



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0041442
(43) 공개일자 2024년04월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60Q 5/00 (2006.01) G10K 15/02 (2006.01)
H04R 1/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60Q 5/008 (2013.01)
G10K 15/02 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0120437
(22) 출원일자 2022년09월23일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대모비스 주식회사
서울특별시 강남구 테헤란로 203 (역삼동)
(72) 발명자
이재영
경기도 이천시 증신로325번길 39(송정동, 이천 라온프라이빗) 103동 1101호
(74) 대리인
특허법인 플러스

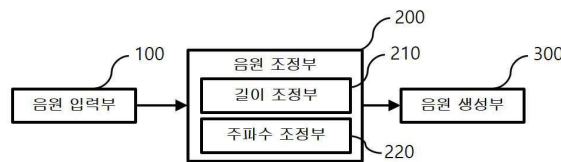
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 세퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 옥타브 간격으로 구성되는 사인 파형을 중첩하여 만든 소리로서 무한 음계가 재생되는 듯한 착청 현상을 일으키는 세퍼드 톤을 가상 엔진음 생성에 적용할 경우, 운전자에게 엔진 출력이 지속적으로 올라가는 느낌을 주어, 주행 감성 품질을 향상시킬 수 있는 기술에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04R 1/22 (2013.01)

B60Y 2306/11 (2013.01)

G10K 2210/121 (2013.01)

G10K 2210/1282 (2013.01)

H04R 2499/13 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

차량의 RPM을 기준으로 엔진에 적용된 오더(order)를 갖는 출력 주파수 신호를 이용하여, 생성된 초기 가상 엔진음을 입력받는 음원 입력부;

상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 조정하고, 조정된 각 초기 가상 엔진음의 샘플링 주파수를 조정하여, 복수의 변환 가상 엔진음을 생성하는 음원 조정부; 및

상기 초기 가상 엔진음과 복수의 변환 가상 엔진음을 가중합(weighted sum)하여, 셰퍼드 톤(shepard tone)이 적용된 가상 엔진음을 생성하는 음원 생성부;

를 포함하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 음원 생성부는

생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 반복 재생할 경우, 연속음 형태를 이루도록, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 양 끝의 소정 구간에 대해 필터링을 수행하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 음원 생성부는

입력받은 차량의 APS(Accelerator Pedal Sensor)의 센싱 정보 또는, 차속 정보를 이용하여, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 크기를 조정하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 음원 조정부는

상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정하는 길이 조정부; 및

상기 길이 조정부에 의해 조정된 초기 가상 엔진음을 각 조정 배수에 매칭되는 샘플링 주파수에 따라 조정하여, 변환 가상 엔진음을 생성하는 주파수 조정부;

를 포함하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 음원 조정부는

입력받은 차량의 RPM 정보를 이용하여, 주파수를 조정하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 6

연산 처리 수단에 의해 각 단계가 수행되는 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템을 이용한 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법으로서,

차량의 RPM을 기준으로 엔진에 적용된 오더(order)를 갖는 출력 주파수 신호를 이용하여, 생성된 초기 가상 엔진음을 입력받는 음원 입력 단계(S100);

상기 음원 입력 단계(S100)에 의한 상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 조정하고, 조정된 각 초기 가상 엔진음의 샘플링 주파수를 조정하여, 복수의 변환 가상 엔진음을 생성하는 변환 조정 단계(S200); 및

상기 초기 가상 엔진음과 복수의 변환 가상 엔진음을 가중합(weighted sum)하여, 최종 가상 엔진음을 생성하는 음원 생성 단계(S300);

를 포함하며,

상기 최종 가상 엔진음은

셰퍼드 톤(shepard tone)이 적용된 가상 엔진음인, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 음원 생성 단계(S300)는

차량의 주행 상황에 따라 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 반복 재생할 경우, 연속음 형태를 이루도록, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 양 끝의 소정 구간에 대해 필터링을 수행하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 음원 생성 단계(S300)는

입력받은 차량의 APS(Accelerator Pedal Sensor)의 센싱 정보 또는, 차속 정보를 이용하여, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 크기를 조정하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 변환 조정 단계(S200)는

상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정한 후, 조정된 초기 가상 엔진음을 각 조정 배수에 매칭되는 샘플링 주파수에 따라 조정하여, 변환 가상 엔진음을 생성하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 변환 조정 단계(S200)는

입력받은 차량의 RPM 정보를 이용하여, 주파수를 조정하는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 셰퍼드 톤(shepard tone)을 적용된 가상 엔진음을 생성할 경우, 운전자에게 엔진 출력이 지속적으로 올라가는 착청 현상을 제공하여, 주행 몰입도와 주행 감성 품질을 향상시킬 수 있는 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 셰퍼드 톤(shepard tone)은 무한히 소리가 상승 또는 하강하도록 들리도록 하는 소리의 착각(환청)을 만들어내는 음이다. 이러한 셰퍼드 톤을 이루는 음역을 셰퍼드 음역이라고 부른다.

[0004] 셰퍼드 톤은 사인파, 삼각파, 구형파 등의 주기 함수를 옥타브 간격으로 구성하여, 이를 중첩해서 만든 소리로 하기의 수학적 식 1과 같이 정의하게 된다.

수학적 식 1

$$Shepard\ Tone = \sum_{i=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} A_i \sin(2\pi 2^i f_0 t)$$

[0006]

[0008] 여기서, N은 셰퍼드 톤을 구성하는 사인파의 수로서, 홀수이며,

[0009] A는 각 사인파의 진폭을 의미하며,

[0010] f_0 는 기본 주파수를 의미한다.

[0012] 이러한 셰퍼드 톤은 음 높이가 지속적으로 상승 또는 하강하는 것처럼 들리지만, 주파수가 높아지지 않는 청각적 환상을 만들게 된다. 이것을 위해서 사인파의 pitch가 상한 값에 다다갈 때, 다시 말하자면, 하나의 셰퍼드 음역이 끝나기 직전에 새로운 셰퍼드 음역을 시작하도록 함으로써, 이 음역들이 반복되는 것을 숨기는 것이다. 이를 통해서, 사람은 마지막 음이 그 다음 새로 시작하는 음과 같게 느끼기 때문에, 무한으로 반복해서 재생하여 끝없이 상승 또는 하강하는 음으로 들리게 된다.

[0013] 또한, 옥타브가 다르지만 음계가 같은 음을 동시에 출력함으로써, 바로 직전의 소리와 연결되게 함으로써, 무한 음역을 구현할 수 있다.

[0015] 이러한 셰퍼드 톤을 적용하여 가상 엔진음을 생성할 경우, 무한 음역으로 들리는 착청 현상으로 인해, 운전자에게 엔진 출력이 지속적으로 올라가는 인상을 줄 수 있어, 주행 몰입도와 주행 감성 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

[0017] 통상적으로 가상 엔진음은 내연 기관이 없는 전기차 등에 적용되며, 내연 기관 동작을 모사하여 엔진의

RPM(Rotation Per Minute)에 따라 주파수가 변화하도록 생성되며, 그래야만 실제 주행 환경과 생성된 소리(가상 엔진음)가 일치되어야 한다.

[0018] 그렇지만, 전기차는 준주기 성분을 갖는 음원을 반복 재생하여 풍부한 음색을 갖는 가상 엔진음을 생성하기 때문에, 셰퍼드 톤을 그대로 적용할 경우, 많은 문제점이 발생하게 된다.

[0019] 첫번째로는, 음원을 사용하여 셰퍼드 톤을 구성하기 위해서는, 옥타브 간격으로 주파수 변조된 신호의 대역폭이 증가해야 한다. 일 예를 들자면, 음원이 3개의 f_0 , f_1 , $f_2(f_0 < f_1 < f_2)$ 의 주파수를 갖는 사인파를 중첩한 형태라면, 1 옥타브 음 높이가 올라간 음원은 주파수가 2배가 되었으므로, $2f_0$, $2f_1$, $2f_2$ 의 주파수를 갖게 된다. 이에 따라, 대역폭은 $f_2 - f_1$ 에서 $2(f_2 - f_1)$ 로 2배가 된다. 신호에 대해서 decimation filter를 적용하면, 주파수와 대역폭은 같이 증가시킬 수 있지만, 음원의 길이가 달라지는 문제점이 발생한다. 음원은 시간에 따라 주파수가 바뀔 수 있기 때문에, 짧아진 음원을 반복 배치하여 연속음 형태로 합할 경우, 시간에 따른 주파수 동기화가 어긋나는 문제점이 발생한다.

[0021] 두번째로는, 가상 엔진음의 음원 자체가 반복 재생을 위하여 파형의 길이와 준주기가 일치하도록 선택된 영역이지만, 옥타브 간격으로 주파수 변조된 신호의 경우, 음원 길이와 준주기 오차가 커질 수 있다. 그렇기 때문에, 이를 고려하지 않고 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 생성하기 위하여, 옥타브 간격으로 생성한 음원을 중첩하여 반복 재생할 경우, 반복 시점에서 급격한 위상 변화가 발생하여 clink sound와 같은 노이즈가 발생하게 된다.

[0023] 마지막으로, 셰퍼드 톤을 그대로 적용할 경우, 셰퍼드 음역은 고정 RPM을 갖는 idle 상황(공회전 상황)에서도 시간에 따라 주파수가 변화하게 된다. 이에 따라, 실제 주행 상황과 생성된 소리(가상 엔진음)가 불일치하여, 운전자에 실제 주행 상황이 아닌 가상 환경(게임 또는, 장난감 등)에서 주행하는 느낌을 받게 된다. 즉, 가상 엔진음이 차량의 구동부에서 생성된 것이 아니라, 독립적인 별도의 소리 생성 장치에서 가상의 소리가 출력되는 느낌을 줌으로써, 주행 감성 품질이 크게 저하되는 문제점이 있다.

[0025] 한국 등록특허공보 제10-1856935호("차량의 가상 엔진음 생성 장치 및 그 방법")에서는 차량 속도에 대응하는 적절한 사운드의 음원과 음량을 재생할 수 있는 기술이 개시되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0027] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-1856935호 (등록일 2018.05.04.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0028] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 흐름에 따라 주파수가 변경된 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 생성할 수 있는 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0030] 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명에 의한 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템은, 차량의 RPM을 기준으로 엔진에 적용된 오더(order)를 갖는 출력 주파수 신호를 이용하여, 생성된 초기 가상 엔진음을 입력받는 음원 입력부, 상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 조정하고, 조정된

각 초기 가상 엔진음의 샘플링 주파수를 조정하여, 복수의 변환 가상 엔진음을 생성하는 음원 조정부 및 상기 초기 가상 엔진음과 복수의 변환 가상 엔진음을 가중합(weighted sum)하여, 셰퍼드 톤(shepard tone)이 적용된 가상 엔진음을 생성하는 음원 생성부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0031] 더 나아가, 상기 음원 생성부는 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 반복 재생할 경우, 연속음 형태를 이루도록, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 양 끝의 소정 구간에 대해 필터링을 수행하는 것이 바람직하다.

[0032] 더 나아가, 상기 음원 생성부는 입력받은 차량의 APS(Accelerator Pedal Sensor)의 센싱 정보 또는, 차속 정보를 이용하여, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 크기를 조정하는 것이 바람직하다.

[0033] 더 나아가, 상기 음원 조정부는 상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정하는 길이 조정부 및 상기 길이 조정부에 의해 조정된 초기 가상 엔진음을 각 조정 배수에 매칭되는 샘플링 주파수에 따라 조정하여, 변환 가상 엔진음을 생성하는 주파수 조정부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0034] 더 나아가, 상기 음원 조정부는 입력받은 차량의 RPM 정보를 이용하여, 주파수를 조정하는 것이 바람직하다.

[0036] 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명에 의한 연산 처리 수단에 의해 각 단계가 수행되는 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템을 이용한 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법으로서, 차량의 RPM을 기준으로 엔진에 적용된 오더(order)를 갖는 출력 주파수 신호를 이용하여, 생성된 초기 가상 엔진음을 입력받는 음원 입력 단계(S100), 상기 음원 입력 단계(S100)에 의한 상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 조정하고, 조정된 각 초기 가상 엔진음의 샘플링 주파수를 조정하여, 복수의 변환 가상 엔진음을 생성하는 변환 조정 단계(S200) 및 상기 초기 가상 엔진음과 복수의 변환 가상 엔진음을 가중합(weighted sum)하여, 최종 가상 엔진음을 생성하는 음원 생성 단계(S300)를 포함하며, 상기 최종 가상 엔진음은 셰퍼드 톤(shepard tone)이 적용된 가상 엔진음인 것이 바람직하다.

[0037] 더 나아가, 상기 음원 생성 단계(S300)는 차량의 주행 상황에 따라 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 반복 재생할 경우, 연속음 형태를 이루도록, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 양 끝의 소정 구간에 대해 필터링을 수행하는 것이 바람직하다.

[0038] 더 나아가, 상기 음원 생성 단계(S300)는 입력받은 차량의 APS(Accelerator Pedal Sensor)의 센싱 정보 또는, 차속 정보를 이용하여, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 크기를 조정하는 것이 바람직하다.

[0039] 더 나아가, 상기 변환 조정 단계(S200)는 상기 초기 가상 엔진음의 길이를 기설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정한 후, 조정된 초기 가상 엔진음을 각 조정 배수에 매칭되는 샘플링 주파수에 따라 조정하여, 변환 가상 엔진음을 생성하는 것이 바람직하다.

[0040] 더 나아가, 상기 변환 조정 단계(S200)는 입력받은 차량의 RPM 정보를 이용하여, 주파수를 조정하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0042] 상기한 바와 같은 본 발명에 의한 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에 의하면, 주파수에 따라 대역폭이 변경되는 셰퍼드 톤을 시간 동기화된 신호에 적용함으로써, 시간에 따라 주파수가 변경된 셰퍼드 톤이 적용된 소리(가상 엔진음)를 생성할 수 있는 장점이 있다.

[0043] 이를 통해서, 원하는 음원을 사용하여 지속적으로 주파수가 증가하는 듯한 착청 효과가 포함된 소리를 생성할 수 있어, 이를 가상 엔진음에 적용할 경우, 가속이 지속되는 주행 상황 등에 주행 상황에 맞게 착청 효과를 주는 가상 엔진음을 제공하여, 탑승자의 주행 몰입감과 감성 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템을 나타낸 구성 예시도이며,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에서, 음원의 길이를 조정하는 기술을 나타낸 예시도이며,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에서, 샘플링 주파수를 조정하는 기술을 나타낸 예시도이며,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에서, 음원의 길이 조정 및 샘플링 주파수 조정에 따른, 최종 가상 엔진음 생성 과정을 나타낸 예시도이며,

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에서, 생성한 가상 엔진음에 대해 위상 변이 없는 연속 재생이 가능하도록 적용한 필터링 과정을 나타낸 예시도이며,

도 6은 주행 중인 엔진이 RPM이 선형 증가되는 상황에서, 일반 엔진음과 본 발명에 의한 가상 엔진음의 단시간 푸리에 변환 결과를 비교한 예시도이며,

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법을 나타낸 순서 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법의 바람직한 실시예에 관하여 상세히 설명한다.

[0047] 시스템은 필요한 기능을 수행하기 위하여 조직화되고 규칙적으로 상호 작용하는 장치, 기구 및 수단 등을 포함하는 구성 요소들의 집합을 의미한다.

[0049] 셰퍼드 톤은 옥타브 간격으로 구성되는 주기 파형(사인파, 삼각파, 구형파 등)을 중첩하여 만든 소리로서 무한 음계가 재생되는 듯한 착취 현상을 일으키기 때문에, 이를 가상 엔진음 생성에 적용할 경우, 차량이 가속할 때, 운전자에게 가속감의 여운이 지속될 수 있는 효과를 줄 수 있는 장점이 있다.

[0050] 그렇지만, 셰퍼드 톤은 주파수에 따라 대역폭을 변경해야 하며, 시간에 따른 주파수 동기가 맞아야 하므로, 가상 엔진음에 적용하고자 하는 관심에 비해, 실차 개발 단계에서의 실제 적용이 어려운 문제점이 있다.

[0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법은, 셰퍼드 톤이 가지고 있는 태생적인 특징으로 인해, 이를 가상 엔진음에 그대로 적용할 경우, 발생할 수 있는 문제점을 해소하고, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법을 제안한다.

[0053] 간략하게는, 위상 보코더(phase vocoder) 기술을 적용하여, 음원의 길이를 미리 설정된 조정 배수로 변경하고, 변경된 길이의 음원의 시점을 맞추고 주파수 위치 및 대역폭을 변경하기 위하여, 샘플링 주파수를 변경하는 것이 바람직하다.

[0054] 이러한 과정을 통해서 생성한 변환 음원 신호를 가중합하여 셰퍼드 톤이 적용된 음원 신호를 생성하게 되며, 이를 반복 재생하는 과정에서 위상 변이(phase shift)가 발생하지 않는 연속음 형태로 이루어질 수 있도록, 각 음원 신호의 양 끝단의 필터 처리를 수행하는 것이 바람직하다.

[0055] 또한, 차속, APS(Accelerator Pedal Sensor)의 센싱 정보에 따라 음원 신호의 소리 크기를 조정하고, RPM에 따라 신호의 샘플 위치 증가량을 가변하여 주파수를 변경함으로써, 시간에 따라 주파수가 변경된 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0056] 이를 통해서, 원하는 음원을 사용하여 지속적으로 주파수가 증가하는 듯한 착취 효과를 나타낼 수 있는 셰퍼드 톤이 적용된 소리를 생성할 수 있어, 현재 주행 상황에 맞춰 주행 몰입감 및 감성 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 특히, 가속이 지속되는 주행 상황에서 그 효과를 극대화시킬 수 있는 장점이 있다.

[0058] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템의 구성도를 도시한 것이다.

[0059] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템은, 음원 입력부(100), 음원 조정부(200) 및 음원 생성부(300)를 포함할 수 있다. 각 구성들은 차량 내 통신 채널을 통해

서 송수신을 수행하는 컴퓨터를 포함하는 ECU와 같은 연산 처리 수단을 통해서 동작을 수행하는 것이 바람직하다.

[0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템은 당연히 가상 엔진음이 실제 사용되는 환경인 차량이 주행 중인 환경에서, 차량의 엔진의 RPM에 맞추어 동작을 수행하게 된다.

[0061] 다만, 차량 개발 단계에서, 엔진음을 튜닝할 때, 해당하는 엔진에 대해 가상 엔진음의 생성에 적용할 셰퍼드 톤의 수(N)와 사용할 오더(차수)를 결정하고, 각 셰퍼드 톤에 따른, 각 오더 별 RPM에 따른, APS의 센싱 정보에 따른, 차속에 따른 증폭률(A_i)을 설정하게 된다.

[0063] 각 구성에 대해서 자세히 알아보자면,

[0064] 음원 입력부(100)는 차량의 RPM을 기준으로 엔진에 적용된 오더를 갖는 출력 주파수 신호를 이용하여 생성된 초기 가상 엔진음을 입력받게 된다.

[0065] 즉, 음원 입력부(100)는 가상 엔진 사운드(VESS, Virtual Engine Sound System) 등과 같은 통상의 가상 엔진음 생성 수단을 통해서 생성된 가상 엔진음을 초기 가상 엔진음으로 입력받게 된다.

[0066] 일 예를 들자면, 내연 기관 엔진음은 RPM에 따라 주파수가 변하게 되며, 이 때, RPM을 초당 회전수(RPM/60)로 변경하였을 때, 출력 주파수 신호와의 관계를 오더(order, 차수)라고 하며, 일 예를 들어, 3차 오더를 갖는 출력 주파수 신호를 삼각 함수로 모사하면 하기의 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0068]
$$\sin(2\pi \times \text{RPM}/60 \times 3 \times t)$$

[0069] 음원 조정부(200)는 음원 입력부(100)에 의한 초기 가상 엔진음의 길이를 미리 설정된 복수의 소정 배수로 조정하고, 조정된 각 초기 가상 엔진음의 샘플링 주파수를 조정하여 복수의 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0070] 이를 위해, 음원 조정부(200)는 도 1에 도시된 바와 같이, 길이 조정부(210) 및 주파수 조정부(220)를 포함하게 된다.

[0072] 길이 조정부(210)는 음원 입력부(100)에 의한 초기 가상 엔진음의 길이를 미리 설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정하게 된다.

[0073] 이 때, 미리 설정된 복수의 소정 배수로는, 0.25배, 0.5배, 2배, 4배으로, 이는 셰퍼드 톤의 특성에 맞추어 설정된 배수로서, 반드시 이로 한정하는 것은 아니다.

[0074] 길이 조정부(210)는 주파수 특성 변화 없이 신호의 길이를 변경하기 위하여 TSM(Time Scale Modification) 방법을 활용하는 것이 바람직하다.

[0075] 상세하게는, 도 2를 참조하여, 신호의 길이를 변경하기 위하여 입력 신호를 프레임(frame) 단위로 나눈다. 이 때, 각 프레임을 분석 프레임(analysis frame)이라고 하며, 프레임과 프레임은 일반적으로 중복된 상태이기 때문에, 각 프레임에 의한 시작 간격을 analysis hopsize라고 한다.

[0076] 상술한 소정 배수로 신호의 길이를 변경하기 위하여, 추출한 분석 프레임을 처리하여 합성 프레임(synthesis frame)을 생성하고, 이를 설정된 소정 배수의 위치에 배치하게 된다. 이 때, 새롭게 배치된 각 프레임의 시간 간격을 synthesis hopsize라고 한다.

[0077] 이를 고려하여, $\text{analysis hopsize} > \text{synthesis hopsize}$ 일 경우, 출력 신호의 길이는 줄어들며, $\text{analysis hopsize} < \text{synthesis hopsize}$ 일 경우, 출력 신호의 길이가 증가하게 된다.

[0078] 이 때, 분석 프레임의 위치를 합성 프레임의 위치로 이동시킬 경우, 프레임이 위치한 시점이 변화하므로 급격한

위상 변이(phase shift)가 발생할 수 있어, 이를 방지하기 위하여, 위상 보상을 수행하는 것이 바람직하다.

[0079] 일 예를 들자면, t_a 시점에서 프레임이 시작하는 분석 프레임을 합성 프레임이 위치하는 t_s 시점으로 이동(프레임 재배치)시키기 위해서, 하기의 수학식 3을 통해서 위상 보상을 수행하게 된다.

수학식 3

[0081]
$$x(t - (t_s - t_a)) \leftrightarrow e^{-j2\pi f(t_s - t_a)} X(f)$$

[0083] 또한, 프레임 재배치에 따른 급격한 위상 변이를 방지하기 위하여, 분석 프레임을 재배치하기 앞서서, hanning window 필터를 사용하여, weighting하며, FFT(Fast Fourier Transform)을 사용하여 주파수 응답을 연산하게 된다.

[0084] 이 후, 피크(peak)를 갖는 주 주파수 성분을 검출하여, 해당 주파수의 이전 분석 프레임과 재배치된 현재 프레임의 위상 차이로부터 하기의 수학식 4를 사용하여 FFT 해상도보다 높은 정확도를 갖는 주파수를 추정하게 된다.

수학식 4

[0086]
$$Phase\ Difference = 2\pi f \frac{Analysis\ Hopsize}{Sampling\ Frequency} + 2\pi n, n \in N$$

[0088] 즉, 분석 프레임을 합성 프레임의 위치로 재배치하기 앞서서, 상기의 수학식 3을 이용하여, 위상 보상을 수행하고, IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)을 사용하여, 위상 보상된 신호 길이가 변경된 신호를 생성하게 된다.

[0089] 입력 신호의 길이가 I 일 때, 출력 신호의 길이를 O 라고 할 경우, 길이가 변경된 신호를 하기의 수학식 5와 같이 정의하게 된다.

수학식 5

[0091]
$$O = \left\lceil I - FFT\ Size / Analysis\ Hopsize \right\rceil \times Synthesis\ Hopsize + FFT\ Size$$

[0093] 길이가 변경된 음원을 기준으로 I 와 O 가 FFT size보다 충분히 크다면, 상기의 수학식 5에서 FFT size에 의한 영향성은 0으로 수렴된다. 즉, 음원의 길이 변화는 analysis hopsize와 synthesis hopsize의 비율에 의하여 결정된다.

[0095] 이러한 기술을 적용하여, 길이 조정부(210)는 음원 입력부(100)에 의한 초기 가상 엔진음의 길이를 미리 설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정하게 된다.

- [0097] 이 후, 주파수 조정부(220)는 길이 조정부(210)에 의해 길이가 조정된 초기 가상 엔진음, 다시 말하자면, 초기 가상 엔진음보다 0.25배, 0.5배, 2배 및 4배 길이가 조정된 가상 엔진음을 각 조정 배수에 매칭되는 샘플링 주파수에 따라 조정하여 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.
- [0098] 상세하게는, 주파수 조정부(220)는 도 3에 도시된 바와 같이, 길이 조정부(210)에 의해 길이가 0.25배, 0.5배 조정된 음원에 대해서는 각각 4배, 2배 업샘플링을 수행하여 초기 가상 엔진음에 비해 1 옥타브 및 2 옥타브 낮은 음원의 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.
- [0099] 또한, 길이 조정부(210)에 의해 길이가 2배, 4배 조정된 음원에 대해서는 각각 2배, 4배 다운 샘플링을 수행하여 초기 가상 엔진음에 비해 1 옥타브 및 2 옥타브 높은 음원의 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.
- [0101] 음원 생성부(300)는 도 4에 도시된 바와 같이, 음원 입력부(100)에 의한 초기 가상 엔진음과 음원 조정부(200)에 의한 복수의 변환 가상 엔진음을 가중합(weighted sum)하여, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0102] 이 때, 적용된 가중치는 차량 설계 단계에서 사전에 설정되는 것이 바람직하며, 이에 대해서 한정하는 것은 아니다.
- [0104] 음원 생성부(300)는 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 반복 재생할 경우, 연속음 형태를 이루도록, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 양 끝의 소정 구간에 대해 필터링을 수행하는 것이 바람직하다.
- [0105] 통상적으로 생성한 가상 엔진음은 주행 과정에서 반복 재생이 이루어지기 때문에, 하나의 음원이 끝나는 지점과 그 다음 음원이 시작되는 지점에서의 위상 변이가 발생하기 않도록 설계된다.
- [0106] 그렇지만, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 경우, 시작 지점의 값의 크기와 끝 지점의 값의 크기가 바뀌기 때문에, 연속 재생(반복 재생)할 경우, 도 5의 a)와 같이, 하나의 음원이 끝나는 지점과 그 다음 음원이 시작되는 지점에서의 위상 변이가 발생하여, 클릭 노이즈가 발생하게 된다.
- [0107] 이를 해소하기 위하여, 도 5의 b)에 도시된 바와 같이, hanning window 필터링을 적용하여, 연속되는 두 음원(셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음)이 자연스러운 연속음으로 생성되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0108] 상세하게는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 시작 부분에는 hanning window 필터링의 좌측 부분을 적용하여, 소리가 자연스럽게 커지는 파형을 만들고, 끝 부분에는 hanning window 필터링의 우측 부분을 적용하여, 소리가 자연스럽게 감소되는 파형을 만듦으로써, 자연스러운 연속음을 생성하게 된다.
- [0109] 이를 통해서, 연속되는 두 음원(셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음)에 의한 연속음은 hanning window 필터링의 적용 구간만큼 길이가 짧아지지만, 반복 재생하더라도 급격한 위상 변이 없이 자연스럽게 파형 출력이 가능하여, 음원 연결에 의한 노이즈 발생을 해소할 수 있다.
- [0111] 또한, 음원 생성부(300)는 실제 주행 환경과 가상 엔진음을 보다 정교하게 맞추기 위하여, 입력받은 차량의 현재 APS의 센싱 정보 또는, 현재 차속에 대한 증폭률을 사용하여 진폭(셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 크기)을 조정하게 된다.
- [0112] 더불어, 음원 생성부(300)는 입력받은 차량의 RPM을 이용하여, 주파수를 조정하게 된다. 상세하게는, RPM에 따라 신호의 샘플 위치 증가량을 가변함으로써, 주파수를 변경하는 것이 바람직하다.
- [0113] 상술한 바와 같이, 내연 기관 엔진음은 시간에 따라 RPM이 변화되고, 이에 따라 주파수가 변화하게 된다. 그렇지만, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 경우, 주파수 변화가 나타나지 않기 때문에, 하기의 수학식 6을 사용하여, 샘플의 위치(k)를 변화시킴으로써, 생성된 연속음의 주파수를 변경하는 것이 바람직하다.
- [0114] 즉, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 주파수는 고정된 상태이므로, n번째 샘플의 위치가 기존 위치보다 2 샘플 커지게 된다면, 신호의 변화가 빨라지므로 주파수가 증가하게 되고, 1 샘플 보다 작아지면 신호가 늘어

지게 되므로 주파수가 감소하게 된다. 이러한 점을 고려하여 r 값에 따라 주파수를 바꿀 수 있으므로, 시간에 따라 r 값을 증가시킬 경우, 최종적으로 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 생성하게 된다.

수학식 6

$$k_n = \begin{cases} 0, & \text{if } n = 0 \\ k_{n-1} + r_n, & \text{if } n > 0 \end{cases}$$

[0116]

[0118] 정리하자면, 상기의 수학식 6에서 r 값은 샘플 위치 증가값으로, 1일 경우에는 셰퍼드 톤 신호가 출력되며, 1보다 작으면 주파수가 낮아지고, 1보다 크면 주파수가 높아지게 된다.

[0119] 따라서, RPM이 입력되었을 때, $f(\text{RPM}) = r$ 이 되는 변환 함수가 필요하며, 통상적으로 정차 상황에서 엔진 RPM을 RPM_MIN이라 할 때, $\text{RPM}/\text{RPM_MIN} = r$ 로 구하게 된다.

[0120] 이에 따라, RPM 변화에 따라 선형적인 셰퍼드 스케일이 적용되며, 룩업 테이블 등을 사용하면 RPM에 따라 비선형적인 주파수 증가도 가능하게 된다.

[0122] 이를 통해서, 최종적으로 진폭 및 주파수까지 조정한 신호를 연계된 출력 수단으로 전송하게 되며, 탑승자에게 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음이 출력되게 된다. 시간에 따라 주파수가 변경된 셰퍼드 톤이 적용된 소리를 생성할 수 있어, 원하는 음원을 사용하여 지속적으로 주파수가 증가하는 듯한 착청 효과를 줄 수 있는 소리를 생성할 수 있어, 가상 엔진음에 적용할 경우, 주행 몰입감 및 감성 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

[0123] 도 6은 주행 중인 엔진의 RPM이 선형 증가되는 상황에서, 일반 엔진음과 본 발명에 의한 가상 엔진음의 단시간 푸리에 변환 결과를 비교한 예시도이다.

[0124] RPM에 따라 주파수 증가가 한정적인 기존 엔진음(도 6의 a))과 달리, 셰퍼드 톤이 적용됨으로써 셰퍼드 영역의 엔진음(도 6의 b))이 생성됨을 명확히 알 수 있다.

[0125] 이를 통해서, 일반적인 엔진음이 줄 수 없는 지속적인 가속감을 제공할 수 있어, 주행 감성 품질을 향상시킬 수 있다.

[0127] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법의 순서도를 도시한 것이다.

[0128] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법은, 음원 입력 단계(S100), 변환 조정 단계(S200) 및 음원 생성 단계(S300)를 포함하게 된다. 각 단계는 연산 처리 수단에 의해 동작 수행되는 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템을 이용하는 것이 바람직하다.

[0130] 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법은, 가상 엔진음 생성을 수행하기 앞서서, 차량 개발 단계에서, 엔진음을 튜닝할 때, 해당하는 엔진에 대해 가상 엔진음의 생성에 적용할 셰퍼드 톤의 수(N)와 사용할 오더(차수)를 결정하고, 각 셰퍼드 톤에 따른, 각 오더 별 RPM에 따른, APS의 센싱 정보에 따른, 차속에 따른 증폭률(A_i)을 설정하게 된다.

[0132] 각 단계에 대해서 자세히 알아보자면,

[0133] 음원 입력 단계(S100)는 음원 입력부(100)에서, 차량의 RPM을 기준으로 엔진에 적용된 오더를 갖는 출력 주파수 신호를 이용하여 생성된 초기 가상 엔진음을 입력받게 된다.

[0134] 이 때, 초기 가상 엔진음은 가상 엔진 사운드(VESS, Virtual Engine Sound System) 등과 같은 통상의 가상 엔

진음 생성 수단을 통해서 생성된 가상 엔진음인 것이 바람직하다.

- [0136] 변환 조정 단계(S200)는 음원 입력 단계(S100)에 의한 초기 가상 엔진음의 길이를 미리 설정된 복수의 소정 배수로 조정하고, 조정된 각 초기 가상 엔진음의 샘플링 주파수를 조정하여 복수의 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.
- [0137] 상세하게는, 변환 조정 단계(S200)는 음원 입력 단계(S100)에 의한 초기 가상 엔진음의 길이를 미리 설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정하게 된다.
- [0138] 이 때, 미리 설정된 복수의 소정 배수로는, 0.25배, 0.5배, 2배, 4배으로, 이는 세퍼드 톤의 특성에 맞추어 설정된 배수로서, 반드시 이로 한정하는 것은 아니다.
- [0140] 음원 길이 조정은, 주파수 특성 변화 없이 신호의 길이를 변경하기 위하여 TSM(Time Scale Modification) 방법을 활용하는 것이 바람직하다.
- [0141] 상세하게는, 도 2를 참조하여, 신호의 길이를 변경하기 위하여 입력 신호를 프레임(frame) 단위로 나눈다. 이 때, 각 프레임을 분석 프레임(analysis frame)이라고 하며, 프레임과 프레임은 일반적으로 중복된 상태이기 때문에, 각 프레임에 의한 시작 간격을 analysis hopsize라고 한다.
- [0142] 상술한 소정 배수로 신호의 길이를 변경하기 위하여, 추출한 분석 프레임을 처리하여 합성 프레임(synthesis frame)을 생성하고, 이를 설정된 소정 배수의 위치에 배치하게 된다. 이 때, 새롭게 배치된 각 프레임의 시간 간격을 synthesis hopsize라고 한다.
- [0143] 이를 고려하여, $\text{analysis hopsize} > \text{synthesis hopsize}$ 일 경우, 출력 신호의 길이는 줄어들며, $\text{analysis hopsize} < \text{synthesis hopsize}$ 일 경우, 출력 신호의 길이가 증가하게 된다.
- [0144] 이 때, 분석 프레임의 위치를 합성 프레임의 위치로 이동시킬 경우, 프레임이 위치한 시점이 변화하므로 급격한 위상 변이(phase shift)가 발생할 수 있어, 이를 방지하기 위하여, 위상 보상을 수행하는 것이 바람직하다.
- [0145] 일 예를 들자면, t_a 시점에서 프레임이 시작하는 분석 프레임을 합성 프레임이 위치하는 t_s 시점으로 이동(프레임 재배치)시키기 위해서, 상기의 수학적 식 3을 통해서 위상 보상을 수행하게 된다.
- [0146] 또한, 프레임 재배치에 따른 급격한 위상 변이를 방지하기 위하여, 분석 프레임을 재배치하기 앞서서, hanning window 필터를 사용하여, weighting하며, FFT(Fast Fourier Transform)을 사용하여 주파수 응답을 연산하게 된다.
- [0147] 이 후, 피크(peak)를 갖는 주 주파수 성분을 검출하여, 해당 주파수의 이전 분석 프레임과 재배치된 현재 프레임의 위상 차이로부터 상기의 수학적 식 4를 사용하여 FFT 해상도보다 높은 정확도를 갖는 주파수를 추정하게 된다.
- [0148] 즉, 분석 프레임을 합성 프레임의 위치로 재배치하기 앞서서, 상기의 수학적 식 3을 이용하여, 위상 보상을 수행하고, IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)을 사용하여, 위상 보상된 신호 길이가 변경된 신호를 생성하게 된다.
- [0149] 입력 신호의 길이가 I 일 때, 출력 신호의 길이를 O 라고 할 경우, 길이가 변경된 신호를 상기의 수학적 식 5와 같이 정의하게 된다.
- [0150] 길이가 변경된 음원을 기준으로 I 와 O 가 FFT size보다 충분히 크다면, 상기의 수학적 식 5에서 FFT size에 의한 영향성은 0으로 수렴된다. 즉, 음원의 길이 변화는 analysis hopsize와 synthesis hopsize의 비율에 의하여 결정된다.
- [0152] 이러한 기술을 적용하여, 초기 가상 엔진음의 길이를 미리 설정된 복수의 소정 배수로 각각 조정하게 된다.
- [0154] 이 후, 변환 조정 단계(S200)는 길이가 조정된 초기 가상 엔진음, 다시 말하자면, 초기 가상 엔진음보다

0.25배, 0.5배, 2배 및 4배 길이가 조정된 가상 엔진음을 각 조정 배수에 매칭되는 샘플링 주파수에 따라 조정하여 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0155] 상세하게는, 도 3에 도시된 바와 같이, 길이가 0.25배, 0.5배 조정된 음원에 대해서는 각각 4배, 2배 업샘플링을 수행하여 초기 가상 엔진음에 비해 1 옥타브 및 2 옥타브 낮은 음원의 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0156] 또한, 길이가 2배, 4배 조정된 음원에 대해서는 각각 2배, 4배 다운 샘플링을 수행하여 초기 가상 엔진음에 비해 1 옥타브 및 2 옥타브 높은 음원의 변환 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0158] 음원 생성 단계(S300)는 도 4에 도시된 바와 같이, 초기 가상 엔진음과 복수의 변환 가상 엔진음을 가중합(weighted sum)하여, 최종 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0159] 이 때, 최종 가상 엔진음은 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음이며, 가중합을 위해 적용된 가중치는 차량 설계 단계에서 사전에 설정되는 것이 바람직하며, 이에 대해서 한정하는 것은 아니다.

[0160] 음원 생성 단계(S300)는 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 반복 재생할 경우, 연속음 형태를 이루도록, 생성한 상기 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 양 끝의 소정 구간에 대해 필터링을 수행하는 것이 바람직하다.

[0161] 통상적으로 생성한 가상 엔진음은 주행 과정에서 반복 재생이 이루어지기 때문에, 하나의 음원이 끝나는 지점과 그 다음 음원이 시작되는 지점에서의 위상 변이가 발생하기 않도록 설계된다.

[0162] 그렇지만, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 경우, 시작 지점의 값의 크기와 끝 지점의 값의 크기가 바뀌기 때문에, 연속 재생(반복 재생)할 경우, 도 5의 a)와 같이, 하나의 음원이 끝나는 지점과 그 다음 음원이 시작되는 지점에서의 위상 변이가 발생하여, 클릭 노이즈가 발생하게 된다.

[0163] 이를 해소하기 위하여, 도 5의 b)에 도시된 바와 같이, hanning window 필터링을 적용하여, 연속되는 두 음원(셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음)이 자연스러운 연속음으로 생성되도록 하는 것이 바람직하다.

[0164] 상세하게는, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 시작 부분에는 hanning window 필터링의 좌측 부분을 적용하여, 소리가 자연스럽게 커지는 파형을 만들고, 끝 부분에는 hanning window 필터링의 우측 부분을 적용하여, 소리가 자연스럽게 감소되는 파형을 만듦으로써, 자연스러운 연속음을 생성하게 된다.

[0165] 이를 통해서, 연속되는 두 음원(셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음)에 의한 연속음은 hanning window 필터링의 적용 구간만큼 길이가 짧아지지만, 반복 재생하더라도 급격한 위상 변이 없이 자연스럽게 파형 출력이 가능하여, 음원 연결에 의한 노이즈 발생을 해소할 수 있다.

[0167] 또한, 음원 생성 단계(S300)는 실제 주행 환경과 가상 엔진음을 보다 정교하게 맞추기 위하여, 입력받은 차량의 현재 APS의 센싱 정보 또는, 현재 차속에 대한 증폭률을 사용하여 진폭(셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 크기)을 조정하게 된다.

[0168] 이 후, 입력받은 차량의 RPM을 이용하여, 주파수를 조정하게 된다. 상세하게는, RPM에 따라 신호의 샘플 위치 증가량을 가변함으로써, 주파수를 변경하는 것이 바람직하다.

[0169] 상술한 바와 같이, 내연 기관 엔진음은 시간에 따라 RPM이 변화되고, 이에 따라 주파수가 변화하게 된다. 그렇지만, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 경우, 주파수 변화가 나타나지 않기 때문에, 상기의 수학적 식 6을 사용하여, 샘플의 위치(k)를 변화시킴으로써, 생성된 연속음의 주파수를 변경하는 것이 바람직하다.

[0170] 즉, 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음의 출력 주파수는 고정된 상태이므로, n번째 샘플의 위치가 기존 위치보다 2 샘플 커지게 된다면, 신호의 변화가 빨라지므로 주파수가 증가하게 되고, 1 샘플 보다 작아지면 신호가 늘어지게 되므로 주파수가 감소하게 된다. 이러한 점을 고려하여 r 값에 따라 주파수를 바꿀 수 있으므로, 시간에 따라 r 값을 증가시킬 경우, 최종적으로 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음을 생성하게 된다.

[0171] 정리하자면, 상기의 수학적 식 6에서 r 값은 샘플 위치 증가값으로, 1일 경우에는 셰퍼드 톤 신호가 출력되며, 1보다 작으면 주파수가 낮아지고, 1보다 크면 주파수가 높아지게 된다. 따라서, RPM이 입력되었을 때, $f(RPM) = r$ 이 되는 변환 함수가 필요하며, 통상적으로 정차 상황에서 엔진 RPM을 RPM_MIN이라 할 때, $RPM/RPM_MIN = r$ 로

구하게 된다.

[0172] 이에 따라, RPM 변화에 따라 선형적인 셰퍼드 스케일이 적용되며, 록업 테이블 등을 사용하면 RPM에 따라 비선형적인 주파수 증가도 가능하게 된다.

[0174] 이를 통해서, 본 발명의 일 실시예에 따른 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 방법은 최종적으로 진폭 및 주파수까지 조정한 신호를 연계된 출력 수단으로 전송하게 되며, 탑승자에게 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음이 출력되게 된다. 시간에 따라 주파수가 변경된 셰퍼드 톤이 적용된 소리를 생성할 수 있어, 원하는 음원을 사용하여 지속적으로 주파수가 증가하는 듯한 착청 효과를 줄 수 있는 소리를 생성할 수 있어, 가상 엔진음에 적용할 경우, 주행 몰입감 및 감성 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

[0176] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀 질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 상기 컴퓨터는 본 발명의 셰퍼드 톤이 적용된 가상 엔진음 생성 시스템을 포함할 수도 있다.

[0177] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것일 뿐이다. 따라서, 본 발명의 기술 사상은 개시된 각각의 실시예 뿐 아니라, 개시된 실시예들의 조합을 포함하고, 나아가, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 첨부된 특허 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능하며, 그러한 모든 적절한 변경 및 수정은 균등물로서 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

부호의 설명

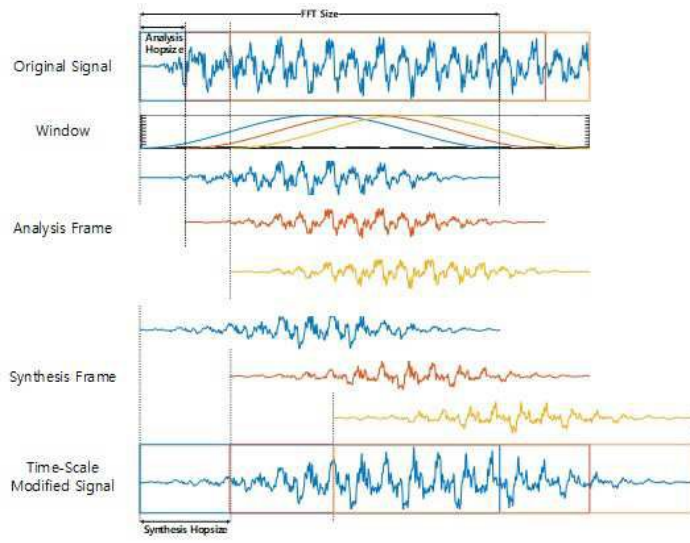
[0179] 100 : 음원 입력부
200 : 음원 조정부
210 : 길이 조정부 220 : 주파수 조정부
300 : 음원 생성부

도면

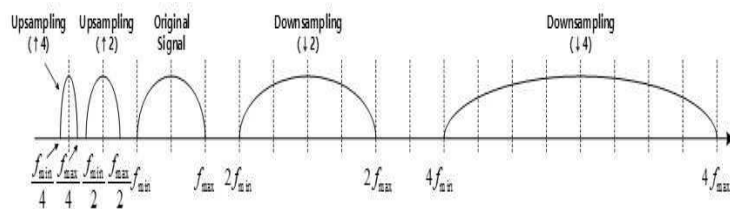
도면1



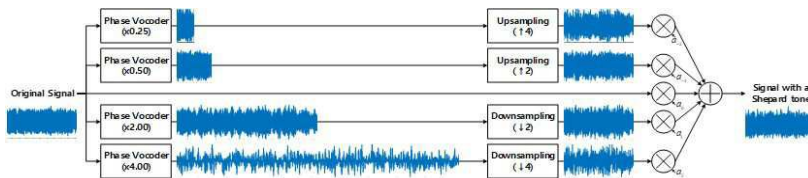
도면2



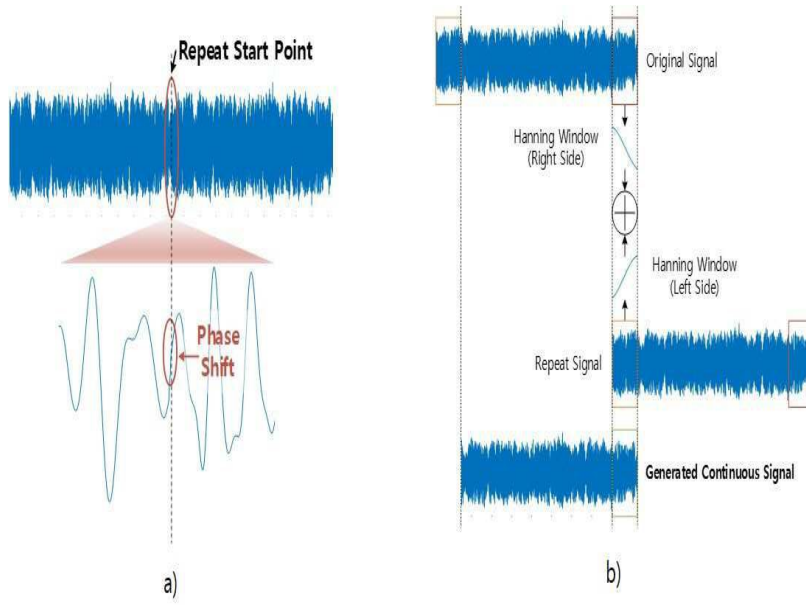
도면3



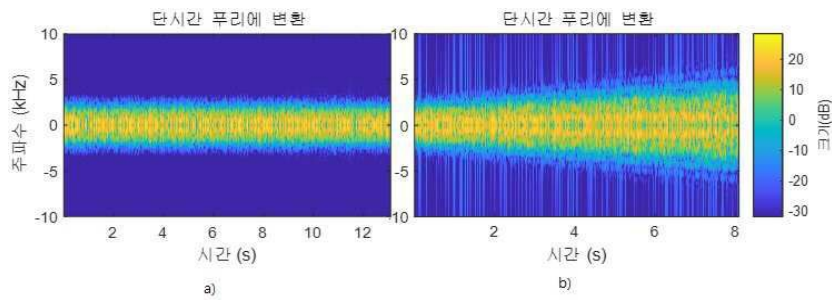
도면4



도면5



도면6



도면7

