



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월30일

(11) 등록번호 10-2245356

(24) 등록일자 2021년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 $H04R\ 3/00$ (2006.01) $G10K\ 11/178$ (2006.01)
 $H04R\ 1/08$ (2006.01) $H04R\ 1/10$ (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 $H04R\ 3/002$ (2013.01)
 $G10K\ 11/178$ (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-7031568
 (22) 출원일자(국제) 2015년03월24일
 심사청구일자 2020년02월14일
 (85) 번역문제출일자 2016년11월11일
 (65) 공개번호 10-2016-0144461
 (43) 공개일자 2016년12월16일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2015/022113
 (87) 국제공개번호 WO 2015/160477
 국제공개일자 2015년10월22일
 (30) 우선권주장
 14/252,235 2014년04월14일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 EP02237573 A1*
 KR1020140035446 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 씨러스 로직 인코포레이티드
 미국 텍사스 78701, 오스틴, 더블유. 6번가 800
 (72) 발명자
 루, 양
 미국, 텍사스 78613, 시더 파크 테셔 디알 116
 저우, 다용
 미국, 텍사스 78738, 오스틴 포트나 디알 2821
 리, 닝
 미국, 텍사스 78613, 시더 파크 테셔 디알 111
 (74) 대리인
 장훈

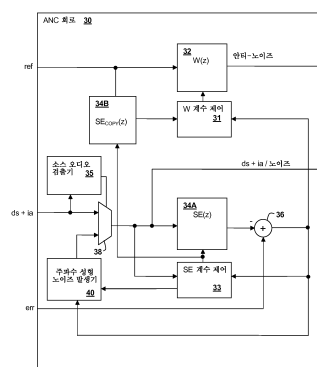
전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 강석제

(54) 발명의 명칭 **노이즈 제거 개인용 오디오 디바이스에서 2차 경로 적응 응답의 주파수 성형 노이즈 기반의 적응**

(57) 요약

개인용 오디오 디바이스는 기준 마이크로폰 신호로부터 안티-노이즈 신호를 적응적으로 발생하고 상기 안티-노이즈 신호를 스피커 또는 다른 트랜스듀서 출력에 삽입하여 주변 오디오 사운드를 제거한다. 여러 마이크로폰이 또한 상기 스피커에 근접하게 제공되어 상기 노이즈 제거의 효율성을 나타내는 여러 신호를 제공한다. 2차 경로 추정 적응 필터가 트랜스듀서를 통해 노이즈 제거 회로로부터 전기 음향 경로를 추정하는데 사용되어, 소스 오디오가 상기 여러 신호로부터 제거될 수 있다. 소스 오디오의 존재 및 진폭과는 무관하게, 상기 2차 경로 추정 적응 필터의 적응이 유지될 수 있도록 노이즈가 주입된다. 상기 노이즈는 2차 경로 응답의 적어도 하나의 파라미터에 따라 제어된 응답을 갖는 노이즈 성형 필터에 의해 성형된다.

대표도 - 도3

(52) CPC특허분류

H04R 1/08 (2013.01)

H04R 1/1083 (2013.01)

H04R 3/005 (2013.01)

G10K 2210/108 (2013.01)

G10K 2210/1081 (2013.01)

H04R 2410/05 (2013.01)

H04R 2460/01 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

개인용 오디오 디바이스에 있어서:

개인용 오디오 디바이스 하우징;

상기 하우징에 장착된 트랜스듀서로서, 청취자에게 재생하기 위한 소스 오디오와 상기 트랜스듀서의 음향 출력에서 주변 오디오 사운드의 영향들에 대응(counter)하기 위한 안티-노이즈 신호의 양쪽 모두를 포함하는 오디오 신호를 재생하기 위한, 상기 트랜스듀서;

상기 하우징에 장착된 기준 마이크로폰으로서, 상기 주변 오디오 사운드들을 나타내는 기준 마이크로폰 신호를 제공하기 위한, 상기 기준 마이크로폰;

상기 트랜스듀서에 근접하여 상기 하우징에 장착된 에러 마이크로폰으로서, 상기 트랜스듀서의 음향 출력을 나타내는 에러 마이크로폰 신호 및 상기 트랜스듀서에 주변 오디오 사운드를 제공하기 위한, 상기 에러 마이크로폰;

노이즈 신호를 제공하기 위한 제어가능한 노이즈 소스; 및

상기 기준 마이크로폰 신호 및 에러 신호에 따라 청취자에게 들리는 주변 오디오 사운드의 존재를 줄이기 위해 안티-노이즈 신호를 생성하도록 상기 기준 마이크로폰 신호를 제 1 적응 필터로 필터링하는 프로세싱 회로를 포함하고,

상기 프로세싱 회로는 주파수 성형 노이즈 신호를 생성하도록 상기 노이즈 신호를 필터링하는 제어가능한 주파수 응답을 갖는 노이즈 성형 필터를 실행하고,

상기 프로세싱 회로는 상기 소스 오디오를 성형하는 2차 경로 응답을 갖는 2차 경로 적응 필터 및 상기 에러 신호를 제공하도록 상기 에러 마이크로폰 신호로부터 상기 소스 오디오를 제거하는 결합기를 실행하며,

상기 프로세싱 회로는 상기 소스 오디오가 존재하지 않거나 또는 감소된 진폭을 가질 때, 상기 2차 경로 적응 필터로 하여금 적응을 지속하게 하도록 상기 주파수 성형 노이즈 신호를 상기 2차 경로 적응 필터에 주입하고, 상기 주파수 성형 노이즈 신호를 상기 소스 오디오에 대체하거나 또는 상기 소스 오디오와 조합하여 상기 트랜스듀서에 의해 재생된 오디오 신호에 주입하고,

상기 프로세싱 회로는 상기 트랜스듀서에 의해 재생된 오디오 신호에서 상기 노이즈 신호의 가청성을 감소시키기 위해 상기 2차 경로 응답의 적어도 하나의 파라미터에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 주파수 응답을 제어하고,

상기 프로세싱 회로는 상기 에러 신호의 주파수 콘텐츠를 결정하고 상기 에러 신호의 주파수 콘텐츠에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답을 적응적으로 제어하도록 상기 에러 신호를 분석하는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 응답은 상기 2차 경로 응답의 적어도 일부의 역(inverse)인 응답을 포함하고, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 2차 경로 응답을 결정하는 파라미터들을 포함하는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 이득은 상기 2차 경로 응답의 적어도 일부 상에서 상기 2차 경로 응답의 크기의 역에 따라 설정되는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 이득은 특정 주파수 대역에서의 상기 2차 경로 응답의 크기의 역에 따라 설정되는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 프로세싱 회로는 또한 상기 주파수 성형 노이즈 신호의 주파수 스펙트럼에서 좁은 피크들(narrow peaks)의 발생을 방지하도록 상기 노이즈 성형의 제어가능한 주파수 응답을 주파수-스무딩(frequency-smoothing)하는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 프로세싱 회로는 또한 상기 주파수 성형 노이즈 신호의 진폭에서 급격한 변화들을 방지하도록 시간 도메인에서 상기 노이즈 성형의 제어가능한 주파수 응답을 스무딩하는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 프로세싱 회로는 또한 상기 안티-노이즈 신호의 부적합한 발생을 일으킬 수 있는 주변 오디오 상태 또는 시스템 불안정성의 표시에 응답하여 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 갱신율을 감소시키는, 개인용 오디오 디바이스.

청구항 9

개인용 오디오 디바이스에 의해 주변 오디오 사운드의 영향들에 대응하는(counter) 방법에 있어서:

기준 마이크로폰 신호를 생성하도록 기준 마이크로폰으로 상기 주변 오디오 사운드를 측정하는 단계;

상기 기준 마이크로폰 신호 및 에러 신호에 따라 청취자에게 들리는 주변 오디오 사운드의 존재를 줄이기 위해 안티-노이즈 신호를 발생시키도록 제 1 적응 필터로 상기 기준 마이크로폰 신호를 필터링하는 단계;

상기 안티-노이즈 신호를 소스 오디오와 결합하는 단계;

상기 결합 결과를 트랜스듀서에 제공하는 단계;

에러 마이크로폰으로 상기 주변 오디오 사운드 및 상기 트랜스듀서의 음향 출력을 측정하는 단계;

2차 경로 적응 필터로 상기 소스 오디오를 성형하는 단계

상기 에러 신호를 제공하기 위해 에러 마이크로폰 신호로부터 상기 소스 오디오를 제거하는 단계;

제어가능한 노이즈 소스로 노이즈 신호를 발생시키는 단계;

주파수 성형 노이즈 신호를 생성하기 위해 제어가능한 주파수 응답을 갖는 노이즈 성형 필터로 상기 노이즈 신호를 필터링하는 단계;

상기 소스 오디오가 존재하지 않거나 또는 감소된 진폭을 가질 때, 상기 2차 경로 적응 필터로 하여금 적응을 지속하게 하도록 상기 주파수 성형 노이즈 신호를 상기 2차 경로 적응 필터에 주입하고, 상기 주파수 성형 노이즈 신호를 상기 소스 오디오에 대체하거나 또는 상기 소스 오디오와 조합하여 상기 트랜스듀서에 의해 재생된 오디오 신호에 주입하는 단계;

상기 트랜스듀서에 의해 재생된 오디오 신호에서 상기 노이즈 신호의 가청성을 감소시키기 위해 상기 2차 경로 응답의 적어도 하나의 파라미터에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 주파수 응답을 제어하는 단계; 및

상기 에러 신호의 주파수 콘텐츠를 결정하도록 상기 에러 신호를 분석하는 단계를 포함하고,

상기 제어는 상기 에러 신호의 주파수 콘텐츠에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답을 적응적으로 제어하는, 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 응답은 상기 2차 경로 응답의 적어도 일부의 역인 응답을 포함하고, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 2차 경로 응답을 결정하는 파라미터들을 포함하는, 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 제어는 상기 2차 경로 응답의 적어도 일부 상에서 상기 2차 경로 응답의 크기의 역에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 이득을 설정하는, 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 제어는 특정 주파수 대역에서의 상기 2차 경로 응답의 크기의 역에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 이득을 설정하는, 방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 제어는 상기 주파수 성형 노이즈 신호의 주파수 스펙트럼에서 좁은 피크들의 발생을 방지하도록 상기 노이즈 성형의 제어가능한 주파수 응답을 스무딩하는 것을 더 포함하는, 방법.

청구항 15

제 9 항에 있어서,

상기 제어는 상기 주파수 성형 노이즈 신호의 진폭에서 급격한 변화들을 방지하도록 시간 도메인에서 상기 노이즈 성형의 제어가능한 주파수 응답을 스무딩하는 것을 더 포함하는, 방법.

청구항 16

제 9 항에 있어서,

상기 안티-노이즈 신호의 부적합한 발생을 일으킬 수 있는 주변 오디오 상태 또는 시스템 불안정성의 표시에 응답하여 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 갱신율을 감소시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 17

개인용 오디오 디바이스의 적어도 일부를 실행하기 위한 집적 회로에 있어서:

청취자에게 재생하기 위한 소스 오디오와 트랜스듀서의 음향 출력에서 주변 오디오 사운드의 영향들에 대응하기 위한 안티-노이즈 신호의 양쪽 모두를 포함하는 출력 신호를 출력 트랜스듀서에 제공하기 위한 출력부;

상기 주변 오디오 사운드들을 나타내는 기준 마이크로폰 신호를 수신하기 위한 기준 마이크로폰 입력부;

상기 트랜스듀서의 음향 출력을 나타내는 에러 마이크로폰 신호 및 상기 트랜스듀서에 주변 오디오 사운드를 수

신하기 위한 에러 마이크로폰 입력부;

노이즈 신호를 제공하기 위한 제어가능한 노이즈 소스; 및

상기 기준 마이크로폰 신호 및 에러 신호에 따라 청취자에게 들리는 주변 오디오 사운드의 존재를 줄이기 위해 안티-노이즈 신호를 생성하도록 상기 기준 마이크로폰 신호를 제 1 적응 필터로 필터링하는 프로세싱 회로를 포함하고,

상기 프로세싱 회로는 주파수 성형 노이즈 신호를 생성하도록 상기 노이즈 신호를 필터링하는 제어가능한 주파수 응답을 갖는 노이즈 성형 필터를 실행하고,

상기 프로세싱 회로는 상기 소스 오디오를 성형하는 2차 경로 응답을 갖는 2차 경로 적응 필터 및 상기 에러 신호를 제공하도록 상기 에러 마이크로폰 신호로부터 상기 소스 오디오를 제거하는 결합기를 실행하며,

상기 프로세싱 회로는 상기 소스 오디오가 존재하지 않거나 또는 감소된 진폭을 가질 때, 상기 2차 경로 적응 필터로 하여금 적응을 지속하게 하도록 상기 주파수 성형 노이즈 신호를 상기 2차 경로 적응 필터에 주입하고, 상기 주파수 성형 노이즈 신호를 상기 소스 오디오에 대체하거나 또는 상기 소스 오디오와 조합하여 상기 트랜스듀서에 의해 재생된 오디오 신호에 주입하고,

상기 프로세싱 회로는 상기 에러 신호의 주파수 콘텐츠를 결정하기 위해 에러 신호를 분석하고,

상기 프로세싱 회로는 상기 트랜스듀서에 의해 재생된 오디오 신호에서 상기 노이즈 신호의 가청성을 감소시키기 위해 상기 에러 신호의 주파수 콘텐츠에 따라 그리고 상기 2차 경로 응답의 적어도 하나의 파라미터에 따라 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답을 적응적으로 제어하는, 집적 회로.

청구항 18

삭제

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 응답은 상기 2차 경로 응답의 적어도 일부의 역인 응답을 포함하고, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 2차 경로 응답을 결정하는 파라미터들을 포함하는, 집적 회로.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 이득은 상기 2차 경로 응답의 적어도 일부 상에서 상기 2차 경로 응답의 크기의 역에 따라 설정되는, 집적 회로.

청구항 21

제 17 항에 있어서,

상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 이득은 특정 주파수 대역에서의 상기 2차 경로 응답의 크기의 역에 따라 설정되는, 집적 회로.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 프로세싱 회로는 또한 상기 주파수 성형 노이즈 신호의 주파수 스펙트럼에서 좁은 피크들의 발생을 방지하도록 상기 노이즈 성형의 제어가능한 주파수 응답을 주파수-스무딩하는, 집적 회로.

청구항 23

제 17 항에 있어서,

상기 프로세싱 회로는 또한 상기 주파수 성형 노이즈 신호의 진폭에서 급격한 변화들을 방지하도록 시간 도메인에서 상기 노이즈 성형의 제어가능한 주파수 응답을 스무딩하는, 집적 회로.

청구항 24

제 17 항에 있어서,

상기 프로세싱 회로는 또한 상기 안티-노이즈 신호의 부적합한 발생을 일으킬 수 있는 주변 오디오 상태 또는 시스템 불안정성의 표시에 응답하여 상기 노이즈 성형 필터의 제어가능한 주파수 응답의 갱신을 감소시키는, 집적 회로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 적응 잡음 제거(ANC: adaptive noise cancellation)를 포함하는 무선 전화기들과 같은 개인용 오디오 디바이스들에 관한 것이고, 구체적으로는 2차 경로 추정 및 주파수 성형 노이즈 기반의 적응(adaptation)을 갖는 주입된 노이즈를 사용하는 개인용 오디오 디바이스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 모바일/셀룰러 전화기, 헤드폰, 및 다른 소비자 오디오 디바이스들과 같은 무선 전화기들이 광범위하게 사용되고 있다. 명료도(intelligibility)와 관련한 그러한 디바이스들의 성능은 주변 음향 이벤트들을 측정하기 위해 마이크로폰을 사용하고 이어서 상기 주변 음향 이벤트들을 제거하기 위해 상기 디바이스의 출력에 안티-노이즈를 삽입하도록 신호 프로세싱을 사용하여 노이즈 제거를 제공함으로써 개선될 수 있다.

[0003] 노이즈 제거 동작은 예러 마이크로폰을 사용하여 노이즈 제거의 유효성을 결정하기 위해 트랜스듀서에서 디바이스의 트랜스듀서 출력을 측정함으로써 개선될 수 있다. 상기 트랜스듀서의 측정된 출력은 이상적으로는 소스 오디오, 예를 들면 재생을 위해 헤드셋에 제공된 오디오이거나 또는, 전화기에서의 다운링크 오디오 및/또는 전용 오디오 플레이어에서나 전화기에서의 재생 오디오가 되는데, 이는 상기 노이즈 제거 신호(들)가 이상적으로는 상기 트랜스듀서의 위치에서 주변 노이즈에 의해 제거되기 때문이다. 예러 마이크로폰 신호로부터 소스 오디오를 제거하기 위해, 상기 예러 마이크로폰을 통해 상기 트랜스듀서로부터 2차 경로가 추정될 수 있고, 상기 예러 마이크로폰 신호로부터의 삭제를 위해 정확한 위상 및 진폭으로 상기 소스 오디오를 필터링하는데 사용될 수 있다. 하지만, 소스 오디오가 없거나 또는 진폭이 낮을 때, 상기 2차 경로 추정은 대체로 갱신될 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서, 트랜스듀서의 출력을 측정하도록 2차 경로 추정을 사용하여 노이즈 제거를 제공하고 충분한 진폭의 소스 오디오가 존재하는지와 무관하게 상기 2차 경로 추정을 지속적으로 적응시킬 수 있는, 무선 전화기들을 포함하는, 개인용 오디오 디바이스를 제공하는 것이 바람직하다.

과제의 해결 수단

[0005] 충분한 진폭의 소스 오디오가 존재하는 존재하지않는 간에 지속적으로 적응될 수 있는 2차 경로 추정을 포함하는 노이즈 제거를 제공하는 개인용 오디오 디바이스를 제공하는 상기한 목적은 노이즈 제거 헤드폰들을 포함하는 노이즈 제거 개인용 오디오 디바이스, 동작 방법, 및 집적 회로로 달성된다.

[0006] 상기 개인용 오디오 디바이스는 하우징을 포함하고, 상기 하우징에 장착된 트랜스듀서가 청취자에게 제공하기 위한 소스 오디오와 상기 트랜스듀서의 음향 출력에서 주변 오디오 사운드의 영향들에 대응(counter)하기 위한 안티-노이즈 신호의 양쪽 모두를 포함하는 오디오 신호를 재생한다. 기준 마이크로폰은 상기 주변 오디오 사운드들을 나타내는 기준 마이크로폰 신호를 제공하도록 상기 하우징에 장착된다. 상기 개인용 오디오 디바이스는 또한 상기 안티 노이즈 신호가 상기 주변 오디오 사운드들의 실질적인 제거를 일으키도록 상기 기준 마이크로폰 신호로부터 안티 노이즈 신호를 적응적으로 발생시키기 위해 상기 하우징 내에 적응 노이즈 제거(ANC) 프로세싱 회로를 포함한다. 예러 마이크로폰이, 상기 주변 오디오 사운드들을 제거하도록 상기 안티 노이즈 신호의 적응(adaptation)을 제어하고 상기 트랜스듀서를 통해 상기 프로세싱 회로의 출력으로부터 전기-음향 경로를 보정하기 위해 포함된다. 상기 ANC 프로세싱 회로는, 상기 소스 오디오, 예를 들면 전화기들의 다운링크 오디오 및/또는 미디어 플레이어들이나 전화기들의 재생 오디오가 상기 2차 경로 추정 적응 필터가 적응을 적절히 지속할 수

없을 정도로 낮은 레벨에 있을 때, 노이즈를 주입한다. 제어가능한 필터는 상기 2차 경로 응답의 적어도 하나의 파라미터에 따라서 상기 노이즈를 주파수 성형하여, 상기 2차 경로 응답을 적응시키기 위한 충분한 진폭의 노이즈를 제공하면서 상기 트랜스듀서에 의해 출력된 노이즈의 가청성(audibility)를 낮추게 된다.

[0007] 본 발명의 전술한 그리고 다른 목적들, 특징들, 및 이점들은 다음과 같은 특히 첨부된 도면들을 참조한 본 발명의 적절한 실시예의 설명으로부터 명백하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1a는 한 쌍의 이어버드들(EB1 및 EB2)에 연결된 무선 전화기(10)로서, 본 명세서에서 개시된 기술들이 실행될 수 있는 개인용 오디오 시스템의 예를 도시하는 도면.

도 1b는 도 1a에서 전기 및 음향 신호 경로들을 도시하는 도면.

도 2는 무선 전화기(10) 내의 회로들을 도시하는 블록도.

도 3은 도 2의 CODEC 집적 회로(20)의 ANC 회로(30) 내의 신호 처리 회로들 및 기능 블록들을 도시하는 블록도.

도 4는 도 3의 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 세부사항을 도시하는 블록도.

도 5 내지 도 7은 도 3의 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 동작시 수행되는 계산들을 도시하는 프로세스도.

도 8은 도 3의 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 동작의 다른 세부사항들을 도시하는 흐름도.

도 9는 도 3의 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 동작의 또 다른 세부사항들을 도시하는 흐름도.

도 10은 도 3의 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 동작시 수행되는 다른 계산들을 도시하는 프로세스도.

도 11은 본 명세서에서 개시된 ANC 시스템을 구현하는 집적 회로 내의 신호 프로세싱 회로들 및 기능 블록들을 도시하는 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 본 개시는 무선 헤드폰 또는 무선 전화기와 같은 개인용 오디오 디바이스에서 구현될 수 있는 노이즈 제거 기술들과 회로들을 보여준다. 개인용 오디오 디바이스는 주변 음향 환경을 측정하고 주변 음향 이벤트들을 제거하도록 스피커(또는 다른 트랜스듀서) 출력으로 주입되는 신호를 발생하는 적응 노이즈 제거(ANC) 회로를 포함한다. 기준 마이크로폰이 주변 음향 환경을 측정하도록 제공되고, 에러 마이크로폰이 트랜스듀서에서 상기 주변 오디오 및 트랜스듀서 출력을 측정하도록 포함되어, 그에 따라 상기 노이즈 제거의 유효성의 표시를 제공한다. 에러 신호를 발생시키기 위해 에러 마이크로폰 신호로부터 재생 오디오를 제거하도록 2차 경로 추정 적응 필터가 사용된다. 하지만, 예를 들면 전화 통화를 하는 동안의 다운링크 오디오 또는 미디어 파일 또는 접속으로부터의 재생 오디오와 같은, 개인용 오디오 디바이스에 의해 재생된 오디오 신호의 존재(및 레벨)에 따라서, 2차 경로 적응 필터는 상기 2차 경로를 추정하는 데 있어 지속적으로 적응될 수 없을 수도 있다. 본 명세서에 개시된 회로들 및 방법들은 청취자에게 명확하지 않거나 거의 명확하지 않는 레벨로 유지하면서 2차 경로 추정 적응 필터에 대해 적응을 지속하기에 충분한 에너지를 제공하도록 주입된 노이즈를 사용한다.

[0010] 상기 주입된 노이즈의 스펙트럼은, 재생 오디오(그에 따라 역시 주입된 노이즈)가 제거된 청취자에게 들리는 바와 같은 트랜스듀서의 출력을 나타내는 에러 신호의 주파수 콘텐츠에 따라 노이즈의 주파수 스펙트럼을 성형하는 노이즈 성형 필터를 적응시킴으로써 변경된다. 상기 주입된 노이즈는 또한 2차 경로 응답의 적어도 하나의 파라미터, 예를 들면 상기 2차 경로 응답의 이득 및/또는 고차 계수들에 따라 제어된다. 결과적으로, 주입된 노이즈의 진폭은 청취자에게는 상이한 주파수 대역들에서 청취자에 의해 들리는 잔류 주변 노이즈를 트래킹할 것이고, 결국, 상기 2차 경로 추정 적응 필터는 상기 주입된 노이즈를 감지할 수 없는 레벨로 유지하면서 효과적으로 트레이닝(training)될 수 있다.

[0011] 도 1a는 무선 전화기(10) 및 청취자의 해당하는 귀(5A, 5B)에 각각 부착된 한 쌍의 이어버드들(EB1 및 EB2)을 도시한다. 도시된 무선 전화기(10)는 본 발명의 기술이 채용될 수 있는 디바이스의 예가 되지만, 무선 전화기(10) 또는 이어지는 도면들에 도시된 회로들에서 나타내는 요소들 또는 구성들의 모두가 요구되는 것은 아니라는 것을 이해할 것이다. 무선 전화기(10)는 유선 또는 무선 접속, 예를 들면 BLUETOOTH™ 접속(BLUETOOTH는 Bluetooth SIG, Inc의 상표)에 의해 이어버드들(EB1 및 EB2)에 접속된다. 이어버드들(EB1 및 EB2) 각각은 스피커(SPKR1, SPKR2)와 같은 대응하는 트랜스듀서를 가지며, 이들은 무선 전화기(10)로부터 수신된 원거리 음성,

호출음, 저장된 오디오 프로그램 자료, 및 근단 음성(near-end speech)(즉, 무선 전화기(10)의 사용자의 음성)을 포함하는 소스 오디오를 재생한다. 소스 오디오는 또한 무선 전화기(10)가 재생하도록 요구되는 어떠한 다른 오디오로서, 무선 전화기(10)에 의해 수신된 웹-페이지들 또는 다른 네트워크 통신으로부터의 소스 오디오 또는 배터리 부족 및 다른 시스템 이벤트 통지와 같은 오디오 표시들과 같은 오디오를 포함한다. 기준 마이크로폰들(R1, R2)은 주변 음향 환경을 측정하기 위해 각각의 이어버드들(EB1 및 EB2)의 하우징의 표면 상에 제공된다. 이어버드들(EB1 및 EB2)이 귀(5A, 5B)의 외부측에 삽입될 때 해당하는 귀(5A, 5B)에 근접한 각각의 스피커들(SPKR1, SPKR2)에 의해 재생되는 오디오와 결합된 주변 오디오의 측정(measure)을 제공함으로써 ANC 동작을 더욱 개선하기 위해 또 다른 쌍의 마이크로폰들인 에러 마이크로폰들(E1, E2)이 제공된다.

[0012]

무선 전화기(10)는 스피커들(SPKR1, SPKR2)에 의해 재생된 원거리 음성 및 다른 오디오의 명료도를 개선하기 위해 안티-노이즈 신호를 스피커들(SPKR1, SPKR2)에 주입하는 적응 노이즈 제거(ANC) 회로들 및 특징들을 포함한다. 무선 전화기(10) 내의 전형적인 회로(14)는 오디오 집적 회로(20)를 포함하고, 오디오 집적 회로는 기준 마이크로폰들(R1, R2), 근접 음성 마이크로폰들(NS), 및 에러 마이크로폰들(E1, E2)로부터의 신호들을 수신하고, 무선 전화 송수신기를 포함하는 무선 주파수(RF) 집적 회로(12)와 같은 다른 집적 회로들과 인터페이스된다. 다른 구현들에서는, 여기에 개시된 회로들 및 기술들이 제어 회로들 및 MP3 플레이어-온-어-칩 집적 회로와 같은 개인용 오디오 디바이스의 전체를 실행하기 위한 다른 기능을 포함하는 단일의 집적 회로에 포함될 수 있다. 대안적으로, ANC 회로들이 이어버드들(EB1 및 EB2)의 하우징 내에 포함될 수 있으며, 또는 무선 전화기(10)와 이어버드들(EB1 및 EB2) 사이의 유선 접속을 따라 위치한 모듈에 포함될 수 있다. 다른 실시예들에서, 무선 전화기(10)는 기준 마이크로폰, 에러 마이크로폰 및 스피커를 포함하며, 노이즈 제거가 무선 전화기(10) 내의 집적 회로에 의해 수행된다. 설명의 목적으로, 상기 ANC 회로들은 무선 전화기(10) 내에 제공되는 것으로 기술될 것이지만, 상기한 변동 사항들은 당업자들에게는 이해가능한 것이고, 필요하다면, 이어버드들(EB1 및 EB2), 무선 전화기(10), 및 제 3 모듈 사이에 요구되는 그에 따른 결과적 신호들이 이들 변동 사항들에 대해 용이하게 결정될 수 있다. 근거리 음성 마이크로폰(NS)이, 무선 전화기(10)로부터 다른 대화 참여자(들)로 전송되는 근단 음성을 캡처하기 위해 무선 전화기(10)의 하우징에 제공된다. 대안적으로, 근거리 음성 마이크로폰(NS)은 이어버드들(EB1 및 EB2) 중 하나의 하우징의 외부 표면 상에, 이어버드들(EB1 및 EB2) 중 하나에 고정된 붐(boom) 상에, 또는 무선 전화기(10)와 이어버드들(EB1 및 EB2)의 양쪽 모두 또는 어느 한 쪽 사이에 위치한 펜던트(pendant) 상에 제공될 수 있다.

[0013]

도 1b는 오디오 집적 회로들(20A, 20B)의 간략화된 구성을 도시하며, 상기 오디오 집적 회로들은, 대응하는 이어버드들(EB1 및 EB2) 내에 위치되며 오디오 집적 회로들(20A, 20B) 내의 ANC 프로세싱 회로들에 의해 필터링되는 주변 오디오 사운드들(Ambient1, Ambient2)의 측정을 제공하는 각각의 기준 마이크로폰(R1, R2)에 연결되는, ANC 프로세싱을 포함한다. 오디오 집적 회로들(20A, 20B)은 대안적으로 무선 전화기(10) 내의 집적 회로(20)와 같은 단일의 집적 회로에 결합될 수 있다. 오디오 집적 회로들(20A, 20B)은 증폭기들(A1, A2) 중 연관된 증폭기에 의해 증폭되어 스피커들(SPKR1, SPKR2) 중 대응하는 스피커로 제공되는 그들의 대응하는 채널들에 대한 출력들을 발생한다. 오디오 집적 회로들(20A, 20B)은 기준 마이크로폰들(R1, R2), 근접 음성 마이크로폰들(NS), 및 에러 마이크로폰들(E1, E2)로부터의 신호들(특정 구성에 따라 유선 또는 무선)을 수신한다. 오디오 집적 회로들(20A, 20B)은 또한 도 1a에 도시된 무선 전화 송수신기를 포함하는 RF 집적 회로(12)와 같은 다른 집적 회로들과 인터페이스된다. 다른 구성들에서는, 여기에 개시된 회로들 및 기술들이 제어 회로 및 MP3 플레이어-온-어-칩 집적 회로와 같은 개인용 오디오 디바이스의 전체를 실행하기 위한 다른 기능을 포함하는 단일의 집적 회로에 포함될 수 있다. 대안적으로, 예를 들면, 이어버드들(EB1 및 EB2)의 각각으로부터 무선 전화기(10)로 무선 접속이 제공될 때 및/또는 ANC 프로세싱의 일부 또는 전부가 이어버드들(EB1 및 EB2) 내에서 또는 무선 전화기(10)를 이어버드들(EB1 및 EB2)에 연결하는 케이블을 따라 배치된 모듈 내에서 실행될 때, 다중 집적 회로들이 사용될 수 있다.

[0014]

일반적으로, 본 명세서에서 설명된 ANC 기술들은 기준 마이크로폰들(R1, R2)에 악영향을 미치는 (스피커들(SPKR1, SPKR2)의 출력 및/또는 근단 음성에 부정적인) 주변 음향 이벤트들을 측정하며, 또한 에러 마이크로폰들(E1, E2)에 악영향을 미치는 상기한 동일한 주변 음향 이벤트들을 측정한다. 집적 회로들(20A, 20B)의 ANC 프로세싱 회로들은, 대응하는 에러 마이크로폰(E1, E2)에서의 주변 음향 이벤트들의 진폭을 최소화하는 특성을 갖도록 대응하는 기준 마이크로폰(R1, R2)의 출력으로부터 발생된 안티-노이즈 신호를 개별적으로 적응시킨다. 음향 경로 $P_1(z)$ 가 기준 마이크로폰(R1)으로부터 에러 마이크로폰(E1)으로 확장하므로, 오디오 집적 회로(20A)의 ANC 회로는, 스피커(SPKR1)의 음향/전기 전달 함수 및 오디오 집적 회로(20A)의 오디오 출력 회로들의 응답을 나타내는 전기 음향 경로 $S_1(z)$ 의 효과를 제거하는 것과 결합하여 음향 경로 $P_1(z)$ 를 필수적으로 추정한다. 상기

추정된 응답은, 귀(5A)의 근접과 구조 및 이어버드(EB1)에 근접하게 있을 수 있는 다른 물리적 오브젝트들과 사람의 머리 구조에 의해 영향을 받게 되는, 특정한 음향 환경에서 스피커(SPKR1)와 에러 마이크로폰(E1) 사이의 연결을 포함한다. 유사하게, 오디오 집적 회로(20B)는, 스피커(SPKR2)의 음향/전기 전달 함수와 오디오 집적 회로(20B)의 오디오 출력 회로들의 응답을 나타내는 전기 음향 경로 $S_2(z)$ 의 효과를 제거하는 것과 결합하여 음향 경로 $P_2(z)$ 를 추정한다.

[0015]

이제 도 2를 참조하면, 무선 전화기(10) 및 이어버드들(EB1, EB2) 내의 회로들이 블록도로서 도시된다. 도 2에 도시된 회로는 또한, 오디오 집적 회로들(20A, 20B)이 무선 전화기(10)의 외부, 예를 들면 대응하는 이어버드들(EB1, EB2) 내에 위치될 때 무선 CODEC 집적 회로(20)와 무선 전화기(10) 내의 다른 유닛들 사이의 시그널링이 케이블 또는 무선 접속에 의해 제공된다는 것을 제외하곤, 상기 설명한 것과는 다른 구성들에 적용된다. 그러한 구성에서, 집적 회로들(20A, 20B)을 이행하는 단일의 집적 회로(20)와 에러 마이크로폰들(E1, E2), 기준 마이크로폰들(R1, R2), 및 스피커들(SPKR1, SPKR2) 사이의 시그널링은, 오디오 집적 회로(20)가 무선 전화기(10) 내에 위치될 때, 유선 또는 무선 접속들에 의해 제공된다. 도시된 예에서, 오디오 집적 회로들(20A, 20B)은 개별적이며 실질적으로 일치하는 회로들로서 도시되며, 그러므로 오디오 집적 회로(20A) 만이 하기의 설명에서 기술될 것이다.

[0016]

오디오 집적 회로(20A)는 기준 마이크로폰(R1)으로부터 기준 마이크로폰 신호를 수신하고 상기 기준 마이크로폰 신호의 디지털 표현(ref)을 발생시키는 아날로그-대-디지털 변환기(ADC)(21A)를 포함한다. 오디오 집적 회로(20A)는 또한 에러 마이크로폰(E1)으로부터 에러 마이크로폰 신호를 수신하고 상기 에러 마이크로폰 신호의 디지털 표현(err)을 발생시키는 ADC(21B) 및 근접 음성 마이크로폰(NS)으로부터 근접 음성 마이크로폰 신호를 수신하고 근접 음성 마이크로폰 신호의 디지털 표현(ns)을 발생시키는 ADC(21C)를 포함한다. (오디오 집적 회로(20B)는 상기한 바와 같이 무선 또는 유선 접속들을 통하여 오디오 집적 회로(20A)로부터 근접 음성 마이크로폰 신호의 디지털 표현(ns)을 수신한다.) 오디오 집적 회로(20A)는, 결합기(26)의 출력을 수신하는 디지털-대-아날로그 변환기(DAC)(23)의 출력을 증폭하는 증폭기(A1)로부터 스피커(SPKR1)를 구동하기 위한 출력을 발생시킨다. 결합기(26)는 내부 오디오 소스들(24)로부터의 오디오 신호들(ia)과 통상적으로 기준 마이크로폰 신호(ref)의 노이즈와 동일한 극성을 가지며 따라서 결합기(26)에 의해 삭제되는 ANC 회로(30)에 의해 발생된 안티-노이즈 신호(anti-noise)를 결합한다. 결합기(26)는 또한 근접 음성 신호(ns)의 감쇠된 부분, 즉 사이드톤 정보(st)를 결합하여, 무선 전화기(10)의 사용자가 무선 주파수(RF) 집적 회로(22)로부터 수신되는 다운링크 음성(downlink speech)(ds)에 대해 적절하게 관련하여 그 자신의 목소리를 듣게 한다. 근접 음성 신호(ns)는 또한 RF 집적 회로(22)에 제공되고, 업링크 음성(uplink speech)으로서 안테나(ANT)를 통해 서비스 제공자에게 전송된다.

[0017]

이제 도 3을 참조하면, 오디오 집적 회로(20A, 20B) 내의 예시적인 ANC 회로(30)의 세부사항이 도시된다. 적응 필터(32)가 기준 마이크로폰 신호(ref)를 수신하고, 이상적인 환경 하에서 안티-노이즈 신호(anti-noise)를 발생시키도록 그 전달 함수 $W(z)$ 가 $P(z)/S(z)$ 이 되도록 적응시키며, 발생된 안티-노이즈 신호는 도 2의 결합기(26)로 예시된 바와 같이 트랜스듀서에 의해 재생될 오디오와 안티-노이즈 신호를 결합하는 출력 결합기로 제공된다. 적응 필터(32)의 계수들은, 에러 마이크로폰 신호(err)에 존재하는 기준 마이크로폰 신호(ref)의 성분들 사이의 에러를 최소 평균 제곱 의미(a least mean squares sense)로 대체로 최소화하는, 적응 필터(32)의 응답을 결정하도록 두 신호들의 상관을 사용하는 W 계수 제어 블록(31)에 의해 제어된다. W 계수 제어 블록(31)에 의해 처리되는 신호들은 필터(34B)에 의해 제공된 경로 $S(z)$ 의 응답의 추정 카피에 의해 성형되는 기준 마이크로폰 신호(ref) 및 에러 마이크로폰 신호(err)를 포함하는 다른 신호가 된다. 기준 마이크로폰 신호(ref)를 응답 $SE_{copy}(z)$ 인, 경로 $S(z)$ 의 응답의 추정 카피로 변형시키고, 소스 오디오의 재생으로 인한 에러 마이크로폰 신호(err)의 성분들을 제거한 후 에러 마이크로폰 신호(err)를 최소화함으로써, 적응 필터(32)는 $P(z)/S(z)$ 의 원하는 응답으로 적응시킨다. 에러 마이크로폰 신호(err) 외에도, W 계수 제어 블록(31)에 의해 필터(34B)의 출력과 함께 처리되는 다른 신호는 그 응답 $SE_{copy}(z)$ 이 카피인 필터 응답 $SE(z)$ 에 의해 처리된 내부 오디오(ia) 및 다운링크 오디오 신호(ds)를 포함하는 소스 오디오의 반전된 양을 포함한다. 반전된 양의 소스 오디오를 주입함으로써, 적응 필터(32)는 에러 마이크로폰 신호(err)에 존재하는 비교적 큰 양의 소스 오디오에 적응시키지 못하게 되고, 내부 오디오(ia)와 다운링크 오디오 신호(ds)의 반전된 카피를 경로 $S(z)$ 의 응답의 추정으로 변환함으로써 처리 전에 에러 마이크로폰 신호(err)로부터 제거된 소스 오디오는 에러 마이크로폰 신호(err)에서 재생된 내부 오디오(ia)와 다운링크 오디오 신호(ds)의 예상된 버전과 부합(match)해야 하는데, 이는 $S(z)$ 의 전기 및 음향 경로는 에러 마이크로폰(E)에 도달하는 데 있어 내부 오디오(ia)와 다운링크 오디오 신호(ds)에 의해 취해진 경로이기 때문이다. 필터(34B)는 그 자체로는 적응 필터가 아니지만, 적응 필터(34A)의 응답에 부합하도록

조정되는 조절가능한 응답을 가지며, 따라서 필터(34B)의 응답은 적응 필터(34A)의 적응성을 트래킹한다.

[0018] 상기한 바를 이행하기 위해, 적응 필터(34A)는, 에러 마이크로폰(E)으로 전달되는 예상된 소스 오디오를 나타내도록 적응 필터(34A)에 의해 필터링된, 상기 기술된 필터링된 다운링크 오디오 신호(ds) 및 내부 오디오(ia)를 결합기(36)에 의해 제거한 후의 에러 마이크로폰 신호(err) 및 소스 오디오(ds+ia)를 처리하는 SE 계수 제어 블록(33)에 의해 제어된 계수들을 갖는다. 적응 필터(34A)는, 에러 마이크로폰 신호(err)로부터 삭제될 때 소스 오디오(ds+ia)에 기인하지 않는 에러 마이크로폰 신호(err)의 콘텐츠를 포함하는, 다운링크 오디오 신호(ds) 및 내부 오디오(ia)로부터의 신호를 발생하도록 적응된다. 하지만, 다운링크 오디오 신호(ds) 및 내부 오디오(ia)가 모두 존재하지 않거나 또는 매우 낮은 진폭을 갖는다면, SE 계수 제어 블록(33)은 음향 경로 S(z)를 추정하기에 충분한 입력을 갖지 못할 것이다. 따라서, ANC 회로(30)에서, 소스 오디오 검출기(35)는 충분한 소스 오디오(ds+ia)가 존재하는지를 검출하고, 충분한 소스 오디오(ds+ia)가 존재한다면 2차 경로 추정을 갱신한다. 소스 오디오 검출기(35)는 다운링크 오디오 신호(ds)의 디지털 소스로부터 음성 존재 신호(speech presence signal)를 이용할 수 있다면 그 음성 존재 신호 또는 미디어 재생 제어 회로들로부터 제공된 재생 활성 신호로 교체될 수 있다. 선택기(38)는 소스 오디오(ds+ia)가 존재하지 않거나 그 진폭이 낮다면 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 출력을 선택하고, 출력(ds+ia/noise)을 도 2의 결합기(26)로 제공하며, 2차 경로 적응 필터(34A) 및 SE 계수 제어 블록(33)에 대한 입력은 ANC 회로(30)가 음향 경로 S(z)의 추정을 지속할 수 있게 한다. 대안적으로, 선택기(38)는 노이즈 신호를 소스 오디오(ds+ia)에 추가하는 결합기로 대체될 수 있다.

[0019] 소스 오디오(ds+ia)가 존재하지 않을 때, 도 1의 스피커(SPKR)는 주파수 성형 노이즈 발생기(40)로부터 주입된 노이즈를 실제로 재생할 것이고, 그에 따라 디바이스의 사용자가 주입된 노이즈를 듣게 되어 바람직하지 않게 될 것이다. 따라서, 주파수 성형 노이즈 발생기(40)는 2차 경로 적응 필터(34A)의 출력으로부터 발생된 에러 신호를 관측하여 발생된 노이즈 신호의 주파수 스펙트럼을 성형한다. 상기 에러 신호는 주변 노이즈의 스펙트럼의 양호한 추정을 제공하여, 사용자가 실제로 듣게 되는 주입된 노이즈의 양에 영향을 미친다. 청취가가 듣게 되는 주입된 노이즈는 경로(S(z))에 의해 변환된다. 따라서, 주파수 성형 노이즈 발생기(40)는 주파수 성형 노이즈 발생기(40)에 의해 발생된 상기 주입된 노이즈에 적용되는 적응 노이즈 성형 필터 응답을 결정하도록 SE 계수 제어 블록(33)에 의해 발생하는 2차 경로 필터 응답 SE(z)의 계수의 적어도 일부를 사용한다.

[0020] 이제, 도 4를 참조하면, 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 세부사항이 도시된다. 고속 푸리에 변환(FFT) 블록(41)은 에러 신호(e)의 주파수 콘텐츠를 결정하고 계수 제어 블록(42)에 정보를 제공한다. 계수 제어 블록(42)은 또한 SE 계수 제어 블록(33)에 의해 발생된 계수 정보의 적어도 일부를 수신하는데, 일부 실행들에서는 2차 경로 필터 응답 SE(z)의 이득만이 되고, 다른 실행들에서는 전체의 2차 경로 필터 응답 SE(z)이 된다. 계수 제어(42)의 출력은 일반적으로 균일한 스펙트럼, 예를 들면 백색 노이즈를 갖는 노이즈 발생기(45)의 출력을 필터링하는 노이즈 성형 필터(43)를 적응적으로 제어한다. 일반적으로, 노이즈 성형 필터(43)는 에러 신호(e)와 동일한 전력 스펙트럼 밀도(PSD)를 갖도록 적응된다. 이득 제어 블록(46)은 제어 값(noise level)에 따라 노이즈 성형 필터(43)에 제공되는 노이즈 신호의 진폭을 제어한다. 선택기(44)는 개인용 오디오 디바이스의 동작 모드에 따라 설정 또는 재설정되는 제어 신호(shaping enable)에 따라서 노이즈 성형 필터(43)의 출력과 이득 제어 블록(46)의 출력 사이에서 선택한다. 주파수 성형 노이즈 발생기(40)의 동작에 대한 세부사항이 하기에 기술된다.

[0021] 도 5를 이제 참조하면, 도 4의 계수 제어 블록(42)에 의해 실행될 수도 있는 바로서, 노이즈 성형 필터(43)의 원하는 주파수 응답을 결정하기 위한 프로세스가 설명된다. 에러 신호(e)의 전력 스펙트럼 밀도(PSD)가 단계들(50-51)에서 FFT 블록(41)에 의해 결정된다. 결과적인 PSD 계수들은, 제어 값 PSD_ATTACK에 의해 결정된 상승 시간 및 제어값 PSD_DECAY에 의해 결정된 하강 시간에 스무딩 알고리즘(smoothing algorithm)에 의해 시간 도메인에서 스무딩(smoothing)된다(단계 52). 단계(52)의 시간-도메인 스무딩을 수행하는데 사용될 수 있는 예시적 스무딩 알고리즘은 다음과 같이 주어진다:

$$P(k,n) = a_t P(k,n-1) + (1 - a_t) |e(k)|^2$$

[0022] 여기서, P(k,n)은 에러 신호(e)의 계산된 PSD이고, a_t 는 시간-도메인 스무딩 계수이고, k는 FFT 계수에 대응하는 주파수 빈 번호(frequency bin number)다. 시간-도메인 스무딩된 PSD는 제어값 PSD_SMOOTH에 의해 제어된 주파수-스무딩 알고리즘에 의해 주파수 도메인에서 스무딩된다(단계 53). 예시적 주파수 스무딩 알고리즘은 다음의 수식에서와 같이 최저-주파수 빈으로부터 최고-주파수 빈으로 진행되는 PSD 스펙트럼을 스무딩할 수 있다:

$$P'(k+1) = a_f P'(k) + (1 - a_f) P(k+1)$$

[0024]

[0025] 여기서, P는 시간-도메인 스무딩 후 에러 신호의 PSD이고, P'는 주파수-도메인 스무딩 후 에러 신호(e)의 PSD이고, k는 주파수 빈을 나타내고, a_f 는 주파수-도메인 스무딩 계수다. 주파수 빈을 증가하여 주파수 도메인에서 스무딩한 후, 에러 신호(e)의 PSD는 다음의 수식에 의해 예시된 바와 같이 스무딩되어 최고-주파수 빈에서 시작해서 최저-주파수 빈에서 종료한다:

$$P''(k-1) = a_f P''(k) + (1 - a_f) P'(k-1)$$

[0026]

[0027] 여기서 P''(k)는 빈 k에 대한 최종 주파수-스무딩된 PSD 결과다. 단계들(52-53)에서 수행된 스무딩은 에러 신호(e)에 존재하는 협대역 신호들로 인한 급격한 변화들과 협대역 주파수 스파이크들(spikes)이 결과적인 처리된 PSD로부터 제거될 수 있게 한다.

[0028]

주파수 스무딩이 완료되면, 시간 및 주파수 스무딩된 PSD는 도 3의 2차 경로 적응 필터(34A)의 계수에 의해 결정된 바와 같은 추정된 2차 경로 응답의 적어도 하나의 계수에 따라 변경되며, 이는 추정된 2차 응답의 역 SE_INV_EQ를 모델링하는 주파수 종속 응답 또는 제어값 SE_GAIN_COMPENSATION에 의해 결정되는 이득 조절이 될 수 있다(단계 54). 한 예에서, 에러 신호(e)의 스무딩된 PSD인 P''(k)는, 빈 k에 대응하는 주파수 대역에서 응답 SE(z)의 역 C_{SE_inv} 에 의해 변환된다:

$$\hat{P}(k) = P''(k) \cdot C_{SE_inv}(k)$$

[0029]

[0030] 응답 SE(z)의 이득은 또한 SE-보상된 PSD $\hat{P}(k)$ 를 이득 인자 $G_{SE_gain_inv}$ 로 곱함으로써 보상된다.

$$\tilde{P}(k) = \hat{P}(k) \cdot G_{SE_gain_inv}$$

[0031]

[0032] 다음으로, 미리 결정된 파라메트릭 이퀄라이제이션(parametric equalization)이 제어값 EQ_0-EQ_8에 따라 적용되며(단계 55), 이는 노이즈 성형 필터(43)를 이행하는데 사용되는 유한 임펄스 응답(FIR) 필터의 디자인을 간략하게 할 수 있으며, 제어값 DYNAMIC_RANGE에 따라 결과적 PSD의 동적 범위를 제한하기 위해 균등화된 노이즈(equalized noise)에 압축이 적용된다(단계 56). 에러 신호(e)의 결과적인 처리된 PSD는, 설명된 실시예에서 FFT 블록(41)의 출력에 따라 계수 제어(42)에 의해 제어되는 FIR 필터가 되는, 노이즈 성형 필터(43)에 대한 타깃 주파수 응답으로서 사용된다(단계 57). 노이즈 성형 필터(43)를 이행하는데 사용되는 FIR 필터의 주파수 응답의 진폭은 다음과 같이 주어진다:

$$A(k) = \sqrt{\tilde{P}(k)}$$

[0033]

[0034] 이제 도 6을 참조하면, 응답 SE(z)의 정규화된 역을 결정하기 위한 프로세스가 설명된다. 먼저, 응답 SE(z)의 FFT가 계산되며(단계 60), 응답 SE(z)의 PSD가 계산되고(단계 61), 상승 시간 제어 값 SE_COMP_ATTACK 및 하강 시간 제어 값 SE_COMP_DECAY에 따라 시간 및 주파수 도메인들에서 스무딩된다(단계 62). 이어서, FFE의 최대 성분이 컷오프 주파수, 예를 들면 6kHz, 아래의 빈들의 각각에 대해 밝혀지고(단계 63), 각각의 주파수 성분이 반전된다(단계 64). 각각의 빈에 대한 최대 값의 절반이 결과적 응답에 부가되고(단계 65), 계산된 SE(z) 응답의 역을 각각의 주파수 대역 k에 대해 범위들 [SE_COMP_MIN(k):SE_COMP_MAX(k)] 내에 한정하는 제한이 적용되어(단계 66), SE(z)의 역에 대응하는 결과적 균등화 값들을 제공한다(단계 67).

[0035]

이제 도 7을 참조하면, SE(z)의 역의 이득을 정규화하기 위한 프로세스가 도시된다. 먼저, 도 6의 단계(60)로부터 응답 SE(z)의 계산된 FFT가 검색되고(단계 70), FFT의 에너지가 특정의 주파수 빈들 SE_GAIN_BINS에 대해 계산되고(단계 61) 상승 시간 값 SE_GAIN_ATTACK 및 하강 시간 값 SE_GAIN_DECAY에 따라 시간 도메인에서 스무딩된다(단계 71). 결과적인 이득 값이 사전 설정된 이득 값과 비교되고(단계 72) SE_GAIN_LIMIT_MIN으로부터 SE_GAIN_LIMIT_MAX까지 경계 범위에 따라 제한된다(단계 73).

[0036]

이제 도 8을 참조하면, 도 4의 제어 신호(shaping enable)를 어썬트함으로써 노이즈 성형을 활성화할 때를 결정하기 위한 프로세스가 흐름도로 도시된다. 먼저, 노이즈 레벨이 계산되고(단계 80), 전력-하방 임계치에 비교된

다(판정 82). 노이즈 레벨이 전력-하방 임계치 아래에 있다면(판정 82) 노이즈 성형은 비활성화된다(단계 81). 또한, ANC 오버사이트(oversight) 시스템이 뮤트된(muted) 또는 다른 에러 상태들을 나타낸다면(판정 83), 노이즈 성형이 비활성화된다(단계 81). ANC 시스템들의 오버사이트는 제목이 "개인용 오디오 디바이스에서 적응적 노이즈 제거기의 오버사이트 제어"인 공개된 미국특허출원 US20120140943A1에 상세하게 기술되며, 그 개시 내용이 본 명세서에 참조로 포함된다. 최종적으로, 재생 오디오 신호가 충분한 진폭을 갖는다면(판정 84), 노이즈 성형이 비활성화된다(단계 81). 상기한 조건들 중 어느 것도 노이즈 성형을 비활성화하는데 적용되지 않는다면, 노이즈 성형이 활성화된다(단계 85). 상기한 절차(scheme)가 종료되거나 또는 상기 시스템이 셧 다운될 때까지(판정 86), 단계들(80-85)이 반복된다.

[0037] 이제 도 9를 참조하면, 노이즈 성형 필터(43)를 이행하는 FIR 필터의 디자인의 프로세스를 중단시키기(throttling) 위한 프로세스가 흐름도로 도시된다. 노이즈 성형이 비활성이라면(판정 110), 도 5에 도시된 디자인 프로세스는 멈추게 된다(단계 111). 노이즈 성형이 활성화고(판정 110) 디바이스가 귀에 있다면(on-ear)(판정 112), 그리고 응답 $W(z)$ 가 동결된다면(frozen)(즉, 도 3의 W 계수 제어 블록(31)이 도 3의 적응 필터(32)의 응답 $W(z)$ 를 능동적으로 갱신)(판정 113), 도 5에 도시된 디자인 프로세스도 또한 멈추게 된다(단계 111). 그렇지 않으면, 노이즈 성형이 활성화고 디바이스가 귀에 없거나(판정 112) 또는 디바이스가 귀에 있고(판정 112) 응답 $W(z)$ 이 동결되지 않는다면, 필터 디자인은 도 5의 프로세스에 따라 갱신된다(단계 114). 상기 절차가 종료되거나 또는 시스템이 셧 다운될 때까지(판정 115), 단계들(110-114)이 반복된다.

[0038] 이제 도 10을 참조하면, 도 5의 프로세스에 의해 결정된 응답을 이행하기 위한 FIR 필터 계수들을 결정하는 프로세스가 도시된다. 원하는 주파수-중속 진폭 응답은 예를 들면 도 5의 프로세스를 수행함으로써 결정된다(단계 120). 위상 정보가 구성되고(단계 121), 응답의 실수 부분 및 허수 부분이 결정된다(단계 122). 역 FFT가 계산되고(단계 123), 윈도우 함수(windowing function)가 적용된다(단계 124). 이어서, 필터 디자인이 64-탭 FIR 필터로 줄어든다(단계 125), FIR 필터 계수들이 상기 줄어든 필터 디자인으로부터 공급된다(단계 126).

[0039] 이제 도 11을 참조하면, 한 회로 내에서 결합될 수도 있지만 상호 통신하는 둘 이상의 프로세싱 회로들로 구현될 수도 있게 도시된, 도 2의 오디오 집적 회로들(20A, 20B) 내에서 구현될 수 있는 바와 같이, 프로세싱 회로(140)를 가지며 도 3에 도시된 ANC 기술을 수행하기 위한 ANC 시스템의 블록도가 도시된다. 프로세싱 회로(140)는, 상기한 ANC 기술들의 일부 또는 전부는 물론 다른 신호 프로세싱을 수행할 수 있는 컴퓨터 프로그램 제품을 포함하는 프로그램 명령들이 저장된 메모리(144)에 결합된 프로세서 코어(142)를 포함한다. 선택적으로, 전용 디지털 신호 프로세싱(DSP) 로직(146)이 프로세싱 회로(140)에 의해 제공된 ANC 신호 프로세싱의 일부 또는 전부를 수행하도록 제공될 수 있다. 프로세싱 회로(140)는 또한 기준 마이크로폰(R1), 에러 마이크로폰(E1), 근접 음성 마이크로폰(NS), 기준 마이크로폰(R2), 및 에러 마이크로폰(E2) 각각으로부터 입력들을 수신하기 위한 ADC들(21A-21E)를 포함한다. 기준 마이크로폰(R1), 에러 마이크로폰(E1), 근접 음성 마이크로폰(NS), 기준 마이크로폰(R2), 및 에러 마이크로폰(E2) 중 하나 이상이 디지털 출력들을 갖거나 원격 ADC들로부터 디지털 신호들로서 통신되는 대안적인 실시예들에서, ADC들(21A-21E) 중 대응하는 것들이 생략되며, 디지털 마이크로폰 신호(들)이 프로세싱 회로(140)에 직접적으로 인터페이스된다. DAC(23A) 및 증폭기(A1)가 또한 프로세싱 회로(140)에 의해 제공되어 상술한 바와 같이 안티-노이즈를 포함하는 스피커 출력 신호를 스피커(SPKR1)에 제공한다. 유사하게, DAC(23B) 및 증폭기(A2)가 다른 스피커 출력 신호를 스피커(SPKR2)에 제공한다. 스피커 출력 신호들은 디지털 출력 신호들을 음향적으로 재생하는 모듈들을 제공하기 위한 디지털 출력 신호들이 될 수 있다.

[0040] 본 발명은 적절한 실시예들을 참조하여 특별히 도시되고 기술되었지만, 형태 및 세부사항에서 전술한 것과 다른 변경들이 본 발명의 정신과 범위를 벗어나지 않고서 이루어질 수 있다는 것을 당업자는 이해할 수 있을 것이다.

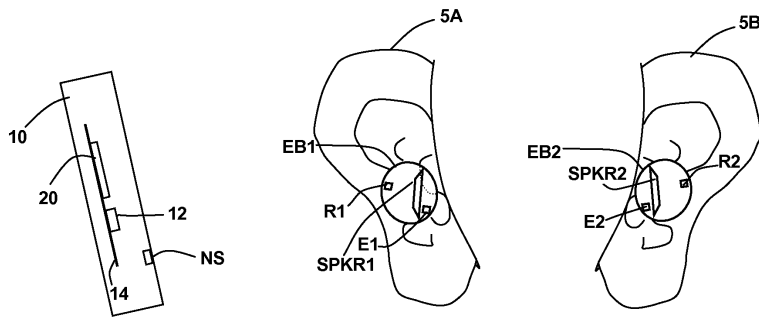
부호의 설명

[0041] 10: 무선 전화기
12: 무선 주파수(RF) 집적 회로
14: 무선 전화기 내의 회로
20: 오디오 집적 회로
30: ANC 회로
31: W 계수 제어 블록

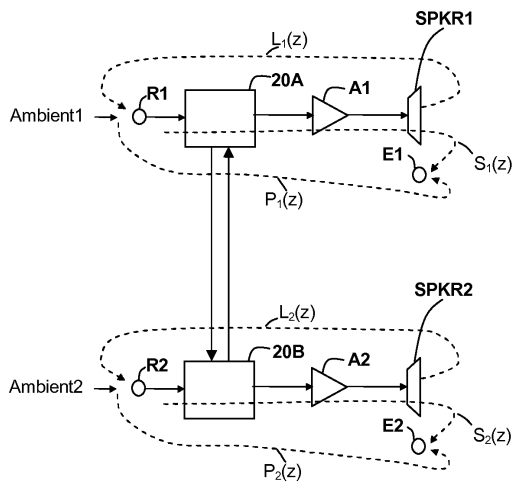
- 32: 적응 필터
- 33: SE 계수 제어 블록
- 34A: 적응 필터
- 34B: 필터
- 35: 소스 오디오 검출기
- 36: 결합기
- 38: 선택기
- 40: 주파수 성형 노이즈 발생기

도면

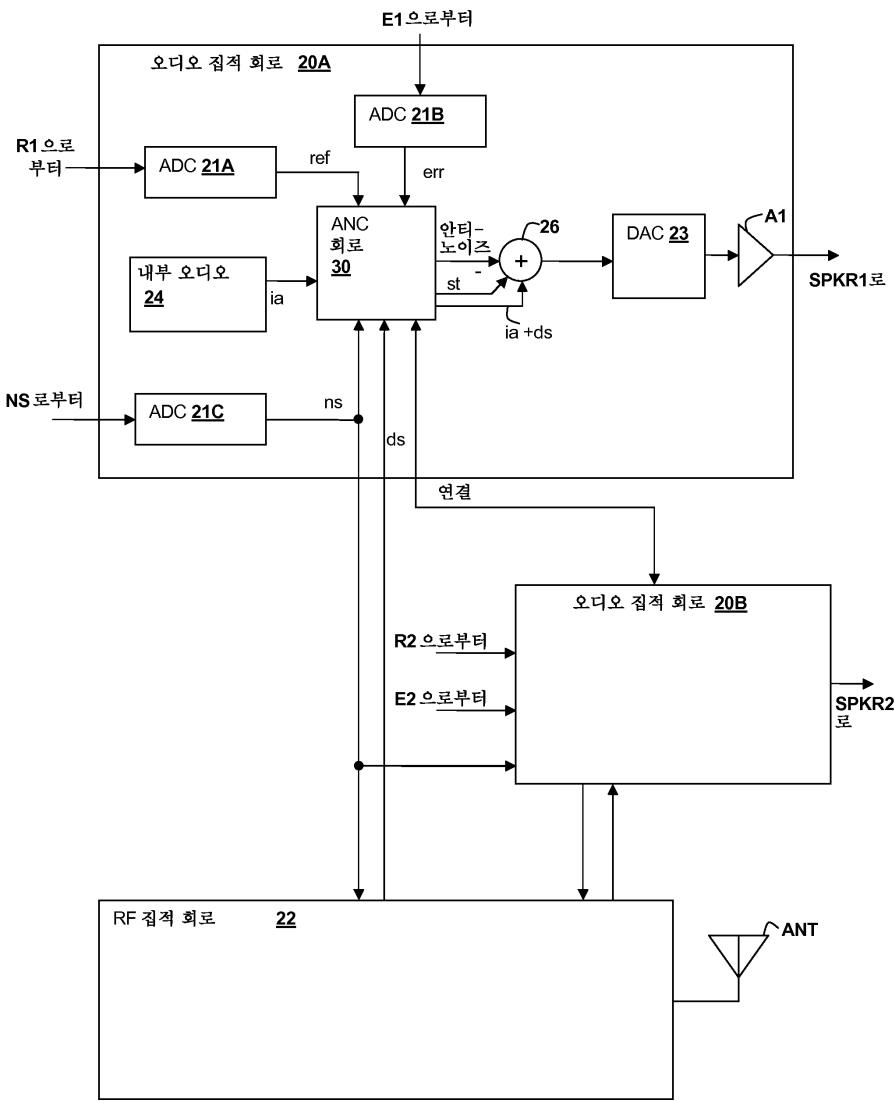
도면1a



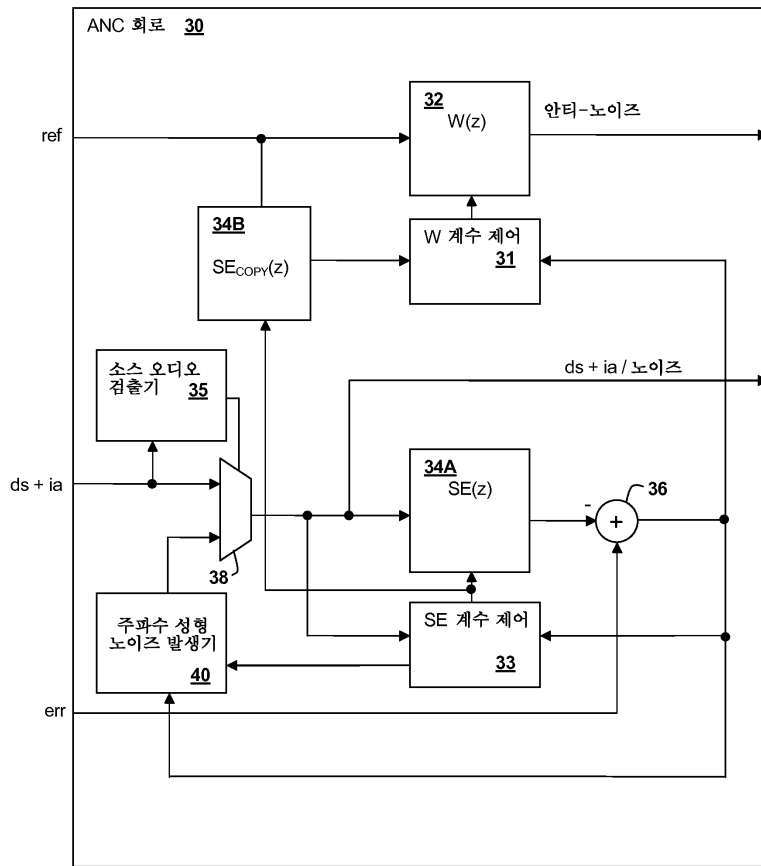
도면1b



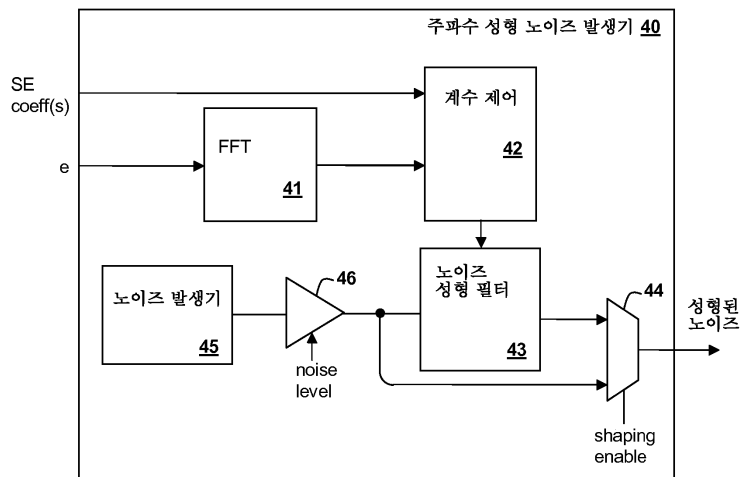
도면2



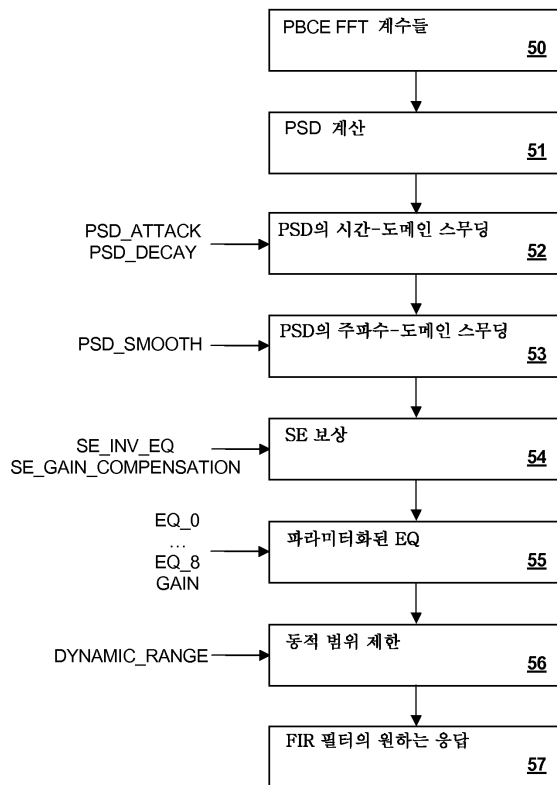
도면3



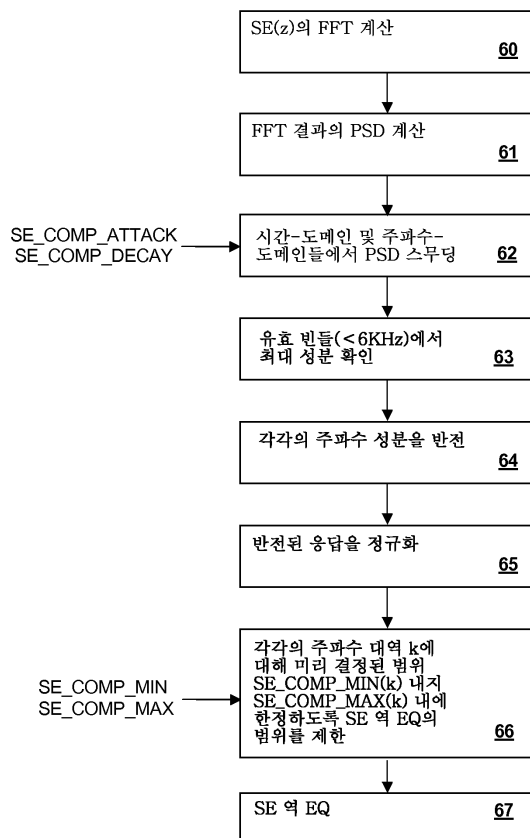
도면4



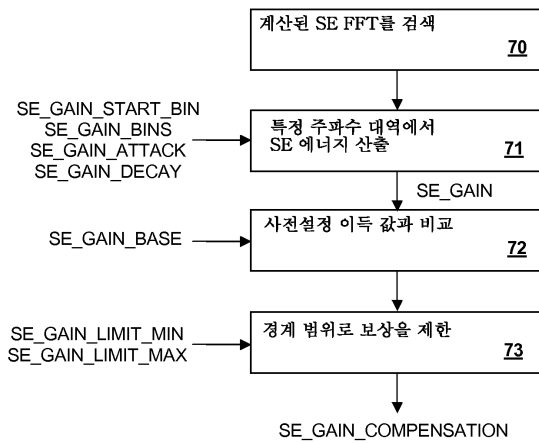
도면5



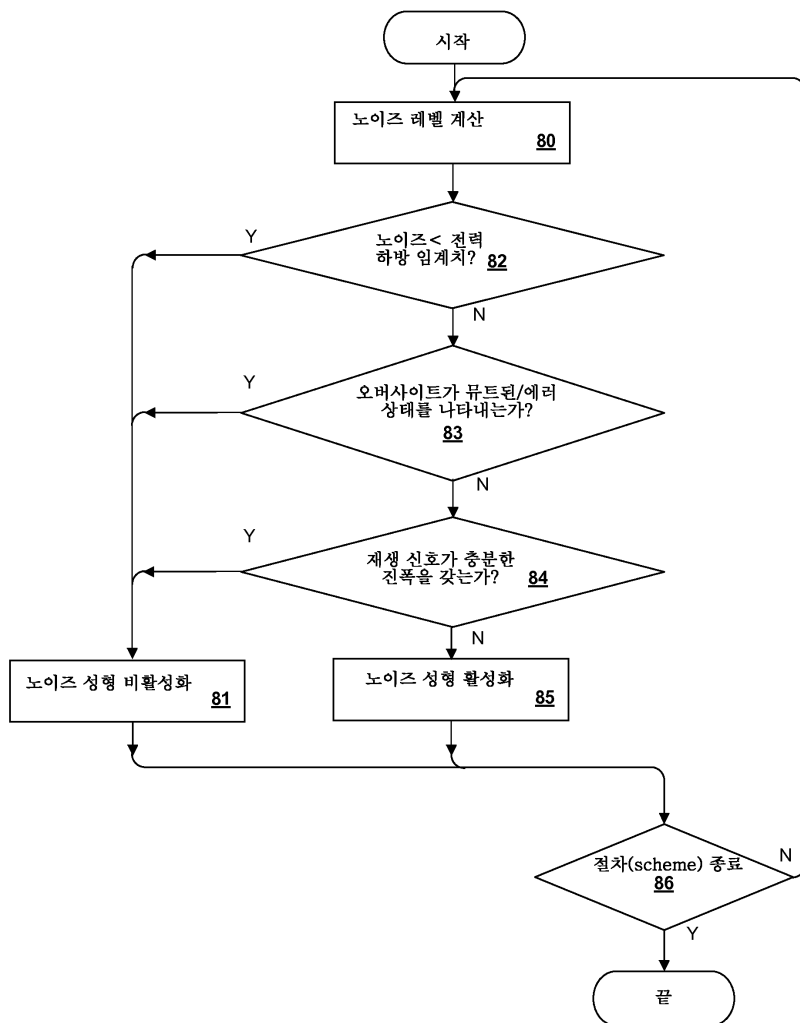
도면6



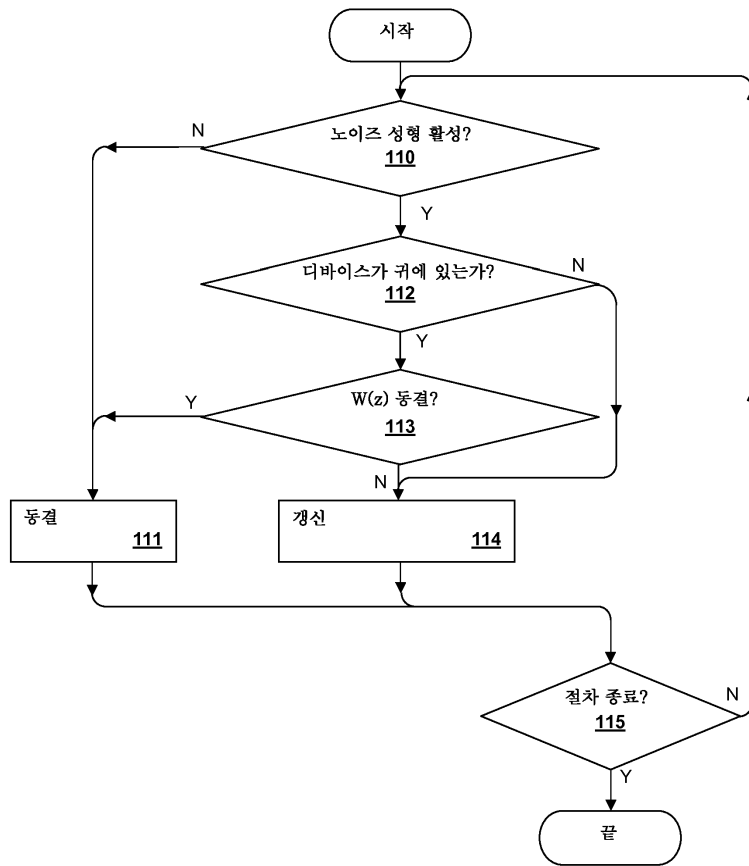
도면7



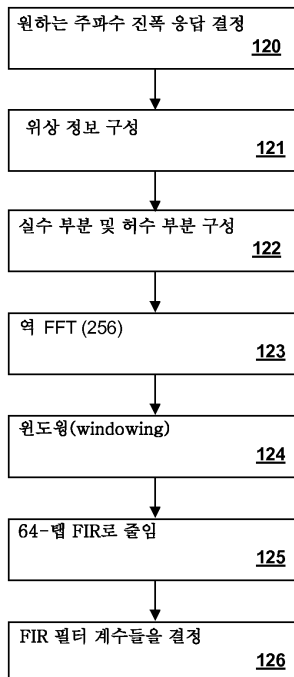
도면8



도면9



도면10



도면11

