도면5



도면6


42
BPF
31
89
90
87
91
32
40
74
85
a
92
-0.5
88
82
83
93
70
72
97
22
A(z)
1
A(z)
63
71
73
b
84
95
86
30
c
80
81
69