



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0139836
(43) 공개일자 2024년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60Q 5/00 (2006.01) G10K 15/04 (2006.01)
H04R 1/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60Q 5/008 (2013.01)
G10K 15/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0034009
(22) 출원일자 2023년03월15일
심사청구일자 없음

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

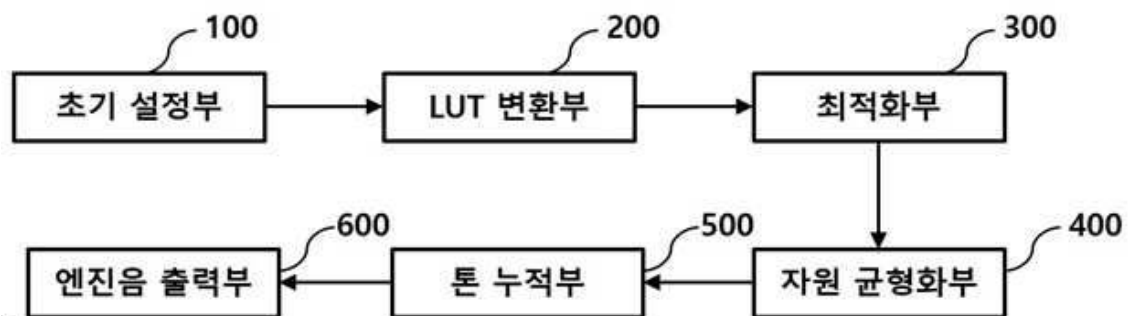
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 자원 제약이 심한 임베디드 통합 제어기 환경에서, 미사용 자원 없이 가상 엔진음 생성기를 구현할 수 있는 기술에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04R 1/22 (2013.01)

B60Y 2306/11 (2013.01)

G10K 2210/121 (2013.01)

G10K 2210/1282 (2013.01)

G10K 2210/51 (2013.01)

H04R 2499/13 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

가상 엔진음을 생성하는 톤 제너레이터에서 할당 받은 임베디드 자원 사양 및 입력되는 요구 오차도를 이용하여, 정현파 최적 구현을 위한 기설정된 파라미터 설정을 수행하는 초기 설정부;

사전에 설정된 RPM에 대응되는 위상값이 저장된 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)의 메모리 주소 범위를 상기 초기 설정부에 의한 임베디드 자원 사양에 포함되는 메모리 개수를 적용하여 변환하는 LUT 변환부;

상기 LUT 변환부에 의해 메모리 주소 범위가 변환된 LUT를 통해서, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, 차량에 기설정된 오더(order) 값을 고려하여, 추출한 위상값을 이용한 출력 신호를 생성하는 톤 누적부; 및

상기 톤 누적부에서 생성한 출력 신호를 전달받아, 외부 연계 수단을 통해서 가상 엔진음을 출력하는 엔진음 출력부;

를 포함하는, 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템은

상기 LUT가 저장된 메모리 사용량 최적화를 수행하는 최적화부;

를 더 포함하며,

상기 최적화부는

정현파의 주기 특성을 고려하여, 사분면에 따른 LUT의 메모리 주소 범위를 변환하는, 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템은

상기 초기 설정부에 의한 임베디드 자원 사양을 이용하여 설정된 소정 임계값을 기준으로, 미사용 자원을 사용한 연산량과 오차도 간의 트레이드 오프를 수행하는 자원 균형화부;

를 더 포함하며,

상기 자원 균형화부는

상기 임계값을 기준으로,

상기 최적화부에 의해 변환한 LUT를 통해서 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하거나, 또는, 테일러 시리즈(Taylor Series) 기반 연산을 수행하여 위상값을 추출하여, 상기 톤 누적부로 전송하는, 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템.

청구항 4

연산 처리 수단에 의해 각 단계가 수행되는 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템을 이용한 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법으로서,

초기 설정부에서, 가상 엔진음을 생성하는 톤 제너레이터에서 할당 받은 임베디드 자원 사양 및 입력되는 요구 오차도를 이용하여, 정현과 최적 구현을 위한 기설정된 파라미터 설정을 수행하는 기본 설정 단계;

LUT 변환부에서, 사전에 설정된 RPM에 대응되는 위상값이 저장된 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)의 메모리 주소 범위를 상기 기본 설정 단계에 의한 임베디드 자원 사양에 포함되는 메모리 개수를 적용하여 변환하는 기본 변환 단계;

톤 누적부에서, 상기 기본 변환 단계에 의해 메모리 주소 범위가 변환된 LUT를 통해서, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, 차량에 기설정된 오더(order) 값을 고려하여, 추출한 위상값을 이용한 출력 신호를 생성하는 톤 누적 단계; 및

상기 톤 누적 단계에 의해 생성한 출력 신호를 전달받아, 외부 연계 수단을 통해서 가상 엔진음을 출력하는 엔진음 출력 단계;

를 포함하는, 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은

상기 기본 변환 단계를 수행하고 난 후, 최적화부에서, 상기 LUT가 저장된 메모리 사용량 최적화를 수행하는 메모리 최적화 단계;

를 더 포함하며,

상기 메모리 최적화 단계는

정현과의 주기 특성을 고려하여, 사분면에 따른 LUT의 메모리 주소 범위를 변환하며,

상기 톤 누적 단계는

상기 메모리 최적화 단계에 의해 사분면에 따른 메모리 주소 범위로 변환된 LUT를 이용하는, 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은

상기 톤 누적 단계를 수행하기 전, 자원 균형화부에서, 상기 기본 설정 단계에 의한 임베디드 자원 사양을 이용하여 설정된 소정 임계값을 기준으로, 미사용 자원을 사용한 연산량과 오차도 간의 트레이드 오프를 수행하는 자원 균형화 단계;

를 더 포함하며,

상기 자원 균형화 단계는

상기 임계값을 기준으로, 상기 메모리 최적화 단계에 의해 사분면에 따른 메모리 주소 범위로 변환된 LUT를 이용하여, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하거나 또는, 테일러 시리즈(Taylor Series) 기반 연산을 수행하여 위상값을 추출하며,

상기 톤 누적 단계는

상기 자원 균형화 단계에 의해 추출한 위상값을 이용하여 출력 신호를 생성하는, 정현과 최적 구현 기술을 적용

한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 차량의 임베디드 시스템 구현 환경에 따른 사용 가능한 연산량이나 메모리 사용량에 유연하게 대응할 수 있는 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

일반적인 자동차 엔진은 동력을 생성하기 위하여 주기적으로 행정(흡입(intake), 압축(compression), 폭발(power) 및 배기(exhaust)의 4단계를 반복하고 있게 된다. 4단계를 거치는 동안 엔진 회전수의 기준인 크랭크 축은 2회 회전하게 된다.

따라서, 엔진의 RPM(Rotation Per Minute)이 측정되었을 때, 단일 실린더의 동작은 $RPM/60/2$ 의 주파수를 갖게 된다.

각 실린더는 특정 시점에 서로 다른 행정을 갖도록 설계되므로, 4기통 엔진의 동작 주파수는 $RPM / 60 / 2 * 4$ 가 된다.

이러한 엔진의 동작은 소리로 변환되어 차량 내로 전달되며, 시스템의 비선형성으로 인해 harmonic 성분의 주파수가 추가된다.

특정 RPM에서 발생하는 엔진 소리를 모사하기 위하여, 다시 말하자면, 가상 엔진 소리($s[n]$)를 생성하기 위하여, 대표적인 주기 함수인 정현파(sine wave)와 고조파 성분을 사용하며 하기의 수학적 식 1과 같이 정의된다.

수학적 식 1

$$s[n] = \sum_{o=0}^{O-1} g_o \sin\left(2\pi \frac{RPM}{60} o \frac{n}{f_s}\right)$$

여기서, O 는 전체 오더(order) 수,

o 는 특정 오더,

g 는 해당하는 오더의 gain 값,

f_s 는 표본화 주파수,

n 은 디지털 신호의 인덱스 값을 의미한다.

이 때, 오더는 정현파가 RPS(Rotation Per Second)의 몇 배의 주파수를 갖는지 나타내는 수치이다.

차량 시스템이 복잡해지면서 가상 엔진음 생성 기능은 저가형 또는, 고가형 독립 제어기에서 제공하거나, 외장 앰프 또는, 도메인 컨트롤러에 포함되는 등 다양한 형태로 개발되고 있다.

그렇지만, 단순한 톤 제너레이터(tone generator) 기반 가상 엔진음 생성기라 할지라도, 상기의 수학적 식 1과 같

이, 정현과 함수 호출 횟수가 많으므로, 높은 연산량이 요구된다.

[0020] 일 예를 들자면, 표본화 주파수가 48 kHz이고, 16개의 오더를 사용하는 경우, 정현과 함수는 $48,000 * 16$ 번 호출되며, 정현과 함수 호출 처리에 100 cycle이 소요될 경우, 최소 76.8 MIPS가 필요하다.

[0021] 그렇지만, 차종 별 차량 시스템의 임베디드 구현 환경에 따라 사용할 수 있는 연산량이나 메모리 사용량은 가변적이므로, 모든 차종 환경에서 가상 엔진을 생성 기능을 적용하기 위해서는, 유연한 구조는 갖는 정현과 함수 구현이 필요하다.

[0023] 한국 등록특허공보 제10-1588493호("엔진 소음을 인공적으로 생성하는 방법 및 그 방법을 수행하기 위한 장치")에서는 명료성이 높으면서도 최소의 데이터로 다수의 상이한 엔진 소음들을 생성할 수 있는 기술이 개시되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0025] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-1588493호 (등록일 2016.01.19.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0026] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로써, 룩업 테이블을 사용하여 효과적으로 정현과 계산의 연산량 및 메모리 사용량을 감소시킬 수 있으며, 연산량, 메모리 사용량, 보간 오차를 트레이드 오프(trade off)하여 상세 조정할 수 있어, 차량의 임베디드 시스템 구현 환경에 따른 사용 가능한 연산량이나 메모리 사용량에 유연하게 대응할 수 있는 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진을 생성 시스템 및 그 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0028] 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명에 의한 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진을 생성 시스템은, 가상 엔진을 생성하는 톤 제너레이터에서 할당 받은 임베디드 자원 사양 및 입력되는 요구 오차도를 이용하여, 정현과 최적 구현을 위한 기설정된 파라미터 설정을 수행하는 초기 설정부, 사전에 설정된 RPM에 대응되는 위상값이 저장된 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)의 메모리 주소 범위를 상기 초기 설정부에 의한 임베디드 자원 사양에 포함되는 메모리 개수를 적용하여 변환하는 LUT 변환부, 상기 LUT 변환부에 의해 메모리 주소 범위가 변환된 LUT를 통해서, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, 차량에 기설정된 오더(order) 값을 고려하여, 추출한 위상값을 이용한 출력 신호를 생성하는 톤 누적부 및 상기 톤 누적부에서 생성한 출력 신호를 전달받아, 외부 연계 수단을 통해서 가상 엔진을 출력하는 엔진 출력부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0029] 더 나아가, 상기 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진을 생성 시스템은 상기 LUT가 저장된 메모리 사용량 최적화를 수행하는 최적화부를 더 포함하며, 상기 최적화부는 정현과의 주기 특성을 고려하여, 사분면에 따른 LUT의 메모리 주소 범위를 변환하는 것이 바람직하다.

[0030] 더 나아가, 상기 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진을 생성 시스템은 상기 초기 설정부에 의한 임베디드 자원 사양을 이용하여 설정된 소정 임계값을 기준으로, 미사용 자원을 사용한 연산량과 오차도 간의 트레이드 오프를 수행하는 자원 균형화부를 더 포함하며, 상기 자원 균형화부는 상기 임계값을 기준으로, 상기 최적화부에 의해 변환한 LUT를 통해서 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하거나, 또는, 테일러 시리즈(Taylor Series) 기반 연산을 수행하여 위상값을 추출하여, 상기 톤 누적부로 전송하는 것이 바람직하다.

[0032] 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 연산 처리 수단에 의해 각 단계가 수행되는 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템을 이용한 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법으로서, 초기 설정부에서, 가상 엔진음을 생성하는 톤 제너레이터에서 할당 받은 임베디드 자원 사양 및 입력되는 요구 오차도를 이용하여, 정현파 최적 구현을 위한 기설정된 파라미터 설정을 수행하는 기본 설정 단계, LUT 변환부에서, 사전에 설정된 RPM에 대응되는 위상값이 저장된 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)의 메모리 주소 범위를 상기 기본 설정 단계에 의한 임베디드 자원 사양에 포함되는 메모리 개수를 적용하여 변환하는 기본 변환 단계, 톤 누적부에서, 상기 기본 변환 단계에 의해 메모리 주소 범위가 변환된 LUT를 통해서, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, 차량에 기설정된 오더(order) 값을 고려하여, 추출한 위상값을 이용한 출력 신호를 생성하는 톤 누적 단계 및 상기 톤 누적 단계에 의해 생성한 출력 신호를 전달받아, 외부 연계 수단을 통해서 가상 엔진음을 출력하는 엔진음 출력 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

[0033] 더 나아가, 상기 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은 상기 기본 변환 단계를 수행하고 난 후, 최적화부에서, 상기 LUT가 저장된 메모리 사용량 최적화를 수행하는 메모리 최적화 단계를 더 포함하며, 상기 메모리 최적화 단계는 정현파의 주기 특성을 고려하여, 사분면에 따른 LUT의 메모리 주소 범위를 변환하며, 상기 톤 누적 단계는 상기 메모리 최적화 단계에 의해 사분면에 따른 메모리 주소 범위로 변환된 LUT를 이용하는 것이 바람직하다.

[0034] 더 나아가, 상기 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은 상기 톤 누적 단계를 수행하기 전, 자원 균형화부에서, 상기 기본 설정 단계에 의한 임베디드 자원 사양을 이용하여 설정된 소정 임계값을 기준으로, 미사용 자원을 사용한 연산량과 오차도 간의 트레이드 오프를 수행하는 자원 균형화 단계를 더 포함하며, 상기 자원 균형화 단계는 상기 임계값을 기준으로, 상기 메모리 최적화 단계에 의해 사분면에 따른 메모리 주소 범위로 변환된 LUT를 이용하여, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하거나 또는, 테일러 시리즈(Taylor Series) 기반 연산을 수행하여 위상값을 추출하며, 상기 톤 누적 단계는 상기 자원 균형화 단계에 의해 추출한 위상값을 이용하여 출력 신호를 생성하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0036] 상기한 바와 같은 본 발명에 의한 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템 및 그 방법에 의하면, 연산 결과를 미리 저장한 LUT를 사용하여 효과적으로 연산량을 줄일 수 있음과 동시에 사용되는 메모리 사용량도 종래의 기술보다 1/4로 줄일 수 있어, 명백한 자원 한계를 가지고 있는 임베디드 시스템에서 모든 차종에 적용 가능하도록 유연한 구조를 갖는 사인 함수 구현이 가능한 장점이 있다.

[0037] 또한, 동일한 환경에서 보다 많은 수의 오더를 사용하여 가상 엔진음을 설계할 수 있는 장점이 있다.

[0038] 특히, 연산량이 감소되면, 소모 전력량 및 발열량도 줄일 수 있으므로, 기구적인 방열 구조의 크기를 줄일 수 있어 비용 및 차체 무게 자체를 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

[0039] 더불어, 연산량, 메모리 사용량 및 보간 오차를 트레이드 오프하여 조정함으로써, 통합 제어기에서 가상 엔진음 생성 기능을 구현할 수 있다.

[0040] 이를 통해서, 자원 제약이 심한 임베디드 통합 제어기 환경에서도 미사용 자원 없이 가상 엔진음 생성기를 구현하여, 보다 많은 수의 오더를 사용한 고품질 가상 엔진음을 출력할 수 있어, 주행 감성 품질을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 종래의 룩업 테이블을 사용하여 가상 엔진음 출력 신호의 $\sin(x)$ 를 추출할 때, 입력, 메모리 주소 및 저장된 값의 관계를 나타낸 예시도이며,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템을 나타낸 구성 예시도이며,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템에 의해 룩업 테이블을 사용하여 가상 엔진음 출력 신호의 $\sin(x)$ 를 추출할 때, 입력, 메모리 주소 및 저장된 값의 관계를 나타낸 예시도이며,

도 4는 룩업 테이블의 크기에 따른 $\sin(x)$ 의 선형 보간 오차를 나타낸 예시도이며,

도 5는 사분면에 따른 정현과 크기 값을 비교한 예시도이며,

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템에 의해 변환된 룩업 테이블을 사용하여 가상 엔진음 출력 신호의 $\sin(x)$ 를 추출할 때, 입력, 메모리 주소 및 저장된 값의 관계를 나타낸 예시도이며,

도 7은 룩업 테이블을 사용할 때, 오차 값 및 자원 관계를 나타낸 예시도이며,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템에 의해 자원 조정된 룩업 테이블을 사용하여 가상 엔진음 출력 신호의 $\sin(x)$ 를 추출할 때, 입력, 메모리 주소 및 저장된 값의 관계를 나타낸 예시도이며,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법을 나타낸 순서 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043]

상술한 본 발명의 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 실시예를 통하여 보다 분명해질 것이다. 이하의 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서 또는 출원에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다. 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들은 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태에 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 제1 및 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 한정되지 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소들로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다. 어떠한 구성 요소가 다른 구성 요소에 연결되어 있다거나 접속되어 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떠한 구성 요소가 다른 구성 요소에 직접 연결되어 있다거나 또는 직접 접속되어 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하기 위한 다른 표현들, 즉 '~사이에'와 '바로 ~사이에' 또는 '~에 인접하는'과 '~에 직접 인접하는' 등의 표현도 마찬가지로 해석되어야 한다. 본 명세서에서 사용하는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명하도록 한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0044]

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

[0046]

차량의 엔진은 동력을 생성하기 위하여, 주기적으로 행정을 반복하기 때문에, 대표적인 주기 함수인 사인 함수

와 고조파 성분을 사용하여 엔진 소리를 모사한 가상 엔진음/합성 엔진음을 생성하게 된다.

[0047] 그렇지만, 이 경우, 다수의 사이클을 소모하는 삼각함수를 매 출력마다 오더 수만큼 사용하므로, 다수의 연산량이 요구된다.

[0048] 이에 따라, 연산량을 줄일 수 있는 한 방법으로 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)을 사용하여 저장된 연산 결과를 사용하는 기술이 제안되고 있다.

[0049] 그럼에도 불구하고, 입력값을 메모리 주소로 변환하는데 나눗셈 연산이 들어가며, 선형 보간 계수를 구하고 연산을 수행할 때, 곱셈과 나눗셈 연산이 추가로 사용되므로, 연산량 개선 효과가 높지 않다.

[0050] 즉, 톤 제너레이터 기반으로 가상 엔진음을 생성할 경우, RPM이 시간에 따라 변할 수 있으므로, 하기의 수학적식 2와 같이 정의되는 출력 신호(s[n])가 연속적인 위상 값을 갖기 위해서는 하기의 수학적식 3을 만족해야만 한다.

수학적식 2

$$s[n] = \sum_{o=0}^{O-1} g_o \sin \theta_o[n]$$

[0052]

[0054] 여기서, O는 전체 오더(order) 수,

[0055] o는 특정 오더,

[0056] g는 해당하는 오더의 gain 값,

[0057] fs는 표본화 주파수,

[0058] n은 디지털 신호의 인덱스 값을 의미한다.

[0059] 이 때, 오더는 정현파가 RPS(Rotation Per Second)의 몇 배의 주파수를 갖는지 나타내는 수치이다.

수학적식 3

$$\theta_o[n] = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ \left(\theta[n-1] + 2\pi \frac{RPM[n]}{60} o \frac{1}{f_s} \right) \bmod 2\pi, & n > 0 \end{cases}$$

[0061]

[0063] 따라서, 초당 fs * O 개의 데이터에 대하여 sin 함수 연산이 필요하다.

[0065] 일반적인 임베디드 시스템의 자원 한계는 대표적으로 연산량과 메모리 사용량이 있다. Sin(x) 함수 값을 구하기 위하여, 입력 x에 대한 테일러 시리즈(Taylor Series)를 계산해야 하지만, 소요되는 사이클 시간이 긴 경우, 사전에 계산한 LUT를 사용함으로써, 연산량을 줄일 수 있다. 그렇지만, 이 경우, LUT를 저장하기 위한 메모리 사용량이 증가할 수 밖에 없다.

[0066] M 개의 메모리를 사용하여 sin(x)에 대한 LUT를 구성할 때, 메모리 주소에 따른 저장 값은 도 1과 같다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이, sin(x)는 입력 x에 대해 주기 2π를 갖기 때문에, 메모리에는 0 ~ 2π 구간을 균등 분할한 점에 대한 연산 결과를 저장하게 된다.

[0067] 이에 따라, 함수의 입력이 저장된 점이 아닌 경우에는, 저장된 테이블 값을 사용한 보간 과정이 필요하다.

[0068] LUT를 사용하여 $\sin\theta_0[n]$ 을 구하기 위해서는, 입력 값($\theta_0[n]$)에 대한 결과가 어떤 메모리 주소(k)에 저장되어 있는지 알아야 한다. 이 때, 메모리 주소(k)와 입력 위상은 $2\pi/M$ 의 배수로 매칭되므로, 하기의 수학적 4를 사용하여 연산하게 된다.

수학적 4

$$k = \left\lfloor \theta_0[n] \frac{M}{2\pi} \right\rfloor$$

[0070]

[0072] 정확한 값을 추정하기 위하여, 선형 보간을 수행할 경우, 하기의 수학적 5와 같이 이웃한 두 값에 비율을 곱하여 합하게 된다.

수학적 5

$$\beta = \theta_0[n] - k \frac{2\pi}{M}, \quad \alpha = \frac{2\pi}{M} - \beta \longrightarrow \sin \theta_0[n] = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} LUT[k] + \frac{\beta}{\alpha + \beta} LUT[k + 1]$$

[0074]

[0076] 그렇지만, 상기의 수학적 4 및 5와 같이, 입력 값($\theta_0[n]$)에 대한 결과가 어떤 메모리 주소(k)에 저장되어 있는지 알기 위한, 메모리 주소를 찾는 과정에서, 곱셈과 나눗셈 연산이 사용되며, 선형 보간 계수를 구한 후, 선형 보간을 수행하는 과정에서도 곱셈과 나눗셈 연산이 사용되므로, 사용되는 연산량이 증가할 수 밖에 없다.

[0077] 이에 따라, LUT를 적용하여, 메모리 사용량을 증가시켰지만, 연산량 감소 효과가 감소함에 따라, 문제 해결이 이루어지지 않게 된다.

[0079] 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진을 생성 시스템 및 그 방법은, 최근 통합 제어기가 개발되면서 다양한 자원 제약을 갖는 임베디드 환경에서 가상 엔진을 생성 기능을 통합할 필요성이 대두되고 있는 바, 상술한 문제점을 명확하게 해소하기 위하여, LUT를 사용하여 효과적으로 사인 함수 계산의 연산량 및 메모리 사용량을 줄이고, 연산량, 메모리 사용량, 보간 오차를 트레이드 오프(trade off)하여 상세 조정할 수 있는 기술을 제안하고 있다.

[0080] 간단하게 말하자면, 톤 제너레이터의 위상 계산 과정을 변경하여, 2π 범위를 갖는 입력 값을 LUT 크기의 범위를 갖도록 변환함으로써, 나눗셈 연산 없이 단순한 데이터 형태 변환으로 LUT의 메모리 주소를 구할 수 있다.

[0081] 또한, 데이터 간격이 1이 되므로 선형 보간 계수도 뺄셈 연산으로 구할 수 있으며, 보간 연산 자체도 단순 가중합으로 구할 수 있다.

[0082] 또한, 사인 함수의 1 사분면의 값만 사용하여 1주기의 결과를 도출함으로써, 메모리 사용량을 1/4로 최적화하고 있다.

[0083] 더불어, 입력 값이 특정 값보다 큰 영역은 기존 $\sin(x)$ 를 사용하여 연산을 수행하고, 작은 영역은 상술한 변환된 LUT를 사용하여 연산을 수행함으로써, 메모리 사용량과 연산량을 트레이드 오프(trade off)할 수 있다.

[0084] 즉, 선형 보간 방법의 오차도가 작은 영역에서만 사용할 수 있으며, 동일한 메모리를 사용하여 LUT 크기를 증가시킬 수 있는 효과가 있어, 보다 정확한 값을 제공할 수 있다. 물론, 다양한 자원 제약을 갖는 임베디드 환경에

맞는 최적의 사인 함수 구현할 수 있는 장점이 있다.

- [0086] 이러한 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템은 도 2에 도시된 바와 같이, 초기 설정부(100), LUT 변환부(200), 톤 누적부(300) 및 엔진음 출력부(400)를 포함하게 된다. 각 구성은 차량 내 주행 환경(RPM 등)에 맞게 가상 엔진음을 생성하기 위해 구비된 제어 수단에 의해 동작이 수행된다.
- [0088] 각 구성에 대해서 자세히 설명하자면,
- [0089] 초기 설정부(100)는 가상 엔진음을 생성하는 톤 제너레이터에서 할당 받은 임베디드 자원 사양 및 입력되는 요구 오차도를 이용하여, 정현파 최적 구현을 위한 미리 설정된 파라미터 설정을 수행하는 것이 바람직하다.
- [0090] 즉, 통합 환경 자원 사양 및 요구 오차도에 따라 할당받은 임베디드 자원 사양에 의한 메모리 개수/크기(M), M을 기준으로 설정되는 소정 임계값($L(<M/4)$), 및 전체 오더 수(O)를 설정하고, LUT를 초기화하게 된다.
- [0091] $\sin(x)$ 를 증가하면서 해당하는 삼각함수의 연산 결과를 저장한 LUT의 초기화는 통상의 기술에 해당하므로, 상세한 설명은 생략하다.
- [0092] 더불어, 초기 설정부(100)는 캘리브레이션 과정에서 각 오더 별 게인 값 ($g_o(0 \leq o \leq O)$) 및 표준화 주파수(f_s)를 설정하고, 엔진의 RPM을 입력받게 된다.
- [0093] 여기서, O는 전체 오더(order) 수, o는 특정 오더를 의미한다.
- [0094] 더불어, 초기 설정부(100)는 $\theta_o^{start} = 0$ for $\forall o$ 으로 설정하게 된다.
- [0095] 이 후, $o = 0$, $output = 0$ 으로 설정함으로써, 초기 설정을 마무리하게 된다.
- [0097] LUT 변환부(200)는 사전에 설정된 RPM에 대응되는 위상값이 저장된 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)의 메모리 주소 범위를 초기 설정부(100)에 의한 임베디드 자원 사양에 포함되는 메모리 개수를 적용하여 변환하는 것이 바람직하다.
- [0099] 즉, LUT를 사용할 경우, $0 \sim 2\pi$ 를 갖는 임의의 입력을 $0 \sim M$ 의 메모리 주소 범위로 변환해야 하므로, 연산량이 증가하게 된다.
- [0100] 일반적인 $\sin(x)$ 는 임의의 값이 입력되므로, 주소 변환 과정을 없앨 수 없지만, 가상 엔진음 생성에 사용되는 톤 제너레이터는 입력 형태가 상기의 수학적 식 2와 같이 정해져 있으므로, LUT 변환부(200)는 이를 고려하여, 하기의 수학적 식 6과 같이, 함수를 새로 정의하여, 입력 범위 $0 \sim M$ 에 대한 사인 연산 결과를 구할 수 있다.

수학적 식 6

$$LUT[n] = \sin\left(\frac{2\pi}{M}n\right), \text{ where } 0 \leq n < M \text{ and } n \in \mathbb{N}$$

[0102]

- [0104] 톤 제너레이터에서 상기의 수학적 식 6에 의한 $LUT[n]$ 을 사용하여 가상 엔진음을 생성하기 위해, 하기의 수학적 식 7과 같이 새로운 위상을 정의하면, 주소 변환에 사용되는 $M/2\pi$ 연산 없이 입력 위상값을 도 3과 같이 $0 \sim M$ 범위로 맵핑할 수 있다. 이에 따라, 메모리 주소(k)는 하기의 수학적 식 8과 같이 단순한 플로우 연산으로 구할 수 있다.

수학식 7

$$\theta_o^{new}[n] = \begin{cases} 0 & , n = 0 \\ \left(\theta_o^{new}[n-1] + \frac{RPM[n]}{60} \cdot \frac{M}{f_s} \right) \bmod M & , n > 0 \end{cases}$$

[0106]

수학식 8

$$k = \lfloor \theta_o^{new}[n] \rfloor$$

[0108]

[0110] 상술한 바와 같이, LUT를 사용할 경우, 메모리에 저장된 입력이 아닌 값을 추정하기 위한 선형 보간을 수행하게 되고, 이를 위한 보간 계수를 구하고 추정하는 과정이 요구되며, 이 때 복잡한 곱셈과 나눗셈 연산이 이루어진다.

[0111] 이에 따라, LUT 변환부(200)는 입력 범위를 0 ~ M으로 맵핑함으로써, 단순한 뺄셈 연산으로 보간 계수를 구할 수 있으며, 데이터 간격이 '1'이므로, 하기의 수학식 9와 같이 나눗셈 연산을 제거할 수 있어, 연산량을 줄일 수 있는 효과가 있다.

수학식 9

$$\alpha = (k+1) - \theta_o^{new}[n], \quad \beta = 1 - \alpha$$

$$\sin^{new}(\theta_o^{new}[n]) = \alpha LUT[k] + \beta LUT[k+1]$$

[0113]

[0115] 이러한 점을 고려하여, 본 발명에 의한 톤 제너레이터의 출력은 하기의 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$output[n] = \sum_{o=0}^O g_o \sin^{new}(\theta_o^{new}[n])$$

[0117]

[0119] 톤 누적부(300)는 LUT 변환부(200)에 의해 메모리 주소 범위가 변환된 LUT를 통해서, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, 차량에 미리 설정된 오더(order) 값을 고려하여, 추출한 위상값을 이용한 출력 신호를 생성하는 것이 바람직하다.

[0120] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진을 생성 시스템은, 도 4와 같이, LUT 크기(M)가 커질수록 정확한 값을 추정할 수 있지만, LUT가 커질수록 사용하는 메모리

용량도 비례하여 커지므로, 동일한 메모리를 사용하여 LUT의 크기를 증가시킬 수 있는 메모리 최적화를 수행하고자 한다.

[0121] 이를 위해, 도 2에 도시된 바와 같이, 최적화부(500)를 더 포함하게 된다.

[0122] 최적화부(500)는 LUT가 저장된 메모리 사용량 최적화를 수행하며, 정현파의 주기 특성을 고려하여, 사분면에 따른 LUT의 메모리 주소 범위를 변환하게 된다.

[0123] 상세하게는, 사인 함수는 도 5에 도시된 바와 같이, 한 주기 동안 값이 변화하지만 사용되는 크기는 1 사분면의 값이 반복되어 사용됨을 알 수 있다.

[0124] 이를 고려하여, 최적화부(500)는 1 사분면의 값만 LUT에 저장하여 연산할 수 있도록 하기의 수학식 11과 같이 변환하게 된다.

수학식 11

$$\sin^{mem}(x) = \begin{cases} \sin^{new}(x), & \text{if } x \leq \frac{M}{4} \\ \sin^{new}\left(\frac{M}{2} - x\right), & \text{if } \frac{M}{4} < x \leq \frac{M}{2} \\ -\sin^{new}\left(x - \frac{M}{2}\right), & \text{if } \frac{M}{2} < x \leq \frac{3M}{4} \\ -\sin^{new}(M - x), & \text{if } \frac{3M}{4} < x \end{cases}$$

[0126]

[0128] 이를 통해서, 도 6에 도시된 바와 같이, 사용하는 LUT 크기(M)를 1/4로 줄일 수 있으며, 이러한 점을 고려하여, 본 발명에 의한 톤 제너레이터의 출력은 하기의 수학식 12와 같다.

수학식 12

$$output[n] = \sum_{o=0}^O g_o \sin^{mem}(\theta_o^{new}[n])$$

[0130]

[0132] 더불어, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템은, 최근 통합 제어기가 대두되면서 가상 엔진음 생성 기능을 다양한 자원 상황에 통합하려는 요구사항이 있다는 점에 대응하기 위하여, 도 2에 도시된 바와 같이, 자원 균형화부(600)를 더 포함하게 된다.

[0133] 자원 균형화부(600)는 초기 설정부(100)에 의한 임베디드 자원 사양을 이용하여 설정된 소정 임계값을 기준으로, 미사용 자원을 사용한 연산량과 오차도 간의 트레이드 오프를 수행하는 것이 바람직하다.

[0134] 일 예를 들자면, 시스템 사양이 연산량 30 MIPS, 메모리 사용량 0.5 kB일 경우, sin(x)로 직접 구현할 경우, 40 MIPS가 소요되므로 사용할 수 없으나, LUT 변환부(200)를 통해서 메모리 개수를 적용하여 LUT의 메모리 주소 범위를 변환할 경우, M을 512로 한정하면, 20 MIPS, 0.5 kB, 보간 오차 2e-5가 되어 구현 가능하다.

[0135] 그렇지만, 이 경우, 10 MIPS의 미사용 자원이 발생하게 된다.

[0136] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템은, 미사용 자원을 사용하여 오차도를 낮출 수 있는 연산량과 오차도를 교환(trade off)하여 조정하고자 한다.

[0137] 상세하게는, LUT를 사용하고 선형 보간법을 사용하여 $\sin(x)$ 값을 계산할 경우, 도 7에 도시된 바와 같이, 1 사분면 안에서 입력 값이 커질수록 오차도가 증가하게 됨을 알 수 있다.

[0138] 이에 따라, 설정한 소정 임계값($L(<M/4)$)를 기준으로 하기의 수학식 13과 같이, L보다 작은 영역에서는 최적화부(400)에 의해 변환한 LUT를 통해서 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, L보다 큰 영역에서는 테일러 시리즈(Taylor Series) 기반 연산을 수행하여 위상값을 추출하는 것이 바람직하다.

수학식 13

$$\sin^{fuse}(x) = \begin{cases} \sin^{new}(x), & \text{if } x \leq L \\ \sin\left(\frac{2\pi}{M}x\right), & \text{if } x > L \end{cases}$$

[0140]

[0142] 상기의 수학식 13에 따라 본 발명에 의한 톤 제너레이터의 출력을 계산하기 위하여, 상기의 수학식 11을 재정의 하면, 하기의 수학식 14과 같다.

수학식 14

$$\sin^{mem}(x) = \begin{cases} \sin^{fuse}(x), & \text{if } x \leq \frac{M}{4} \\ \sin^{fuse}\left(\frac{M}{2} - x\right), & \text{if } \frac{M}{4} < x \leq \frac{M}{2} \\ -\sin^{fuse}\left(x - \frac{M}{2}\right), & \text{if } \frac{M}{2} < x \leq \frac{3M}{4} \\ -\sin^{fuse}(M - x), & \text{if } \frac{3M}{4} < x \end{cases}$$

[0144]

[0146] 이에 따라, LUT의 크기를 도 8와 같이 L로 줄일 수 있다.

[0147] 이를 통해서, L 값이 줄어들면 $\sin(x)$ 를 사용하여 직접 연산하는 빈도가 증가하므로 연산량(MIPS)는 증가하지만 오차도는 감소하게 되며, L 값이 증가하게 되면 LUT 기반 연산 빈도가 증가하므로 연산량(MIPS)이 감소하고 오차도는 증가하게 된다. 이를 고려하여, 초기 설정부(100)를 통해서 L 값을 조절하여, 메모리 사용량, 연산량 및 오차도를 통합 환경의 자원 사양에 맞게 조절할 수 있어, 미사용 자원없이 오차도를 개선시킬 수 있다.

[0149] 톤 누적부(300)는 톤 누적기로서, 최종적으로 상기의 수학식 13에 따라, L을 기준으로 입력값(x)에 따라, $\sin(x)$ 를 사용하여 또는, 상기의 수학식 14과 같이 주소 변환된 LUT를 통해서 위상값을 추출하고, 출력 신호를 생성하게 된다.

[0151] 엔진음 출력부(400)는 톤 누적부(300)에서 생성한 출력 신호를 전달받아, 외부 연계 수단인 스피커 등을 통해서 가상 엔진음을 출력하는 것이 바람직하다.

[0152] 이러한 과정 자체는 통상의 기술에 해당하며, 자세한 설명을 생략한다.

[0154] 다만, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스

템을 다시 간단히 정리하자면, 타이밍 컨트롤러(Timing controller)에서 샘플 주기 시간 간격으로 차량 시스템을 동작시키게 된다. 차량 내 CAN(Controller Area Network) 등을 통하여 입력된 엔진의 RPM에 따라 LUT 주소 범위에 저장되어 있는 위상값을 추출하고, 이를 누적하여 삼각함수 계산을 요청한다.

[0155] 삼각함수 계산 시 사용되는 메모리 크기를 줄이기 위하여 사분면에 따라 LUT 주소를 변환하며, 결정된 정책 파라미터(M, L)에 따라 LUT 또는, 테일러 시리즈를 사용한 삼각함수 결과를 출력하게 된다.

[0156] 이 후, 톤 누적기에서 해당 시점에서 출력되는 오더에 따른 파형들을 다 더하여 하나의 소리로 만든 후, 외부 연계 수단인 스피커, 앰프(Amplifier) 등을 통해서 가상 엔진음을 출력하게 된다.

[0158] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법의 순서도를 도시한 것이다.

[0159] 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은 기본 설정 단계(S100), 기본 변환 단계(S200), 톤 누적 단계(S300) 및 엔진음 출력 단계(S400)를 포함하게 된다. 각 단계들은 연산 처리 수단에 의해 동작 수행되는 정현파 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 시스템을 이용하는 것이 바람직하다.

[0161] 각 단계에 대해서 자세히 알아보자면,

[0162] 기본 설정 단계(S100)는 초기 설정부(100)에서, 가상 엔진음을 생성하는 톤 제너레이터에서 할당 받은 임베디드 자원 사양 및 입력되는 요구 오차도를 이용하여, 정현파 최적 구현을 위한 미리 설정된 파라미터 설정을 수행하게 된다.

[0163] 상세하게는, 통합 환경 자원 사양 및 요구 오차도에 따라 할당받은 임베디드 자원 사양에 의한 메모리 개수/크기(M), M을 기준으로 설정되는 소정 임계값($L(<M/4)$), 및 전체 오더 수(O)를 설정하고, LUT를 초기화하게 된다.

[0164] $\sin(x)$ 를 증가하면서 해당하는 삼각함수의 연산 결과를 저장한 LUT의 초기화는 통상의 기술에 해당하므로, 상세한 설명은 생략한다.

[0165] 더불어, 캘리브레이션 과정에서 각 오더 별 게인 값 ($g_o(0 \leq o \leq O)$) 및 표준화 주파수(f_s)를 설정하고, 엔진의 RPM을 입력받게 된다.

[0166] 여기서, O는 전체 오더(order) 수, o는 특정 오더를 의미한다.

[0167] 더불어, 초기 설정부(100)는 $\theta_o^{new} = 0$ for $\forall o$ 으로 설정하게 된다.

[0168] 이 후, $o = 0$, output = 0으로 설정함으로써, 초기 설정을 마무리하게 된다.

[0170] 기본 변환 단계(S200)는 LUT 변환부(200)에서, 사전에 설정된 RPM에 대응되는 위상값이 저장된 룩업 테이블(LUT, Look Up Table)의 메모리 주소 범위를 기본 설정 단계(S100)에 의한 임베디드 자원 사양에 포함되는 메모리 개수를 적용하여 변환하게 된다.

[0171] 즉, LUT를 사용할 경우, $0 \sim 2\pi$ 를 갖는 임의의 입력을 $0 \sim M$ 의 메모리 주소 범위로 변환해야 하므로, 연산량이 증가하게 된다.

[0172] 일반적인 $\sin(x)$ 는 임의의 값이 입력되므로, 주소 변환 과정을 없앨 수 없지만, 가상 엔진음 생성에 사용되는 톤 제너레이터는 입력 형태가 상기의 수학식 2와 같이 정해져 있으므로, LUT 변환부(200)는 이를 고려하여, 상기의 수학식 6과 같이, 함수를 새로 정의하여, 입력 범위 $0 \sim M$ 에 대한 사인 연산 결과를 구할 수 있다.

[0173] 톤 제너레이터에서 상기의 수학식 6에 의한 $LUT[n]$ 을 사용하여 가상 엔진음을 생성하기 위해, 상기의 수학식 7과 같이 새로운 위상을 정의하면, 주소 변환에 사용되는 $M/2\pi$ 연산 없이 입력 위상값을 도 3과 같이 $0 \sim M$ 범위로 맵핑할 수 있다. 이에 따라, 메모리 주소(k)는 상기의 수학식 8과 같이 단순한 플로우 연산으로 구할 수 있다.

[0174] 상술한 바와 같이, LUT를 사용할 경우, 메모리에 저장된 입력이 아닌 값을 추정하기 위한 선형 보간을 수행하게

되고, 이를 위한 보간 계수를 구하고 추정하는 과정이 요구되며, 이 때 복잡한 곱셈과 나눗셈 연산이 이루어진다.

[0175] 이에 따라, 기본 변환 단계(S200)는 입력 범위를 0 ~ M으로 맵핑함으로써, 단순한 뺄셈 연산으로 보간 계수를 구할 수 있으며, 데이터 간격이 '1'이므로, 상기의 수학적 식 9와 같이 나눗셈 연산을 제거할 수 있어, 연산량을 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0176] 이러한 점을 고려하여, 본 발명에 의한 톤 제너레이터의 출력은 상기의 수학적 식 10과 같다.

[0178] 톤 누적 단계(S300)는 톤 누적부(300)에서, 기본 변환 단계(S100)에 의해 메모리 주소 범위가 변환된 LUT를 통해서, 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, 차량에 미리 설정된 오더(order) 값을 고려하여, 추출한 위상값을 이용한 출력 신호를 생성하게 된다.

[0179] 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은, 도 9에 도시된 바와 같이, 기본 변환 단계(S200)를 수행하고 난 후, 메모리 최적화 단계(S210)를 더 수행하게 된다.

[0180] 이를 통해서, 도 4와 같이, LUT 크기(M)가 커질수록 정확한 값을 추정할 수 있지만, LUT가 커질수록 사용하는 메모리 용량도 비례하여 커지므로, 동일한 메모리를 사용하여 LUT의 크기를 증가시킬 수 있는 메모리 최적화를 수행하고자 한다.

[0181] 이를 위한 메모리 최적화 단계(S210)는 최적화부(400)에서, LUT가 저장된 메모리 사용량 최적화를 수행하며, 정현파의 주기 특성을 고려하여, 사분면에 따른 LUT의 메모리 주소 범위를 변환하게 된다.

[0182] 상세하게는, 사인 함수는 도 5에 도시된 바와 같이, 한 주기 동안 값이 변화하지만 사용되는 크기는 1 사분면의 값이 반복되어 사용됨을 알 수 있다.

[0183] 이를 고려하여, 최적화부(500)는 1 사분면의 값만 LUT에 저장하여 연산할 수 있도록 상기의 수학적 식 11과 같이 변환하게 된다.

[0184] 이를 통해서, 도 6에 도시된 바와 같이, 사용하는 LUT 크기(M)를 1/4로 줄일 수 있으며, 이러한 점을 고려하여, 본 발명에 의한 톤 제너레이터의 출력은 상기의 수학적 식 12와 같다.

[0186] 더불어, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은 최근 통합 제어가 대두되면서 가상 엔진음 생성 기능을 다양한 자원 상황에 통합하려는 요구사항이 있다는 점에 대응하기 위하여, 도 9에 도시된 바와 같이, 톤 누적 단계(S300)를 수행하기 전, 자원 균형화 단계(S220)를 더 수행하게 된다.

[0187] 자원 균형화 단계(S220)는 자원 균형화부(600)에서, 기본 설정 단계(S100)에 의한 임베디드 자원 사양을 이용하여 설정된 소정 임계값을 기준으로, 미사용 자원을 사용한 연산량과 오차도 간의 트레이드 오프를 수행하게 된다.

[0188] 일 예를 들자면, 시스템 사양이 연산량 30 MIPS, 메모리 사용량 0.5 kB일 경우, $\sin(x)$ 로 직접 구현할 경우, 40 MIPS가 소요되므로 사용할 수 없으나, LUT 변환부(200)를 통해서 메모리 개수를 적용하여 LUT의 메모리 주소 범위를 변환할 경우, M을 512로 한정하면, 20 MIPS, 0.5 kB, 보간 오차 $2e-5$ 가 되어 구현 가능하다.

[0189] 그렇지만, 이 경우, 10 MIPS의 미사용 자원이 발생하게 된다.

[0190] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 정현과 최적 구현 기술을 적용한 톤 제너레이터 기반 가상 엔진음 생성 방법은, 미사용 자원을 사용하여 오차도를 낮출 수 있는 연산량과 오차도를 교환(trade off)하여 조정하고자 한다.

[0191] 상세하게는, LUT를 사용하고 선형 보간법을 사용하여 $\sin(x)$ 값을 계산할 경우, 도 7에 도시된 바와 같이, 1 사분면 안에서 입력 값이 커질수록 오차도가 증가하게 됨을 알 수 있다.

[0192] 이에 따라, 설정한 소정 임계값($L(<M/4)$)를 기준으로 상기의 수학적 식 13과 같이, L보다 작은 영역에서는 최적화부(400)에 의해 변환한 LUT를 통해서 외부로부터 입력되는 RPM에 대응되는 위상값을 추출하고, L보다 큰 영역에

서는 테일러 시리즈(Taylor Series) 기반 연산을 수행하여 위상값을 추출하는 것이 바람직하다.

[0193] 상기의 수학식 13에 따라 본 발명에 의한 톤 제너레이터의 출력을 계산하기 위하여, 상기의 수학식 11을 재정의 하면, 상기의 수학식 14과 같다.

[0194] 이에 따라, LUT의 크기를 도 8과 같이 L로 줄일 수 있다.

[0195] 이를 통해서, L 값이 줄어들면 $\sin(x)$ 를 사용하여 직접 연산하는 빈도가 증가하므로 연산량(MIPS)은 증가하지만 오차도는 감소하게 되며, L 값이 증가하게 되면 LUT 기반 연산 빈도가 증가하므로 연산량(MIPS)이 감소하고 오차도는 증가하게 된다. 이를 고려하여, 기본 설정 단계(S100)를 통해서 L 값을 조절하여, 메모리 사용량, 연산량 및 오차도를 통합 환경의 자원 사양에 맞게 조절할 수 있어, 미사용 자원없이 오차도를 개선시킬 수 있다.

[0197] 톤 누적 단계(S300)는 톤 누적부(300)에서, 최종적으로 상기의 수학식 13에 따라, L을 기준으로 입력값(x)에 따라, $\sin(x)$ 를 사용하여 또는, 상기의 수학식 14과 같이 주소 변환된 LUT를 통해서 위상값을 추출하고, 출력 신호를 생성하게 된다.

[0199] 엔진음 출력 단계(S400)는 엔진음 출력부(400)에서, 톤 누적 단계(S300)에 의해 생성한 출력 신호를 전달받아, 외부 연계 수단인 스피커 등을 통해서 가상 엔진음을 출력하게 되며, 이러한 과정 자체는 통상의 기술에 해당하며, 자세한 설명을 생략한다.

[0201] 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 초음파 센서를 이용한 경적 발생 시스템을 포함할 수도 있다.

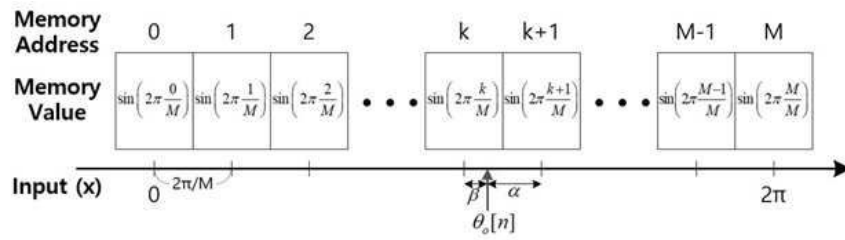
[0203] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것일 뿐이다. 따라서, 본 발명의 기술 사상은 개시된 각각의 실시예 뿐 아니라, 개시된 실시예들의 조합을 포함하고, 나아가, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 첨부된 특허 청구범위의 사상 및 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대한 다수의 변경 및 수정이 가능하며, 그러한 모든 적절한 변경 및 수정은 균등물로서 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

부호의 설명

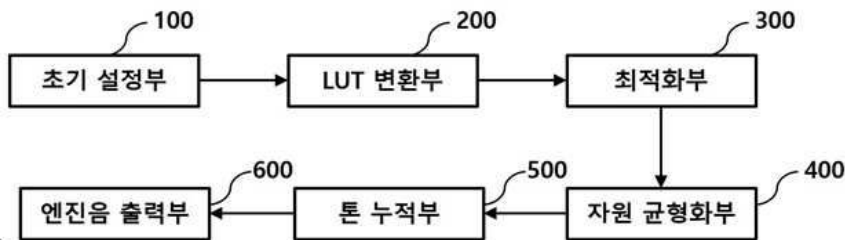
[0205] 100 : 초기 설정부
200 : LUT 변환부
300 : 톤 누적부
400 : 엔진음 출력부
500 : 최적화부
600 : 자원 균형화부

도면

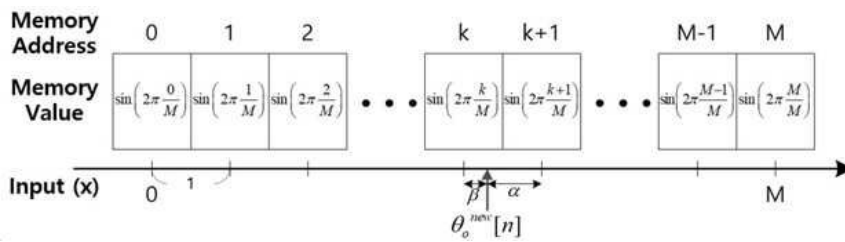
도면1



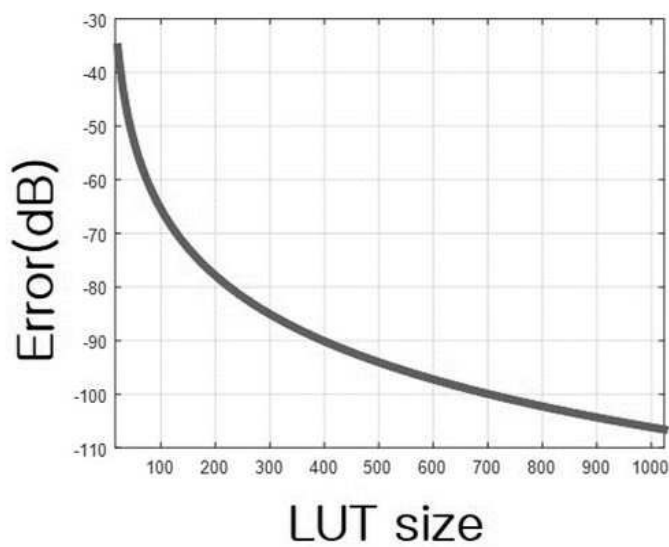
도면2



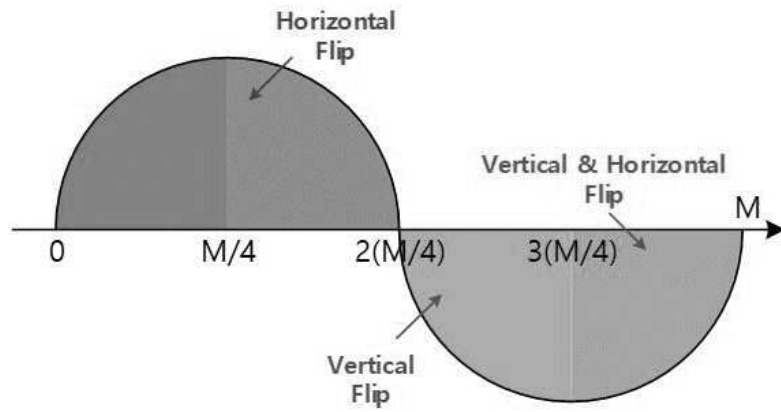
도면3



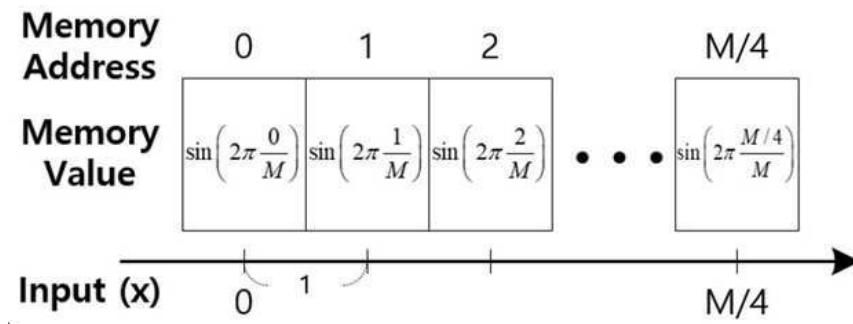
도면4



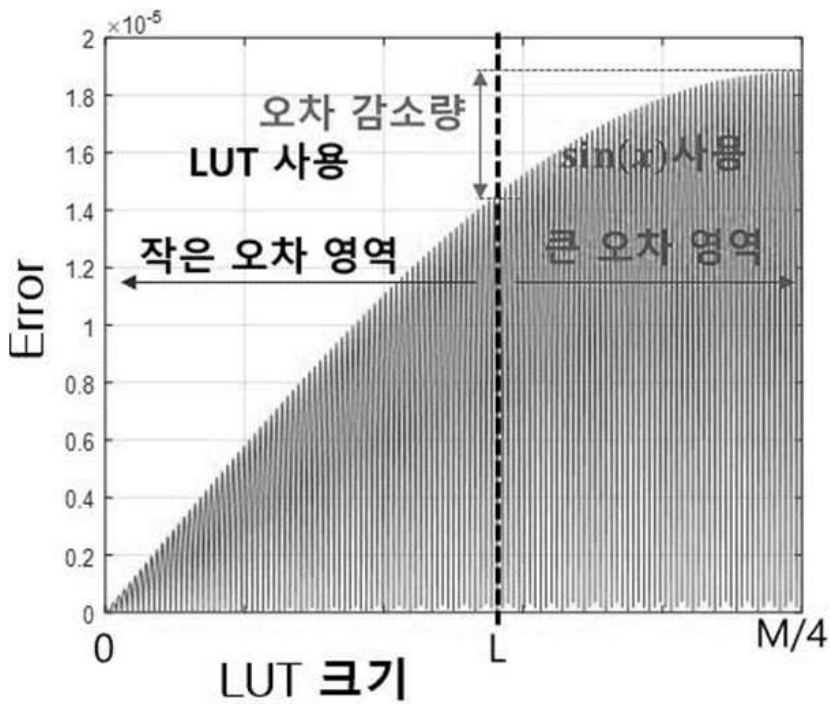
도면5



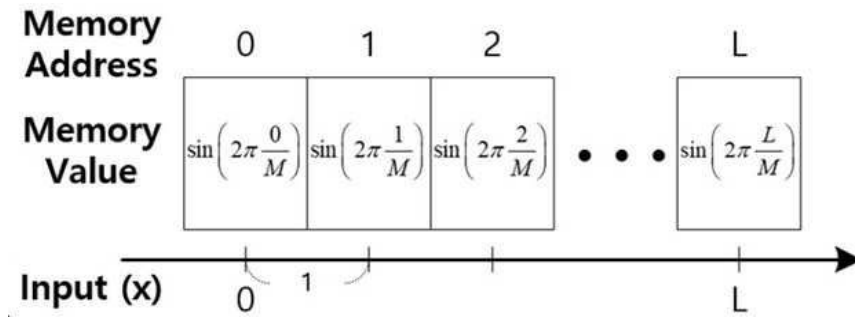
도면6



도면7



도면8



도면9

