(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년07월19일
(11) 등록번호 10-2686291
(24) 등록일자 2024년07월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G10L 19/008 (2014.01) *G10L 19/20* (2013.01)
H04S 3/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G10L 19/008 (2020.08)
G10L 19/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7019915(분할)
(22) 출원일자(국제) 2014년12월19일
심사청구일자 2022년06월13일
(85) 번역문제출일자 2022년06월13일
(65) 공개번호 10-2022-0085848
(43) 공개일자 2022년06월22일
(62) 원출원 특허 10-2021-7040165
원출원일자(국제) 2014년12월19일
심사청구일자 2021년12월07일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/078641
(87) 국제공개번호 WO 2015/104166
국제공개일자 2015년07월16일
(30) 우선권주장
14305022.7 2014년01월08일
유럽특허청(EPO)(EP)
14305061.5 2014년01월16일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
EP02665208 A1
Johannes Boehm, et al. RM0-HOA Working Draft Text, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2012/M31408, 2013.10.23.*
KR1020120070521 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
돌비 인터네셔널 에이비
아일랜드 디02 브이케이60 더블린 그랜드 커널 독 랜즈 블록 씨 서 존 로저슨스 키 77
(72) 발명자
크루거, 알렉산더
독일 30655 하노버 포이어바흐스트라쎄 16
코돈, 스벤
독일 31515 운스토르프 뮐렌캄프스트라쎄 50 에이
우에볼트, 올리버
독일 30559 하노버 사르브뤽케너 스트라쎄 4
(74) 대리인
양영준, 정은진, 백만기

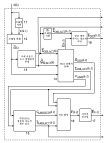
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 이남숙

(54) 발명의 명칭 **사운드 필드의 고차 앰비소닉스 표현을 코딩하기 위해 요구되는 사이드 정보의 코딩을 개선하기 위한 방법 및 장치**

(57) 요 약

고차 앰비소닉스는 특정 확성기 셋업에 독립적으로 3차원 사운드를 표현한다. 그러나, HOA 표현의 송신은 매우 높은 비트 레이트를 초래한다. 따라서, 고정된 수의 채널들을 이용한 압축이 사용되는데, 여기서 방향성 신호 성분들 및 주변 신호 성분들은 상이하게 처리된다. 코딩을 위해, 방향성 신호 성분들로부터 원래 HOA 표현의 부분들이 예측된다. 이러한 예측은 대응하는 디코딩을 위해 요구되는 사이드 정보를 제공한다. 일부 추가의 특정 목적 비트들을 사용함으로써, 그러한 사이드 정보를 코딩하기 위해 요구되는 비트 수가 평균적으로 감소된다는 점에서, 공지된 사이드 정보 코딩 처리가 개선된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H04S 3/008 (2020.05)
H04S 2420/11 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

인코딩된 HOA 표현들을 포함하는 비트스트림을 디코딩하기 위한 방법으로서,

비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 명령어들을 실행하는 프로세서에 의해, 비트(KindOfCodedPredIds)의 값을 평가하는 단계;

상기 비트(KindOfCodedPredIds)의 값에 기초하여, 상기 프로세서에 의해, 제1 어레이(ActivePred)를 평가하는 단계 - 상기 제1 어레이(ActivePred)의 각각의 요소는 대응하는 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하고, 변수(NumActivePred)는, 상기 대응하는 방향에 대한 ActivePred의 요소가 상기 예측이 수행됨을 표시하는 경우 증분됨 -;

상기 프로세서에 의해, 상기 제1 어레이(ActivePred)의 평가에 기초하여, 벡터(p_{type})의 요소들을 결정하는 단계;

상기 프로세서에 의해, 제2 어레이(PredDirSigIds)를 평가하는 단계 - 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 요소들은 능동 예측들을 위해 사용될 방향성 신호들의 인덱스들을 나타냄 -; 및

상기 벡터(p_{type}) 및 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 요소들에 기초하여, 상기 프로세서에 의해, 상기 대응하는 방향에 대한 상기 예측이 어느 방향성 신호들로부터 수행되어야 하는지의 인덱스들을 나타내는 매트릭스(P_{IND})의 요소들을 결정하는 단계

를 포함하는, 비트스트림을 디코딩하기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 각각의 요소는 수행될 상기 예측들에 대해, 사용될 상기 방향성 신호들의 인덱스들을 나타내고, 각각의 요소는 $\lceil \log_2(|\tilde{D}_{\text{ACT}} + 1|) \rceil$ 비트들에 기초하여 코딩되었고 대응적으로 디코딩되며, $\tilde{D}_{\text{ACT}}$는 방향성 신호들의 인덱스들의 데이터 세트의 요소들의 수를 나타내는, 비트스트림을 디코딩하기 위한 방법.

청구항 3

인코딩된 HOA 표현들을 포함하는 비트스트림을 디코딩하기 위한 디코더를 포함하는 장치로서, 상기 장치는,

비일시적 컴퓨터 판독가능 저장소 상에 저장되는 명령어들을 실행하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는,

비트(KindOfCodedPredIds)의 값을 평가하고;

상기 비트(KindOfCodedPredIds)의 값에 기초하여, 제1 어레이(ActivePred)를 평가하고 - 상기 제1 어레이(ActivePred)의 각각의 요소는 대응하는 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하고, 변수(NumActivePred)는, 상기 대응하는 방향에 대한 ActivePred의 요소가 상기 예측이 수행됨을 표시하는 경우 증분됨 -;

상기 제1 어레이(ActivePred)의 평가에 기초하여, 벡터(p_{type})의 요소들을 결정하고;

제2 어레이(PredDirSigIds)를 평가하고 - 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 요소들은 능동 예측들을 위해 사용될 방향성 신호들의 인덱스들을 나타냄 -;

상기 벡터(p_{type}) 및 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 요소들에 기초하여, 상기 대응하는 방향에 대한 상기 예측이 어느 방향성 신호들로부터 수행되어야 하는지의 인덱스들을 나타내는 매트릭스(P_{IND})의 요소들을 결정하도록

하는 명령어들을 실행하도록 구성되는, 비트스트림을 디코딩하기 위한 디코더를 포함하는 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 각각의 요소는 수행될 상기 예측들에 대해, 사용될 상기 방향성 신호들의 인덱스들을 나타내고, 각각의 요소는 $\lceil \log_2(|\tilde{D}_{ACT}+1|) \rceil$ 비트들에 기초하여 코딩되었고 대응적으로 디코딩되며, $\tilde{D}_{ACT}$는 방향성 신호들의 인덱스들의 데이터 세트의 요소들의 수를 나타내는, 비트스트림을 디코딩하기 위한 디코더를 포함하는 장치.

청구항 5

프로세서에 의해 실행될 때, 인코딩된 HOA 표현들을 포함하는 비트스트림을 디코딩하는 방법을 수행하는 명령어들을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서, 상기 방법은,

비트(KindOfCodedPredIds)의 값을 평가하는 단계;

상기 비트(KindOfCodedPredIds)의 값에 기초하여, 제1 어레이(ActivePred)를 평가하는 단계 - 상기 제1 어레이(ActivePred)의 각각의 요소는 대응하는 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하고, 변수(NumActivePred)는, 상기 대응하는 방향에 대한 ActivePred의 요소가 상기 예측이 수행됨을 표시하는 경우 증분됨 -;

상기 제1 어레이(ActivePred)의 평가에 기초하여, 벡터(p_{type})의 요소들을 결정하는 단계;

제2 어레이(PredDirSigIds)를 평가하는 단계 - 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 요소들은 능동 예측들을 위해 사용될 방향성 신호들의 인덱스들을 나타냄 -; 및

상기 벡터(p_{type}) 및 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 요소들에 기초하여, 상기 대응하는 방향에 대한 상기 예측이 어느 방향성 신호들로부터 수행되어야 하는지의 인덱스들을 나타내는 매트릭스(P_{IND})의 요소들을 결정하는 단계

를 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제2 어레이(PredDirSigIds)의 각각의 요소는 수행될 상기 예측들에 대해, 사용될 상기 방향성 신호들의 인덱스들을 나타내고, 각각의 요소는 $\lceil \log_2(|\tilde{D}_{ACT}+1|) \rceil$ 비트들에 기초하여 코딩되었고 대응적으로 디코딩되며, $\tilde{D}_{ACT}$는 방향성 신호들의 인덱스들의 데이터 세트의 요소들의 수를 나타내는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 변수(NumActivePred)는 상기 제1 어레이(ActivePred) 내에 얼마나 많은 1이 있는지를 표시하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사운드 필드의 고차 앰비소닉스 표현을 코딩하기 위해 요구되는 사이드 정보의 코딩을 개선하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고차 앰비소닉스(Higher Order Ambisonics)(HOA)는 파면 합성(wave field synthesis)(WFS)과 같은 다른 기술들 또는 22.2 멀티채널 오디오 포맷과 같은 채널 기반 접근법들 간에 3차원 사운드를 표현하는 하나의 가능성을 제공한다. 채널 기반 방법들과 대조적으로, HOA 표현은 특정 확성기 셋업에 독립적이라는 장점을 제공한다. 그

러나, 이러한 유연성은 특정 확성기 셋업에서 HOA 표현의 재생을 위해 요구되는 디코딩 프로세스의 희생으로 이루어진다. 요구된 확성기들의 수가 통상 매우 큰 WFS 접근법과 비교하여, HOA 신호들은 또한 소수의 확성기들로만 구성되는 셋업들로 렌더링될 수 있다. HOA의 추가 장점은 동일한 표현이 또한 헤드폰들로의 바이노럴 렌더링(binaural rendering)을 위한 임의의 수정 없이 이용될 수 있다는 점이다.

[0003] HOA는 생략(truncated) 구면 조화 함수(Spherical Harmonics)(SH) 확장에 의한 복합 조화 평면파(complex harmonic plane wave) 진폭들의 공간 밀도의 표현에 기초한다. 각각의 확장 계수(expansion coefficient)는 시간 도메인 함수에 의해 등가적으로 표현될 수 있는 각 주파수의 함수이다. 따라서, 일반성의 손실 없이, 완전한 HOA 사운드 필드 표현은 실제로 O 개의 시간 도메인 함수들로 구성되는 것으로 가정될 수 있으며, O은 확장 계수들의 수를 나타낸다. 이러한 시간 도메인 함수들은 이하에서 HOA 계수 시퀀스들 또는 HOA 채널들로서 등가적으로 언급될 것이다.

[0004] HOA 표현의 공간 해상도(spatial resolution)는 확장의 증가하는 최대 차수 N에 따라 개선된다. 불행하게도, 확장 계수들의 수(O)는 차수 N에 따라 2차식으로 증가하는데, 특히 $O = (N + 1)^2$이다. 예를 들어, 차수 N = 4를 사용하는 전형적인 HOA 표현들은 O = 25개의 HOA (확장) 계수들을 요구한다. 이전에 이루어진 고려사항들에 따라, HOA 표현의 송신을 위한 전체 비트 레이트는, 원하는 단일 채널 샘플링 레이트(f_s) 및 샘플 당 비트 수(N_b)를 고려하면, $O \cdot f_s \cdot N_b$에 의해 결정된다. 그 결과, 샘플당 N_b = 16 비트를 이용하여 f_s = 48kHz의 샘플링 레이트로 차수 N = 4의 HOA 표현을 송신하는 것은 예를 들어 스트리밍과 같은 많은 실제 애플리케이션들에 대해 매우 높은 19.2MBits/s의 비트 레이트를 초래한다. 따라서, HOA 표현들의 압축이 매우 바람직하다.

[0005] HOA 사운드 필드 표현들의 압축은 WO 2013/171083 A1, EP 13305558.2 및 PCT/EP2013/075559에 제안되어 있다. 이러한 처리들은, 사운드 필드 분석을 수행하고, 주어진 HOA 표현을 방향성 성분 및 잔여 주변 성분으로 분해하는 것을 통상 갖는다. 한편, 최종 압축된 표현은 다수의 양자화된 신호들로 구성되는 것으로 가정되며, 이는 주변 HOA 성분의 관련 계수 시퀀스들 및 방향성 신호들의 지각적 코딩으로부터 기인한다. 다른 한편, 그것은 양자화된 신호들과 관련되는 추가의 사이드 정보를 포함하는 것으로 가정되며, 그 사이드 정보는 그것의 압축된 버전으로부터의 HOA 표현의 재구성을 위해 필요하다.

[0006] 그러한 사이드 정보의 중요한 부분은 방향성 신호들로부터의 원래 HOA 표현의 부분들의 예측의 설명이다. 이러한 예측을 위해 원래 HOA 표현은 공간적으로 균일하게 분배된 방향들로부터 충돌하는 다수의 공간적으로 분산된 일반적인 평면파들에 의해 등가적으로 표현되는 것으로 가정되므로, 예측은 이하에서 공간 예측(spatial prediction)으로 언급된다.

[0007] 공간 예측과 관련되는 그러한 사이드 정보의 코딩은 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N14061, "Working Draft Text of MPEG-H 3D Audio HOA RMO"(2013년 11월, 스위스 제네바)에 설명되어 있다. 그러나, 이러한 최신 기술의 사이드 정보의 코딩은 상당히 비효율적이다.

발명의 내용

[0008] 본 발명에 의해 해결되어야 하는 문제는 그러한 공간 예측과 관련되는 사이드 정보를 코딩하는 더 효율적인 방식을 제공하는 것이다.

[0009] 이러한 문제는 청구항 1 및 청구항 6에 개시되는 방법들에 의해 해결된다. 이러한 방법들을 이용하는 장치는 청구항 2 및 청구항 7에 개시되어 있다.

[0010] 비트는 코딩된 사이드 정보 표현 데이터(ζ_{COD})에 추가되며, 그 비트는 임의의 예측이 수행되어야 하는지를 시그널링한다. 이러한 특징은 시간에 따라 ζ_{COD} 데이터의 송신을 위해 평균 비트 레이트를 감소시킨다. 또한, 특정 상황들에서, 각각의 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하는 비트 어레이를 사용하는 대신에, 능동 예측들(active predictions)의 수 및 각각의 인덱스들을 송신하거나 전송하는 것이 더 효율적이다. 단일 비트는 예측이 수행되는 것으로 가정되는 방향들의 인덱스들이 그 방식으로 코딩되는 것을 표시하기 위해 사용될 수 있다. 평균적으로, 이러한 동작은 시간에 따라 ζ_{COD} 데이터의 송신을 위해 비트 레이트를 더 감소시킨다.

[0011] 원칙적으로, 본 발명에 따른 방법은 HOA 계수 시퀀스들의 입력 시간 프레임들을 갖는 사운드 필드의 고차 앰비

소닉스(HOA로 표시됨) 표현을 코딩하기 위해 요구되는 사이드 정보의 코딩을 개선하기에 적합하며, 여기서 잔여 주변 HOA 성분뿐만 아니라 우세 방향성 신호들이 결정되고, 상기 우세 방향성 신호들을 위해 예측이 사용되고, 그에 의해 HOA 계수들의 코딩된 프레임에 대해, 상기 예측을 설명하는 사이드 정보 데이터를 제공하고, 상기 사이드 정보 데이터는,

[0012] 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하는 비트 어레이;

[0013] 예측이 수행되어야 하는 방향들에 대해, 각각의 비트가 이 예측의 종류를 표시하는 비트 어레이;

[0014] 수행될 예측들에 대해, 사용될 방향성 신호들의 인덱스들을 나타내는 요소들을 갖는 데이터 어레이;

[0015] 양자화된 스케일링 인자들을 표현하는 요소들을 갖는 데이터 어레이

[0016] 를 포함할 수 있고,

[0017] 상기 방법은,

[0018] 상기 예측이 수행되어야 하는지를 표시하는 비트 값을 제공하는 단계;

[0019] 예측이 수행되지 않아야 하는 경우에는, 상기 사이드 정보 데이터에서 상기 비트 어레이들 및 상기 데이터 어레이들을 생략하는 단계;

[0020] 상기 예측이 수행되어야 하는 경우에는, 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하는 상기 비트 어레이 대신에, 능동 예측들의 수, 및 예측이 수행되어야 하는 방향들의 인덱스들을 포함하는 데이터 어레이가 상기 사이드 정보 데이터에 포함되는지를 표시하는 비트 값을 제공하는 단계

[0021] 를 포함한다.

[0022] 원칙적으로, 본 발명에 따른 장치는 HOA 계수 시퀀스들의 입력 시간 프레임들을 갖는 사운드 필드의 고차 앰비소닉스(HOA로 표시됨) 표현을 코딩하기 위해 요구되는 사이드 정보의 코딩을 개선하기에 적합하며, 여기서 잔여 주변 HOA 성분뿐만 아니라 우세 방향성 신호들이 결정되고, 상기 우세 방향성 신호들을 위해 예측이 사용되고, 그에 의해 HOA 계수들의 코딩된 프레임에 대해, 상기 예측을 설명하는 사이드 정보 데이터를 제공하고, 상기 사이드 정보 데이터는,

[0023] 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하는 비트 어레이;

[0024] 예측이 수행되어야 하는 방향들에 대해, 각각의 비트가 이 예측의 종류를 표시하는 비트 어레이;

[0025] 수행될 예측들에 대해, 사용될 방향성 신호들의 인덱스들을 나타내는 요소들을 갖는 데이터 어레이;

[0026] 양자화된 스케일링 인자들을 표현하는 요소들을 갖는 데이터 어레이

[0027] 를 포함할 수 있고,

[0028] 상기 장치는,

[0029] 상기 예측이 수행되어야 하는지를 표시하는 비트 값을 제공하고;

[0030] 예측이 수행되지 않아야 하는 경우에는, 상기 사이드 정보 데이터에서 상기 비트 어레이들 및 상기 데이터 어레이들을 생략하고;

[0031] 상기 예측이 수행되어야 하는 경우에는, 방향에 대해 예측이 수행되는지를 표시하는 상기 비트 어레이 대신에, 능동 예측들의 수, 및 예측이 수행되어야 하는 방향들의 인덱스들을 포함하는 데이터 어레이가 상기 사이드 정보 데이터에 포함되는지를 표시하는 비트 값을 제공하는

[0032] 수단을 포함한다.

[0033] 본 발명의 유리한 추가의 실시예들은 각각의 독립 청구항들에 개시되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 본 발명의 예시적인 실시예들은 첨부 도면들을 참조하여 설명된다.

도 1은 EP 13305558.2에 설명되는 HOA 압축 처리에서의 공간 예측과 관련되는 사이드 정보의 예시적인 코딩을 도시한다.

도 2는 특허 출원 EP 13305558.2에 설명되는 HOA 압축해제 처리에서의 공간 예측과 관련되는 사이드 정보의 예시적인 디코딩을 도시한다.

도 3은 특허 출원 PCT/EP2013/075559에 설명된 바와 같은 HOA 분해를 도시한다.

도 4는 잔여 신호를 표현하는 일반적인 평면파들의 방향들(십자들로 도시됨) 및 우세 사운드 소스들의 방향들(원들로 도시됨)의 예시를 도시한다. 이러한 방향들은 단위구(unit sphere) 상의 샘플링 위치들로서 3차원 좌표계에 제시된다.

도 5는 최신 기술의 공간 예측 사이드 정보의 코딩을 도시한다.

도 6은 본 발명에 따른 공간 예측 사이드 정보의 코딩을 도시한다.

도 7은 본 발명에 따른 코딩된 공간 예측 사이드 정보의 디코딩을 도시한다.

도 8은 도 7의 계속을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하에서, 특허 출원 EP 13305558.2에 설명되는 HOA 압축 및 압축해제 처리는 공간 예측과 관련되는 본 발명에 따른 사이드 정보의 코딩이 사용되는 컨텍스트를 제공하기 위해 개괄된다.

[0036] HOA 압축

[0037] 도 1에서, 공간 예측과 관련되는 사이드 정보의 코딩이 특허 출원 EP 13305558.2에 설명되는 HOA 압축 처리로 어떻게 임베딩될 수 있는지가 예시되어 있다. HOA 표현 압축에 대해, 길이 L의 HOA 계수 시퀀스들의 오버랩하지 않는 입력 프레임들($\boldsymbol{C}(k)$)을 갖는 프레임 방식 처리가 가정되며, 여기서 k는 프레임 인덱스를 나타낸다. 도 1에서의 제1 단계 또는 스테이지(11/12)는 선택적이고, HOA 계수 시퀀스들($\boldsymbol{C}(k)$)의 오버랩하지 않는 k번째 및 (k - 1)번째 프레임들을 긴 프레임($\widetilde{\boldsymbol{C}}(k)$)으로 아래와 같이 연쇄시키는 것으로 구성되는데:

수학식 1

[0038] $$\widetilde{\boldsymbol{C}}(k) := [\boldsymbol{C}(k-1) \quad \boldsymbol{C}(k)]$$

[0039] 여기서, 긴 프레임은 인접한 긴 프레임과 50% 오버랩되고, 긴 프레임은 우세 사운드 소스 방향들의 추정을 위해 연속적으로 사용된다. $\widetilde{\boldsymbol{C}}(k)$에 대한 표기법과 유사하게, 물결표 심볼은 각각의 양이 긴 오버랩 프레임들을 언급하는 것을 표시하기 위해 이하의 설명에 사용된다. 단계/스테이지(11/12)가 존재하지 않으면, 물결표 심볼은 특정 의미를 갖지 않는다.

[0040] 굵게 표시된 파라미터는 값들의 세트, 예를 들어 매트릭스 또는 벡터를 의미한다.

[0041] 긴 프레임($\widetilde{\boldsymbol{C}}(k)$)은 EP 13305558.2에 설명되는 바와 같이 우세 사운드 소스 방향들의 추정을 위한 단계 또는 스테이지(13)에서 연속적으로 사용된다. 이러한 추정은 방향성 신호들의 대응하는 방향 추정치들의 데이터 세트($\tilde{\mathcal{G}}_{\Omega,\mathrm{ACT}}(k)$)뿐만 아니라, 검출되었던 관련된 방향성 신호들의 인덱스들의 데이터 세트($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k) \subseteq \{1,\ldots,D\}$)를 제공한다. D는, HOA 압축을 시작하기 전에 설정되어야 하고 이하의 공지된 처리로 핸들링될 수 있는 방향성 신호들의 최대 수를 나타낸다.

[0042] 단계 또는 스테이지(14)에서, HOA 계수 시퀀스들의 현재 (긴) 프레임($\widetilde{\boldsymbol{C}}(k)$)은 (EP 13305156.5에 제안된 바와 같이) 세트($\tilde{\mathcal{G}}_{\Omega,\mathrm{ACT}}(k)$)에 포함되는 방향들에 속하는 다수의 방향성 신호들($\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$), 및 잔여 주변 HOA 성분($\boldsymbol{C}_{\mathrm{AMB}}(k-2)$)으로 분해된다. 2개의 프레임들의 지연은 평활 신호들을 획득하기 위해 오버랩-애드 처리의 결과로서 도입된다. $\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$는 전체 D개의 채널들을 포함하고 있지만, 그 중 능동 방향성 신호들에 대응하는 것들만이 비제로인 것으로 가정된다. 이러한 채널들을 지정하는 인덱스들은 데이터 세트

($\mathcal{I}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2)$)에서 출력되는 것으로 가정된다. 추가적으로, 단계/스테이지(14)에서의 분해는 방향성 신호들로부터 원래 HOA 표현의 부분들을 예측하기 위해 압축해제 측에서 사용될 수 있는 일부 파라미터들($\boldsymbol{\zeta}(k-2)$)을 제공한다(더 많은 상세들에 대해서는 EP 13305156.5 참조). 공간 예측 파라미터들($\boldsymbol{\zeta}(k-2)$)의 의미를 설명하기 위해, HOA 분해는 아래의 HOA 분해 섹션에서 더 상세히 설명된다.

[0043] 단계 또는 스테이지(15)에서, 주변 HOA 성분($\boldsymbol{C}_{\mathrm{AMB}}(k-2)$)의 계수들의 수는 $O_{\mathrm{RED}}+D-N_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2)$ 비제로 HOA 계수 시퀀스들만을 포함하기 위해 감소되며, $N_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2) = \left|\mathcal{I}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2)\right|$는 데이터 세트($\mathcal{I}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2)$)의 카디널리티(cardinality), 즉 프레임($k-2$)에서의 능동 방향성 신호들의 수를 표시한다. 주변 HOA 성분이 HOA 계수 시퀀스들의 최소 수(O_{RED})에 의해 항상 표현되는 것으로 가정되므로, 이러한 문제는 가능한 $O-O_{\mathrm{RED}}$ 시퀀스들로부터 나머지 $D-N_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2)$ HOA 계수 시퀀스들의 선택으로 실제로 감소될 수 있다. 평활한 감소된 주변 HOA 표현을 획득하기 위해, 이러한 선택은 이전 프레임($k-3$)에서 취해지는 선택과 비교하여, 가능한 한 소수의 변경들이 발생하도록 달성된다.

[0044] $O_{\mathrm{RED}}+N_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-2)$ 비제로 계수 시퀀스들의 감소된 수를 갖는 최종 주변 HOA 표현은 $\boldsymbol{C}_{\mathrm{AMB,RED}}(k-2)$에 의해 표시된다. 선택된 주변 HOA 계수 시퀀스들의 인덱스들은 데이터 세트($\mathcal{I}_{\mathrm{AMB,ACT}}(k-2)$)에서 출력된다. 단계/스테이지(16)에서, $\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$에 포함되는 능동 방향성 신호들 및 $\boldsymbol{C}_{\mathrm{AMB,RED}}(k-2)$에 포함되는 HOA 계수 시퀀스들은 EP 13305558.2에 설명된 바와 같이 개별 지각적 인코딩을 위해 I 채널들의 프레임($\boldsymbol{Y}(k-2)$)에 할당된다. 지각적 코딩 단계/스테이지(17)는 프레임($\boldsymbol{Y}(k-2)$)의 I 채널들을 인코딩하고 인코딩된 프레임($\breve{\boldsymbol{Y}}(k-2)$)을 출력한다.

[0045] 본 발명에 따르면, 단계/스테이지(14)에서의 원래 HOA 표현의 분해 후에, HOA 표현의 분해로부터 기인하는 공간 예측 파라미터들 또는 사이드 정보 데이터($\boldsymbol{\zeta}(k-2)$)는 지연(18)에서 2개의 프레임들만큼 지연되는 인덱스 세트($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$)를 사용하여, 코딩된 데이터 표현($\boldsymbol{\zeta}_{\mathrm{COD}}(k-2)$)을 제공하기 위해 단계 또는 스테이지(19)에서 무손실로 코딩된다.

[0046] HOA 압축해제

[0047] 도 2에서, 단계 또는 스테이지(25)에서 특허 출원 EP 13305558.2의 도 3에 설명되는 HOA 압축해제 처리로 공간 예측과 관련되는 수신된 인코딩 사이드 정보 데이터($\boldsymbol{\zeta}_{\mathrm{COD}}(k-2)$)의 디코딩을 임베딩하는 법이 예시적으로 도시된다. 인코딩된 사이드 정보 데이터($\boldsymbol{\zeta}_{\mathrm{COD}}(k-2)$)의 디코딩은, 지연(24)에서 2개의 프레임들만큼 지연되는 수신된 인덱스 세트($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$)를 사용하여, 단계 또는 스테이지(23)에서 HOA 표현의 구성으로 그것의 디코딩된 버전($\boldsymbol{\zeta}(k-2)$)을 입력하기 전에 수행된다.

[0048] 단계 또는 스테이지(21)에서, $\breve{\boldsymbol{Y}}(k-2)$에 포함되는 I 신호들의 지각적 디코딩은 $\widehat{\boldsymbol{Y}}(k-2)$에서 I 디코딩된 신호들을 획득하기 위해 수행된다.

[0049] 신호 재분배 단계 또는 스테이지(22)에서, $\widehat{\boldsymbol{Y}}(k-2)$에서의 지각적으로 디코딩된 신호들은 방향성 신호들의 프레임($\widehat{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$) 및 주변 HOA 성분의 프레임($\widehat{\boldsymbol{C}}_{\mathrm{AMB,RED}}(k-2)$)을 재생성하기 위해 재분배된다. 신호들을 분배하는 법에 관한 정보는 인덱스 데이터 세트들($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$ 및 $\mathcal{I}_{\mathrm{AMB,ACT}}(k-2)$)을 사용하여, HOA 압축을 위해 수행되는 할당 동작을 재생함으로써 획득된다. 구성 단계 또는 스테이지(23)에서, 원하는 전체 HOA 표현의 현재 프레임($\widehat{\boldsymbol{C}}(k-3)$)은 (PCT/EP2013/075559의 도 2b 및 도 4와 관련하여 설명되는 처리에 따라) 방향성 신호들의 프레임($\widehat{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$), 대응하는 방향들의 세트($\tilde{\mathcal{G}}_{\Omega,\mathrm{ACT}}(k)$)와 함께 능동 방향성 신호 인덱스들의

세트($\tilde{j}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$), 방향성 신호들로부터 HOA 표현의 부분들을 예측하는 파라미터들($\boldsymbol{\zeta}(k-2)$), 및 감소된 주변 HOA 성분의 HOA 계수 시퀀스들의 프레임($\widehat{\boldsymbol{C}}_{\mathrm{AMB,RED}}(k-2)$)을 사용하여 재구성된다.

[0050] $\widehat{\boldsymbol{C}}_{\mathrm{AMB,RED}}(k-2)$는 PCT/EP2013/075559에서 성분($\widehat{\boldsymbol{D}}_{\mathrm{A}}(k-2)$)에 대응하고, $\tilde{G}_{\Omega,\mathrm{ACT}}(k)$ 및 $\tilde{j}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$는 PCT/EP2013/075559에서 $\boldsymbol{A}_{\tilde{\Omega}}(k)$에 대응하며, 능동 방향성 신호 인덱스들은 유효 요소들을 포함하는 $\boldsymbol{A}_{\tilde{\Omega}}(k)$의 행들의 그러한 인덱스들을 취함으로써 획득될 수 있다. 즉, 균일하게 분배된 방향들에 대한 방향성 신호들은 그러한 예측을 위해 수신된 파라미터들($\boldsymbol{\zeta}(k-2)$)을 사용하여 방향성 신호들($\widehat{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$)로부터 예측되고, 그 후에 현재 압축해제된 프레임($\widehat{\boldsymbol{C}}(k-3)$)은 방향성 신호들($\widehat{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$)의 프레임으로부터, $\tilde{j}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$ 및 $\tilde{G}_{\Omega,\mathrm{ACT}}(k)$으로부터, 그리고 예측된 부분들 및 감소된 주변 HOA 성분($\widehat{\boldsymbol{C}}_{\mathrm{AMB,RED}}(k-2)$)으로부터 재구성된다.

[0051] HOA 분해

[0052] 도 3과 관련하여, HOA 분해 처리는 공간 예측의 의미를 설명하기 위해 상세히 설명된다. 이러한 처리는 특허 출원 PCT/EP2013/075559의 도 3과 관련하여 설명되는 처리로부터 도출된다.

[0053] 우선, 평활화된 우세 방향성 신호들($\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-1)$) 및 그들의 HOA 표현($\boldsymbol{C}_{\mathrm{DIR}}(k-1)$)은 입력 HOA 표현의 긴 프레임($\widetilde{\boldsymbol{C}}(k)$), 방향들의 세트($\tilde{G}_{\Omega,\mathrm{ACT}}(k)$) 및 방향성 신호들의 대응하는 인덱스들의 세트($\tilde{j}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k)$)을 사용하여, 단계 또는 스테이지(31)에서 컴퓨팅된다. $\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-1)$은 전체 D 채널들을 포함하지만, 그 중 능동 방향성 신호들에 대응하는 것들만이 비제로인 것으로 가정된다. 이러한 채널들을 지정하는 인덱스는 세트($\jmath_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-1)$)에서 출력되는 것을 가정된다.

[0054] 단계 또는 스테이지(33)에서, 우세 방향성 신호들의 원래 HOA 표현($\widetilde{\boldsymbol{C}}(k-1)$)과 HOA 표현($\boldsymbol{C}_{\mathrm{DIR}}(k-1)$) 사이의 잔여는 O 방향성 신호들($\widetilde{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{RES}}(k-1)$)의 수에 의해 표현되며, O 방향성 신호들은 균일하게 분배된 방향들로부터의 일반적인 평면파들인 것으로 간주되고, 이 분배된 방향들은 균일한 그리드로 언급된다.

[0055] 단계 또는 스테이지(34)에서, 이러한 방향성 신호들은 각각의 예측 파라미터들($\boldsymbol{\zeta}(k-1)$)과 함께 예측된 신호들($\widehat{\widetilde{\boldsymbol{X}}}_{\mathrm{RES}}(k-1)$)을 제공하기 위해 우세 방향성 신호들($\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-1)$)로부터 예측된다. 예측에 대해, 세트($\tilde{j}_{\mathrm{DIR,ACT}}(k-1)$)에 포함되는 인덱스들($d$)을 갖는 우세 방향성 신호들($x_{\mathrm{DIR},d}(k-1)$)만이 고려된다. 예측은 아래의 공간 예측 섹션에서 더 상세히 설명된다.

[0056] 단계 또는 스테이지(35)에서 예측된 방향성 신호들($\widehat{\widetilde{\boldsymbol{X}}}_{\mathrm{RES}}(k-1)$)의 평활화된 HOA 표현($\widehat{\boldsymbol{C}}_{\mathrm{RES}}(k-2)$)이 컴퓨팅된다. 단계 또는 스테이지(37)에서, 균일하게 분배된 방향들로부터의 예측된 방향성 신호들의 HOA 표현($\widehat{\boldsymbol{C}}_{\mathrm{RES}}(k-2)$)과 함께 우세 방향성 신호들의 원래 HOA 표현($\widetilde{\boldsymbol{C}}(k-2)$)과 HOA 표현($\boldsymbol{C}_{\mathrm{DIR}}(k-2)$) 사이의 잔여 $\boldsymbol{C}_{\mathrm{AMB}}(k-2)$가 컴퓨팅되고 출력된다.

[0057] 도 3 처리에서의 요구된 신호 지연들은 대응하는 지연들(381 내지 387)에 의해 수행된다.

[0058] 공간 예측

[0059] 공간 예측의 목표는 O 개의 잔여 신호들:

수학식 2

[0060]
$$\tilde{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{RES}}(k-1)=\begin{bmatrix}\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},1}(k-1)\\ \tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},2}(k-1)\\ \vdots\\ \tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},O}(k-1)\end{bmatrix}$$

[0061] 을 평활화된 방향성 신호들의 확장된 프레임:

수학식 3

[0062]
$$\tilde{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{DIR}}(k-1):=[\boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-3)\quad \boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-2)\quad \boldsymbol{X}_{\mathrm{DIR}}(k-1)]$$

수학식 4

[0063]
$$=\begin{bmatrix}\tilde{x}_{\mathrm{DIR},1}(k-1)\\ \tilde{x}_{\mathrm{DIR},2}(k-1)\\ \vdots\\ \tilde{x}_{\mathrm{DIR},D}(k-1)\end{bmatrix}$$

[0064] 으로부터 예측하는 것이다(상기 HOA 분해 섹션 및 특허 출원 PCT/EP2013/075559에서의 설명 참조).

[0065] 각각의 잔여 신호($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},q}(k-1),\ q=1,\dots,O$)는 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)으로부터 충돌하는 공간적으로 분산된 일반적인 평면파를 표현하며, 그것에 의해 모든 방향들($\boldsymbol{\Omega}_q$, $q=1,\dots,O$)은 단위구에 걸쳐 거의 균일하게 분배되는 것으로 가정된다. 전체 모든 방향들은 '그리드'로 언급된다.

[0066] 각각의 방향성 신호($\tilde{x}_{\mathrm{DIR},d}(k-1),\ d=1,\dots,D$)는 d번째 방향성 신호가 각각의 프레임들에 대해 능동적인 것을 가정하면, 방향들($\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k-3)$, $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k-2)$, $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k-1)$ 및 $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k)$) 사이에 삽입되는 궤적으로부터 충돌하는 일반적인 평면파를 표현한다.

[0067] 공간 예측의 의미를 일 예에 의해 예시하기 위해, 차수 N = 3의 HOA 표현의 분해가 고려되며, 추출하기 위한 방향들의 최대 수는 D = 4와 동일하다. 단순화를 위해, 인덱스들('1' 및 '4')을 갖는 방향성 신호들만은 능동적인 반면에, 인덱스들('2' 및 '3')을 갖는 것들은 비능동(non-active)적인 것으로 더 가정된다. 추가적으로, 단순화를 위해, 우세 사운드 소스들의 방향들은 고려된 프레임들에 대해 일정한 것으로 가정되는데, 즉 다음과 같다.

수학식 5

[0068]
$$\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k-3)=$$
$$\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k-2)=\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k-1)=\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}(k)=\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},d}\ (\text{여기서},\ d=1,4)$$

[0069] 차수 N = 3의 결과로서, 공간적으로 분산된 일반적인 평면파들($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},q}(k-1)$, $q=1,\dots,O$의 O =

16 방향들($\boldsymbol{\Omega}_q$)이 있다. 도 4는 능동 우세 사운드 소스들의 방향들($\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},1}$ 및 $\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},4}$)과 함께 이러한 방향들을 도시한다.

[0070] 공간 예측을 설명하는 최신 기술의 파라미터들

[0071] 공간 예측을 하나의 방식은 상기 언급된 ISO/IEC 문헌에 제시된다. 이러한 문헌에서, 신호들($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},q}(k-1)$, $q=1,\ldots,O$)은 방향성 신호들의 미리 정의된 최대 수(D_{PRED})의 가중 합에 의해, 또는 가중 합의 저역 통과 필터링된 버전에 의해 예측되는 것으로 가정된다. 공간 예측과 관련되는 사이드 정보는 파라미터 세트($\boldsymbol{\zeta}(k-1)=\{p_{\mathrm{TYPE}}(k-1),\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}(k-1),\boldsymbol{P}_{\mathrm{Q,F}}(k-1)\}$)에 의해 설명되며, 파라미터 세트는 이하의 3개의 성분들로 구성된다:

[0072] · q 번째 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)에 대해 예측이 수행되는지를 표시하고, 만일 그렇다면, 어떤 종류의 예측인지를 또한 표시하는 요소들($p_{\mathrm{TYPE},q}(k-1)$, $q=1,\ldots,O$)을 갖는 벡터($p_{\mathrm{TYPE}}(k-1)$)가 수행된다. 요소들의 의미는 다음과 같다.

수학식 6

[0073]
$$p_{\mathrm{TYPE},q}(k-1)=\begin{cases}0 & (\text{방향 } \boldsymbol{\Omega}_q\text{에 대한 예측 없음의 경우})\\ 1 & (\text{방향 } \boldsymbol{\Omega}_q\text{에 대한 전체 대역 예측의 경우})\\ 2 & (\text{방향 } \boldsymbol{\Omega}_q\text{에 대한 저대역 예측의 경우})\end{cases}$$

[0074] · 어느 방향성 신호들로부터 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)에 대한 예측이 수행되어야 하는지의 인덱스들을 요소들($p_{\mathrm{IND},d,q}(k-1)$, $d=1,\ldots,D_{\mathrm{PRED}}$, $q=1,\ldots,O$)이 나타내는 매트릭스($\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}(k-1)$). 예측이 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)에 대해 수행되지 않아야 한다면, 매트릭스($\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}(k-1)$)의 대응하는 열은 제로들로 구성된다. 또한, D_{PRED} 미만의 방향성 신호들이 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)에 대한 예측을 위해 사용되면, $\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}(k-1)$의 q 번째 열 내의 요구되지 않은 요소들은 또한 제로이다.

[0075] · 대응하는 양자화된 예측 인자들($p_{\mathrm{Q,F},d,q}(k-1)$, $d=1,\ldots,D_{\mathrm{PRED}}$, $q=1,\ldots,O$)을 포함하는 매트릭스($\boldsymbol{P}_{\mathrm{Q,F}}(k-1)$).

[0076] 이하의 2개의 파라미터들은 이러한 파라미터들의 적절한 해석을 가능하게 하기 위해 디코딩 측에 공지되어야 한다:

[0077] · 일반적인 평면파 신호($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},q}(k-1)$)가 예측되는 것이 허용되는 방향성 신호들의 최대 수(D_{PRED}).

[0078] · 예측 인자들($p_{\mathrm{Q,F},d,q}(k-1)$, $d=1,\ldots,D_{\mathrm{PRED}}$, $q=1,\ldots,O$)을 양자화하기 위해 사용되는 비트 수(B_{SC}). 역양자화 규칙은 수학식 (10)에 주어진다.

[0079] 이러한 2개의 파라미터들은 인코더 및 디코더에 공지되는 고정 값들로 설정되거나, 추가적으로 송신되어야 하지만, 분명히 프레임 레이트보다 덜 빈번히 이루어져야 한다. 후자의 옵션은 2개의 파라미터들을 압축되는 HOA 표현에 적응시키기 위해 사용될 수 있다.

[0080] 파라미터 세트에 대한 일 예는, O = 16, D_{PRED} = 2 및 B_{SC} = 8을 가정하면, 이하와 같을 수 있다.

수학식 7

[0081] $$p_{\mathrm{TYPE}}(k-1) = [1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 2\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]$$

수학식 8

[0082] $$\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}(k-1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

수학식 9

[0083] $$\boldsymbol{P}_{\mathrm{Q,F}}(k-1) = \begin{bmatrix} 40 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0084] 그러한 파라미터들은 방향($\boldsymbol{\Omega}_1$)으로부터의 일반적인 평면파 신호($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},1}(k-1)$)가 값 40을 역양자화하는 것으로부터 기인하는 인자와의 순수 승산(즉 전체 대역(full band))에 의해 방향($\boldsymbol{\Omega}_{\mathrm{ACT},1}$)으로부터의 방향성 신호($\tilde{x}_{\mathrm{DIR},1}(k-1)$)로부터 예측되는 것을 의미할 것이다. 또한, 방향($\boldsymbol{\Omega}_7$)으로부터의 일반적인 평면파 신호($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},1}(k-1)$)는 값 15 및 -13을 역양자화하는 것으로부터 기인하는 인자들과의 저역 통과 필터링 및 승산에 의해 방향성 신호들($\tilde{x}_{\mathrm{DIR},1}(k-1)$ 및 $\tilde{x}_{\mathrm{DIR},4}(k-1)$)로부터 예측된다.

[0085] 이러한 사이드 정보를 고려하면, 예측이 이하와 같이 수행되는 것으로 가정된다:

[0086] 우선, 양자화된 예측 인자들($p_{\mathrm{Q,F},d,q}(k-1)$, $d = 1, \ldots, D_{\mathrm{PRED}}$, $q = 1, \ldots, O$)은 다음의 실제 예측 인자들을 제공하기 위해 역양자화된다.

수학식 10

[0087] $$p_{\mathrm{F},d,q}(k-1) = \begin{cases} \left(p_{\mathrm{Q,F},d,q}(k-1) + \frac{1}{2}\right) 2^{-B_{\mathrm{SC}}+1} & (\ p_{\mathrm{IND},d,q}(k-1) \neq 0 \text{ 인 경우}) \\ 0 & (\ p_{\mathrm{IND},d,q}(k-1) = 0 \text{ 인 경우}) \end{cases}$$

[0088] 이미 언급된 바와 같이, B_{SC}는 예측 인자들의 역양자화를 위해 사용될 미리 정의된 비트 수를 나타낸다. 추가적으로, $p_{\mathrm{F},d,q}(k-1)$은 $p_{\mathrm{IND},d,q}(k-1)$이 제로와 동일하면, 제로로 설정되는 것으로 가정된다.

[0089] 이전에 언급된 예에 대해, B_{SC} = 8을 가정하면, 역양자화된 예측 인자 벡터는 다음의 것을 초래할 것이다.

수학식 11

[0090] $$\boldsymbol{P}_{\mathrm{F}}(k-1) \approx \begin{bmatrix} 0.3164 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1211 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.0977 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0091] 또한, 저역 통과 예측을 수행하기 위해, 길이 L_h = 31의 다음과 같은 미리 정의된 저역 통과 FIR 필터가 사용된다.

수학식 12

[0092] $$\boldsymbol{h}_{\mathrm{LP}} := [h_{\mathrm{LP}}(0) \quad h_{\mathrm{LP}}(1) \quad \ldots \quad h_{\mathrm{LP}}(L_h - 1)]$$

[0093] 필터 지연은 D_h = 15개의 샘플들로 주어진다.

[0094] 신호들로서 다음의 예측된 신호들:

수학식 13

[0095] $$\hat{\tilde{\boldsymbol{X}}}_{\mathrm{RES}}(k-1) = \begin{bmatrix} \hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},1}(k-1) \\ \hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},2}(k-1) \\ \vdots \\ \hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},O}(k-1) \end{bmatrix}$$

[0096] 및 다음의 방향성 신호들:

수학식 14

[0097] $$\tilde{\boldsymbol{X}}_{\mathrm{DIR}}(k-1) = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{\mathrm{DIR},1}(k-1) \\ \tilde{x}_{\mathrm{DIR},2}(k-1) \\ \vdots \\ \tilde{x}_{\mathrm{DIR},D}(k-1) \end{bmatrix}$$

[0098] 이 다음의 수학식들:

수학식 15

[0099] $$\hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},q}(k-1) =$$
$$\left[\hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},q}(k-1,1) \quad \hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},q}(k-1,2) \quad \ldots \quad \hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},q}(k-1,2L)\right] \text{(여기서, } q = 1, \ldots, O\text{)}$$

수학식 16

[0100] $$\tilde{x}_{\mathrm{DIR},d}(k-1) =$$
$$[\tilde{x}_{\mathrm{DIR},d}(k-1,1) \quad \tilde{x}_{\mathrm{DIR},d}(k-1,2) \quad \ldots \quad \tilde{x}_{\mathrm{DIR},d}(k-1,3L)] \text{ (여기서, } d = 1, \ldots, D\text{)}$$

[0101] 에 의해 그들의 샘플들로 구성되는 것을 가정하면, 예측된 신호들의 샘플 값들은 다음의 수학식에 의해 주어진다.

수학식 17

$$\hat{\tilde{x}}_{\mathrm{RES},q}(k-1,l) =$$

$$\begin{cases} 0 & (p_{\mathrm{TYPE},q}(k-1)=0 \text{인 경우}) \\ \sum_{d=1}^{D_{\mathrm{PRED}}} p_{\mathrm{F},d,q}(k-1)\cdot \tilde{x}_{\mathrm{DIR},p_{\mathrm{IND},d,q}(k-1)}(k-1,L+l) & (p_{\mathrm{TYPE},q}(k-1)=1 \text{인 경우}) \\ \sum_{d=1}^{D_{\mathrm{PRED}}} p_{\mathrm{F},d,q}(k-1)\cdot \tilde{y}_{\mathrm{LP},q}(k-1,l) & (p_{\mathrm{TYPE},q}(k-1)=2 \text{인 경우}) \end{cases}$$

[0102]

수학식 18

$$\tilde{y}_{\mathrm{LP},q}(k-1,l) :=$$

$$\sum_{j=0}^{\min(\mathrm{L_h}-1,\mathrm{l}+2\mathrm{D_h}-1)} h_{\mathrm{LP}}(j)\cdot \tilde{x}_{\mathrm{DIR},p_{\mathrm{IND},d,q}(k-1)}(k-1,L+l+D_h-j)$$

[0103]

[0104] 이미 언급된 바와 같이 및 이제 수학식 (17)로부터 알 수 있는 바와 같이, 신호들($\tilde{x}_{\mathrm{RES,GRID},q}(k-1)$, $q=1,\ldots,O$)은 방향성 신호들의 미리 정의된 최대 수(D_{PRED})의 가중 합에 의해, 또는 가중 합의 저역 통과 필터링된 버전들에 의해 예측되는 것으로 가정된다.

[0105] 공간 예측과 관련되는 사이드 정보의 최신 기술의 코딩

[0106] 상기 언급된 ISO/IEC 문헌에서, 공간 예측 사이드 정보의 코딩이 처리된다. 그것은 도 5에 도시된 알고리즘 1에 요약되고 이하에 설명될 것이다. 더 분명한 제시에 대해, 프레임 인덱스(k - 1)는 모든 표현들에서 무시된다.

[0107] 우선, O 비트로 구성되는 비트 어레이(**ActivePred**)가 생성되며, 비트(**ActivePred[q]**)는 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)에 대해 예측이 수행되는지를 표시한다. 이러한 어레이에서의 '1'의 수는 **NumActivePred**에 의해 표시된다.

[0108] 다음에, 길이 **NumActivePred**의 비트 어레이(**PredType**)가 생성되며, 각각의 비트는, 예측이 수행되어야 하는 방향들에 대해, 이 예측의 종류, 즉 전체 대역 또는 저역 통과를 표시한다. 동시에, 길이 **NumActivePred** · $\mathrm{D_{PRED}}$의 무부호 정수 어레이(**PredDirSigIds**)가 생성되며, 그것의 요소들은, 각각의 능동 예측에 대해, 사용될 방향성 신호들의 D_{PRED} 인덱스들을 나타낸다. D_{PRED} 미만의 방향성 신호들이 예측을 위해 사용되면, 인덱스들은 제로로 설정되는 것으로 가정된다. 어레이(**PredDirSigIds**)의 각각의 요소는 $\lceil \log_2(D+1) \rceil$ 비트에 의해 표현되는 것으로 가정된다. 어레이(**PredDirSigIds**) 내의 비제로 요소들의 수는 **NumNonZeroIds**에 의해 표시된다.

[0109] 최종적으로, 길이 **NumNonZeroIds**의 정수 어레이(**QuantPredGains**)가 생성되며, 그것의 요소들은 수학식 (17)에서 사용될 양자화된 스케일링 인자들($P_{\mathrm{Q,F},d,q}(k-1)$)을 표현하는 것으로 가정된다. 대응하는 역양자화된 스케일링 인자들($P_{\mathrm{F},d,q}(k-1)$)을 획득하는 역양자화는 수학식 (10)에 주어진다. 어레이(**QuantPredGains**)의 각각의 요소는 B_{SC} 비트에 의해 표현되는 것으로 가정된다.

[0110] 결국, 사이드 정보(ζ_{COD})의 코딩된 표현은:

수학식 19

[0111] $$\zeta_{\mathrm{COD}} = [\mathbf{ActivePred} \quad \mathbf{PredType} \quad \mathbf{PredDirSigIds} \quad \mathbf{QuantPredGains}]$$

[0112] 에 따라 4개의 상술된 어레이들로 구성된다.

[0113] 이러한 코딩을 일 예에 의해 설명하기 위해, 수학식 (7) 내지 수학식 (9)의 코딩된 표현이 사용된다.

수학식 20

[0114] $$\mathbf{ActivePred} = [1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]$$

수학식 21

[0115] $$\mathbf{PredType} = [0 \quad 1]$$

수학식 22

[0116] $$\mathbf{PredDirSigIds} = [1 \quad 0 \quad 1 \quad 4]$$

수학식 23

[0117] $$\mathbf{QuantPredGains} = [40 \quad 15 \quad -13]$$

[0118] 요구된 비트 수는 16 + 2 + 3·4 + 8·3 = 54와 동일하다.

[0119] 공간 예측과 관련되는 본 발명에 따른 사이드 정보의 코딩

[0120] 공간 예측과 관련되는 사이드 정보의 코딩의 효율을 증가시키기 위해, 최신 기술의 처리가 유리하게 수정된다.

[0121] A) 전형적인 사운드 신들(sound scenes)의 HOA 표현들을 코딩할 때, 본 발명자들은 HOA 압축 처리에서 임의의 공간 예측을 수행하지 않는 결정이 취해지는 프레임들이 종종 있는 것을 관찰했다. 그러나, 그러한 프레임들에서, 비트 어레이(**ActivePred**)는 제로들만으로 구성되며, 그것의 수는 O와 동일하다. 그러한 프레임 콘텐츠가 상당히 자주 발생하므로, 본 발명에 따른 처리는 코딩된 표현(ζ_{COD})에, 임의의 예측이 수행되어야 하는지를 표시하는 단일 비트(**PSPredictionActive**)를 추가한다. 비트(**PSPredictionActive**)의 값이 제로(또는 대안으로서 '1')이면, 예측과 관련되는 어레이(**ActivePred**) 및 추가 데이터는 코딩된 사이드 정보(ζ_{COD})로 포함되지 않는다. 실제로, 이러한 동작은 시간에 따라 ζ_{COD}의 송신을 위한 평균 비트 레이트를 감소시킨다.

[0122] B) 전형적인 사운드 신들의 HOA 표현들을 코딩하는 동안에 이루어지는 추가 관찰은 능동 예측의 수(**NumActivePred**)가 종종 매우 낮다는 것이다. 그러한 상황에서, 각각의 방향(Ω_q)에 대해 예측이 수행되는지를 표시하는 비트 어레이(**ActivePred**)를 사용하는 대신에, 능동 예측들의 수 및 각각의 인덱스들을 대신에 송신하거나 전송하는 것이 더 효율적일 수 있다. 특히, 이러한 수정된 종류의 코딩에서, 액티비티는:

수학식 24

[0123] $$\mathrm{NumActivePred} \leq M_{\mathrm{M}}$$

[0124] 인 경우에 더 효율적이며, 여기서 M_{M}은:

수학식 25

[0125] $$\lceil \log_2(M_{\mathrm{M}}) \rceil + M_{\mathrm{M}} \cdot \lceil \log_2(O) \rceil < O$$

[0126] 을 충족시키는 최대 정수이다.

[0127] M_M의 값은 상기 언급된 바와 같이 HOA 차수 N : $O = (N+1)^2$ 의 지식으로만 컴퓨팅될 수 있다.

[0128] 수학식 (25)에서, $\lceil \log_2(M_{\mathrm{M}}) \rceil$은 코딩을 위해 요구되는 비트 수, 즉 능동 예측들의 실제 수(**NumActivePred**)를 나타내고, $M_{\mathrm{M}} \cdot \lceil \log_2(O) \rceil$은 코딩을 위해 요구되는 비트 수, 즉 각각의 방향 인덱스들이다. 수학식 (25)의 우측은 어레이(**ActivePred**)의 비트 수에 대응하며, 이는 공지된 방식으로 동일한 정보를 코딩하기 위해 요구될 것이다. 상술된 설명들에 따르면, 단일 비트(**KindOfCodedPredIds**)는 예측이 수행되는 것으로 가정되는 그들의 방향들의 인덱스들이 그 방식으로 코딩되는 것을 표시하기 위해 사용될 수 있다. 비트(**KindOfCodedPredIds**)가 값 '1'(또는 대안에서 '0')을 갖는 경우, 예측이 수행되는 것으로 가정되는 방향들의 인덱스들을 포함하는 어레이(**PredIds**) 및 수(**NumActivePred**)는 코딩된 사이드 정보(ζ_{COD})에 추가된다. 그렇지 않으면, 비트(**KindOfCodedPredIds**)가 값 '0'(또는 대안에서 '1')을 갖는 경우, 어레이(**ActivePred**)는 동일한 정보를 코딩하기 위해 사용된다.

[0129] 평균적으로, 이러한 동작은 시간에 따라 ζ_{COD}의 송신을 위한 비트 레이트를 감소시킨다.

[0130] C) 사이드 정보 코딩 효율을 더 증가시키기 위해, 종종 예측을 위해 사용될 능동 방향성 신호들의 실제로 이용가능한 수가 D 미만이라는 사실이 이용된다. 이것은 인덱스 어레이(**PredDirSigIds**)의 각각의 요소의 코딩을 위해 $\lceil \log_2(D+1) \rceil$ 미만의 비트가 요구되는 것을 의미한다. 특히, 예측을 위해 사용될 능동 방향성 신호들의 실제로 이용가능한 수는 데이터 세트($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}$)의 요소들의 수($\tilde{D}_{\mathrm{ACT}}$)에 의해 주어지며, 데이터 세트는 능동 방향성 신호들의 인덱스들($\tilde{\imath}_{\mathrm{ACT},1}, \ldots, \tilde{\imath}_{\mathrm{ACT},\tilde{D}_{\mathrm{ACT}}}$)을 포함한다. 따라서, $\lceil \log_2(|\tilde{D}_{\mathrm{ACT}}+1|) \rceil$ 비트는 인덱스 어레이(**PredDirSigIds**)의 각각의 요소를 코딩하기 위해 사용될 수 있으며, 그 종류의 코딩이 더 효율적이다. 디코더에서, 데이터 세트($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}$)는 공지된 것으로 가정되고, 따라서 디코더는 또한 많은 비트가 방향성 신호의 인덱스를 디코딩하기 위해 어떻게 판독되어야 하는지를 인식한다. 컴퓨팅되는 ζ_{COD}의 프레임 인덱스들 및 사용된 인덱스 데이터 세트($\tilde{\jmath}_{\mathrm{DIR,ACT}}$)는 동일해야 하는 점을 주목한다.

[0131] 공지된 사이드 정보 코딩 처리에 대한 상기 수정들 A) 내지 C)는 도 6에 도시된 예시적인 코딩 처리를 초래한다.

[0132] 그 결과, 코딩된 사이드 정보는 이하의 성분들로 구성된다:

수학식 26

$$\zeta_{COD} =$$

$$\begin{cases} [\text{PSPredictionActive}] & (\text{PSPredictionActive} = 0 \text{ 인 경우}) \\ \begin{bmatrix} \text{PSPredictionActive} \\ \text{KindOfCodedPredIds} \\ \textbf{ActivePred} \\ \textbf{PredType} \\ \textbf{PredDirSigIds} \\ \textbf{QuantPredGains} \end{bmatrix} & (\text{PSPredictionActive} = 1 \wedge \text{KindOfCodedPredIds} = 0 \text{ 인 경우}) \\ \begin{bmatrix} \text{PSPredictionActive} \\ \text{KindOfCodedPredIds} \\ \text{NumActivePred} \\ \textbf{PredIds} \\ \textbf{PredType} \\ \textbf{PredDirSigIds} \\ \textbf{QuantPredGains} \end{bmatrix} & (\text{PSPredictionActive} = 1 \wedge \text{KindOfCodedPredIds} = 1 \text{ 인 경우}) \end{cases}$$

[0133]

[0134] 리마크: 상기 언급된 ISO/IEC 문헌에서, 예를 들어 섹션 6.1.3에서, **QuantPredGains**는 **PredGains**로 불려지지만, 이는 양자화된 값들을 포함한다.

[0135] 수학식 (7) 내지 수학식 (9)에서의 예에 대한 코딩된 표현은 다음과 같을 것이며:

수학식 27

[0136] $$\text{PSPredictionActive} = 1$$

수학식 28

[0137] $$\text{KindOfCodedPredIds} = 1$$

수학식 29

[0138] $$\text{NumActivePred} = 2$$

수학식 30

[0139] $$\textbf{PredIds} = [1 \quad 7]$$

수학식 31

[0140] $$\textbf{PredType} = [0 \quad 1]$$

수학식 32

[0141] $$\mathbf{PredDirSigIds} = [1 \quad 0 \quad 1 \quad 4]$$

수학식 33

[0142] $$\mathbf{QuantPredGains} = [40 \quad 15 \quad -13]$$

[0143] 요구된 비트 수는 1 + 1 + 2 + 2·4 + 2 + 2·4 + 8·3 = 46이다. 유리하게, 수학식 (20) 내지 수학식 (23)에서의 최신 기술의 코딩된 표현과 비교하여, 본 발명에 따라 코딩되는 이러한 표현은 8 비트 미만을 요구한다.

[0144] 또한 인코더 측에서 비트 어레이(PredType)를 제공하지 않는 것이 가능하다.

[0145] 공간 예측과 관련되는 수정된 사이드 정보 코딩의 디코딩

[0146] 공간 예측과 관련되는 수정된 사이드 정보의 디코딩은 도 7 및 도 8에 도시된 예시적인 디코딩 처리에 요약되고(도 8에 도시된 처리는 도 7에 도시된 처리의 계속임) 이하에 설명된다.

[0147] 초기에, 벡터(p_{TYPE}) 및 매트릭스들($\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}$ 및 $\boldsymbol{P}_{\mathrm{Q,F}}$)의 모든 요소들은 제로에 의해 초기화된다. 그 다음, 비트(PSPredictionActive)가 판독되며, 비트는 공간 예측이 모두에서 수행되어야 하는지를 표시한다. 공간 예측(즉 PSPredictionActive = 1)의 경우에, 비트(KindOfCodedPredIds)가 판독되며, 비트는 예측이 수행되어야 하는 방향들의 인덱스들의 코딩의 종류를 표시한다.

[0148] $\mathrm{KindOfCodedPredIds} = 0$인 경우에, 길이 O의 비트 어레이(ActivePred)가 판독되며, 그 중 q번째 요소는 방향($\boldsymbol{\Omega}_q$)에 대해 예측이 수행되는지를 표시한다. 다음 단계에서, 어레이(ActivePred)로부터, 예측들의 수(NumActivePred)가 컴퓨팅되고 길이 NumActivePred의 비트 어레이(PredType)가 판독되며, 그것의 요소들은 관련 방향들 각각에 대해 수행되어야 하는 예측의 종류를 표시한다. ActivePred 및 PredType에 포함되는 정보를 이용하여, 벡터(p_{TYPE})의 요소들이 컴퓨팅된다.

[0149] 또한 인코더 측에서 비트 어레이(PredType)를 제공하지 않고 비트 어레이(ActivePred)로부터 벡터(p_{TYPE})의 요소들을 컴퓨팅하는 것이 가능하다.

[0150] KindOfCodedPredIds = 1인 경우, 능동 예측들의 수(NumActivePred)가 판독되며, 이는 $\lceil \log_2(M_{\mathrm{M}}) \rceil$ 비트로 코딩되는 것으로 가정되며, M_M은 수학식 (25)를 충족시키는 최대 정수이다. 그 다음, NumActivePred 요소들로 구성되는 데이터 어레이(PredIds)가 판독되며, 각각의 요소는 $\lceil \log_2(O) \rceil$ 비트에 의해 코딩되는 것으로 가정된다. 이러한 어레이의 요소들은 예측이 수행되어야 하는 방향들의 인덱스들이다. 연속적으로, 길이 NumActivePred의 비트 어레이(PredType)가 판독되며, 그것의 요소들은 관련 방향들의 각각의 방향에 대해 수행되어야 하는 예측의 종류를 표시한다. NumActivePred, PredIds 및 PredType의 지식을 이용하여, 벡터(p_{TYPE})의 요소들이 컴퓨팅된다.

[0151] 또한 인코더 측에서 비트 어레이(PredType)를 제공하지 않고 수(NumActivePred) 및 데이터 어레이(PredIds)로부터 벡터(p_{TYPE})의 요소들을 컴퓨팅하는 것이 가능하다.

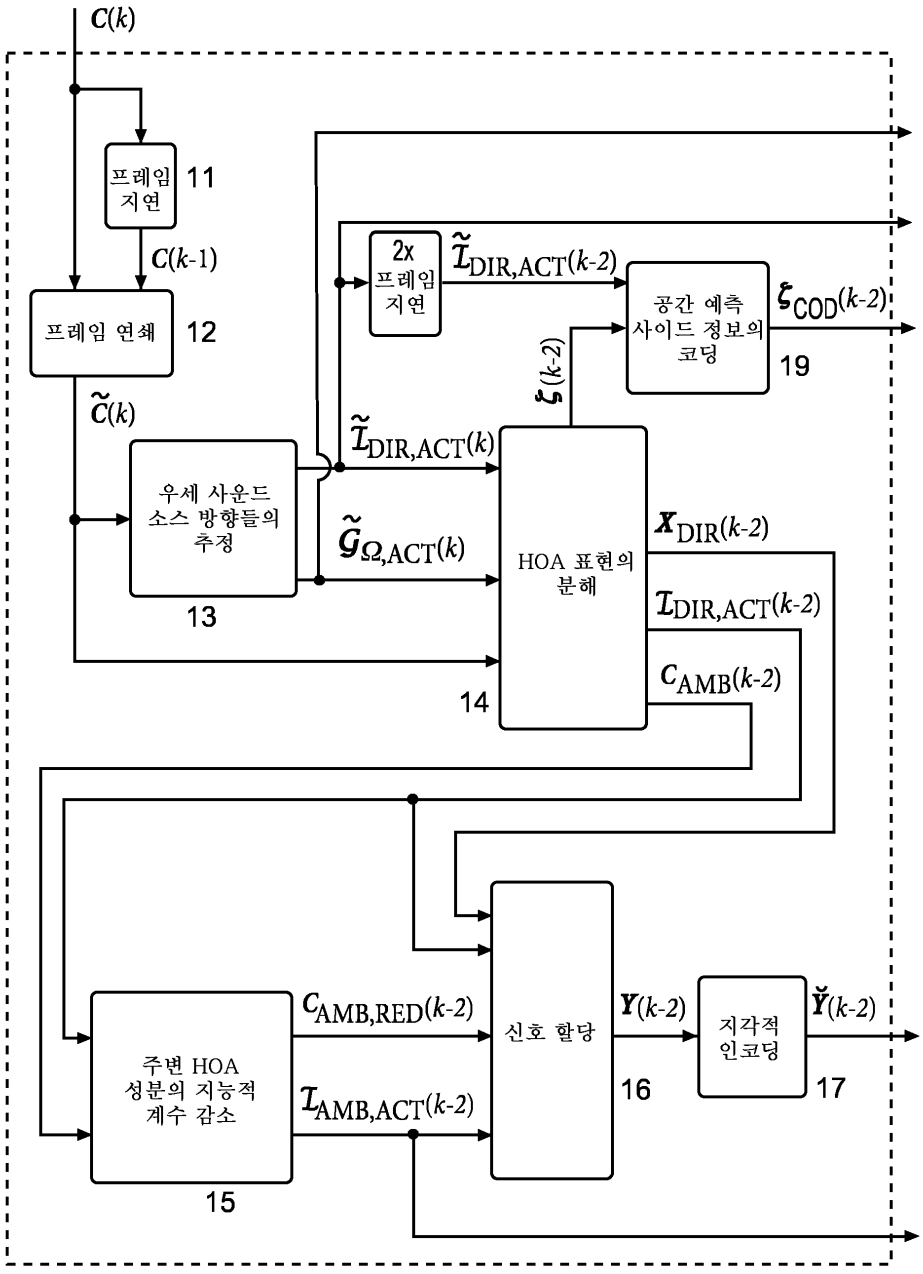
[0152] 양 경우들(즉 KindOfCodedPredIds = 0 및 KindOfCodedPredIds = 1)에 대해, 다음 단계에서, 어레이(PredDirSigIds)가 판독되며, 이는 $\mathrm{NumActivePred} \cdot D_{\mathrm{PRED}}$ 요소들로 구성된다. 각각의 요소는 $\lceil \log_2(\tilde{D}_{\mathrm{ACT}}) \rceil$비트에 의해 코딩되는 것으로 가정된다. p_{TYPE}, $\tilde{j}_{\mathrm{DIR,ACT}}$ 및 PredDirSigIds에 포함되는 정보를 사용하여, 매트릭스($\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}$)의 요소들이 설정되고, $\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}$ 내의 비제로 요소들의 수(NumNonZeroIds)가 컴퓨팅된다.

[0153] 최종적으로, 어레이(QuantPredGains)가 판독되며, 어레이는 B_{SC} 비트에 의해 각각 코딩되는 NumNonZeroIds 요소들로 구성된다. P_{IND} 및 QuantPredGains에 포함되는 정보를 사용하여, 매트릭스($P_{Q,F}$)의 요소들이 설정된다.

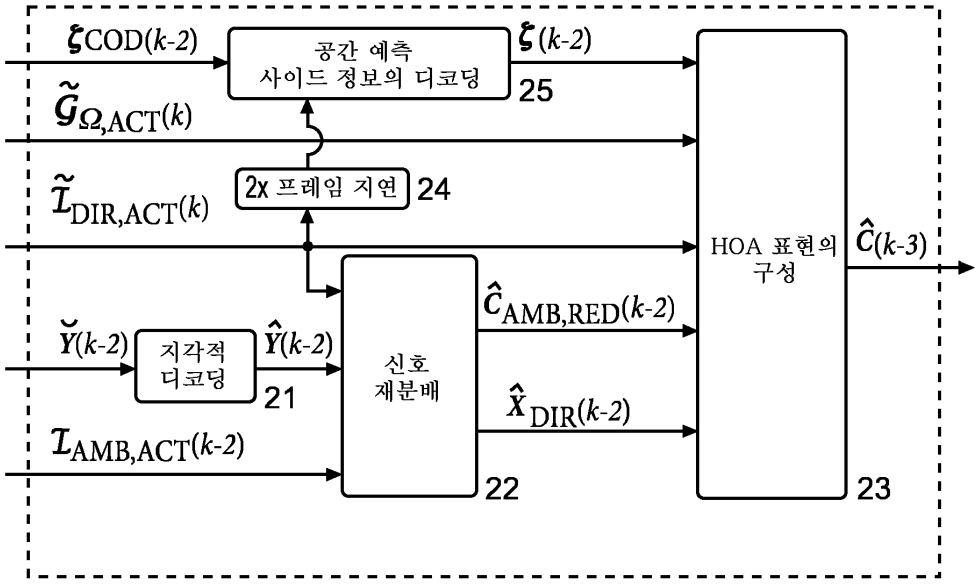
[0154] 본 발명에 따른 처리는 단일 프로세서 또는 전자 회로, 또는 병렬로 동작하고/하거나 본 발명에 따른 처리의 상이한 부분들 상에 동작하는 수개의 프로세서들 또는 전자 회로들에 의해 수행될 수 있다.

도면

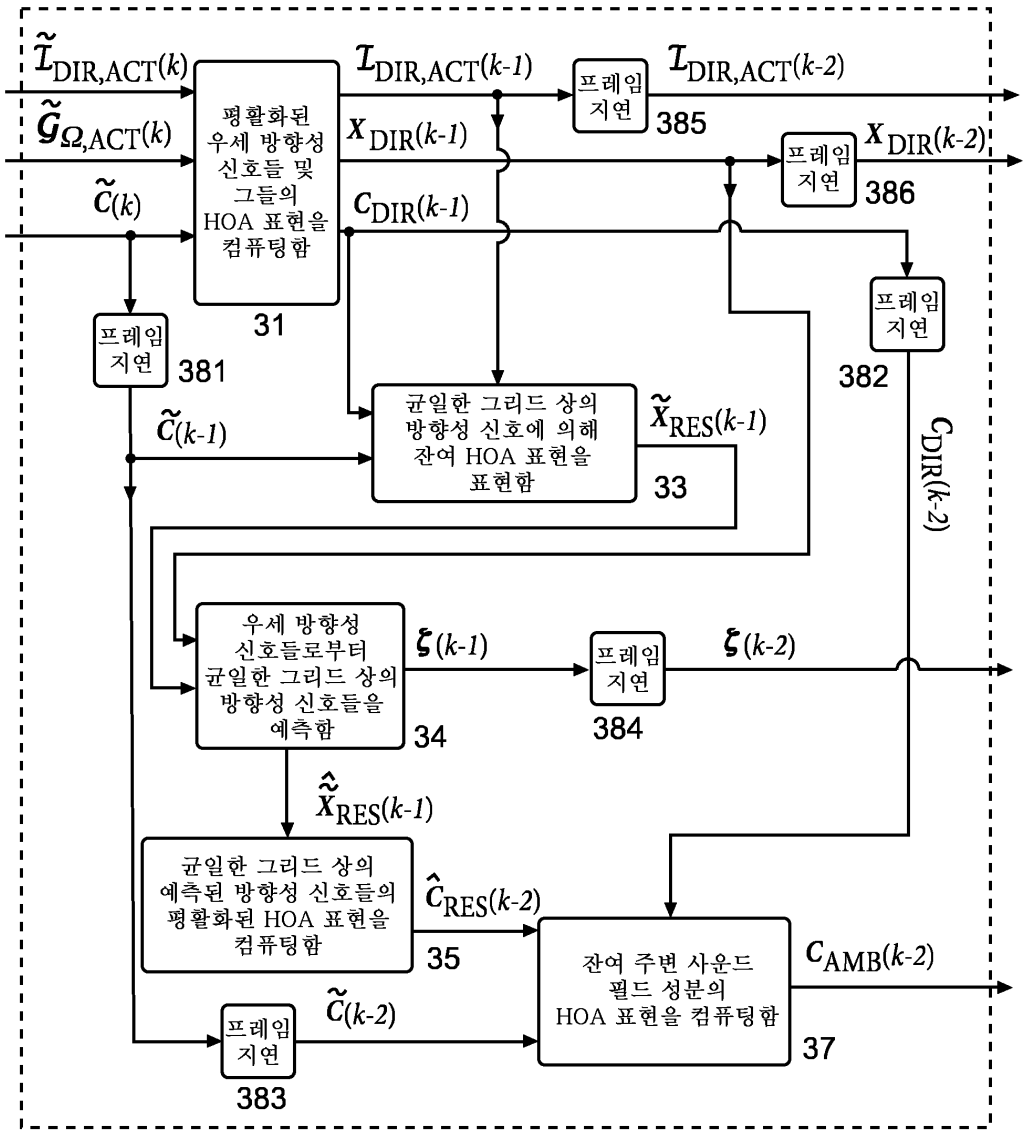
도면1



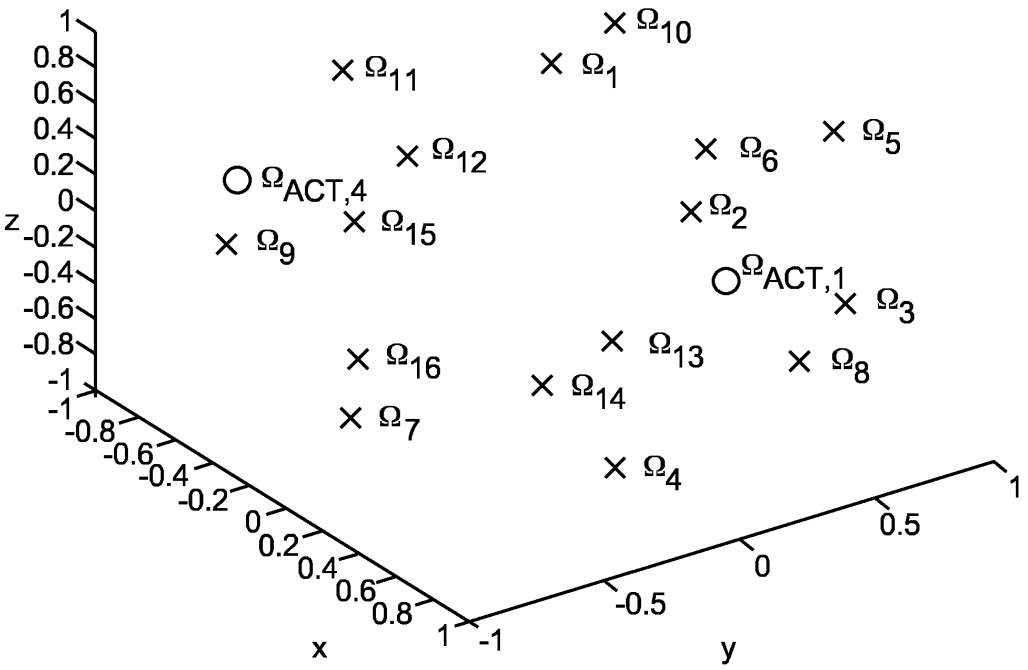
도면2


ξCOD(k-2)
공간 예측
사이드 정보의 디코딩
ξ(k-2)
25
G̃Ω,ACT(k)
T̃DIR,ACT(k)
2x 프레임 지연
24
HOA 표현의
구성
Ĉ(k-3)
Y̆(k-2)
지각적
디코딩
Ŷ(k-2)
21
신호
재분배
ĈAMB,RED(k-2)
X̂DIR(k-2)
TAMB,ACT(k-2)
22
23

도면3


$\tilde{\mathcal{I}}_{DIR,ACT}(k)$
$\tilde{\mathcal{G}}_{\Omega,ACT}(k)$
$\tilde{C}(k)$
평활화된 우세 방향성 신호들 및 그들의 HOA 표현을 컴퓨팅함
31
$\mathcal{I}_{DIR,ACT}(k-1)$
$X_{DIR}(k-1)$
$C_{DIR}(k-1)$
프레임 지연
385
$\mathcal{I}_{DIR,ACT}(k-2)$
프레임 지연
386
$X_{DIR}(k-2)$
프레임 지연
382
$C_{DIR}(k-2)$
프레임 지연
381
$\tilde{C}(k-1)$
균일한 그리드 상의 방향성 신호에 의해 잔여 HOA 표현을 표현함
33
$\tilde{X}_{RES}(k-1)$
우세 방향성 신호들로부터 균일한 그리드 상의 방향성 신호들을 예측함
34
$\xi(k-1)$
프레임 지연
384
$\xi(k-2)$
$\hat{\tilde{X}}_{RES}(k-1)$
균일한 그리드 상의 예측된 방향성 신호들의 평활화된 HOA 표현을 컴퓨팅함
35
$\hat{C}_{RES}(k-2)$
프레임 지연
383
$\tilde{C}(k-2)$
잔여 주변 사운드 필드 성분의 HOA 표현을 컴퓨팅함
37
$C_{AMB}(k-2)$

도면4


Ω10
Ω11
Ω1
Ω12
Ω6
Ω5
ΩACT,4
Ω15
Ω2
Ω9
ΩACT,1
Ω3
Ω16
Ω13
Ω8
Ω14
Ω7
Ω4
z
x
y

도면5

```
{Fill PredActive (bit array of length O)}

NumActivePred = 0
for q = 1 to O do
  if p_TYPE,q = 0 then
    ActivePred[q] = 0
  else
    ActivePred[q] = 1
    NumActivePred ← NumActivePred + 1

  end if
end for

{Fill PredType (bit array of length NumActivePred) }
{and PredDirSigIds (unsigned integer array of length NumActivePred · D_PRED)}

j = 1
i = 1
NumNonZeroIds = 0
for q = 1 to O do
  if ActivePred[q] = 1 then
    PredType[j] = p_TYPE,q − 1
    j ← j + 1

    if p_IND,d,q ≠ 0 then
      NumNonZeroIds ← NumNonZeroIds + 1
    end if

    for d = 1 to D_PRED do
      PredDirSigIds[i] = p_IND,d,q
      i ← i + 1
    end for
  end if
end for

{Fill QuantPredGains (integer array of length NumNonZeroIds)}

i = 1
for q = 1 to O do
  for d = 1 to D_PRED do
    if p_IND,d,q ≠ 0 then
      QuantPredGains[i] = p_Q,F,d,q
      i ← i + 1
    end if
  end for
end for
```

도면6

```
{Set bit PSPredictionActive }
PSPredictionActive = 0
for q = 1 to O do
  if p_TYPE,q > 0 then
    PSPredictionActive = 1
  end if
end for

if PSPredictionActive = 1 then
  {Set bit KindOfCodedPredIds }
  NumActivePred = 0
  for q = 1 to O do
    if p_TYPE,q > 0 then
      NumActivePred ← NumActivePred + 1
    end if
  end for

  if NumActivePred < M_M then
    KindOfCodedPredIds = 1
  else
    KindOfCodedPredIds = 0
  end if

  if KindOfCodedPredIds = 0 then
    {Fill ActivePred (bit array of length O)}
    for q = 1 to O do
      if p_TYPE,q = 0 then
        ActivePred[q] = 0
      else
        ActivePred[q] = 1
      end if
    end for
  else
    {Fill PredIds (array of length NumActivePred)}
    j = 1
    for q = 1 to O do
      if p_TYPE,q > 0 then
        PredIds[j] = q
        j ← j + 1
      end if
    end for
  end if

  {Fill PredType (bit array of length NumActivePred) }
  {and PredDirSigIds (unsigned integer array of length NumActivePred · D_PRED)}
  {Same as in the state of the art coding algorithm Alg. 1, except for one change, i.e.}
  {replace PredDirSigIds[i] = p_IND,d,q by}
    if p_IND,d,q = 0 then
      PredDirSigIds[i] = 0
    else
      PredDirSigIds[i] = α such that ĩ_ACT,α = p_IND,d,q
    end if

  {Fill QuantPredGains (integer array of length NumNonZeroIds)}
  {Same as in the state of the art coding algorithm Alg. 1 }
end if
```

도면7

{Init p_{TYPE} (vector with O elements), P_{IND} and $P_{\mathrm{Q,F}}$ (matrices with D_{PRED} rows and O columns) }
  for $q = 1$ **to** O **do**
    $p_{\mathrm{TYPE},q} = 0$
    for $d = 1$ **to** D_{PRED} **do**
      $p_{\mathrm{IND},d,q} = 0$
      $p_{\mathrm{Q,F},d,q} = 0$
    end for
  end for
Read bit PSPredictionActive
if PSPredictionActive $= 1$ **then**
  Read bit KindOfCodedPredIds
  if KindOfCodedPredIds $= 0$ **then**
    Read **ActivePred** (bit array of length O)
    {Compute number of active predictions}
      NumActivePred $= 0$
      for $q = 1$ **to** O **do**
        if ActivePred $[q] = 1$ **then**
          NumActivePred $\leftarrow$ NumActivePred $+ 1$
        end if
      end for
    Read **PredType** (bit array of length NumActivePred)
    {Set elements of p_{TYPE} }
      $i = 1$
      for $q = 1$ **to** O **do**
        if ActivePred $[q] = 1$ **then**
          if PredType $[i] = 0$ **then**
            $p_{\mathrm{TYPE},q} = 1$
          else
            $p_{\mathrm{TYPE},q} = 2$
          end if
          $i \leftarrow i + 1$
        end if
      end for
  else
    Read NumActivePred (coded by $\lceil \log_2 (M_{\mathrm{M}}) \rceil$ bits, M_{M} is greatest integer satisfying equation(25))
    Read **PredIds** (array with NumActivePred elements, each coded by $\lceil \log_2 (O) \rceil$ bits)
    Read **PredType** (bit array of length NumActivePred)
    {Set elements of p_{TYPE} }
      for $i = 1$ **to** NumActivePred **do**
        if PredType $[i] = 0$ **then**
          $p_{\mathrm{TYPE,PredIds}[i]} = 1$
        else
          $p_{\mathrm{TYPE,PredIds}[i]} = 2$
        end if
      end for
  end if
  {Decode matrices P_{IND} and $P_{\mathrm{Q,F}}$ according to Alg. 4 }
end if

도면8

Read **PredDirSigIds**
(array with NumActivePred · D_{PRED} elements, each coded by $\lceil \log_2 \left(\tilde{D}_{\mathrm{ACT}}+1 \right) \rceil$ bits)
{Set elements of $\boldsymbol{P}_{\mathrm{IND}}$ (matrix with D_{PRED} rows and O columns) }
$i = 1$
NumNonZeroIds = 0
for $q = 1$ **to** O **do**
  for $d = 1$ **to** D_{PRED} **do**
    if $p_{\mathrm{TYPE},i} > 0$ **then**
      if PredDirSigIds $[i] > 0$ **then**
        $p_{\mathrm{IND},d,q} = \tilde{i}_{\mathrm{ACT,PredDirSigIds}[i]}$
        NumNonZeroIds $\leftarrow$ NumNonZeroIds $+ 1$
      end if
      $i \leftarrow i + 1$
    end if
  end for
end for
Read **QuantPredGains** (array with NumNonZeroIds elements, each coded by B_{SC} bits)
{Set elements of $\boldsymbol{P}_{\mathrm{Q,F}}$ (matrix with D_{PRED} rows and O columns) }
$i = 1$
for $q = 1$ **to** O **do**
  for $d = 1$ **to** D_{PRED} **do**
    if $p_{\mathrm{IND},d,q} > 0$ **then**
      $p_{\mathrm{Q,F},d,q} =$ QuantPredGains $[i]$
      $i \leftarrow i + 1$
    end if
  end for
end for