



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월19일
 (11) 등록번호 10-1561125
 (24) 등록일자 2015년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02D 33/00 (2006.01) **F02D 21/04** (2006.01)
F02D 21/08 (2006.01) **F02D 33/02** (2006.01)
F02M 25/07 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0044051
 (22) 출원일자 2014년04월14일
 심사청구일자 2014년04월14일
 (65) 공개번호 10-2014-0126667
 (43) 공개일자 2014년10월31일
 (30) 우선권주장
 13/911,156 2013년06월06일 미국(US)
 61/815,068 2013년04월23일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2006242063 A*
 KR1020030069170 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
지엠 글로벌 테크놀로지 오퍼레이션스 엘엘씨
 미국, 미시건 48265-3000, 디트로이트, 르네상스
 센터 300
 (72) 발명자
휘트니, 크리스토퍼 이.
 미국, 미시건 48382, 커머스, 이스테이트 뷰 3174
윙, 케빈 씨.
 미국, 미시건 48103, 앤 아버, 사이오 리지 로드
 1503
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 10 항

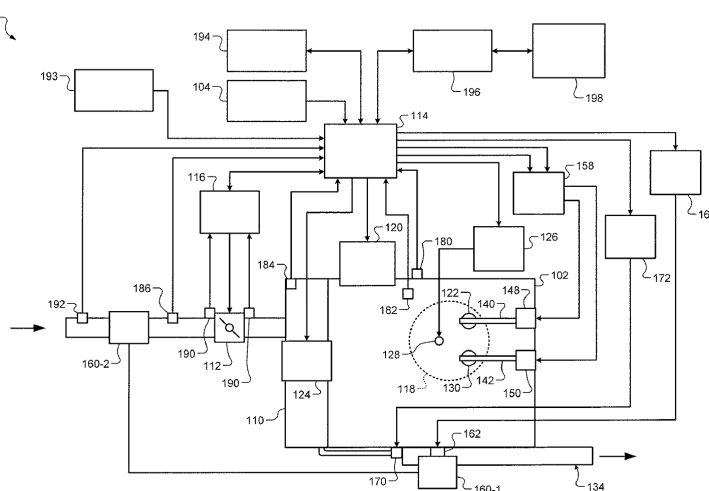
심사관 : 김길남

(54) 발명의 명칭 **차량용 엔진 제어 방법**

(57) 요약

토크 요청 모듈은 운전자 입력에 근거하여 불꽃 점화 엔진을 위한 제1 토크 요청을 생성한다. 토크 변환 모듈은 제1 토크 요청을 제2 토크 요청으로 변환한다. 설정값 제어 모듈은 제2 토크 요청에 근거하여 불꽃 점화 엔진을 위한 공기 및 배출물 설정값을 생성한다. 모델 예측 제어(MPC) 모듈은 공기 및 배출물 설정값에 근거하여 가능한 목표값의 세트를 식별하고, 불꽃 점화 엔진의 모델 및 상기 가능한 목표값의 세트에 각각 근거하여 예측되는 매개변수를 생성하고, 예측되는 매개변수에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하고, 선택된 세트 중 하나의 가능한 목표값에 근거하여 목표값을 설정한다. 스톱틀 액추에이터 모듈은 목표값 중 제1 값에 근거하여 스톱틀 밸브의 개방을 제어한다.

대표도



(72) 발명자

나라, 폴 알.

미국, 미시건 48317, 헬비 타운쉽, 데커 드라이브
49582

베르데호, 줄리안 알.

미국, 미시건 48336, 파밍튼, 프로스펙트 스트리트
23525

명세서

청구범위

청구항 1

운전자 입력에 근거하여 불꽃 점화 엔진을 위한 제1 토크 요청을 생성하는 단계;
 토크 변환 모듈을 이용하여 상기 제1 토크 요청을 제2 토크 요청으로 변환하는 단계;
 상기 제2 토크 요청에 근거하여 상기 불꽃 점화 엔진을 위한 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계;
 모델 예측 제어(model predictive control: MPC) 모듈을 이용하는 단계로서,
 상기 공기 및 배출물 설정값에 근거하여 가능한 목표값의 세트를 식별하는 단계,
 상기 불꽃 점화 엔진의 모델 및 상기 가능한 목표값의 세트에 근거하여 예측되는 매개변수를 생성하는 단계,
 상기 예측되는 매개변수에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계, 및
 선택된 세트 중 하나의 가능한 목표값에 근거하여 목표값을 설정하는 단계를 구비하는, 모델 예측 제어 모듈의 이용 단계; 그리고
 상기 목표값 중 제1 값에 근거하여 스로틀 밸브의 개방을 제어하는 단계를 포함하는,
 차량용 엔진 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 목표값의 제2 값에 근거하여 웨이스트게이트의 개방을 제어하는 단계;
 상기 목표값의 제3 값에 근거하여 배기가스 재순환(exhaust gas recirculation: EGR) 밸브의 개방을 제어하는 단계; 및
 상기 목표값의 제4 값 및 제5 값에 근거하여 흡기 및 배기 밸브 페이싱(phasing)을 제어하는 단계를 더 포함하는,
 차량용 엔진 제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계는, 상기 공기 및 배출물 설정값에 추가로 근거하는,
 차량용 엔진 제어 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계는, 상기 예측되는 매개변수와 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하는,

차량용 엔진 제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 예측되는 매개변수와 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트에 대한 비용을 결정하는 단계를 더 포함하며,

상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계는, 상기 비용에 추가로 근거하는,

차량용 엔진 제어 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 목표값을 설정하는 단계는, 상기 목표값을 위한 각각의 사전결정된 범위 내로 상기 목표값을 설정하는 단계를 구비하는,

차량용 엔진 제어 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계는, 소정의 연소 페이싱에 추가로 근거하는,

차량용 엔진 제어 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계는, 상기 공기 및 배출물 설정값을 위한 각각의 사전결정된 범위에 추가로 근거하는,

차량용 엔진 제어 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계는, 비작동된 실린더(deactivated cylinders)의 개수에 추가로 근거하는,

차량용 엔진 제어 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 설정값은 흡기 매니폴드 압력 설정값, 실린더당 공기(air per cylinder: APC) 설정값의 질량, 외부 딜루션(external dilution)을 위한 설정값, 잔여 딜루션을 위한 설정값 및 압축비 설정값을 포함하는,

차량용 엔진 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 출원은 2013년 4월 23일자로 출원된 미국 가출원 61/815,068호를 우선권으로 한다. 상기 출원의 개시내용은 본원에 참고로 편입된다.
- [0002] 본 개시내용은 내연 기관, 보다 상세하게 차량용 엔진 제어 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 본원에 제공된 배경 기술은 본 개시내용의 전후 사정을 제공하기 위한 목적이다. 출원할 시점에서의 종래기술로서 자격이 가질 수 없는 설명에 대한 관점뿐만 아니라, 본 배경 기술란에 기술된 바와 같은 본 발명자의 작업은 본 개시내용에 대한 종래기술로서 특별하거나 암묵적으로 인정되지 않는다.
- [0004] 내연 기관은 피스톤을 구동하도록 실린더 내의 공기 및 연료 혼합물을 연소하여 구동 토크를 생성한다. 엔진 내의 공기 흐름은 스로틀을 거쳐 조절된다. 보다 상세하게, 스로틀(throttle)은 스로틀 영역(throttle area)을 조절하여, 엔진 내로의 공기 흐름을 증대 또는 감소시킨다. 스로틀 영역이 증대됨에 따라, 엔진 내로의 공기 흐름은 증대된다. 연료 제어 시스템은 연료를 분사하는 속도를 조절함으로써, 소정의 공기/연료 혼합물을 실린더에 제공하고 그리고/또는 소정의 토크 출력을 성취한다. 실린더에 제공된 공기 및 연료량을 증대시키면, 엔진의 토크 출력을 증대시킨다.
- [0005] 불꽃 점화 엔진에서, 스파크는 실린더에 제공된 공기/연료 혼합물의 연소를 개시한다. 압축 착화 엔진에서는, 실린더 내의 압축이 실린더에 제공된 공기/연료 혼합물을 연소시킨다. 스파크 타이밍 및 공기 흐름은 불꽃 점화 엔진의 토크 출력을 조절하기 위한 1차 메커니즘일 수 있는 한편, 연료 흐름은 압축 착화 엔진의 토크 출력을 조절하기 위한 1차 메커니즘일 수 있다.
- [0006] 엔진 제어 시스템은 엔진 출력 토크를 제어하여 소정의 토크를 성취하도록 개발되어 왔다. 그러나, 종래의 엔진 제어 시스템은 엔진 출력 토크를 소망하는 바와 같이 정확하게 제어하지 못한다. 또한, 종래의 엔진 제어 시스템은 제어 신호에 대한 신속한 응답을 제공하거나 또는 엔진 출력 토크에 영향을 미치는 각종 장치 중에서 엔진 토크 제어를 조정하지 못한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 일 특징에서, 차량용 엔진 제어 시스템은, 토크 요청 모듈, 토크 변환 모듈, 설정값 제어 모듈, 모델 예측 제어(MPC) 모듈 및 스로틀 액추에이터 모듈을 구비한다. 상기 토크 요청 모듈은 운전자 입력에 근거하여 불꽃 점화 엔진을 위한 제1 토크 요청을 생성한다. 상기 토크 변환 모듈은 상기 제1 토크 요청을 제2 토크 요청으로 변환한다. 상기 설정값 제어 모듈은 상기 제2 토크 요청에 근거하여 불꽃 점화 엔진을 위한 공기 및 배출물 설정값을 생성한다. 상기 MPC 모듈은 상기 공기 및 배출물 설정값에 근거하여 가능한 목표값의 세트를 식별하고, 상기 불꽃 점화 엔진의 모델 및 상기 가능한 목표값의 세트에 각각 근거하여 예측되는 매개변수를 생성하고, 상기 예측되는 매개변수에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하고, 선택된 세트 중 하나의 가능한 목표값에 근거하여 목표값을 설정한다. 상기 스로틀 액추에이터 모듈은 상기 목표값 중 제1 값에 근거하여 스

로틀 밸브의 개방을 제어한다.

- [0008] 다른 특징에서, 부스트 액추에이터 모듈(boost actuator module)은 상기 목표값의 제2 값에 근거하여 웨이스트 게이트의 개방을 제어하고, 배기가스 재순환(exhaust gas recirculation: EGR) 액추에이터 모듈은 상기 목표값의 제3 값에 근거하여 EGR 밸브의 개방을 제어하고, 페이저 액추에이터 모듈(phaser actuator module)은 상기 목표값 중 제4 값 및 제5 값에 근거하여 흡기 및 배기 밸브 페이싱을 제어한다.
- [0009] 또 다른 특징에서, 상기 MPC 모듈은 상기 공기 및 배출물 설정값에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택한다.
- [0010] 또 다른 특징에서, 상기 MPC 모듈은 상기 예측되는 매개변수와와 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택한다.
- [0011] 또 다른 특징에서, 상기 MPC 모듈은 상기 예측되는 매개변수와와 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택한다.
- [0012] 또 다른 특징에서, 상기 MPC 모듈은 상기 예측되는 매개변수와와 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트를 위한 비용을 결정하고, 상기 비용에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택한다.
- [0013] 또 다른 특징에서, 상기 MPC 모듈은 상기 목표값을 위한 각각의 사전결정된 범위 내에 상기 목표값을 설정한다.
- [0014] 또 다른 특징에서, 상기 설정값 모듈은 소정의 연소 페이싱에 근거하여 상기 공기 및 배출물 설정값을 생성한다.
- [0015] 또 다른 특징에서, 상기 설정값 모듈은 상기 공기 및 배출물 설정값을 위한 각각의 사전결정된 범위에 근거하여 상기 공기 및 배출물 설정값을 생성한다.
- [0016] 또 다른 특징에서, 상기 설정값 모듈은 비작동된 실린더(deactivated cylinders)의 개수에 근거하여 상기 공기 및 배출물 설정값을 생성한다.
- [0017] 또 다른 특징에서, 상기 설정값은 흡기 매니폴드 압력 설정값, 실린더당 공기(air per cylinder: APC) 설정값의 질량, 외부 딜루션(external dilution)을 위한 설정값, 잔여 딜루션을 위한 설정값 및 압축비 설정값을 포함한다.
- [0018] 일 특징에서, 차량용 엔진 제어 방법은, 운전자 입력에 근거하여 불꽃 점화 엔진을 위한 제1 토크 요청을 생성하는 단계; 상기 제1 토크 요청을 제2 토크 요청으로 변환하는 단계; 및 상기 제2 토크 요청에 근거하여 상기 불꽃 점화 엔진을 위한 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계를 구비한다. 상기 방법은 모델 예측 제어(model predictive control: MPC) 모듈을 이용하여, 상기 공기 및 배출물 설정값에 근거하여 가능한 목표값의 세트를 식별하는 단계; 상기 불꽃 점화 엔진의 모델 및 상기 가능한 목표값의 세트에 근거하여 예측되는 매개변수를 생성하는 단계; 상기 예측되는 매개변수에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계; 및 선택된 세트 중 하나의 가능한 목표값에 근거하여 목표값을 설정하는 단계를 구비한다. 상기 방법은 상기

목표값 중 제1 값에 근거하여 스로틀 밸브의 개방을 제어하는 단계를 더 구비한다.

- [0019] 다른 특징에서, 상기 방법은, 상기 목표값의 제2 값에 근거하여 웨이스트게이트의 개방을 제어하는 단계; 상기 목표값의 제3 값에 근거하여 배기가스 재순환(exhaust gas recirculation: EGR) 밸브의 개방을 제어하는 단계; 및 상기 목표값의 제4 값 및 제5 값에 근거하여 흡기 및 배기 밸브 페이싱(phasing)을 제어하는 단계를 더 구비한다.
- [0020] 또 다른 특징에서, 상기 방법은 상기 공기 및 배출물 설정값에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계를 더 구비한다.
- [0021] 또 다른 특징에서, 상기 방법은 상기 예측되는 매개변수와의 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계를 더 구비한다.
- [0022] 또 다른 특징에서, 상기 방법은, 상기 예측되는 매개변수와의 상기 공기 및 배출물 설정값의 각각의 비교에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트에 대한 비용을 결정하는 단계; 및 상기 비용에 근거하여 상기 가능한 목표값의 세트 중 하나를 선택하는 단계를 더 구비한다.
- [0023] 또 다른 특징에서, 상기 방법은, 상기 목표값을 위한 각각의 사전결정된 범위 내에 상기 목표값을 설정하는 단계를 더 구비한다.
- [0024] 또 다른 특징에서, 상기 방법은, 소정의 연소 페이싱에 근거하여 상기 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계를 더 구비한다.
- [0025] 또 다른 특징에서, 상기 방법은, 상기 공기 및 배출물 설정값을 위한 각각의 사전결정된 범위에 근거하여 상기 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계를 더 구비한다.
- [0026] 또 다른 특징에서, 상기 방법은, 비작동된 실린더(deactivated cylinders)의 개수에 근거하여 상기 공기 및 배출물 설정값을 생성하는 단계를 더 구비한다.
- [0027] 또 다른 특징에서, 상기 설정값은 흡기 매니폴드 압력 설정값, 실린더당 공기(air per cylinder: APC) 설정값의 질량, 외부 딜루션(external dilution)을 위한 설정값, 잔여 딜루션을 위한 설정값 및 압축비 설정값을 구비한다.
- [0028] 본 개시내용의 또 다른 적용 영역은 상세한 설명, 청구범위 및 도면으로부터 명백할 것이다. 상세한 설명 및 특정 예는 단지 예시를 목적으로 하며, 본 개시내용의 범위를 제한할 의도의 것이 아니다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 본 개시내용은 상세한 설명 및 첨부한 도면을 참조하여 더욱 잘 이해될 것이다.
 도 1은 본 개시내용에 따른 예시적인 엔진 시스템의 기능적인 블록 다이어그램,
 도 2는 본 개시내용에 따른 예시적인 엔진 제어 시스템의 기능적인 블록 다이어그램,

도 3은 본 개시내용에 따른 예시적인 공기 제어 모듈의 기능적인 블록 다이어그램,

도 4는 본 개시내용에 따른 모델 예측 제어를 이용하여 스로틀 밸브, 흡기 및 배기 밸브 페이징, 웨이스트게이트 및 배기가스 재순환(EGR) 밸브를 제어하는 예시적인 방법을 도시한 흐름도.

도면에서, 참조부호는 유사하거나/하고 동일한 요소를 식별하는데 재사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 엔진 제어 모듈(engine control module: ECM)은 엔진의 토크 출력을 제어한다. 보다 상세하게, ECM은 목표값에 근거하여 엔진의 액추에이터를 제어하여, 요청된 양의 토크를 생성한다. 예를 들면, ECM은 목표의 흡기 및 배기 페이저 각도에 근거한 흡기 및 배기 캠샤프트 페이징, 목표의 스로틀 개방에 근거한 스로틀 밸브, 목표의 EGR 개방에 근거한 배기가스 재순환(EGR), 및 목표의 웨이스트게이트 듀티 사이클에 근거한 터보과급기의 웨이스트게이트를 제어한다.
- [0031] ECM은 비례 적분 미분(proportional integral derivative: PID) 제어기와 같은 다수의 단일 입력 단일 출력(single input single output: SISO) 제어기를 이용하여 목표값을 개별적으로 결정할 수 있다. 그러나, 다수의 SISO 제어기가 이용되면, 목표값은 가능한 연료 소비의 감소를 희생하면서 시스템 안정성을 유지하도록 설정될 수 있다. 추가로, 개별적인 SISO 제어기의 교정(calibration) 및 설계(design)는 비용이 들며 시간 소모적일 수 있다.
- [0032] 본 개시내용의 ECM은 모델 예측 제어(MPC)를 이용하여 목표값을 생성한다. 보다 상세하게, ECM은 흡기 매니폴드 압력 설정값, 실린더당 공기(air per cylinder: APC) 설정값의 질량, 외부 탈루션(external dilution)을 위한 설정값, 잔여 탈루션을 위한 설정값, 및 압축비 설정값과 같은 각종 엔진 공기 및 배출물 설정값을 생성한다.
- [0033] ECM은 설정값을 성취하도록 목표값의 가능한 세트를 식별한다. ECM은 가능한 세트의 목표값 및 엔진의 모델에 근거하여 가능한 세트 각각을 위한 예측되는 매개변수(응답)를 결정한다. 또한, 제약사항이 설명된다. ECM은 설정값과의 예측되는 매개변수의 비교에 근거하여 가능한 세트 각각의 사용과 관련된 비용을 결정한다. 예를 들면, ECM은 예측되는 매개변수가 설정값에 얼마나 신속하게 도달하는지 그리고/또는 예측되는 매개변수가 설정값보다 얼마나 더 멀리 가는지에 근거하여 가능한 세트와 관련된 비용을 결정할 수 있다. ECM은 최저 비용을 갖는 가능한 세트 중 하나를 선택하고, 선택된 가능한 세트의 목표값을 이용하여 목표값을 설정할 수 있다.
- [0034] 도 1은 예시적인 엔진 시스템(100)의 기능적인 블록 다이어그램을 제공한다. 엔진 시스템(100)은 운전자 입력 모듈(104)로부터의 운전자 입력에 근거하여 차량을 위한 구동 토크를 생성하도록 공기/연료 혼합물을 연소하는 엔진(102)을 구비한다. 엔진(102)은 가솔린 불꽃 점화 내연기관일 수 있다.
- [0035] 스로틀 밸브(112)를 통해 흡기 매니폴드(110) 내에 공기가 유도된다. 예를 들면, 스로틀 밸브(112)는 회전가능한 블레이드를 갖는 버터플라이 밸브를 구비할 수 있다. 엔진 제어 모듈(ECM)(114)은 스로틀 액추에이터 모듈(116)을 제어하여, 흡기 매니폴드(110) 내로 유도된 공기량을 제어하도록 스로틀 밸브(112)의 개방을 조절한다.
- [0036] 흡기 매니폴드(110)로부터의 공기는 엔진(102)의 실린더 내로 유도된다. 엔진(102)이 다수의 실린더를 구비할 수 있지만, 도시 목적을 위해, 단일의 대표적인 실린더(118)가 도시된다. 예로서, 엔진(102)은 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 및/또는 12개의 실린더를 구비할 수 있다. ECM(114)은 실린더 중 일부를 선택적으로 비작동하도록 실린더 액추에이터 모듈(120)에 지시하여, 소정의 엔진 작동 조건 하에서 연료 경제성을 개선시킬 수 있다.
- [0037] 엔진(102)은 4-스트로크 사이클을 이용하여 동작할 수 있다. 후술된 4가지 스트로크는 흡기 스트로크, 압축 스

트로크, 연소 스트로크 및 배기 스트로크로서 지칭될 수 있다. 크랭크샤프트(미도시)의 각각의 회전(revolution) 동안에, 4가지 스트로크 중 2가지는 실린더(118) 내에서 발생한다. 따라서, 2개의 크랭크샤프트 회전은 실린더(118)가 4가지의 모든 스트로크를 받게 하는 것이 필요하다.

- [0038] 흡기 스트로크 동안에, 흡기 매니폴드(110)로부터의 공기는 흡기 밸브(122)를 통해 실린더(118) 내로 유도된다. ECM(114)은 연료 액추에이터 모듈(124)을 제어하여 목표의 공연비를 성취하도록 연료 분사를 조절한다. 연료는 소정 위치 또는 다수의 위치, 예컨대 실린더 각각의 흡기 밸브(122) 근방에서 흡기 매니폴드(110) 내에 분사될 수 있다. 각종 실시(미도시)에서, 연료는 실린더와 관련된 혼합 챔버 내에 또는 실린더 내에 직접 분사될 수 있다. 연료 액추에이터 모듈(124)은 비작동되는 실린더로의 연료 분사를 중단할 수 있다.
- [0039] 분사된 연료는 공기와 혼합하여 실린더(118) 내에 공기/연료 혼합물을 형성한다. 압축 스트로크 동안에, 실린더(118) 내의 피스톤(미도시)은 공기/연료 혼합물을 압축한다. 스파크 액추에이터 모듈(126)은 ECM(114)으로부터의 신호에 근거하여 실린더(118) 내에 스파크 플러그(128)를 에너지이징하여, 공기/연료 혼합물을 점화한다. 스파크의 타이밍은 피스톤이 최상 위치(상사점(top dead center: TDC)으로 부름)에 있는 시점에 대해 특정될 수 있다.
- [0040] 스파크 액추에이터 모듈(126)은 스파크를 발생시키는 TDC 전 또는 그 후에 스파크를 얼마나 멀리 발생시키는지 를 특정하는 타이밍 신호에 의해 제어될 수 있다. 피스톤 위치가 크랭크샤프트 회전에 직접 관련되기 때문에, 스파크 액추에이터 모듈(126)의 작동은 크랭크샤프트 각도와 동기화될 수 있다. 스파크를 발생시키는 것은 발화 이벤트로 지칭될 수 있다. 스파크 액추에이터 모듈(126)은 각각의 발화 이벤트를 위한 스파크의 타이밍을 변경시키는 능력을 가질 수 있다. 스파크 액추에이터 모듈(126)은 스파크 타이밍이 최종 발화 이벤트와 다음의 발화 이벤트 사이에서 변화될 때 다음의 발화 이벤트를 위한 스파크 타이밍을 변경할 수 있다. 스파크 액추에이터 모듈(126)은 비작동된 실린더로의 스파크에 대한 공급을 중단시킬 수 있다.
- [0041] 연소 스트로크 동안에, 공기/연료 혼합물의 연소는 TDC로부터 멀어지게 피스톤을 구동하여, 크랭크샤프트를 구동시킨다. 연소 스트로크는 TDC에 도달하는 피스톤의 시간과 피스톤이 하사점(bottom dead center: BDC)에 도달하는 시간 사이로서 정의될 수 있다. 배기 스트로크 동안에, 피스톤은 BDC로부터 멀어지게 이동하기 시작하여, 배기 밸브(130)를 통해 연소 부산물을 배출한다. 연소 부산물은 배기 시스템(134)을 거쳐 차량으로부터 배기된다.
- [0042] 흡기 밸브(122)는 흡기 캠샤프트(140)에 의해 제어되는 한편, 배기 밸브(130)는 배기 캠샤프트(142)에 의해 제어될 수 있다. 각종 실시에서, 다수의 흡기 캠샤프트(흡기 캠샤프트(140)를 포함)는 실린더(118)를 위한 다수의 흡기 밸브(흡기 밸브(122)를 포함)를 제어할 수 있고 그리고/또는 실린더(실린더(118)를 포함)의 다수의 배크의 흡기 밸브(흡기 밸브(122)를 포함)를 제어할 수 있다. 마찬가지로, 다수의 배기 캠샤프트(배기 캠샤프트(142)를 포함)는 실린더(118)를 위한 다수의 배기 밸브를 제어할 수 있고 그리고/또는 실린더(실린더(118)를 포함)의 다수의 배크를 위한 배기 밸브(배기 밸브(130)를 포함)를 제어할 수 있다. 각종 다른 실시에서, 흡기 밸브(122) 및/또는 배기 밸브(130)는 캠샤프트 외의 다른 장치, 예컨대, 캠리스 밸브 액추에이터에 의해 제어될 수 있다. 실린더 액추에이터 모듈(120)은 흡기 밸브(122) 및/또는 배기 밸브(130)의 개방을 디세이블(disable)함으로써 실린더(118)를 비작동시킬 수 있다.
- [0043] 흡기 밸브(122)가 개방되는 시간은 흡기 캠 페이지(148)에 의해 피스톤 TDC에 대해 변경될 수 있다. 배기 밸브(130)가 개방되는 시간은 배기 캠 페이지(150)에 의해 피스톤 TDC에 대해 변경될 수 있다. 페이지 액추에이터 모듈(158)은 ECM(114)으로부터의 신호에 근거하여 흡기 캠 페이지(148)와 배기 캠 페이지(150)를 제어할 수 있다. 실시될 때, 페이지 액추에이터 모듈(158)에 의해 가변 밸브 리프트(미도시)가 또한 제어될 수 있다.

- [0044] 엔진 시스템(100)은 배기 시스템(134)을 통해 흐르는 고온 배기가스에 의해 동력 공급되는 고온 터빈(160-1)을 구비하는 터보 과급기를 구비할 수 있다. 또한, 터보 과급기는 터빈(160-1)에 의해 구동되는 저온 공기 압축기(160-2)를 구비한다. 압축기(160-2)는 스로틀 밸브(112) 내로 안내되는 공기를 압축한다. 각종 실시에서, 크랭크샤프트에 의해 구동되는 과급기(supercharger)(미도시)는 스로틀 밸브(112)로부터의 공기를 압축하여 흡기 매니폴드(110)로 압축된 공기를 전달할 수 있다.
- [0045] 웨이스트게이트(162)는 배기물이 터빈(160-1)을 바이패스하게 하여, 터보 과급기에 의해 제공되는 부스트(흡기 공기 압축량)를 감소시킨다. 부스트 액추에이터 모듈(164)은 웨이스트게이트(162)의 개방을 제어함으로써 터보 과급기의 부스트를 제어할 수 있다. 각종 실시에서, 2개 이상의 터보 과급기가 실시될 수 있고, 부스트 액추에이터 모듈(164)에 의해 제어될 수 있다.
- [0046] 공기 냉각기(air cooler)(미도시)는 압축된 공기 차지로부터 냉각 매체, 예컨대 엔진 냉매 또는 공기로 열을 전달할 수 있다. 엔진 냉매를 이용하여 압축된 공기 차지를 냉각하는 공기 냉각기는 인터쿨러(intercooler)로 지칭될 수 있다. 공기를 이용하여 압축된 공기 차지를 냉각하는 공기 냉각기는 차지 에어 쿨러(charge air cooler)로 지칭될 수 있다. 압축된 공기 차지는, 예컨대 배기 시스템(134)의 압축을 거쳐 그리고/또는 그의 구성요소로부터 열을 수용할 수 있다. 도시를 위해 분리된 것으로 도시되지만, 터빈(160-1)과 압축기(160-2)는 서로 부착되어, 고온 배기물에 근접하게 흡기 공기를 배치할 수 있다.
- [0047] 엔진 시스템(100)은 배기가스 재순환(EGR) 밸브(170)를 구비하여, 배기가스를 흡기 매니폴드(110)에 다시 선택적으로 재지향시킨다. EGR 밸브(170)는 터보 과급기의 터빈(160-1)의 상류에 위치될 수 있다. EGR 밸브(170)는 ECM(114)으로부터의 신호에 근거하여 EGR 액추에이터 모듈(172)에 의해 제어될 수 있다.
- [0048] 크랭크샤프트의 위치는 크랭크샤프트 위치 센서(180)를 이용하여 측정될 수 있다. 크랭크샤프트의 회전 속도(엔진 속도)는 크랭크샤프트 위치에 근거하여 결정될 수 있다. 엔진 냉매의 온도는 엔진 냉매 온도(engine coolant temperature: ECT) 센서(182)를 이용하여 측정될 수 있다. ECT 센서(182)는 엔진(102) 내에 또는 냉매가 순환되는 다른 위치, 예컨대 라디에이터(미도시)에 위치될 수 있다.
- [0049] 흡기 매니폴드(110) 내의 압력은 매니폴드 절대 압력(manifold absolute pressure: MAP) 센서(184)를 이용하여 측정될 수 있다. 각종 실시에서, 주위 공기 압력과 흡기 매니폴드(110) 내의 압력 사이의 차이인 엔진 진공이 측정될 수 있다. 흡기 매니폴드(110) 내로 흐르는 공기의 질량 흐름률은 공기 질량(mass air flow: MAF) 센서(186)를 이용하여 측정될 수 있다. 각종 실시에서, MAF 센서(186)는 스로틀 밸브(112)를 또한 구비하는 하우징 내에 위치될 수 있다.
- [0050] 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 하나 이상의 스로틀 위치 센서(throttle position sensors: TPS)(190)를 이용하여 스로틀 밸브(112)의 위치를 모니터링할 수 있다. 엔진(102) 내로 유도되는 공기의 주위 온도는 흡기 공기 온도(intake air temperature: IAT) 센서(192)를 이용하여 측정될 수 있다. 또한, 엔진 시스템(100)은 하나 이상의 다른 센서, 예컨대 주위 습도 센서, 하나 이상의 노크 센서(knock sensor), 압축기 출구 압력 센서 및/또는 스로틀 입구 압력 센서, 웨이스트게이트 위치 센서, EGR 위치 센서, 및/또는 하나 이상의 다른 적절한 센서를 구비할 수도 있다. ECM(114)은 엔진 시스템(100)을 위한 제어 결정을 위해 센서로부터의 신호를 이용할 수 있다.
- [0051] ECM(114)은 트랜스미션(미도시) 내의 시프팅 기어(shifting gears)를 조절하도록 트랜스미션 제어 모듈(194)과 통신한다. 예를 들면, ECM(114)은 기어 시프트 동안에 엔진 토크를 감소시킬 수 있다. ECM(114)은 엔진(102)과 전기 모터(198)의 동작을 조절하도록 하이브리드 제어 모듈(196)과 통신할 수 있다.

- [0052] 또한, 전기 모터(198)는 제너레이터로서 기능할 수 있고, 차량 전기 시스템에 의한 사용 및/또는 배터리 내의 저장을 위한 전기 에너지를 생성하는데 이용될 수 있다. 각종 실시에서, ECM(114), 트랜스미션 제어 모듈(194) 및 하이브리드 제어 모듈(196)의 각종 기능은 하나 이상의 모듈 내에 통합될 수 있다.
- [0053] 엔진 매개변수를 변경하는 각각의 시스템은 엔진 액추에이터로 지칭될 수 있다. 예를 들면, 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 목표의 스로틀 개방 영역을 성취하도록 스로틀 밸브(112)의 개방을 조절할 수 있다. 스파크 액추에이터 모듈(126)은 피스톤 TDC에 대한 목표의 스파크 타이밍을 성취하도록 스파크 플러그를 제어한다. 연료 액추에이터 모듈(124)은 목표의 연료 주입 매개변수를 성취하도록 연료 인젝터를 제어한다. 페이저 액추에이터 모듈(158)은 목표의 흡기 및 배기 캠 페이저 각도를 각각 성취하도록 흡기 및 배기 캠 페이저(148, 150)를 제어할 수 있다. EGR 액추에이터 모듈(172)은 목표의 EGR 개방 영역을 성취하도록 EGR 밸브(17)를 제어할 수 있다. 부스트 액추에이터 모듈(164)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역을 성취하도록 웨이스트게이트(162)를 제어한다. 실린더 액추에이터 모듈(120)은 작동되거나 비작동되는 실린더의 목표 개수를 성취하도록 실린더 비작동을 제어한다.
- [0054] ECM(114)은 엔진 액추에이터를 위한 목표값을 생성하여 엔진(102)이 목표의 엔진 출력 토크를 생성하게 한다. ECM(114)은 후술되는 바와 같이 모델 예측 제어를 이용하여 엔진 액추에이터를 위한 목표값을 생성한다.
- [0055] 도 2는 예시적인 엔진 제어 시스템의 기능적 블록 다이어그램을 제공한다. ECM(114)의 예시적인 실시는 운전자 토크 모듈(driver torque module)(202), 액슬 토크 아비트레이션 모듈(axle torque arbitration module)(204), 및 추진 토크 아비트레이션 모듈(torque arbitration module)(206)을 구비한다. ECM(114)은 하이브리드 최적화 모듈(208)을 구비할 수 있다. 또한, ECM(114)은 리저브(reserves)/부하(loads) 모듈(220), 토크 요청 모듈(224), 스파크 제어 모듈(232), 실린더 제어 모듈(236) 및 연료 제어 모듈(240)을 구비한다.
- [0056] 운전자 토크 모듈(202)은 운전자 입력 모듈(104)로부터의 운전자 입력(255)에 근거하여 운전자 토크 요청(254)을 결정할 수 있다. 운전자 입력(255)은, 예컨대 액셀러레이터 페달의 위치 및 브레이크 페달의 위치에 근거할 수 있다. 또한, 운전자 입력(255)은 사전결정된 이후의 거리를 유지하도록 차량 속도를 변경하는 적응식 크루즈 제어 시스템(adaptive cruise control system)일 수 있는 크루즈 제어에 근거할 수 있다. 운전자 토크 모듈(202)은 목표 토크로의 액셀러레이터 페달 위치에 대한 하나 이상의 매핑을 저장할 수 있고, 상기 매핑 중 선택된 하나에 근거하여 운전자 토크 요청(254)을 결정할 수 있다.
- [0057] 액슬 토크 아비트레이션 모듈(204)은 운전자 토크 요청(254)과 다른 액슬 토크 요청(256) 사이에서 중재한다. 액슬 토크(휠에서의 토크)는 엔진 및/또는 전기 모터를 포함하는 각종 구동원에 의해 생성될 수 있다. 예를 들면, 액슬 토크 요청(256)은 포지티브 휠 슬립이 검출될 때 트랙션 제어 시스템에 의해 요청된 토크 감소를 구비할 수 있다. 포지티브 휠 슬립은 액슬 토크가 휠과 도로면 사이의 마찰을 극복할 때 발생하고, 휠은 도로면에 대해 슬립하기 시작한다. 또한, 액슬 토크 요청(256)은 네거티브 휠 슬립에 대항하도록 토크 증가 요청을 구비할 수도 있으며, 차량의 타이어는 액슬 토크가 네거티브이기 때문에 도로면에 대해 다른 방향으로 슬립한다.
- [0058] 또한, 액슬 토크 요청(256)은 브레이크 관리 요청 및 차량 과속 토크 요청을 구비할 수도 있다. 브레이크 관리 요청은 차량이 정지될 때 차량을 유지하는 브레이크의 성능을 액슬 토크가 초과하지 않도록 보장하기 위해 액슬 토크를 감소시킬 수 있다. 차량 과속 토크 요청은 차량이 사전결정된 속도를 초과하는 것을 방지하도록 액슬 토크를 감소시킬 수 있다. 또한, 액슬 토크 요청(256)은 차량 안정성 제어 시스템에 의해 발생될 수도 있다.
- [0059] 액슬 토크 아비트레이션 모듈(204)은 수신된 토크 요청(254, 256)들 사이에서 중재하는 결과에 근거하여, 예측

되는 토크 요청(257)과 중간 토크 요청(258)을 출력한다. 후술하는 바와 같이, 액슬 토크 아비트레이션 모듈(204)로부터의 예측되는 토크 요청(257)과 중간 토크 요청(258)은 엔진 액추에이터를 제어하는데 이용되기 전에 ECM(114)의 다른 모듈에 의해 선택적으로 조절될 수 있다.

[0060] 일반적인 조건에서, 중간 토크 요청(258)은 현재의 소정의 액슬 토크량일 수 있는 한편, 예측되는 토크 요청(257)은 촉박하게 요구될 수 있는 액슬 토크량일 수 있다. ECM(114)은 중간 토크 요청(258)과 동일한 액슬 토크를 생성하도록 엔진 시스템(100)을 제어한다. 그러나, 목표값의 상이한 조합이 동일한 액슬 토크를 초래할 수 있다. 따라서, ECM(114)은 예측되는 토크 요청(257)에 대한 보다 신속한 전이가 가능하도록 목표값을 조절하는 한편, 액슬 토크를 중간 토크 요청(258)에 유지할 수 있다.

[0061] 각종 실시에서, 예측되는 토크 요청(257)은 운전자 토크 요청(254)에 근거하여 설정될 수 있다. 중간 토크 요청(258)은 몇 가지의 환경 하에서, 예컨대 운전자 토크 요청(254)이 빙판 상에서 휠 슬립을 야기하고 있는 경우에 예측되는 토크 요청(257)보다 낮게 설정될 수 있다. 이러한 경우, 트랙션 제어 시스템(미도시)은 중간 토크 요청(258)을 거쳐 감속을 요청할 수 있고, ECM(114)은 중간 토크 요청(258)으로 엔진 토크 출력을 감소시킨다. 그러나, ECM(114)은 감속을 수행하므로, 엔진 시스템(100)은 신속하게 재개하여 일단 휠 슬립이 중지되면 예측되는 토크 요청(257)을 생성한다.

[0062] 일반적인 조건에서, 중간 토크 요청(258)과 (일반적으로 보다 높은) 예측되는 토크 요청(257) 사이의 차는 토크 리저브(torque reserve)로 지칭될 수 있다. 토크 리저브는 엔진 시스템(100)이 최소한의 지체로 생성하기 시작할 수 있는 (중간 토크 요청(258) 위의) 추가적인 토크량을 나타낼 수 있다. 빠른 엔진 액추에이터는 최소한의 지체로 현재의 액슬 토크를 증가 또는 감소시키는데 이용된다. 빠른 엔진 액추에이터는 느린 엔진 액추에이터와는 대조적으로 정의된다.

[0063] 일반적인 조건에서, 빠른 엔진 액추에이터는 느린 엔진 액추에이터보다 신속하게 액슬 토크를 변경할 수 있다. 느린 액추에이터는 빠른 액추에이터에서보다 해당하는 목표값에서의 변화에 더욱 느리게 응답할 수 있다. 예를 들면, 느린 액추에이터는 목표값의 변화에 응답하여 하나의 위치로부터 다른 위치로 이동하는 시간을 요구하는 기계식 구성요소를 구비할 수 있다. 또한, 느린 액추에이터는, 일단 느린 액추에이터가 변경된 목표값을 실시하기 시작하면 액슬 토크가 변화하기 시작하는 시간량을 특징으로 할 수 있다. 일반적으로, 이러한 시간량은 빠른 액추에이터를 위한 것보다 느린 액추에이터를 위해 더욱 길 것이다. 더욱이, 변화가 시작된 후에도, 액슬 토크는 느린 액추에이터에서의 변화에 충분히 응답하도록 더욱 길게 취할 수 있다.

[0064] 예로서, 스파크 액추에이터 모듈(126)은 빠른 액추에이터일 수 있다. 불꽃 점화 엔진은 스파크를 인가함으로써, 예컨대 가솔린 및 에탄올을 포함하는 연료를 연소시킬 수 있다. 그와는 반대로, 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 느린 액추에이터일 수 있다.

[0065] 예를 들면, 상술한 바와 같이, 스파크 액추에이터 모듈(126)은 최종 발화 이벤트와 다음의 발화 이벤트 사이에서 스파크 타이밍이 변경될 때 다음의 발화 이벤트를 위해 스파크 타이밍을 변경할 수 있다. 그와는 반대로, 스로틀 개방의 변경은 엔진 출력 토크에 영향을 미치도록 더욱 길게 취한다. 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 스로틀 밸브(112)의 블레이드의 각도를 조절함으로써 스로틀 개방을 변경한다. 따라서, 스로틀 밸브(112)의 개방을 위한 목표값이 변경되면, 스로틀 밸브(112)가 그 변화에 응답하여 그 전 위치로부터 새로운 위치로 이동함에 따라 기계적 지체가 있다. 더욱이, 스로틀 개방에 근거한 공기 흐름 변화는 흡기 매니폴드(110) 내의 공기 반송 지체를 받는다. 또한, 흡기 매니폴드(110) 내의 증가된 공기 흐름은 실린더(118)가 다음의 흡기 스트로크 내에서 추가적인 공기를 수용하고, 그 추가적인 공기를 압축하며, 연소 스트로크를 개시할 때까지 엔진 출력 토크의 증대로서 구현되지 않는다.

- [0066] 일례로서 이러한 액추에이터를 이용하면, 엔진(102)이 예측되는 토크 요청(257)을 생성하게 하는 값으로 스로틀 개방을 설정함으로써 토크 리저브가 형성될 수 있다. 한편, 스파크 타이밍은 예측되는 토크 요청(257)보다 낮은 중간 토크 요청(258)에 근거하여 설정될 수 있다. 스로틀 개방이 예측되는 토크 요청(257)을 생성하도록 엔진(102)을 위해 충분한 공기 흐름을 발생시키지만, 스파크 타이밍은 중간 토크 요청(258)에 근거하여 지체되고 (토크를 감소시킨다). 따라서, 엔진 출력 토크는 중간 토크 요청(258)과 동일할 것이다.
- [0067] 추가적인 토크가 요구되면, 스파크 타이밍은 예측되는 토크 요청(257), 또는 예측되는 토크 요청(257)과 중간 토크 요청(258) 사이의 토크에 근거하여 설정될 수 있다. 이후의 발화 이벤트에 의해, 스파크 액추에이터 모듈(126)은 스파크 타이밍을 최적값으로 복귀시켜서, 엔진(102)이 이미 존재하는 공기 흐름으로 성취가능한 충분한 엔진 출력 토크를 생성하게 한다. 따라서, 엔진 출력 토크는 스로틀 개방을 변경하는 것으로부터 지체를 받지 않고서, 예측되는 토크 요청(257)으로 신속하게 증가될 수 있다.
- [0068] 액슬 토크 아비트레이션 모듈(204)은 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)로 예측되는 토크 요청(257)과 중간 토크 요청(258)을 출력할 수 있다. 각종 실시에서, 액슬 토크 아비트레이션 모듈(204)은 하이브리드 최적화 모듈(208)로 예측되는 토크 요청(257)과 중간 토크 요청(258)을 출력할 수 있다.
- [0069] 하이브리드 최적화 모듈(208)은 얼마나 많은 토크가 엔진(102)에 의해 생성되어야 하는지 그리고 얼마나 많은 토크가 전기 모터(198)에 의해 생성되어야 하는지를 결정할 수 있다. 그 다음, 하이브리드 최적화 모듈(208)은 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)로 변경된 예측되는 토크 요청(259)과 중간 토크 요청(260)을 각각을 출력한다. 각종 실시에서, 하이브리드 최적화 모듈(208)은 하이브리드 제어 모듈(196) 내에서 실시될 수 있다.
- [0070] 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)에 의해 수신된 예측되는 토크 요청과 중간 토크 요청은 액슬 토크 도메인(휠에서의 토크)으로부터 추진 토크 도메인(크랭크샤프트에서의 토크)로 변환된다. 이러한 변환은 하이브리드 최적화 모듈(208) 전, 그 후, 그의 일부로서 또는 그 대신에 발생할 수 있다.
- [0071] 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)은 추진 토크 요청(290)들 사이에서 중재(arbitrate)하여, 변환된 예측되는 토크 요청과 중간 토크 요청을 구비한다. 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)은 중재된 예측되는 토크 요청(261)과 중재된 중간 토크 요청(262)을 발생시킨다. 중재된 예측되는 토크 요청(261)과 중재된 중간 토크 요청(262)은 수신된 토크 요청으로부터 위닝 요청(winning request)을 선택함으로써 발생될 수 있다. 변형적으로 또는 추가적으로, 중재된 토크 요청은 수신된 토크 요청의 또 다른 하나 이상에 근거하여 수신된 요청 중 하나를 변경함으로써 발생될 수 있다.
- [0072] 예를 들면, 추진 토크 요청(290)은 엔진 과속 보호를 위한 토크 감소, 스톨 방지(stall prevention)를 위한 토크 증대, 및 기어 시프트를 수용하는 트랜스미션 제어 모듈(194)에 의해 요청된 토크 감소를 구비할 수 있다. 또한, 추진 토크 요청(290)은 클러치 연료 컷오프로부터 초래하여, 엔진 속도의 플래어(flare)(급속한 상승)를 방지하도록 수동 트랜스미션 차량 내의 클러치 페달을 운전자가 누를 때 엔진 출력 토크를 감소시킨다.
- [0073] 추진 토크 요청(290)은 엔진 셧오프 요청(engine shutoff request)을 구비할 수 있어서, 치명적인 결함이 검출될 때 개시될 수 있다. 예로서, 치명적인 결함은 차량 절도, 고장 난 스타터 모터, 전자식 스로틀 제어 문제점 및 예상치 못한 토크 증가에 대한 검출을 포함할 수 있다. 각종 실시에서, 엔진 셧오프 요청이 존재하면, 아비트레이션은 위닝 요청으로서 엔진 셧오프 요청을 선택한다. 엔진 셧오프 요청이 존재하면, 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)은 중재된 예측되는 토크 요청(261)과 중재된 중간 토크 요청(262)으로서 0(zero)를 출력할 수 있다.

- [0074] 각종 실시에서, 엔진 셧오프 요청은 아비트레이션 공정과는 별개로 엔진(102)을 단순히 셧다운시킬 수 있다. 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)은 엔진 셧오프 요청을 수신할 수 있어서, 예컨대 적절한 데이터가 다른 토크 요청자에게 다시 공급될 수 있다. 예를 들면, 다른 모든 토크 요청자가 로스트 아비트레이션(lost arbitration)을 갖는 것으로 알려질 수 있다.
- [0075] 리저브/부하 모듈(220)은 중재된 예측되는 토크 요청(261)과 중재된 중간 토크 요청(262)을 수신한다. 리저브/부하 모듈(220)은 토크 리저브를 형성하고 그리고/또는 하나 이상의 부하를 보상하도록 중재된 예측되는 토크 요청(261)과 중재된 중간 토크 요청(262)을 조절할 수 있다. 그 다음, 리저브/부하 모듈(220)은 토크 요청 모듈(224)에 조절된 예측되는 토크 요청(263)과 중재된 중간 토크 요청(264)을 출력한다.
- [0076] 예로서, 촉매 라이트-오프 공정 또는 냉간 시동 배출물 감소 공정은 지체된 스파크 타이밍을 요구할 수 있다. 따라서, 리저브/부하 모듈(220)은 냉간 시동 배출물 감소 공정을 위해 지체된 스파크를 형성하도록 조절된 중간 토크 요청(264) 위로 조절된 예측되는 토크 요청(263)을 증가시킬 수 있다. 또 다른 예에서, 엔진의 공연비 및/또는 공기 질량 흐름은, 예컨대 진단식 인트루시브 당량비 테스트(diagnostic intrusive equivalence ratio testing) 및/또는 새로운 엔진 퍼징(new engine purging)에 의해 직접 변경될 수 있다. 이러한 공정을 시작하기 전에, 토크 리저브는 이러한 공정 동안에 공기/연료 혼합물에 기대는 엔진 출력 토크의 감소를 신속하게 오프셋하도록 형성되거나 또는 증가될 수 있다.
- [0077] 또한, 리저브/부하 모듈(220)은 미래 부하, 예컨대 파워 스티어링 펌프 작동 또는 공기 조화(A/C) 압축기 클러치의 결합을 예측하고 토크 리저브를 형성하거나 또는 증가시킬 수 있다. A/C 압축기 클러치의 결합을 위한 리저브는 운전자가 공기 조화를 최초 요청할 때 형성될 수 있다. 리저브/부하 모듈(220)은 조절된 예측되는 토크 요청(263)을 증가시키는 한편, 토크 리저브를 생성하도록 조절된 중간 토크 요청(264)을 바뀌지 않은 채로 둘 수 있다. 그 다음, A/C 압축기 클러치가 결합되면, 리저브/부하 모듈(220)은 A/C 압축기 클러치의 추정된 부하에 의해 조절된 중간 토크 요청(264)을 증가시킬 수 있다.
- [0078] 토크 요청 모듈(224)은, 조절된 예측되는 토크 요청(263)과 중간 토크 요청(264)을 수신한다. 토크 요청 모듈(224)은 조절된 예측되는 토크 요청(263)과 중간 토크 요청(264)이 어떻게 성취될 것인지를 결정한다. 토크 요청 모듈(224)은 엔진 타입에 특정될 수 있다. 예를 들면, 토크 요청 모듈(224)은 상이하게 실시되거나 또는 불꽃 점화 엔진 대 압축 착화 엔진을 위한 상이한 제어 스킴(control schemes)을 이용할 수 있다.
- [0079] 각종 실시에서, 토크 요청 모듈(224)은 엔진 타입에 특정되는 모든 엔진 타입 및 모듈에 걸쳐 공통인 모듈들 사이에 경계부를 형성할 수 있다. 예를 들면, 엔진 타입은 불꽃 점화 및 압축 착화를 포함할 수 있다. 추진 토크 아비트레이션 모듈(206)과 같은 토크 요청 모듈(224) 이전의 모듈은 엔진 타입에 걸쳐 공통될 수 있는 한편, 토크 요청 모듈(224) 및 그 후속하는 모듈은 엔진 타입에 특정될 수 있다.
- [0080] 토크 요청 모듈(224)은 조절된 예측되는 토크 요청(263)과 중간 토크 요청(264)에 근거하여 공기 토크 요청(265)을 결정한다. 공기 토크 요청(265)은 브레이크 토크일 수 있다. 브레이크 토크는 현재의 작동 조건 하에서 크랭크샤프트에서의 토크를 지칭할 수 있다.
- [0081] 엔진 액추에이터를 제어하는 공기류를 위한 목표값은 공기 토크 요청(25)에 근거하여 결정된다. 보다 상세하게, 공기 토크 요청(25)에 근거하여, 공기 제어 모듈(228)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266), 목표의 스로틀 개방 영역(267), 목표의 EGR 개방 영역(268), 목표의 흡기 캠 페이저 각도(269) 및 목표의 배기 캠 페이저 각도(270)를 결정한다. 공기 제어 모듈(228)은, 후속하는 바와 같이, 모델 예측 제어를 이용하여, 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266), 목표의 스로틀 개방 영역(267), 목표의 EGR 개방 영역(268), 목표의 흡기

캠 페이지 각도(269) 및 목표의 배기 캠 페이지 각도(270)를 결정한다.

- [0082] 부스트 액추에이터 모듈(164)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 성취하도록 웨이스트게이트(162)를 제어한다. 예를 들면, 제1 변환 모듈(272)은 웨이스트게이트(162)에 적용되도록 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 목표의 듀티 사이클(274)로 변환할 수 있고, 부스트 액추에이터 모듈(164)은 목표의 듀티 사이클(274)에 근거하여 웨이스트게이트(162)에 신호를 인가할 수 있다. 각종 실시에서, 제1 변환 모듈(272)은 목표의 웨이스트 개방 영역(266)을 목표의 웨이스트게이트 위치(미도시)로 변환하고, 목표의 웨이스트게이트 위치를 목표의 듀티 사이클(274)로 변환할 수 있다.
- [0083] 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 성취하도록 스로틀 밸브(112)를 제어한다. 예를 들면, 제2 변환 모듈(276)은 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 스로틀 밸브(112)에 적용되는 목표의 듀티 사이클(278)로 변환할 수 있고, 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 목표의 듀티 사이클(278)에 근거하여 스로틀 밸브(112)에 신호를 인가할 수 있다. 각종 실시에서, 제2 변환 모듈(276)은 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 목표의 스로틀 위치(미도시)로 변환하고, 목표의 스로틀 위치를 목표의 듀티 사이클(278)로 변환할 수 있다.
- [0084] EGR 액추에이터 모듈(172)은 목표의 EGR 개방 영역(268)을 성취하도록 EGR 밸브(170)를 제어한다. 예를 들면, 제3 변환 모듈(280)은 EGR 밸브(170)에 적용되도록 목표의 EGR 개방 영역(268)을 목표의 듀티 사이클(282)로 변환할 수 있고, EFR 액추에이터 모듈(172)은 목표의 듀티 사이클(282)에 근거하여 EGR 밸브(170)에 신호를 인가할 수 있다. 각종 실시에서, 제3 변환 모듈(280)은 EGR 개방 영역(268)을 목표의 EGR 위치(미도시)로 변환하고, 목표의 EGR 위치를 목표의 듀티 사이클로 변환할 수 있다.
- [0085] 페이지 액추에이터 모듈(158)은 목표의 흡기 캠 페이지 각도(269)를 성취하도록 흡기 캠 페이지(148)를 제어한다. 또한, 페이지 액추에이터 모듈(158)은 목표의 배기 캠 페이지 각도(270)를 성취하도록 배기 캠 페이지(150)를 제어한다. 각종 실시에서, 제4 변환 모듈(미도시)이 구비될 수 있고, 목표의 흡기 및 배기 캠 페이지 각도를 목표의 흡기 및 배기 듀티 사이클로 각각 변환할 수 있다. 페이지 액추에이터 모듈(158)은 목표의 흡기 및 배기 듀티 사이클을 흡기 및 배기 캠 페이지(148, 150)에 각각 인가할 수 있다.
- [0086] 또한, 토크 요청 모듈(224)은, 예측되는 토크 요청(263)과 중간 토크 요청(264)에 근거하여, 스파크 토크 요청(283), 실린더 셋-오프 토크 요청(284) 및 연료 토크 요청(285)을 발생시킬 수도 있다. 스파크 제어 모듈(232)은 스파크 토크 요청(283)에 근거하여 최적의 스파크 타이밍으로부터 (엔진 출력 토크를 감소시키는) 스파크 타이밍을 얼마나 많이 지체하는지를 결정할 수 있다. 예로서, 목표의 스파크 타이밍(286)을 위해 해결하도록 토크 관계가 역전될 수 있다. 소정의 토크 요청(T_{Req})에 대해, 목표의 스파크 타이밍(S_T)(286)은 하기의 수학적 (1)에 근거하여 결정될 수 있다.
- [0087] (1) $S_T = f^{-1}(T_{Req}, APC, I, E, AF, OT, \#)$.
- [0088] 이러한 관계는 방정식(equation) 및/또는 순람표(lookup table)로서 실시될 수 있다. 공연비(AF)는 연료 제어 모듈(240)에 의해 보고되는 바와 같이 실제의 공연비일 수 있다.
- [0089] 스파크 타이밍이 최적의 스파크 타이밍이 되도록 설정되면, 그 결과적인 토크는 가능한 한 최대의 최상 토크(maximum best torque: MBT)에 근접하게 될 수 있다. MBT는 스파크 타이밍이 전진됨에 따라 소정의 공기 흐름을 위해 발생하는 최대의 엔진 출력 토크를 지칭하는 한편, 사전결정된 옥탄가보다 높은 옥탄가를 가지며 화학양론적 연료 보급을 이용하는 연료를 이용한다. 최대의 토크를 발생시키는 스파크 타이밍은 MBT 스파크 타이밍으로 지칭된다. 최적의 스파크 타이밍은, 예컨대 연료 품질(예컨대, 낮은 옥탄 연료를 이용하는 경우)와, 주위 습도 및 온도와 같은 환경 요인으로 인해 MBT 스파크 타이밍과 약간 상이할 수 있다. 따라서, 최적의 스파크

타이밍에서의 엔진 출력 토크는 MBT보다 낮을 수 있다. 예로서, 상이한 엔진 작동 조건에 상응하는 최적의 스파크 타이밍의 표는 차량 설계의 캘리브레이션 페이스(calibration phase) 동안에 결정될 수 있고, 최적값은 현재의 엔진 작동 조건에 근거하여 표로부터 결정된다.

[0090] 실린더 셋-오프 토크 요청(284)은 비작동되는 실린더의 목표 개수(287)를 결정하도록 실린더 제어 모듈(236)에 의해 이용될 수 있다. 각종 실시에서, 작동하는 실린더의 목표 개수가 이용될 수 있다. 실린더 액추에이터 모듈(120)은 목표 개수(287)에 근거하여 실린더의 밸브를 선택적으로 작동 및 비작동시킨다.

[0091] 실린더 제어 모듈(236)은 연료 제어 모듈(240)에 정지하도록 지시하여 비작동되는 실린더에 연료를 제공하고, 스파크 제어 모듈(232)에 정지하도록 지시하여 비작동되는 실린더에 스파크를 제공할 수 있다. 스파크 제어 모듈(232)은, 일단 실린더에 이미 제공된 연료/공기 혼합물이 연소되었다면 실린더에 스파크를 제공하도록 정지할 수 있다.

[0092] 연료 제어 모듈(240)은 연료 토크 요청(285)에 근거하여 각각의 실린더에 제공된 연료량을 변경할 수 있다. 보다 상세하게, 연료 제어 모듈(240)은 연료 토크 요청(285)에 근거하여 목표의 연료 보급 매개변수(288)를 발생시킬 수 있다. 목표의 연료 보급 매개변수(288)는, 예컨대 목표의 연료 질량, 목표의 분사 시작 타이밍 및 연료 분사의 목표 수를 포함할 수 있다.

[0093] 통상적인 작동 동안에, 연료 제어 모듈(240)은 공기 흐름에 근거하여 연료 보급을 제어함으로써 연료 제어 모듈(240)이 화학양론적 공연비를 유지하도록 시도하는 공기 안내 모드에서 작동할 수 있다. 예를 들면, 연료 제어 모듈(240)은 실린더당 공기 질량(APC)과 조합될 때 화학양론적 연소를 산출하는 목표의 연료 질량을 결정할 수 있다.

[0094] 도 3은 공기 제어 모듈(228)의 예시적인 실시에 대한 기능적 블록 다이어그램이다. 도 2 및 3을 참조하면, 상술한 바와 같이, 공기 토크 요청(265)이 브레이크 토크일 수 있다. 토크 변환 모듈(304)은 브레이크 토크로부터의 공기 토크 요청(265)을 베이스 토크로 변환한다. 베이스 토크로 변환된 토크 요청은 베이스 공기 토크 요청(308)으로 지칭될 것이다.

[0095] 베이스 토크는 동력계(dynamometer) 상의 엔진(102)의 작동 동안에 이루어진 크랭크샤프트에서의 토크로 지칭되는 한편, 엔진(102)이 예열되고, 예컨대 교류 발전기 및 A/C 압축기와 같은 부속품에 의해 엔진(102) 상에 토크 부하가 부과되지 않는다. 토크 변환 모듈(304)은, 예컨대 베이스 토크를 브레이크 토크에 관련시킨 매핑 또는 기능을 이용하여, 공기 토크 요청(265)을 베이스 공기 토크 요청(308)으로 변환할 수 있다.

[0096] 각종 실시에서, 토크 변환 모듈(304)은 공기 토크 요청(265)을, 설정값 모듈(312)에 의해 이용하기 적합한 또 다른 타입의 토크, 예컨대 지시된 토크로 변환할 수 있다. 지시된 토크는 실린더 내의 연소를 거쳐 생성된 작업에 기여가능한 크랭크샤프트에서의 토크로 지칭될 수 있다.

[0097] 설정값 모듈(312)은, 현재의 엔진 속도(316)에서 베이스 공기 토크 요청(308)을 성취하도록 스로틀 밸브(112), EGR 밸브(170), 웨이스트게이트(162), 흡기 캠 페이지(148) 및 배기 캠 페이지(150)를 제어하기 위한 설정값을 발생시킨다. 설정값은 엔진 공기 및 배출물 설정값으로 지칭될 수 있다. 엔진 속도(316)는, 예컨대 크랭크샤프트 위치 센서(180)를 이용하여 측정된 크랭크샤프트 위치에 근거하여 결정될 수 있다.

[0098] 예를 들면, 설정값 모듈(312)은 매니폴드 압력(예컨대, MAP) 설정값(318), 실린더당 공기 질량(APC) 설정값

(320), 외부 딜루션 설정값(324), 잔여 딜루션 설정값(328), 및 유효 압축비 설정값(332)을 발생시킬 수 있다. 설정값 모듈(312)은 설정값에 베이스 공기 토크 요청(308) 및 엔진 속도(316)를 관련시킨 하나 이상의 기능 또는 매핑을 이용하여, 매니폴드 압력 설정값(318), APC 설정값(320), 외부 딜루션 설정값(324), 잔여 딜루션 설정값(328), 및 유효 압축비 설정값(332)을 발생시킬 수 있다. 또한, 설정값 모듈(312)은 베이스 공기 토크 요청(308) 및 엔진 속도(316)에 근거하여 하나 이상의 다른 설정값을 발생시킬 수도 있다.

[0099] 매니폴드 압력 설정값(318)은 흡기 매니폴드(110) 내의 목표 압력을 지칭할 수 있다. APC 설정값(320)은 연소 이벤트를 위해 실린더 내로 유도된 공기의 목표 질량을 지칭할 수 있다. 또한, 유효 압축비는 동적 압축비로 지칭될 수 있다.

[0100] 딜루션은 연소 이벤트를 위해 실린더 내에 가둬진 이전 연소 이벤트로부터의 배기물의 양을 지칭할 수 있다. 외부 딜루션은 EGR 밸브(170)를 거쳐 연소 이벤트를 위해 제공된 배기물을 지칭할 수 있다. 내부 딜루션은 실린더 내에 남아 있는 배기물 및/또는 연소 사이클의 배기 스트로크 후에 실린더 내로 다시 푸시된 배기물을 지칭할 수 있다. 외부 딜루션 설정값(324)은 외부 딜루션의 목표량을 지칭할 수 있다. 내부 딜루션 설정값(328)은 내부 딜루션의 목표량을 지칭할 수 있다.

[0101] 설정값 모듈(312)은 소정의 연소 페이징(336) 및 실린더 모드(340)에 근거하여 설정값(318-332) 중 하나 이상을 발생시킬 수 있다. 실린더 모드(340)는, 예컨대 비작동(또는 작동)되는 실린더의 수 및/또는 하나 이상의 실린더(예컨대, 반부 또는 또 다른 일부)가 비작동되는 위치에서의 엔진(102)의 작동 모드를 지칭할 수 있다.

[0102] 하나 이상의 실린더가 비작동되면, 작동되는 각각의 실린더는 베이스 공기 토크 요청(308)을 성취하기 위해 보다 많은 토크량을 생성하는데 책임을 진다. 따라서, 설정값 모듈(312)은 실린더 모드(340)에 근거하여 설정값(318-332) 중 하나 이상을 조절할 수 있다. 예를 들면, 설정값 모듈(312)은 실린더 모드(340)에 근거하여 APC 설정값(320)을 증가시킬 수 있다. 설정값 모듈(312)은 실린더 모드(340)에 근거하여 다른 설정값(318-332) 중 하나 이상을 추가적으로 또는 변형적으로 조절할 수 있다.

[0103] 연소 페이징은 분사된 연료의 사전결정된 양의 연소를 위해 사전결정된 크랭크샤프트 위치에 관하여 실린더 내에서 분사된 연료의 사전결정된 양이 연소되는 위치인 크랭크샤프트 위치를 지칭할 수 있다. 예를 들면, 연소 페이징은 사전결정된 CA50에 관하여 CA50의 건지에서 표현될 수 있다. CA50은 분사된 연료의 질량 중 50%가 실린더 내에서 연소된 위치인 크랭크샤프트 위치(또는 각도, CA)로 지칭할 수 있다. 사전결정된 CA50은 최대의 작업량이 분사된 연료로부터 생성되는 위치인 CA50에 대응할 수 있고, TDC 후에 대략 8.4도 - 대략 10도일 수 있다.

[0104] 연소 페이징 모듈(344)(도 2)은 소정의 연소 페이징(336)을 대체로 설정하여 CA50이 사전결정된 CA50에서 발생할 수 있다. 달리 말하면, 연소 페이징 모듈(344)은 소정의 연소 페이징(336)을 대체로 설정하여 0(zero)의 연소 페이징이 최대 작업 및 그에 따라 최대의 연료 효율을 성취하도록 발생할 수 있다. 그러나, 연소 페이징 모듈(344)은 몇 가지의 분위기 하에서 소정의 연소 페이징(336)을 선택적으로 조절할 수 있다.

[0105] 예를 들면, 연소 페이징 모듈(344)은 소정의 연소 페이징을 설정하여, 노크(knock)가 검출될 때 CA50이 사전결정된 CA50 후에 발생할 수 있다. 예컨대, 하나 이상의 노크 센서를 이용하여 노크가 검출될 수 있다. 추가적으로 또는 변형적으로, 연소 페이징 모듈(344)은 소정의 연소 페이징을 설정하여, 노크를 발생시키게 하는 하나 이상의 조건이 존재할 때 CA50이 사전결정된 CA50 후에 발생할 수 있다. 예를 들면, 차량의 연료 탱크 내의 연료량이 사전결정된 양보다 낮을 때 노크가 발생할 수 있고 그리고/또는 주위 온도는 사전결정된 온도보다 높고, 주위 습도는 사전결정된 값보다 낮다.

- [0106] CA50가 사전결정된 CA50 후에 발생하도록 연소가 지체되면, 실린더 내의 공기류는 베이스 공기 토크 요청(308)을 성취하도록 증대되어야 한다. 따라서, 설정값 모듈(312)은 소정의 연소 페이징(336)에 근거하여 설정값(318-332) 중 하나 이상을 조절할 수 있다. 예를 들면, 설정값 모듈(312)은 사전결정된 CA50 후인 CA50를 제공하도록 소정의 연소 페이징(336)이 지체되면 APC 설정값(320)을 증대시킬 수 있다.
- [0107] 또한, 설정값 모듈(312)은 하나 이상의 설정값 제약조건(348)에 근거하여 설정값(318-332)을 발생시킨다. 제약조건 설정 모듈(352)은 설정값(318-332)을 위한 설정값 제약조건(348)을 사전결정된 수용가능한 범위로 각각 설정할 수 있다. 설정값 모듈(312)은 설정값 제약조건(348) 내에 유지하도록 설정값(318-332)을 각각 설정한다.
- [0108] 그러나, 제약조건 설정 모듈(352)은 몇 가지의 분위기 하에서 설정값 제약조건을 선택적으로 조절할 수 있다. 예로서, 제약조건 설정 모듈(352)은 딜루션을 디세이블하도록 설정값 제약조건을 설정할 수 있다. 설정값 모듈(312)은 딜루션을 디세이블하는 설정값 제약조건에 응답하여 외부 딜루션 설정값(324)과 잔여 딜루션 설정값(328)을 0(zero)으로 제한할 수 있다.
- [0109] 또한, 설정값 모듈(312)은 설정값의 제한조건에 근거하여 다른 설정값 중 하나 이상을 조절할 수 있다. 예를 들면, 설정값 모듈(312)은 외부 딜루션 설정값(324)과 잔여 딜루션 설정값(328)이 제한될 때 베이스 공기 토크 요청(308)을 성취하기 위해 APC 설정값(320)을 증대시킬 수 있다.
- [0110] 모델 예측 제어(MPC) 모듈(360)은, MPC를 이용하여, 설정값(318-332), 감지된 값(368), 실제의 연소 페이징(372) 및 엔진(102)의 모델(376)에 근거하여, 액추에이터 제약조건(364)을 받는 목표값(266-270)을 발생시킨다. MPC는 설정값(318-332)을 성취하도록 액추에이터 제약조건(364), 감지된 값(368) 및 실제의 연소 페이징(372)을 받는, N 미래 제어 루프 동안에 함께 이용될 수 있는 목표값(266-270)의 가능한 시퀀스를 식별하는 MPC 모듈(360)을 수반한다.
- [0111] 각각의 가능한 시퀀스는 목표값(266-270) 각각을 위한 N값의 하나의 시퀀스를 포함한다. 즉, 각각의 가능한 시퀀스는 목표의 웨이트게이트 개방 영역(266)을 위한 N값의 시퀀스, 목표의 스톱트 개방 영역(267)을 위한 N값의 시퀀스, 목표의 EGR 개방 영역(268)을 위한 N값의 시퀀스, 목표의 흡기 캠 페이저 각도(269)를 위한 N값의 시퀀스 및 목표의 배기 캠 페이저 각도(270)를 위한 N값의 시퀀스를 포함한다. N값 각각은 N 제어 루프 중 대응하는 하나를 위한 것이다.
- [0112] MPC 모듈(360)은, 엔진(102)의 모델(376)을 이용하여, 목표값(266-270)의 식별된 가능한 시퀀스로 엔진(102)의 예측되는 응답을 결정한다. MPC 모듈(360)은 목표값(266-270)의 소정의 가능한 시퀀스에 근거하여 설정값(318-332)에 대응하는 매개변수를 위한 예측을 발생시킨다. 보다 상세하게, 모델(376)을 이용한, 목표값(266-270)의 소정의 가능한 시퀀스에 근거하여, MPC 모듈(360)은, N 제어 루프를 위한 예측된 매니폴드 압력의 시퀀스, N 제어 루프를 위한 예측된 APC의 시퀀스, N 제어 루프를 위한 외부 딜루션의 예측된 양의 시퀀스, N 제어 루프를 위한 잔여 딜루션의 예측된 양의 시퀀스, 및 N 제어 루프를 위한 예측된 압축비의 시퀀스를 발생시킨다. 모델(376)은, 예컨대 엔진(102)의 특성에 근거하여 교정된 기능 또는 매핑될 수 있다.
- [0113] MPC 모듈(360)은, 설정값(318-332)과 예측값 사이의 관계에 근거하여 목표값(266-270)의 가능한 시퀀스 각각을 위한 비용(값)을 결정한다. 예를 들면, MPC 모듈(360)은 예측된 매개변수가 설정값(318-332)에 도달하는 주기 및/또는 예측된 매개변수가 설정값(318-332)을 각각 오버슈트하는 양에 근거하여, 목표값(266-270)의 가능한 시퀀스 각각을 위한 비용을 결정할 수 있다. 예로서, 예측된 매개변수가 설정값에 도달하는 주기가 증가됨에 따라 그리고/또는 예측된 매개변수가 설정값을 각각 오버슈트하는 양이 증가함에 따라 그 비용이 증대될 수 있다.

- [0114] 예측된 매개변수 및 설정값의 각각의 쌍은 예측된 매개변수와 설정값 사이의 관계가 얼마나 많이 비용에 영향을 미치는지에 가중치가 가해질 수 있다. 예를 들면, 예측된 APC와 APC 설정값(320) 사이의 관계는 또 다른 예측된 매개변수와 대응하는 설정값 사이의 관계보다 비용에 더욱 많은 영향을 미치는지에 가중치가 가해질 수 있다.
- [0115] MPC 모듈(360)은 목표값(266-270)의 가능한 시퀀스의 비용에 근거하여 목표값(266-270)의 가능한 시퀀스 중 하나를 선택한다. 예를 들면, MPC 모듈(360)은 최저 비용을 갖는 가능한 시퀀스 중 하나를 선택할 수 있다.
- [0116] 그 다음, MPC 모듈(360)은 목표값(266-270)을 선택된 가능한 시퀀스의 N값 중 제1 값으로 설정할 수 있다. 즉, MPC 모듈(360)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 위한 N값의 스핀스 내의 N값 중 제1 값으로 설정하고, 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 위한 N값의 스핀스 내의 N값 중 제1 값으로 설정하고, 목표의 EGR 개방 영역(268)을 목표의 EGR 개방 영역(268)을 위한 N값의 스핀스 내의 N값 중 제1 값으로 설정하고, 목표의 흡기 캠 페이지 각도(269)를 목표의 흡기 캠 페이지 각도(269)를 위한 N값의 스핀스 내의 N값 중 제1 값으로 설정하고, 목표의 배기 캠 페이지 각도(270)를 목표의 배기 캠 페이지 각도(270)를 위한 N값의 스핀스 내의 N값 중 제1 값으로 설정할 수 있다. 다음의 제어 루프 동안에, MPC 모듈(360)은 가능한 시퀀스를 식별하고, 가능한 시퀀스의 예측된 응답을 발생시키고, 가능한 시퀀스 각각의 비용을 결정하고, 가능한 시퀀스 중 하나를 선택하며, 목표값(266-270)을 선택된 가능한 시퀀스 내의 목표값(266-270)으로 설정한다.
- [0117] 제약조건 설정 모듈(352)은 액추에이터 제약조건(364)을 설정할 수 있다. 일반적으로, 제약조건 설정 모듈(352)은 스로틀 밸브(112), EGR 밸브(170), 웨이스트게이트(162), 흡기 캠 페이지(148) 및 배기 캠 페이지(150)를 위한 액추에이터 제약조건(364)을 사전결정된 수용가능한 범위로 각각 설정할 수 있다. MPC 모듈(360)이 가능한 시퀀스를 식별하여 목표값(266-270)은 액추에이터 제약조건(364) 내에 각각 유지한다.
- [0118] 그러나, 제약조건 설정 모듈(352)은 몇 가지의 분위기 하에서 액추에이터 제약조건을 선택적으로 조절할 수 있다. 예를 들면, 제약조건 설정 모듈(352)은, 그 엔진 액추에이터 내에 결함이 진단될 때 그 엔진 액추에이터를 위한 가능한 목표값의 범위를 좁히도록 소정의 엔진 액추에이터를 위한 액추에이터 제약조건을 조절할 수 있다. 또 다른 예로서, 제약조건 설정 모듈(352)은 소정의 액추에이터를 위한 목표값이 결함 진단, 예컨대 캠 페이지 결함 진단 또는 EGR 진단을 위한 사전결정된 스케줄을 따르도록 액추에이터 제약조건을 조절할 수 있다.
- [0119] 감지된 값(368)은 센서를 이용하여 측정되거나, 또는 하나 이상의 센서를 이용하여 측정된 하나 이상의 값에 근거하여 결정될 수 있다. 실제의 연소 페이징(372)은, 예컨대 사전결정된 CA50에 관한 이전의 사전결정된 주기 동안에 실제의 CA50에 근거하여 결정될 수 있다. 사전결정된 주기 동안에 사전결정된 CA50에 관한 CA50의 지체량은 배기 시스템(134)에 초과 에너지가 입력되었는지를 나타낼 수 있다. 따라서, MPC 모듈(360)은 배기 시스템(134) 내의 초과 에너지를 오프셋하도록 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 증대시킬 수 있다. 달리, 초과 에너지는 터보 과급기의 부스트를 증대시키게 할 수 있다.
- [0120] 도 4는 MPC(model predictive control)를 이용하여 스로틀 밸브(112), 흡기 캠 페이지(148), 배기 캠 페이지(150), 웨이스트게이트(162) 및 EGR 밸브(170)를 제어하는 예시적인 방법을 나타내는 흐름도를 제공한다. 토크 요청 모듈(224)이 조절된 예측된 토크 요청(263)과 중간 토크 요청(264)에 근거하여, 공기 토크 요청(265)을 결정하는 404에 의해 제어를 시작할 수 있다.
- [0121] 408에서, 토크 변환 모듈(304)은 공기 토크 요청(265)을 베이스 공기 토크 요청(308)으로 또는 설정값 모듈

(312)에 의해 이용하기 적합한 또 다른 타입의 토크로 변환할 수 있다. 412에서, 설정값 모듈(312)은 설정값 제약조건(348)을 받는 베이스 공기 토크 요청(308) 및 엔진 속도(316)에 근거하여 설정값(318-332)을 발생시킨다. 설정값 모듈(312)은 실린더 모드(340) 및/또는 소정의 연소 페이징(36)에 근거하여 설정값(318-332)을 발생시킬 수 있다.

[0122] 416에서, MPC 모듈(360)은 MPC를 이용하여 액추에이터 제약조건(364)을 받는 설정값(318-332)에 근거하여 목표값(266-270)을 발생시킨다. 보다 상세하게, 상술한 바와 같이, MPC 모듈(360)은 목표값(266-270)의 가능한 시퀀스를 식별하고, 모델(376)을 이용하여 예측된 응답을 발생시킨다. 또한, MPC 모듈(360)은 예측된 응답에 근거하여 가능한 시퀀스를 위한 비용을 결정하고, 비용에 근거하여 가능한 시퀀스 중 하나를 선택하고, 선택된 가능한 시퀀스 내의 목표값 중 제1 값에 근거하여 목표값(266-270)을 설정한다.

[0123] 420에서, 제1 변환 모듈(272)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 웨이스트게이트(162)에 적용되는 목표의 듀티 사이클(274)로 변환하고, 제2 변환 모듈(276)은 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 스로틀 밸브(112)에 적용되는 목표의 듀티 사이클(278)로 변환한다. 또한, 제3 변환 모듈(280)은 목표의 EGR 개방 영역(268)을 420에서 EGR 밸브(170)에 적용되는 목표의 듀티 사이클(282)로 변환한다. 또한, 제4 변환 모듈은 목표의 흡기 및 배기 캠 페이지 각도(269, 270)를 흡기 및 배기 캠 페이지(148, 150)에 각각 적용되는 목표의 흡기 및 배기 듀티 사이클로 변환할 수 있다.

[0124] 424에서, 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 성취하도록 스로틀 밸브(112)를 제어하고, 페이지 액추에이터 모듈(158)은 목표의 흡기 및 배기 캠 페이지 각도(269, 270)를 각각 성취하도록 흡기 및 배기 캠 페이지(158, 150)를 제어한다. 예를 들면, 스로틀 액추에이터 모듈(116)은 목표의 스로틀 개방 영역(267)을 성취하도록 목표의 듀티 사이클(278)에서 스로틀 밸브(112)에 신호를 인가할 수 있다. 또한, 424에서, EGR 액추에이터 모듈(172)은 목표의 EGR 개방 영역(268)을 성취하도록 EGR 밸브(170)를 제어하고, 부스트 액추에이터 모듈(164)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 성취하도록 웨이스트게이트(162)를 제어한다. 예를 들면, EGR 액추에이터 모듈(172)은 목표의 EGR 개방 영역(268)을 성취하도록 목표의 듀티 사이클(282)에서 EGR 밸브(170)로 신호를 인가할 수 있고, 부스트 액추에이터 모듈(164)은 목표의 웨이스트게이트 개방 영역(266)을 성취하도록 목표의 듀티 사이클(274)에서 웨이스트게이트(162)에 신호를 인가할 수 있다. 도 4에서 424 후의 말기를 도시하지만, 도 4는 하나의 제어 루프를 도시할 수 있고, 제어 루프는 사전결정된 속도로 실행될 수 있다.

[0125] 전술한 기재는 단지 예시이며, 본 개시내용, 적용 또는 용도를 제한할 의도의 것이 아니다. 본 개시내용의 광범위한 교시는 각종 형태로 실시될 수 있다. 따라서, 본 개시내용이 특정 예를 구비하지만, 본 개시내용의 진정한 범위는 제한되지 않아야 하는데, 그 이유는 도면, 명세서 및 청구범위에 대한 다른 수정이 명백할 것이기 때문이다. 본원에 사용된 바와 같이, A, B 및 C 중 적어도 하나의 문구는 비배타적인 논리적 "또는"을 이용하여 논리적(A 또는 B 또는 C)을 의미하도록 의도되어야 한다. 본 개시내용의 원리를 변경하지 않고서 방법에서의 하나 이상의 단계가 상이한 차순(또는 동시에)으로 실행될 수 있다.

[0126] 본 명세서에서, 용어 "모듈"은 용어 "회로"로 대체될 수 있다. 용어 "모듈"은 적용 특정의 집적회로(ASIC); 디지털, 아날로그 또는 혼합형 아날로그/디지털 별개 회로; 디지털, 아날로그 또는 혼합형 아날로그/디지털 집적 회로; 조합형 논리 회로; 필드 프로그램가능한 게이트 어레이(FPGA); 코드를 실행하는 프로세서(공유형, 전용형 또는 그룹); 프로세서에 의해 실행되는 코드를 저장하는 메모리(공유형, 전용형 또는 그룹); 기술한 기능성을 제공하는 다른 적절한 하드웨어 요소; 또는 시스템-온-칩 내의 상술한 모든 또는 일부의 조합을 포함할 있다.

[0127] 상술한 바와 같이, 용어 "코드"는 소프트웨어, 펌웨어 및/또는 마이크로코드를 포함할 수 있고, 프로그램, 루틴, 기능, 클래스 및/또는 대상을 지칭할 수 있다. 용어 "공유형 프로세서"는 다수의 모듈로부터의 일부 또는 모든 코드를 실행하는 단일의 프로세서를 포함한다. 용어 "그룹 프로세서"는 추가적인 프로세서와

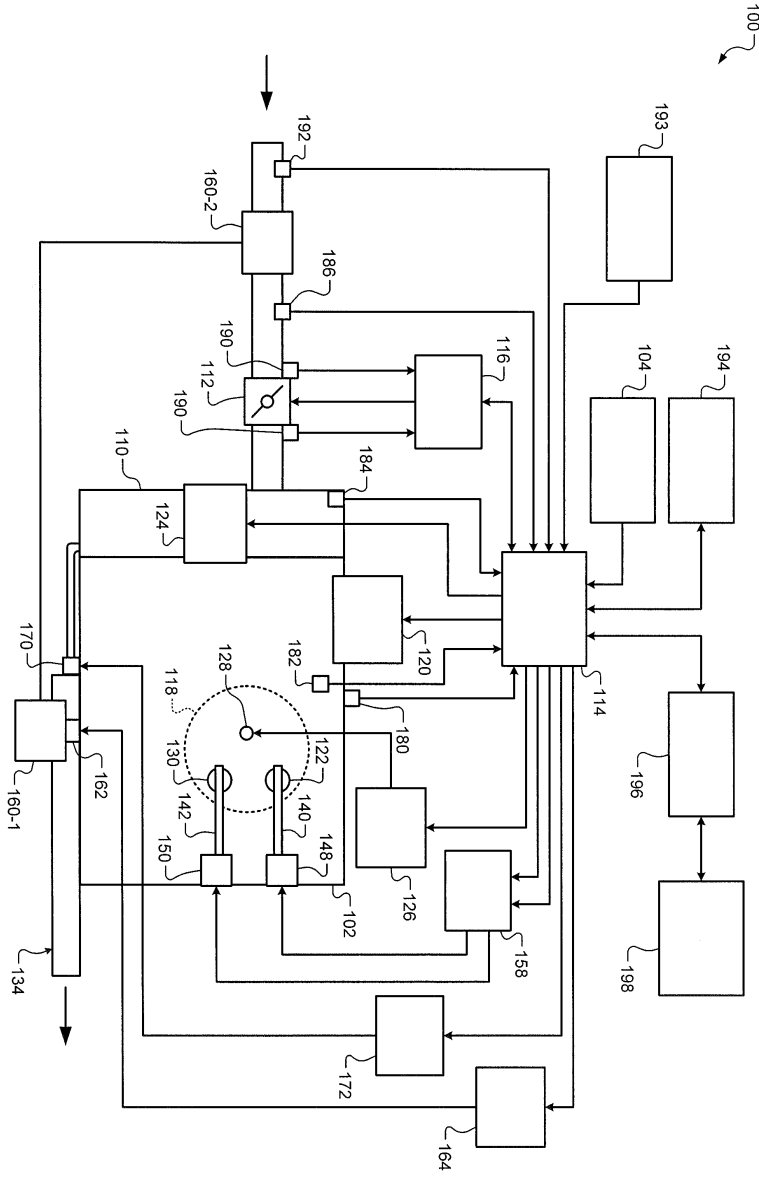
조합하여, 하나 이상의 모듈로부터의 일부 또는 모든 코드를 실행하는 프로세서를 포함한다. 용어 "공유형 메모리"는 다수의 모듈로부터의 일부 또는 모든 코드를 저장하는 단일의 메모리를 포함한다. 용어 "그룹 메모리"는 추가적인 메모리와 조합하여, 하나 이상의 모듈로부터의 일부 또는 모든 코드를 저장하는 메모리를 포함한다. 용어 "메모리"는 용어 "컴퓨터 판독가능한 매체"일 수 있다. 용어 "컴퓨터 판독가능한 매체"는 매체를 통해 전파하는 일시적 전기 및 전자기 신호를 포함하지 않으므로, 실체의 비일시적인 것으로 고려될 수 있다. 비일시적 실체적인 컴퓨터 판독가능한 매체의 비제한적인 예에는, 비휘발성 메모리, 휘발성 메모리, 자기 저장기 및 광학 저장기를 포함한다.

[0128]

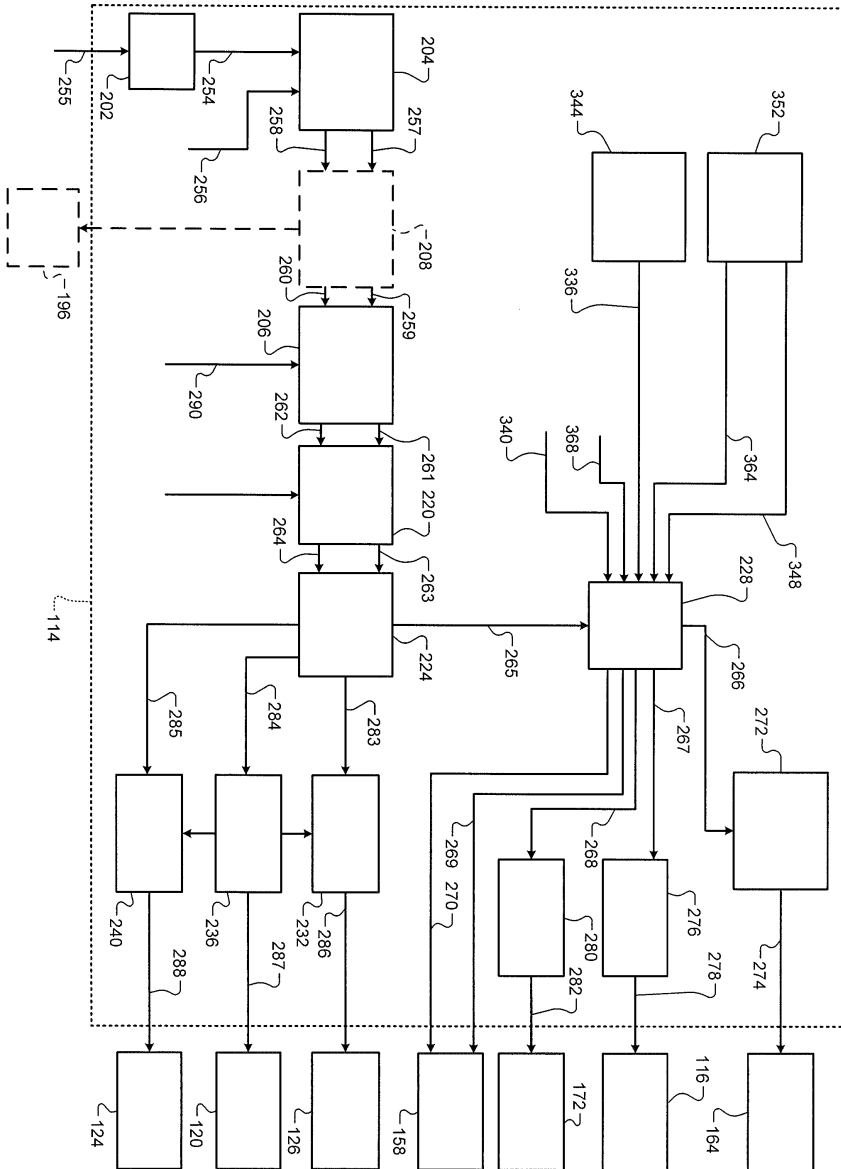
본 명세서에 기술된 장치 및 방법은 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램에 의해 부분적으로 또는 완전히 실시될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 적어도 하나의 비일시적 실체적인 컴퓨터 판독가능한 매체 상에 저장된 프로세서-실행가능한 지시를 포함한다. 컴퓨터 프로그램은 저장된 데이터를 포함하거나 그에 의존할 수 있다.

도면

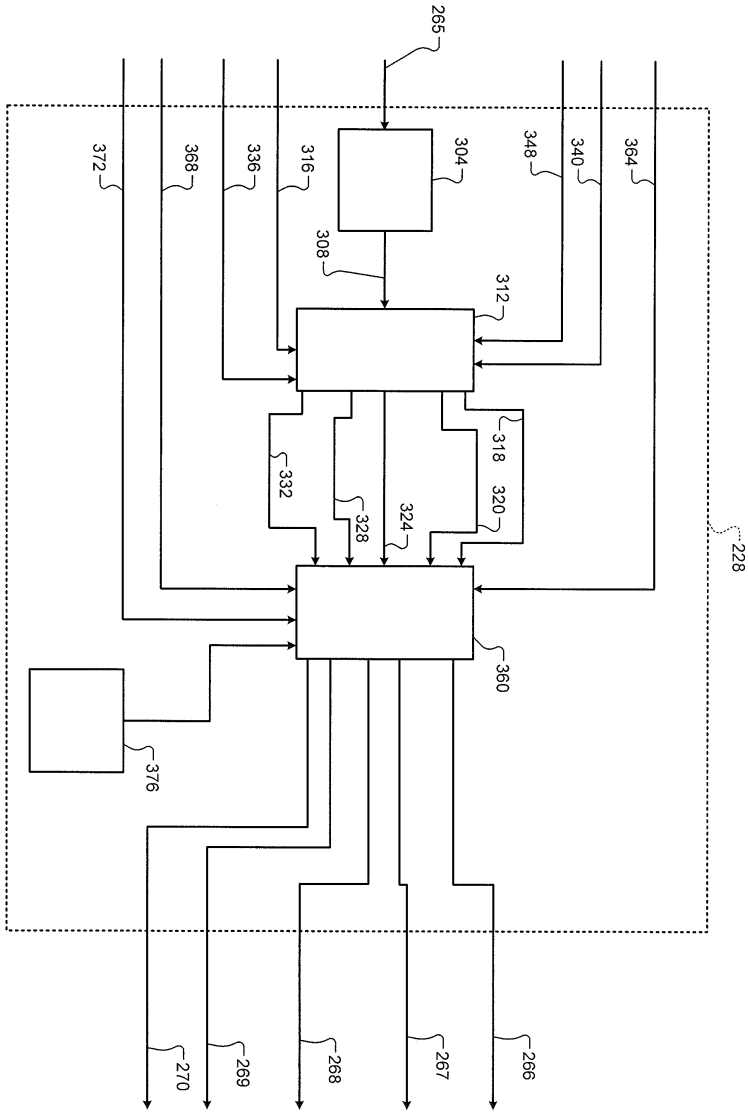
도면1



도면2



도면3



도면4

