

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【참조번호】	0156
【출원구분】	특허출원
【출원인】	
【명칭】	주식회사 브이에어로스페이스
【특허고객번호】	1-2025-059090-2
【대리인】	
【명칭】	특허법인 오킴스
【대리인번호】	9-2019-100041-4
【지정된변리사】	박시형, 이의철, 김종승, 주병국
【발명의 국문명칭】	추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치 및 그 동작 방법
【발명의 영문명칭】	ELECTRONIC DEVICE FOR PROVIDING AUTOMATIC FLIGHT CONTROL IN EVENT OF THRUSTER FAILURE AND OPERATING METHOD THEREOF
【발명자】	
【성명】	유수호
【성명의 영문표기】	YU, Su Ho
【국적】	KR
【주민등록번호】	970928-1XXXXXX
【우편번호】	14999
【주소】	경기도 시흥시 능곡서로 27

【거주국】 KR

【공보의 주소공개】 부분공개

【발명자】

【성명】 조범동

【성명의 영문표기】 CH0, Bum Dong

【국적】 KR

【주민등록번호】 830822-1XXXXXX

【우편번호】 21982

【주소】 인천광역시 연수구 송도과학로27번길 55

【거주국】 KR

【공보의 주소공개】 부분공개

【발명자】

【성명】 정유진

【성명의 영문표기】 JUNG, Yu Jin

【국적】 KR

【주민등록번호】 970818-2XXXXXX

【우편번호】 03781

【주소】 서울특별시 서대문구 연희로 38-20

【거주국】 KR

【공보의 주소공개】 부분공개

【발명자】

【성명】 김준욱

【성명의 영문표기】 KIM, Jun Uk
【국적】 KR
【주민등록번호】 971022-1XXXXXX
【우편번호】 15584
【주소】 경기도 안산시 상록구 용신로 314
【거주국】 KR
【공보의 주소공개】 부분공개
【출원언어】 국어
【심사청구】 청구
【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】
【과제고유번호】 2710093072
【과제번호】 00400712
【부처명】 과학기술정보통신부
【과제관리(전문)기관명】 정보통신기획평가원
【연구사업명】 SW컴퓨팅산업원천기술개발(R&D, 정보화)
【연구과제명】 도심항공교통의 비정상 상황 인지 및 대응을 위한 온보드
기반 지능형 항전SW 플랫폼 기술 개발 및 실증
【과제수행기관명】 주식회사 브이에어로스페이스
【연구기간】 2024.04.01 ~ 2027.12.31
【취지】 위와 같이 지식재산처장에게 제출합니다.

대리인 특허법인 오킴스

(서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 110 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 10 항 676,000 원

【합계】 722,000원

【감면사유】 소기업(70%감면)[1]

【감면후 수수료】 216,600 원

【첨부서류】 1.기타첨부서류[위임장]_1통

1 : 기타첨부서류

[PDF 파일 첨부](#)

【발명의 설명】**【발명의 명칭】**

추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치 및 그 동작 방법{ELECTRONIC DEVICE FOR PROVIDING AUTOMATIC FLIGHT CONTROL IN EVENT OF THRUSTER FAILURE AND OPERATING METHOD THEREOF}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 종래는 추진기 회전수 데이터, 추진기 전류 데이터, 관성 측정 데이터, 및 기체 자세 응답 데이터를 통합하여 분석하지 못하고 개별 센서 데이터 또는 단일 기준 데이터에 의존하여 추진기 고장 상태를 판단하였으므로, 순간적인 센서 변동 데이터와 실제 고장 데이터를 구별하기 어렵고 고장 추진기의 식별이 지연되거나 잘못된 추진기가 고장 추진기로 판단될 수 있었던 문제점이 있었다.

【0003】 종래는 추진기 하나에 고장이 발생한 경우 비행체를 연속적으로 회전시키면서 비행을 유지하는 제어 데이터를 적용하는 방식이 이용될 수 있었으므로, 비행체의 방위 방향 데이터가 유지되지 않고 요 각속도 데이터가 지속적으로 증가하여 비상경로 추종 데이터, 위치 제어 데이터, 및 착륙 제어 데이터의 정확도가 저하될 수 있었으며, 특히 중량 데이터가 큰 비행체에서 구조적 부담 데

이터와 착륙 위험 데이터가 증가했던 문제점이 있었다.

【0004】종래는 추진기의 고장 위치 데이터, 암 인덱스 데이터, 및 동축 위치 데이터와 관계없이 고정된 제어 이득 데이터 또는 대칭 제어 데이터를 적용하였으므로, 고장 위치에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터, 정상 추진기에 대한 출력 재분배 명령 데이터, 및 대각 방향 추진기에 대한 대각 보상 명령 데이터를 적절하게 결정하기 어려웠고, 이에 따라 롤 불균형 데이터, 피치 불균형 데이터, 요 모멘트 불균형 데이터, 고도 저하 데이터, 및 방위 방향 이탈 데이터를 자동으로 보정하기 어려웠던 문제점이 있었다.

【0005】선행특허 1(미국등록특허공보 12,473,076)은 비행 중 하나 이상의 추진기 또는 이펙터에 고장이 발생하여 전체 추진력이 비행체의 공중 상태를 유지하기에 부족해진 경우, 비행체의 주 회전축 방향 데이터와 각속도 데이터를 획득하고, 정상적으로 작동하는 나머지 추진기를 제어하여 비행체가 착륙면에 도달할 때 기 설정된 목표 자세 데이터에 대응하도록 하는 기술을 개시하고 있다. 특히, 착륙면에 먼저 접촉할 비행체 부분의 내충격성 데이터 또는 인체 위해 가능성 데이터에 기반하여 목표 자세 데이터를 선택함으로써 착륙 충격을 완화하도록 구성될 수 있다. 그러나 선행특허 1은 비행 유지가 어려운 고장 상태에서 착륙 시의 기체 자세 데이터 또는 충돌 방향 데이터를 제어하는 데 중점을 두고 있고, 추진기별 회전수 변화 데이터, 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터를 통합하여 고장 추진기와 정상 추진기를 실시간으로 구별하거나, 고장 위치 데이터에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터, 출력 재분배 명령 데이터, 및 대각 보상 명령 데이터를 이용하여 비

행체의 방위 방향을 유지하는 구성은 구체적으로 제시하지 않으므로, 종래는 추진기 고장 이후 비행체의 충돌 자세를 조정할 수는 있더라도 정상 추진기를 이용하여 회전 상태에 진입하지 않도록 자세와 방위 방향을 자동 보정하면서 안전 착륙을 수행하기 어려웠던 문제점이 있었다.

【0006】 선행특허 2(미국등록특허공보 11,591,071)는 비행 중 하나 이상의 추진기 또는 이펙터에 고장이 발생한 경우, 비행체의 주 회전축 방향 데이터와 각 속도 데이터를 산출하고, 정상적으로 작동하는 나머지 추진기가 주 회전축을 따르는 토크 데이터와 주 회전축에 수직인 토크 데이터를 발생하도록 제어하는 기술을 개시하고 있다. 주 회전축을 따르는 토크 데이터는 비행체를 주 회전축 중심으로 회전시키고, 주 회전축에 수직인 토크 데이터는 주 회전축의 방향 데이터가 목표 방향 데이터로 수렴하도록 함으로써, 추진기 고장 이후에도 회전 상태를 이용하여 비행체의 제어 가능 상태를 유지하도록 구성될 수 있다. 그러나 선행특허 2는 추진기 고장 이후 비행체가 주 회전축을 중심으로 지속적으로 회전하는 상태를 전제로 하므로, 비행체의 기수 방향 데이터와 방위 방향 데이터를 일정하게 유지하기 어렵고, 비상경로 추종 데이터, 위치 제어 데이터, 센서 관측 데이터, 및 착륙 제어 데이터의 정확성이 저하될 수 있으며, 고장 추진기의 압 인덱스 데이터와 동축 위치 데이터에 대응하여 정상 추진기의 출력을 개별적으로 재분배하는 구성도 구체화되어 있지 않으므로, 종래는 비행체의 연속 회전을 허용하는 방식으로 고장 비행을 유지하여 방위 방향을 보존한 자동 응급 비행과 정밀한 안전 착륙을 수행하기 어려웠던 문제점이 있었다.

【선행기술문헌】**【특허문헌】**

【0007】 (특허문헌 0001) 미국등록특허공보 제12473076호(2025.11.18)

(특허문헌 0002) 미국등록특허공보 제11591071호(2023.02.28)

【발명의 내용】**【해결하고자 하는 과제】**

【0008】 본 발명은 위와 같은 문제를 해결하기 위한 것으로, 적어도 하나의 비행체로부터 획득된 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 추진기별 예측 토크 데이터 및 고장 판단 데이터를 기반으로 고장 임계 값과 비교하여 추진기의 정상 여부를 실시간으로 판단하고, 고장이 발생한 것으로 판단된 적어도 하나의 추진기에 한하여 정상 구동되는 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 산출하고, 이를 적어도 하나의 비행체에 적용하여 회전 상태에 진입하지 않으면서 방위 방향과 자세를 유지하고 자동 응급 비행 및 안전 착륙을 수행하도록 하기 위한 전자 장치 및 그 동작 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

【과제의 해결 수단】

【0009】 다양한 실시예들에 따르면, 복수의 추진기를 포함하는 비행체의 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치는, 명령어를 저장하

는 메모리 및 상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 적어도 하나의 비행체를 통하여, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득하고, 상기 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터를 결정하고, 관성 측정 데이터에 기반하여 측정 토크 데이터를 결정하며, 상기 예측 토크 데이터와 상기 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 토크 잔차 데이터를 결정할 수 있다. 상기 프로세서는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터 및 상기 토크 잔차 데이터를 각각 정규화한 후 가중 결합하여, 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 포함하는 고장 판단 데이터를 결정할 수 있다.

【0010】 상기 프로세서는 상기 고장 판단 점수 데이터와 제1 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 이상 징후를 판단하고, 이상 징후가 확인된 경우 상기 고장 판단 점수 데이터를 각각의 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값과 비교할 수 있다. 상기 프로세서는 특정 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값을 기 설정된 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 경우, 해당 추진기를 고장 상태인 제1 추진기로 결정할 수 있다.

【0011】 상기 프로세서는 상기 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 정상 상태로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정하고, 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 상기 적어도 하나의 비행체에 적용하도록 설정된다.

【0012】 또 다른 다양한 실시예들에 따르면, 전자 장치의 프로세서에 의해

수행되는 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 구동하는 방법에 있어서, 상기 방법은, 적어도 하나의 비행체를 통하여, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득하는 단계; 프로세서를 통하여, 상기 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터 및 고장 판단 데이터를 결정하는 단계; 상기 프로세서를 통하여, 상기 고장 판단 점수 데이터와 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 추진기의 고장 여부를 판별하는 단계; 상기 프로세서를 통하여, 상기 적어도 하나의 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 정상 상태로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정하는 단계; 및 상기 프로세서를 통하여, 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 상기 적어도 하나의 비행체에 적용하도록 설정되는 단계; 를 포함한다.

【발명의 효과】

【0013】 본 실시예에 따른 전자 장치는, 적어도 하나의 비행체로부터 기체 자세 응답 데이터, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 관성 측정 데이터를 실시간으로 획득할 수 있고, 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 추진기별 예측 토크 데이터 및 고장 판단 데이터를 결정할 수 있으며, 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터 사이의 토크 잔차 데이터에 기반하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 산출할 수 있고, 고장 판단 점수 데이터와 제1 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 전체 추진기 중 적어도 하나에 이상 징후가 존재하는지 여부를 우선 판단한 후, 이상 징후가 확

인된 경우 각 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값 및 요구 연속 샘플 수를 이용하여 고장 상태인 적어도 하나의 제1 추진기와 정상 상태인 적어도 하나의 제2 추진기를 구별함으로써, 일시적인 부하 변화 데이터 또는 센서 변동 데이터에 의한 오판을 제한하면서 추진기 고장 상태를 신속 및 실시간으로 산출할 수 있는 이점이 있다.

【0014】 또 다른 본 실시예에 따른 전자 장치는, 적어도 하나의 제1 추진기가 고장 상태로 결정된 경우에 한하여 제1 추진기의 압 인덱스 데이터 및 동축 위치 데이터에 대응하는 고장 케이스 데이터를 결정할 수 있고, 고장 케이스 데이터에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 선택하여 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정할 수 있음으로써, 정상 상태인 제2 추진기의 목표 회전수 데이터, 목표 추력 데이터, 및 목표 출력 데이터를 자동으로 조정할 수 있고, 제1 추진기의 대각 방향에 배치된 제2 추진기의 출력 데이터를 추가로 보상하여, 적어도 하나의 비행체가 회전 상태에 진입하지 않으면서 롤 자세 데이터, 피치 자세 데이터, 요 자세 데이터, 고도 데이터, 및 방위 방향 데이터를 안정적으로 유지할 수 있으며, 자동 응급 비행 및 안전 착륙을 수행할 수 있는 이점이 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0015】 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 간단한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 장치, 외부 전자 장치, 및 비행체

의 블록도;

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 장치의 구체적인 블록도;

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 동작하는 방법을 위한 흐름도;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 비행체의 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득하기 위한 예시도;

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 비행체에 설치된 적어도 하나의 추진기의 고장을 판별하는 전체 예시도;

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도 5에서 비행체에 설치된 적어도 하나의 추진기의 고장을 구체적으로 판별하는 예시도;

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 비행체의 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 산출하고, 이를 비행체에 적용하는 구체적인 예시도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0016】 이하, 본 발명의 다양한 실시 예가 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 본 발명은 특정 실시 예에 대해 한정되지 아니며, 본 발명의 실시 예들의 다양한 변경(modification), 균등물(equivalent), 및/또는 대체물(alternative)을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

【0017】 본 문서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다", 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.

【0018】 본 문서에서, "A 또는 B", "A 또는/및 B 중 적어도 하나", 또는 "A 또는/및 B 중 하나 또는 그 이상" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", 또는 "A 또는 B 중 적어도 하나"는, (1) 적어도 하나의 A를 포함, (2) 적어도 하나의 B를 포함, 또는 (3) 적어도 하나의 A 및 적어도 하나의 B 모두를 포함하는 경우를 모두 지칭할 수 있다.

【0019】 본 문서에서 사용된 "제1", "제2", "첫째", 또는 "둘째" 등의 표현들은 다양한 구성요소들을, 순서 및/또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 예를 들면, 본 문서에 기재된 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 바꾸어 명명될 수 있다.

【0020】 본 문서에서 “제1 추진기”는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 복수의 추진기 중, 전자 장치(101)가 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터에 기반하여 산출한 고장 판단 점수 데이터의 수치 값이 고장 임계 값의 수치 값을 기 설정된 연속 샘플 수 데이터 이상 연속하여 초과하는 것에 응답하여 고장 상태로 판별한 적어도 하나의 추진기를 의미할 수

있다. 전자 장치(101)는 제1 추진기에 대응하는 암 인덱스 데이터 및 동축 위치 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)에서 고장이 발생한 추진기의 위치를 식별할 수 있다.

【0021】 본 문서에서 “제2 추진기”는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 복수의 추진기 중, 전자 장치(101)가 고장 판단 점수 데이터의 수치 값이 고장 임계 값의 수치 값을 초과하지 않는 것에 기반하여 정상 상태로 결정한 적어도 하나의 추진기를 의미할 수 있다. 전자 장치(101)는 제1 추진기의 고장이 판별된 경우, 비대칭 PID 이득 데이터, 추력 재분배 명령 데이터, 및 대각 보상 명령 데이터 중 적어도 하나를 결정하고, 결정된 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)의 제2 추진기에 적용하여 제2 추진기의 목표 회전수 데이터, 목표 추력 데이터, 및 목표 출력 데이터 중 적어도 하나를 조정할 수 있다.

【0022】 본 문서에서 “추진기 제어 버스”는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함되고, 적어도 하나의 비행체(200)의 프로세서, 통신 인터페이스, 센서모듈, 및 복수의 추진기에 대응하는 추진기 구동 회로 사이에서 추진기 상태 데이터와 추진기 제어 데이터를 전달하는 공통 통신 경로를 의미할 수 있다. 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)의 통신 인터페이스를 통하여 추진기 회전수 데이터, 추진기 전류 데이터, 추진기 전압 데이터, 및 추진기 구동 상태 데이터 중 적어도 하나를 수신하고, 비대칭 PID 이득 데이터, 추력 재분배 명령 데이터, 대각 보상 명령 데이터, 및 추진기별 목표 출력 데이터 중 적어도 하나를 적어도 하나의 비행체(200)에 송신할 수 있다. 적어도 하나의 비행체(200)의 프로세서(210)는 전자 장치

(101)로부터 수신한 데이터를 추진기 제어 버스를 통하여 적어도 하나의 제2 추진기에 전달할 수 있다.

【0023】 본 문서에서 “추진기 고장에 대한 자동 비행 제어”는 전자 장치(101)가 적어도 하나의 비행체(200)의 제1 추진기에 고장이 발생한 것으로 판별한 경우, 제1 추진기에 대응하는 암 인덱스 데이터 및 동축 위치 데이터에 기반하여 고장 케이스 데이터를 결정하고, 고장 케이스 데이터에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 선택하며, 적어도 하나의 비행체(200)의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 제1 추진기의 대각 방향에 배치된 제2 추진기에 대한 대각 보상 명령 데이터를 결정하여 적어도 하나의 비행체(200)에 적용하는 것을 의미할 수 있다. 전자 장치(101)는 제1 추진기의 고장으로 인하여 적어도 하나의 비행체(200)에 발생하는 추력 불균형, 자세 변화, 및 방위 방향 변화를 제2 추진기의 출력을 이용하여 자동으로 보정하고, 적어도 하나의 비행체(200)가 회전 상태에 진입하지 않으면서 기 설정된 자세 및 방위 방향을 유지하도록 제어할 수 있다. 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)의 자세 및 방위 방향이 보정된 것에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)가 자동 응급 비행 및 안전 착륙을 수행하도록 제어할 수 있다.

【0024】 본 문서에서 비행체가 “회전 상태에 진입하지 않는다”는 것은 추진기 고장에 대응하기 위하여 비행체의 지속적인 자전을 허용하는 회전 비행 상태로 전환하지 않고, 목표 방위 방향에 대한 방위 오차 및 요 각속도가 각각 설정된 허용 범위 내에서 제어되는 것을 의미할 수 있다. 이는 추진기 고장 직후의 과도

응답이나 자세 보정 과정에서 발생하는 일시적인 요 방향 변화까지 모두 배제한다는 의미는 아니다. 전자 장치(101)는 방위 오차 제한 데이터 및 요 각속도 제한 데이터를 이용하여 방위 유지 상태를 판단하고, 판단 결과에 따라 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 갱신할 수 있다.

【0026】 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 장치, 외부 전자 장치, 및 비행체의 블록도이다.

【0027】 도 1을 참조하면, 비행체의 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어 시스템(100)은 전자 장치(101), 외부 전자 장치(102), 및 적어도 하나의 비행체(200)를 포함할 수 있다.

【0028】 전자 장치(101)는 프로세서(120)를 포함할 수 있다. 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200) 및 외부 전자 장치(102)와 통신 가능하게 연결될 수 있다.

【0029】 외부 전자 장치(102)는 전자 장치(101)의 동작을 보조하는 보조 전자 장치일 수 있다. 외부 전자 장치(102)는 사용자 인터페이스, 표시부, 입력부, 및 통신 인터페이스 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0030】 적어도 하나의 비행체(200)는 센서모듈, 적어도 하나의 제1 추진기, 적어도 하나의 제2 추진기, 배터리, 비행체의 프로세서, 및 통신 인터페이스를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 비행체(200)는 전방 좌측 암, 전방 우측 암, 후방 좌측 암 및 후방 우측 암을 포함하는 4개의 암을 구비하고, 각 암에 상부 추

진기와 하부 추진기가 동측으로 배치되는 X8 구조를 가질 수 있다. 이 경우 비행체 (200)는 총 8개의 추진기를 포함하고, 각 추진기는 암 인덱스와 상부 또는 하부의 동측 위치를 조합하여 식별될 수 있다. 8개의 추진기 중 하나의 추진기에 고장이 발생하고 나머지 추진기가 정상 상태로 유지되는 단일 추진기 고장 상황에서, 고장 상태로 판별된 하나의 추진기는 제1 추진기에 해당하고 정상 상태로 판별된 나머지 7개의 추진기는 제2 추진기에 해당할 수 있다.

【0031】 센서모듈은 관성측정장치, 추진기 회전수 센서, 추진기 전류 센서, 추진기 전압 센서, 위치 센서, 고도 센서, 및 속도 센서 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0032】 적어도 하나의 제1 추진기는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 복수의 추진기 중 고장 상태로 판별된 추진기일 수 있다. 적어도 하나의 제2 추진기는 복수의 추진기 중 정상 상태로 결정된 추진기일 수 있다.

【0033】 배터리는 배터리 셀, 배터리 모듈, 배터리 팩, 및 배터리 관리 시스템 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0034】 비행체의 프로세서는 센서모듈, 적어도 하나의 제1 추진기, 적어도 하나의 제2 추진기, 배터리, 및 통신 인터페이스와 연결될 수 있다. 통신 인터페이스는 적어도 하나의 비행체(200), 전자 장치(101), 및 외부 전자 장치(102) 사이의 통신 경로를 형성할 수 있다.

【0036】 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 장치의 구체적인 블록도이

다.

【0037】 도 2를 참조하면, 다양한 실시예에서의, 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어 시스템(100) 내의 전자 장치(101)가 기재된다. 전자 장치(101)는 버스(110), 프로세서(120), 메모리(130), 입출력 인터페이스(140), 디스플레이(150), 통신 인터페이스(160), 및 데이터베이스(170)를 포함할 수 있다. 어떤 실시예에서는, 전자 장치(101)는, 구성요소들 중 적어도 하나를 생략하거나 다른 구성요소를 추가적으로 구비할 수 있다. 버스(110)는 구성요소들(110-170)을 서로 연결하고, 구성요소들 간의 통신(예: 제어 메시지 또는 정보)을 전달하는 회로를 포함할 수 있다. 프로세서(120)는, 중앙처리장치, 어플리케이션 프로세서, 또는 커뮤니케이션 프로세서(communication processor(CP)) 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 프로세서(120)는, 예를 들면, 전자 장치(101)의 적어도 하나의 다른 구성요소들의 제어 및/또는 통신에 관한 연산이나 정보 처리를 실행할 수 있다.

【0038】 메모리(130)는, 휘발성 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 메모리(130)는, 예를 들면, 전자 장치(101)의 적어도 하나의 다른 구성요소에 관계된 명령 또는 정보를 저장할 수 있다.

【0039】 입출력 인터페이스(140)는, 예를 들면, 사용자 또는 다른 외부 기기로부터 입력된 명령 또는 정보를 전자 장치(101)의 다른 구성요소(들)에 전달하거나, 또는 전자 장치(101)의 다른 구성요소(들)로부터 수신한 명령 또는 정보를 사용자 또는 다른 외부 기기로 출력할 수 있다.

【0040】 디스플레이(150)는, 예를 들면, 액정 디스플레이(LCD), 발광 다이오

드(LED) 디스플레이, 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이, 또는 마이크로 전자기 시스템 (MEMS) 디스플레이, 또는 전자종이(electronic paper) 디스플레이를 포함할 수 있다. 디스플레이(150)는, 예를 들면, 사용자에게 각종 콘텐츠(예: 텍스트, 이미지, 비디오, 아이콘, 및/또는 심볼 등)을 표시할 수 있다. 디스플레이(150)는, 터치 스크린을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 전자 펜 또는 사용자의 신체의 일부를 이용한 터치, 제스처, 근접, 또는 호버링 입력을 수신할 수 있다.

【0041】 통신 인터페이스(160)는 전자 장치(101)와 외부 전자 장치(102) 또는 비행체(200) 사이의 통신을 설정할 수 있다. 통신 인터페이스(160)는 유선 통신 또는 무선 통신을 통하여 외부 전자 장치(102) 또는 비행체(200)와 데이터를 송수신할 수 있다.

【0042】 무선 통신은, 예를 들면, LTE, LTE-A(LTE Advance), CDMA(code division multiple access), WCDMA(wideband CDMA), UMTS(universal mobile telecommunications system), WiBro(Wireless Broadband), 또는 GSM(Global System for Mobile Communications) 등 중 적어도 하나를 사용하는 셀룰러 통신을 포함할 수 있다. 한 실시예에 따르면, 무선 통신은, 예를 들면, WiFi(wireless fidelity), 블루투스, 블루투스 저전력(BLE), 지그비(Zigbee), NFC(near field communication), 자력 시큐어 트랜스미션(Magnetic Secure Transmission), 라디오 프리퀀시(RF), 또는 보디 에어리어 네트워크(BAN) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 한 실시예에 따르면, 무선 통신은 GNSS를 포함할 수 있다. GNSS는, 예를 들면, GPS(Global Positioning System), Glonass(Global Navigation Satellite System),

Beidou Navigation Satellite System(이하 “ ” 또는 Galileo, the European global satellite-based navigation system일 수 있다. 이하, 본 문서에서는, “ ” 는 “ ” 와 상호 호환적으로 사용될 수 있다. 유선 통신은, 예를 들면, USB(universal serial bus), HDMI(high definition multimedia interface), RS-232(recommended standard232), 전력선 통신, 또는 POTS(plain old telephone service) 등 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 네트워크(161)는 텔레커뮤니케이션 네트워크, 예를 들면, 컴퓨터 네트워크(예: LAN 또는 WAN), 인터넷, 또는 텔레폰 네트워크 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0043】 데이터베이스(170)는 메모리(130) 상에 구현되거나 별도의 저장매체에 구현될 수 있다. 데이터베이스(170)는 사용자의 외부 전자 장치(102), 또는 전자 장치(101)와 송수신한 정보의 내용, 내역 등을 모두 저장할 수 있다. 데이터베이스(170)에 저장된 정보는 미리 지정된 주기에 따라 일정하게 업데이트될 수 있고, 또는 사용자의 외부 전자 장치(102), 또는 전자 장치(101)를 통한 새로운 정보 입력이 있는 경우에 수시로 업데이트될 수 있다. 본 개시의 실시 예에 따르면, 데이터베이스(170)에는 사용자의 외부 전자 장치(102)로부터 입력 받거나 또는 전자 장치(101)로부터 수신한 다양한 정보가 저장될 수 있다.

【0045】 일 실시예에 따른 인공지능 모델은, 입력 데이터에 포함된 특징, 패턴, 상관관계, 및/또는 의미 데이터를 분석하여 분류 데이터, 예측 데이터, 추론 데이터, 생성 데이터, 및/또는 제어 데이터 중 적어도 하나를 출력하도록 구성된

연산 모델이 될 수 있다. 인공지능 모델은 미리 정의된 규칙에 따라 동작하는 규칙 기반 모델, 학습 데이터를 이용하여 학습된 기계학습 모델, 인공 신경망을 포함하는 딥러닝 모델, 및/또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 인공지능 모델은 입력 데이터의 종류, 처리 목적, 출력 데이터의 형태, 요구되는 정확도, 및/또는 연산 환경에 따라 하나 이상의 모델 구조를 선택적으로 포함할 수 있다.

【0046】 또 다른 일 실시예에 따른 기계학습 모델은, 복수의 학습 데이터에 포함된 입력 데이터와 출력 데이터 사이의 관계를 학습하고, 학습된 관계에 기초하여 새로운 입력 데이터에 대응하는 결과 데이터를 결정하도록 구성된 모델이 될 수 있다. 기계학습 모델은 지도 학습, 비지도 학습, 준지도 학습, 자기지도 학습, 및/또는 강화 학습 방식 중 적어도 하나를 이용하여 학습될 수 있다. 기계학습 모델은 선형 회귀, 로지스틱 회귀, 서포트 벡터 머신, 의사결정 트리, 랜덤 포레스트, 군집화 모델, 및/또는 인공 신경망 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0047】 또 다른 일 실시예에 따른 딥러닝 모델은, 복수의 계층을 포함하는 인공 신경망을 이용하여 입력 데이터로부터 저수준 특징과 고수준 특징을 단계적으로 추출하고, 추출된 특징에 기초하여 결과 데이터를 산출하도록 구성된 모델이 될 수 있다. 딥러닝 모델의 각 계층은 이전 계층에서 출력된 특징 데이터를 입력받아 가중치 연산, 활성화 함수 연산, 정규화 연산, 및/또는 특징 변환 연산 중 적어도 하나를 수행할 수 있다. 딥러닝 모델은 이미지, 음성, 텍스트, 영상, 센서 데이터, 위치 데이터, 차량 상태 데이터, 및/또는 복합 데이터에 포함된 비선형적 관계를 학습하는 데 이용될 수 있다.

【0048】 또 다른 일 실시예에 따른 합성곱 신경망 모델(Convolutional Neural Network, CNN)은, 입력 데이터의 일부 영역에 필터, 및/또는 커널을 적용하여 국소적인 특징을 추출하고, 추출된 특징을 계층적으로 결합하여 객체, 형태, 패턴, 및/또는 공간적 관계를 식별하도록 구성된 모델이 될 수 있다. 합성곱 신경망 모델은 합성곱 계층, 활성화 계층, 풀링 계층, 정규화 계층, 및 완전 연결 계층 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 합성곱 신경망 모델은 이미지 내 객체 식별, 객체 영역 검출, 영상 분류, 결합 탐지, 음성 스펙트로그램 분석, 및/또는 시계열 데이터의 국소 패턴 분석에 이용될 수 있다.

【0049】 또 다른 일 실시예에 따른 순환 신경망 모델(Recurrent Neural Network, RNN)은, 이전 시점에서 생성된 은닉 상태 데이터를 현재 시점의 입력 데이터와 함께 처리하여 시간적 순서, 및/또는 연속적인 문맥 관계를 학습하도록 구성된 모델이 될 수 있다. 순환 신경망 모델은 복수의 시점에 걸쳐 입력되는 텍스트, 음성, 센서 값, 위치 변화, 사용자 행동, 및/또는 시스템 상태 데이터 사이의 연관성을 반영할 수 있다. 순환 신경망 모델은 시계열 예측, 문장 분석, 음성 인식, 행동 패턴 분석, 및/또는 순차적 이벤트 예측에 이용될 수 있다.

【0050】 또 다른 일 실시예에 따른 장단기 메모리 모델(Long Short-Term Memory, LSTM)은, 입력 게이트, 망각 게이트, 출력 게이트, 및 셀 상태를 이용하여 복수의 시점에 걸쳐 유지될 데이터와 제거될 데이터를 선택적으로 결정하도록 구성된 순환 신경망 모델이 될 수 있다. 장단기 메모리 모델은 일반적인 순환 신경망에서 발생할 수 있는 장기 의존성 데이터의 손실을 감소시키고, 시간적으로 이격된

입력 데이터 사이의 관계를 학습할 수 있다. 장단기 메모리 모델은 장기간의 사용자 행동 이력, 연속적인 음성 데이터, 장기 센서 데이터, 이동 경로, 및/또는 복수의 대화 이력을 분석하는 데 이용될 수 있다.

【0051】 또 다른 일 실시예에 따른 게이트 순환 유닛 모델(Gated Recurrent Unit, GRU)은, 업데이트 게이트와 리셋 게이트를 이용하여 이전 시점의 상태 데이터 중 현재 시점의 처리에 반영될 데이터를 조절하도록 구성된 순환 신경망 모델이 될 수 있다. 게이트 순환 유닛 모델은 장단기 메모리 모델보다 단순화된 내부 구조를 이용하면서도 시간적으로 연속된 입력 데이터의 장기적 관계를 학습할 수 있다. 게이트 순환 유닛 모델은 제한된 연산 자원, 및/또는 빠른 처리 속도가 요구되는 환경에서 시계열 예측, 음성 처리, 행동 분석, 및/또는 상태 추론에 이용될 수 있다.

【0052】 본 발명에서 인공지능 모델은 비행체의 기체 자세 응답 데이터를 포함하는 시계열 데이터를 처리하여 예측 토크 데이터를 출력하도록 구성될 수 있다. 기체 자세 응답 데이터는 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 요 자세 응답 데이터, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 요 각속도 데이터, 고도 응답 데이터 및 방위 방향 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 전자 장치(101)는 인공지능 모델에서 출력된 예측 토크 데이터와 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터를 이용하여 토크 잔차 데이터를 결정하고, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터 및 토크 잔차 데이터에 기반하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 결정할 수 있다. 인공지능 모델의 구체적인 구조는 입력

데이터의 시간적 특성과 요구되는 연산 성능에 따라 선택될 수 있다.

【0054】 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 동작하는 방법을 위한 흐름도이다.

【0055】 301 동작에서, 전자 장치(101)(예: 도 2의 프로세서(120))는, 적어도 하나의 비행체(200)를 통하여, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득할 수 있다.

【0056】 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터는, 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 요 자세 응답 데이터, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 요 각속도 데이터, 고도 응답 데이터, 및 방위 방향 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0057】 구체적으로, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 관성측정장치, 자세 감지 모듈, 고도 센서, 위치 센서, 및 방위 센서 중 적어도 하나에 의해 생성될 수 있다.

【0058】 또한, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터는 측정 시각 데이터, 샘플 인덱스 데이터, 센서 식별 데이터, 단위 데이터, 유효성 데이터, 관성 측정 데이터, 및 신뢰도 데이터 중 적어도 하나와 결합될 수 있다.

【0059】 구체적으로, 롤 자세 응답 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 기수 방향과 꼬리 방향을 연결하는 종축을 중심으로 발생하는 회전 상태를 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 현재 롤 각도 데이터, 목표 롤 각도 데이터, 현재 롤

각도 데이터와 목표 롤 각도 데이터 사이의 롤 오차 데이터, 롤 회전 방향 데이터, 및 롤 각도 변화 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0060】 또한, 전자 장치(101)는 롤 자세 응답 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)가 좌측 또는 우측으로 기울어진 정도를 판단할 수 있고, 적어도 하나의 추진기 사이의 추력 차이를 조정하기 위한 롤 제어 데이터를 결정할 수 있다.

【0061】 구체적으로, 피치 자세 응답 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 좌측 방향과 우측 방향을 연결하는 횡축을 중심으로 발생하는 회전 상태를 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 현재 피치 각도 데이터, 목표 피치 각도 데이터, 현재 피치 각도 데이터와 목표 피치 각도 데이터 사이의 피치 오차 데이터, 기수 상승 방향 데이터, 기수 하강 방향 데이터, 및 피치 각도 변화 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0062】 또한, 전자 장치(101)는 피치 자세 응답 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)의 전진 기울기 데이터 또는 후진 기울기 데이터를 판단할 수 있고, 전방 추진기와 후방 추진기의 출력을 조정하기 위한 피치 제어 데이터를 결정할 수 있다.

【0063】 구체적으로, 요 자세 응답 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 상측 방향과 하측 방향을 연결하는 수직축을 중심으로 발생하는 회전 상태를 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 현재 요 각도 데이터, 목표 요 각도 데이터, 현재 요 각도 데이터와 목표 요 각도 데이터 사이의 요 오차 데이터, 시계 방향 회전 데

이터, 반시계 방향 회전 데이터, 및 방위 변화 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0064】 구체적으로, 전자 장치(101)는 요 자세 응답 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)가 기 설정된 방위 방향 데이터로부터 이탈한 정도를 판단할 수 있고, 적어도 하나의 비행체(200)가 회전 상태에 진입하지 않도록 추진기별 요 모멘트 제어 데이터를 결정할 수 있다.

【0065】 구체적으로, 롤 각속도 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 종축을 중심으로 단위 시간 동안 변화하는 롤 각도의 크기와 방향을 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 관성측정장치에 포함된 자이로스코프에서 획득되는 롤축 회전 속도 데이터, 롤축 회전 가속도 데이터, 롤축 진동 데이터, 및 롤축 각속도 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0066】 또한, 전자 장치(101)는 롤 각속도 데이터가 기 설정된 롤 각속도 임계 데이터보다 큰지 여부를 판단할 수 있고, 급격한 좌우 기울기 또는 추진기 고장에 따른 롤 불균형을 억제하기 위한 롤 보정 데이터를 결정할 수 있다.

【0067】 구체적으로, 피치 각속도 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 횡축을 중심으로 단위 시간 동안 변화하는 피치 각도의 크기와 방향을 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 자이로스코프에서 획득되는 피치축 회전 속도 데이터, 피치축 회전 가속도 데이터, 피치축 진동 데이터, 및 피치축 각속도 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0068】 또한, 전자 장치(101)는 피치 각속도 데이터에 기반하여 적어도 하

나의 비행체(200)의 기수 상승 또는 기수 하강이 기 설정된 허용 범위 데이터에 포함되는지 여부를 판단할 수 있고, 전방 추진기와 후방 추진기의 출력을 조정하기 위한 피치 보정 데이터를 결정할 수 있다.

【0069】 구체적으로, 요 각속도 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 수직 축을 중심으로 단위 시간 동안 변화하는 요 각도의 크기와 방향을 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 자이로스코프에서 획득되는 요축 회전 속도 데이터, 요축 회전 가속도 데이터, 요축 진동 데이터, 및 요축 각속도 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0070】 또한, 전자 장치(101)는 요 각속도 데이터의 절대값을 기 설정된 요 각속도 임계 데이터와 비교하여 적어도 하나의 비행체(200)가 회전 상태에 진입하는지 여부를 판단할 수 있고, 적어도 하나의 제1 추진기의 고장에 의해 발생하는 요 모멘트 불균형을 적어도 하나의 제2 추진기의 출력으로 보상하기 위한 요 제어 데이터를 결정할 수 있다.

【0071】 구체적으로, 고도 응답 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)가 기준 지면 데이터, 기준 해수면 데이터, 이륙 위치 데이터, 또는 목표 착륙 위치 데이터로부터 이격된 수직 거리를 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 현재 고도 데이터, 목표 고도 데이터, 현재 고도 데이터와 목표 고도 데이터 사이의 고도 오차 데이터, 상승률 데이터, 하강률 데이터, 및 고도 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 기압 센서 데이터, 위성 항법 데이터, 레이더 고도계 데이터, 라이다 거리 데이터, 및 초음파 거리 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 생성될 수

있다.

【0072】 또한, 전자 장치(101)는 고도 응답 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)의 고도 유지, 상승, 하강, 호버링, 및 착륙 중 적어도 하나를 수행하기 위한 고도 제어 데이터를 결정할 수 있다.

【0073】 구체적으로, 방위 방향 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 기수 방향이 기준 방위 방향에 대하여 향하는 방향을 나타내는 데이터로 구성될 수 있고, 현재 방위각 데이터, 목표 방위각 데이터, 현재 방위각 데이터와 목표 방위각 데이터 사이의 방위 오차 데이터, 자북 기준 데이터, 진북 기준 데이터, 이동 방향 데이터, 및 기수 방향 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 지자기 센서 데이터, 관성 측정 데이터, 위성 항법 데이터, 및 위치 변화 데이터 중 적어도 하나를 결합하여 생성될 수 있다.

【0074】 구체적으로, 관성 측정 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)에 대한 실시간으로 구동되는 동안 측정되는 데이터로 구성될 수 있다.

【0075】 또한, 전자 장치(101)는 방위 방향 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)가 기 설정된 방위 방향을 유지하는지 여부를 판단할 수 있고, 적어도 하나의 제1 추진기의 고장 이후에도 적어도 하나의 비행체(200)의 기수 방향을 유지하기 위한 방위 보정 데이터를 결정할 수 있다.

【0077】 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 비행체의 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득하기 위한 예시도이다.

【0078】 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 비행체(200)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 관성측정장치, 자세 감지 모듈, 비행체의 프로세서, 메모리, 및 통신 인터페이스를 포함하는 온보드 시스템을 포함할 수 있다.

【0079】 구체적으로, 관성측정장치는 적어도 하나의 비행체(200)의 가속도 데이터 및 각속도 데이터를 획득할 수 있고, 자세 감지 모듈은 가속도 데이터 및 각속도 데이터를 결합하여 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 요 자세 응답 데이터, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 요 각속도 데이터, 고도 응답 데이터, 및 방위 방향 데이터 중 적어도 하나를 생성할 수 있다.

【0080】 또한, 비행체의 프로세서는 생성된 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)의 메모리에 저장하거나 적어도 하나의 비행체(200)의 통신 인터페이스를 통하여 전자 장치(101)에 제공할 수 있다.

【0081】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 통신 인터페이스(예: 도 2의 통신 인터페이스(160))를 통하여 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득할 수 있고, 획득된 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)의 자세 상태 데이터, 회전 상태 데이터, 고도 상태 데이터, 및 방위 상태 데이터 중 적어도 하나를 판단할 수 있다.

【0082】 구체적으로, 전자 장치(101)는 판단된 데이터에 기반하여 추진기 고장 판단 데이터, 자세 보정 데이터, 추력 재분배 명령 데이터, 대각 보상 명령 데이터, 및 자동 비행 제어 데이터 중 적어도 하나를 결정할 수 있다.

【0083】 또한, 외부 전자 장치(102)는 전자 장치(101) 또는 적어도 하나의 비행체(200)로부터 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 수신할 수 있고, 자세 응답 데이터, 각속도 데이터, 고도 응답 데이터, 및 방위 방향 데이터 중 적어도 하나를 사용자 인터페이스에 표시할 수 있다.

【0085】 303 동작에서, 전자 장치(101)는 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터를 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 상기 예측 토크 데이터와 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터 사이의 토크 잔차 데이터, 추진기 회전수 변화 데이터 및 추진기 전류 변화 데이터에 기반하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 포함하는 고장 판단 데이터를 결정할 수 있다.

【0086】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터에 포함된 누락 데이터, 중복 데이터, 비연속 데이터, 및 기 설정된 유효 범위 데이터를 벗어난 이상 데이터 중 적어도 하나를 식별할 수 있다.

【0087】 구체적으로, 전자 장치(101)는 식별된 데이터를 제거하거나, 이전 시점 데이터와 이후 시점 데이터에 기반하여 보간하거나, 기 설정된 대체 데이터로 치환할 수 있고, 누락 데이터의 비율이 기 설정된 누락 임계 데이터를 초과하는 경우, 대응하는 입력 구간 데이터를 인공지능 모델의 입력 대상에서 제외하거나 이전 입력 구간 데이터로 대체할 수 있다.

【0088】 또한, 전자 장치(101)는 시간축이 정렬된 각 데이터에 저역통과 필터링, 이동평균 필터링, 중앙 값 필터링, 및 칼만 필터링 중 적어도 하나를 수행하

여 노이즈 데이터를 감소시킬 수 있고, 관성측정장치에서 발생하는 오프셋 데이터, 바이어스 데이터, 스케일 오차 데이터, 및 축간 오차 데이터 중 적어도 하나를 보정하여 전처리 결과 데이터를 생성할 수 있다.

【0089】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 및 요 자세 응답 데이터를 동일한 기체 좌표계 데이터와 동일한 각도 단위 데이터에 대응하도록 변환할 수 있고, 각도 데이터가 기 설정된 최대 각도 데이터와 최소 각도 데이터 사이에서 불연속적으로 전환되는 경우, 각도 연속화 처리를 수행하여 시간 순서에 따른 각도 변화 데이터가 연속적으로 유지되도록 할 수 있다.

【0090】 구체적으로, 전자 장치(101)는 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 및 요 각속도 데이터에 대해 영점 바이어스 보정과 포화 데이터 제한을 수행할 수 있으며, 각속도 데이터의 수치 데이터가 기 설정된 최대 각속도 데이터보다 큰 경우 최대 각속도 데이터로 제한할 수 있고, 기 설정된 최소 각속도 데이터보다 작은 경우 최소 각속도 데이터로 제한할 수 있으며, 보정된 각속도 데이터에 기반하여 단위 시간에 따른 각속도 변화 데이터가 일정한 범위 내에서 유지되도록 할 수 있다.

【0091】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 고도 응답 데이터를 기 설정된 기준 고도 데이터에 대한 상대 고도 데이터로 변환할 수 있고, 고도 응답 데이터에 포함된 급격한 변화 데이터를 제거하거나 완화할 수 있으며, 방위 방향 데이터의 순환 구간에서 발생하는 불연속 데이터를 보정할 수 있고, 방위 방향

데이터를 사인 데이터 및 코사인 데이터로 변환하여 방위 방향 데이터의 시작 지점과 종료 지점 사이에서 발생하는 수치 불연속을 감소시킬 수 있다.

【0092】 구체적으로, 전자 장치(101)는 전처리된 각 데이터에 기 설정된 정규화 기준 데이터를 적용할 수 있고, 정규화 기준 데이터를 인공지능 모델의 학습 과정에서 결정된 평균 데이터, 표준편차 데이터, 최소 데이터, 최대 데이터, 및 중앙값 데이터 중 적어도 하나를 포함시킬 수 있다.

【0093】 또한, 전자 장치(101)는 각 데이터에서 평균 데이터를 차감한 후 표준편차 데이터로 나누는 표준화 처리, 최소 데이터와 최대 데이터에 기반한 범위 정규화 처리, 및 중앙값 데이터에 기반한 강건 정규화 처리 중 적어도 하나를 수행할 수 있고, 정규화 기준 데이터를 인공지능 모델의 학습 과정과 추론 과정에서 동일하게 적용되도록 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에 저장시킬 수 있다.

【0094】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 정규화된 각 데이터에서 현재 시점 데이터와 기 설정된 수의 이전 시점 데이터를 추출하여 시계열 구간 데이터를 생성할 수 있고, 시계열 구간 데이터를 기 설정된 시계열 길이 데이터와 이동 간격 데이터에 기반하여 생성시킬 수 있으며, 새로운 시점 데이터가 획득될 때마다 가장 오래된 시점 데이터를 제거할 수 있고, 새로운 시점 데이터를 추가하는 슬라이딩 윈도우 방식으로 시계열 구간 데이터를 갱신할 수 있다.

【0095】 구체적으로, 전자 장치(101)는 시계열 구간 데이터에 포함된 각 데이터를 기 설정된 채널 순서 데이터에 따라 배열하여 인공지능 모델 입력 데이터를 생성할 수 있고, 인공지능 모델 입력 데이터를 시간 순서에 대응하는 제1 차원 데

이터, 데이터 종류에 대응하는 제2 차원 데이터, 및 입력 묶음에 대응하는 제3 차원 데이터를 포함하는 행렬 데이터 또는 텐서 데이터로 구성시킬 수 있으며, 특히 제2 차원 데이터를 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 요 자세 응답 데이터, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 요 각속도 데이터, 고도 응답 데이터, 및 방위 방향 데이터에 대응하는 복수의 채널 데이터로 구성시킬 수 있다.

【0096】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 전처리된 모든 데이터를 하나의 통합 입력 데이터로 결합하여 인공지능 모델에 입력할 수 있고, 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 및 요 자세 응답 데이터를 제1 입력 데이터로 구성할 수 있으며, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 및 요 각속도 데이터를 제2 입력 데이터로 구성하며, 고도 응답 데이터 및 방위 방향 데이터를 제3 입력 데이터로 구성할 수 있다.

【0097】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 인공지능 모델 입력 데이터와 함께 유효 데이터의 위치를 나타내는 마스크 데이터, 시계열 구간 데이터의 길이를 나타내는 길이 데이터, 및 각 채널의 배열 위치를 나타내는 채널 매핑 데이터 중 적어도 하나를 인공지능 모델에 입력할 수 있고, 인공지능 모델의 입력 전에 입력 차원 데이터, 시계열 길이 데이터, 채널 수 데이터, 및 채널 순서 데이터가 인공지능 모델에 대응하도록 설정되었는지 여부를 확인할 수 있으며, 확인 결과가 일치하지 않는 경우 인공지능 모델 입력 데이터를 재배열하거나, 전처리 과정을 다시 수행하거나, 대응하는 시계열 구간 데이터를 입력 대상에서 제외할 수 있다.

【0098】 구체적으로, 전자 장치(101)는 전처리된 인공지능 모델 입력 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 시간 순서에 따른 자세 변화 특징 데이터, 각속도 변화 특징 데이터, 고도 변화 특징 데이터, 및 방위 변화 특징 데이터 중 적어도 하나를 추출할 수 있고, 인공지능 모델을 통해 추출된 특징 데이터에 기반하여 예측 토크 데이터를 결정하고, 상기 예측 토크 데이터를 후속 고장 판단 점수 산출에 이용할 수 있다.

【0099】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 인공지능 모델에서 출력된 예측 토크 데이터에 학습 과정에서 이용된 출력 정규화 기준 데이터를 역으로 적용하여 원래 단위 데이터에 대응하는 예측 토크 데이터를 복원할 수 있다.

【0100】 구체적으로, 전자 장치(101)는 복원된 예측 토크 데이터 및 고장 판단 데이터를 적어도 하나의 추진기에 대응하는 추진기 인덱스 데이터와 매칭하여 저장할 수 있고, 후속 동작에서 측정 토크 데이터, 추진기 회전수 변화 데이터, 및 추진기 전류 변화 데이터와 함께 이용할 수 있다.

【0101】 또 다른 일 실시예에 따르면, 예측 토크 데이터는, 적어도 하나의 비행체에 대응하는 인공지능 모델에 기반하여 결정되는 추진기별 예측 토크 데이터, 물축 예측 토크 데이터, 피치축 예측 토크 데이터, 및 요축 예측 토크 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0102】 구체적으로, 추진기별 예측 토크 데이터는 적어도 하나의 비행체 (200)에 포함된 복수의 추진기 각각이 기체 중심에 제공할 것으로 예측되는 토크를 나타내는 데이터일 수 있고, 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데

이터, 측정 시각 데이터, 예측 토크 크기 데이터, 예측 토크 방향 데이터, 및 예측 토크 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0103】 또한, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터에 포함된 자세 변화 데이터 및 각속도 변화 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 복수의 추진기 각각에 대응하는 추진기별 예측 토크 데이터를 출력할 수 있고, 추진기별 예측 토크 데이터와 각 추진기의 배치 위치 데이터 및 회전 방향 데이터를 결합하여 적어도 하나의 비행체(200)의 각 회전축에 대응하는 예측 토크 데이터를 결정할 수 있다.

【0104】 구체적으로, 롤축 예측 토크 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 기수 방향과 꼬리 방향을 연결하는 롤축을 중심으로 발생할 것으로 예측되는 토크를 나타내는 데이터일 수 있고, 좌측 추진기에서 발생하는 토크 데이터와 우측 추진기에서 발생하는 토크 데이터 사이의 불균형에 기반하여 결정되는 롤축 순 토크 데이터, 롤축 토크 방향 데이터, 롤축 토크 크기 데이터, 및 롤축 토크 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0105】 또한, 전자 장치(101)는 롤축 예측 토크 데이터에 기반하여 적어도 하나의 비행체(200)가 좌측 방향 또는 우측 방향으로 기울어질 가능성을 판단할 수 있고, 롤축 예측 토크 데이터와 실제 롤 자세 응답 데이터 사이의 대응 관계에 기반하여 특정 추진기에서 발생하는 추력 저하 데이터 또는 토크 불균형 데이터를 결정할 수 있다.

【0106】 구체적으로, 피치축 예측 토크 데이터는 적어도 하나의 비행체(20

0)의 좌측 방향과 우측 방향을 연결하는 피치축을 중심으로 발생할 것으로 예측되는 토크를 나타내는 데이터일 수 있고, 전방 추진기에서 발생하는 토크 데이터와 후방 추진기에서 발생하는 토크 데이터 사이의 불균형에 기반하여 결정되는 피치축 순 토크 데이터, 피치축 토크 방향 데이터, 피치축 토크 크기 데이터, 및 피치축 토크 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0107】 또한, 전자 장치(101)는 피치축 예측 토크 데이터와 동일한 좌표계 및 시점에 대응하는 피치축 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 피치축 토크 잔차 데이터를 결정하고, 해당 토크 잔차 데이터와 추진기별 상태 데이터를 이용하여 전방 추진기 또는 후방 추진기의 고장 가능성 데이터를 결정할 수 있다.

【0108】 구체적으로, 요측 예측 토크 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 상측 방향과 하측 방향을 연결하는 요축을 중심으로 발생할 것으로 예측되는 토크를 나타내는 데이터일 수 있고, 시계 방향으로 회전하는 추진기에서 발생하는 토크 데이터와 반시계 방향으로 회전하는 추진기에서 발생하는 토크 데이터 사이의 불균형에 기반하여 결정되는 요측 순 토크 데이터, 요측 토크 방향 데이터, 요측 토크 크기 데이터, 및 요측 토크 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0109】 또한, 전자 장치(101)는 요측 예측 토크 데이터와 동일한 좌표계 및 시점에 대응하는 요측 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 요측 토크 잔차 데이터를 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 해당 토크 잔차 데이터와 실제 요 자세 응답 데이터 및 요 각속도 데이터를 함께 이용하여 비행체의 회전 상태를 판단하기 위한 고장 판단 데이터를 결정할 수 있다.

【0110】 또 다른 일 실시예에 따르면, 고장 판단 데이터는, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 예측 토크 데이터와 관성 측정 데이터에 기반하여 결정되는 측정 토크 데이터 사이의 토크 잔차 데이터, 고장 판단 점수 데이터, 연속 샘플 수 데이터, 고장 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 및 고장 위치 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0111】 구체적으로, 추진기 회전수 변화 데이터는 적어도 하나의 비행체 (200)에 포함된 복수의 추진기 각각에 대하여 현재 시점의 추진기 회전수 데이터와 기준 추진기 회전수 데이터 사이의 차이를 나타내는 데이터일 수 있고, 기준 추진기 회전수 데이터는 이전 시점의 추진기 회전수 데이터, 기 설정된 정상 회전수 데이터, 추진기 제어 명령에 대응하는 목표 회전수 데이터, 및 정상 비행 상태에서 획득된 평균 회전수 데이터 중 적어도 하나가 될 수 있다.

【0112】 또한, 추진기 회전수 변화 데이터는 추진기별 회전수 감소량 데이터, 추진기별 회전수 증가량 데이터, 단위 시간당 회전수 변화율 데이터, 및 목표 회전수 데이터에 대한 회전수 편차 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0113】 또한, 전자 장치(101)는 특정 추진기의 회전수 감소량 데이터 또는 회전수 편차 데이터가 기 설정된 회전수 허용 데이터의 범위를 벗어나는 경우 특정 추진기에 대응하는 고장 가능성 데이터를 증가시킬 수 있다.

【0114】 구체적으로, 추진기 전류 변화 데이터는 복수의 추진기 각각에 대응하는 추진기 구동 회로에서 측정된 현재 시점의 전류 데이터와 기준 전류 데이터 사이의 차이를 나타내는 데이터일 수 있고, 기준 전류 데이터는 이전 시점의 추진

기 전류 데이터, 정상 비행 상태에서 획득된 평균 전류 데이터, 추진기별 목표 출력 데이터에 대응하는 예상 전류 데이터, 및 동일한 운용 조건에서 획득된 정상 추진기의 전류 데이터 중 적어도 하나가 될 수 있다.

【0115】 또한, 추진기 전류 변화 데이터는 추진기별 전류 증가량 데이터, 추진기별 전류 감소량 데이터, 단위 시간당 전류 변화율 데이터, 및 예상 전류 데이터에 대한 전류 편차 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0116】 또한, 전자 장치(101)는 추진기 회전수 데이터가 감소하면서 추진기 전류 데이터가 증가하는 상태 데이터 또는 추진기 제어 명령이 제공됨에도 추진기 전류 데이터가 감소하는 상태 데이터에 기반하여 추진기의 구속 상태 데이터, 출력 저하 데이터, 또는 구동 불능 데이터 중 적어도 하나를 결정할 수 있다.

【0117】 구체적으로, 측정 토크 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)의 관성 측정 데이터와 기체 동역학 데이터에 기반하여 결정되는 실제 토크 추정 데이터일 수 있고, 롤축 측정 토크 데이터, 피치축 측정 토크 데이터, 요축 측정 토크 데이터, 및 추진기별 측정 토크 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0118】 또한,

【0119】 전자 장치(101)는 관성 측정 데이터와 기체 관성 데이터를 이용하여 비행체 전체에 작용하는 롤축, 피치축 및 요축의 측정 토크 데이터를 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 기체 전체의 축별 측정 토크 데이터와 추진기별 토크 추정 데이터를 구분하여 처리할 수 있다. 추진기별 토크 추정 데이터를 결정하는 경우, 전자 장치(101)는 각 추진기의 회전수, 전류, 구동 명령, 배치 위치 및 회전 방향

을 반영하여 각 추진기 식별자에 대응하는 토크 추정 데이터를 산출할 수 있다. 이 경우 추진기별 측정 토크 데이터는 개별 추진기의 상태 데이터가 반영된 토크 추정 데이터를 의미할 수 있다.

【0120】 구체적으로, 토크 잔차 데이터는 예측 토크 데이터의 수치 데이터와 측정 토크 데이터의 수치 데이터 사이의 차이를 나타내는 데이터일 수 있고, 추진기별 토크 잔차 데이터, 물축 토크 잔차 데이터, 피치축 토크 잔차 데이터, 요축 토크 잔차 데이터, 토크 잔차 절대크기 데이터, 토크 잔차 방향 데이터, 및 토크 잔차 변화율 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0121】 또한, 전자 장치(101)는 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터 사이의 차이 데이터에 절대값 연산, 제곱 연산, 벡터 노름 연산, 및 시간 평균 연산 중 적어도 하나를 적용하여 토크 잔차 데이터를 결정할 수 있고, 정상 비행 상태에서 발생하는 토크 잔차 데이터와 추진기 고장 상태에서 발생하는 토크 잔차 데이터를 구별할 수 있도록 토크 잔차 데이터를 기 설정된 범위 데이터로 정규화할 수 있다.

【0122】 구체적으로, 고장 판단 점수 데이터는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터에 각각 대응하는 가중치 데이터를 적용하여 추진기별로 산출되는 데이터일 수 있고, 추진기별 단일 수치 데이터, 추진기별 고장 가능성 데이터, 추진기별 고장 순위 데이터, 및 추진기별 임계 초과 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0123】 고장 판단 점수 데이터는 해당 추진기의 상태가 정상 상태에서 벗어나는 정도가 커질수록 높은 값을 갖도록 구성될 수 있다. 전자 장치(101)는 추진기

회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터 및 토크 잔차 데이터를 각각 정규화한 후 가중 결합하여 고장 판단 점수 데이터를 산출할 수 있다. 고장 임계 값과 직접 비교되는 수치 값은 고장 판단 점수 데이터의 수치 값이며, 예측 토크 데이터 자체의 수치 값과 고장 판단 점수 데이터의 수치 값을 하나의 고장 임계 값에 각각 직접 비교하는 것은 아니다.

【0124】 또한, 전자 장치(101)는 정상 비행 상태에서 측정된 각 데이터의 분산 데이터 또는 편차 데이터에 기반하여 복수의 가중치 데이터를 결정할 수 있고, 변화가 작은 데이터에 상대적으로 높은 가중치 데이터를 적용할 수 있고, 정상 상태에서 변화가 큰 데이터에 상대적으로 낮은 가중치 데이터를 적용하여 고장 판단 점수 데이터의 민감도를 조정할 수 있다.

【0125】 구체적으로, 연속 샘플 수 데이터는 특정 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 고장 임계 데이터를 연속하여 초과한 횟수를 나타내는 데이터일 수 있다.

【0126】 또한, 전자 장치(101)는 각 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 해당 고장 임계 값을 초과하는 경우 연속 초과 횟수를 증가시키고, 해당 고장 임계 값 이하인 경우 연속 초과 횟수를 0으로 초기화할 수 있다.

【0127】 또한, 전자 장치(101)는 연속 샘플 수 데이터가 기 설정된 요구 연속 샘플 수 데이터 이상이 되는 경우 대응하는 추진기를 고장 추진기로 결정할 수 있고, 연속 샘플 수 데이터를 순간적인 노이즈 데이터 또는 일시적인 추진기 출력 변화 데이터가 추진기 고장 데이터로 잘못 판정되는 것을 제한하기 위한 판정 지속 데이터로 사용될 수 있다.

【0128】 구체적으로, 고장 추진기 식별 데이터는 복수의 추진기 중 고장이 발생한 것으로 판정된 적어도 하나의 추진기를 구별하기 위한 데이터일 수 있고, 추진기 식별자 데이터, 추진기 번호 데이터, 추진기 채널 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 고장 판정 시각 데이터, 및 고장 상태 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0129】 또한, 전자 장치(101)는 고장 판단 점수 데이터와 연속 샘플 수 데이터에 기반하여 고장 추진기 식별 데이터를 결정할 수 있고, 고장 추진기 식별 데이터를 후술할 동작에서 비대칭 PID 이득 데이터, 추력 재분배 명령 데이터, 및 대각 보상 명령 데이터를 선택하기 위한 기준 데이터로 사용될 수 있다.

【0130】 구체적으로, 암 인덱스 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 복수의 암 중 고장 추진기가 배치된 암을 식별하는 데이터일 수 있고, 전방 좌측 암 데이터, 전방 우측 암 데이터, 후방 좌측 암 데이터, 및 후방 우측 암 데이터 중 어느 하나에 대응하는 데이터로 구성될 수 있다.

【0131】 또한, 전자 장치(101)는 추진기 식별 데이터와 기 저장된 추진기 배치 매핑 데이터에 기반하여 고장 추진기에 대응하는 암 인덱스 데이터를 결정할 수 있고, 암 인덱스 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)의 중심 데이터에 대한 고장 추진기의 상대 위치 데이터와 고장에 의해 발생하는 물축 토크 데이터, 피치축 토크 데이터, 및 요축 토크 데이터의 방향을 결정하기 위한 데이터로 이용할 수 있다.

【0132】 구체적으로, 동축 위치 데이터는 하나의 암에 상부 추진기와 하부

추진기가 동측으로 배치되는 경우 고장 추진기가 상부 위치 또는 하부 위치 중 어느 위치에 배치되는지를 나타내는 데이터일 수 있고, 상부 추진기 위치 데이터, 하부 추진기 위치 데이터, 상부 추진기 회전 방향 데이터, 및 하부 추진기 회전 방향 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0133】 또한, 전자 장치(101)는 추진기 식별 데이터와 추진기 배치 매핑 데이터에 기반하여 고장 추진기의 동측 위치 데이터를 결정할 수 있고, 동측 위치 데이터를 동일한 암에서 정상적으로 구동되는 추진기와 고장이 발생한 추진기를 구별할 수 있으면서도, 고장 위치에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터 또는 대각 보상 데이터를 선택하기 위한 데이터로 사용될 수 있다.

【0134】 구체적으로, 고장 위치 데이터는 고장 추진기에 대응하는 암 인덱스 데이터와 동측 위치 데이터를 조합하여 적어도 하나의 비행체(200)에서 고장이 발생한 위치를 나타내는 데이터일 수 있고, 적어도 하나의 비행체(200)가 4개의 암을 포함할 수 있고 각 암에 상부 추진기와 하부 추진기를 포함하는 경우, 4개의 암 위치 데이터와 2개의 동측 위치 데이터가 조합된 8개의 고장 케이스 데이터 중 어느 하나로 결정될 수 있다.

【0135】 또한, 전자 장치(101)는 고장 위치 데이터에 기반하여 고장 추진기의 반대편 또는 대각 방향에 배치된 정상 추진기를 식별할 수 있고, 대응하는 제어 데이터의 선택 기준을 결정할 수 있고, 고장 위치 데이터를 후술할 동작에서 고장 케이스별 비대칭 PID 이득 데이터, 추력 재분배 명령 데이터, 대각 보상 명령 데이터, 및 자동 비행 제어 데이터 중 적어도 하나와 매칭되어 메모리(예: 도 2의 메모리)

리(130))에 저장될 수 있다.

【0136】 305 동작에서, 전자 장치(101)는 추진기별 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값을 기 설정된 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 추진기가 존재하는지 여부를 판단할 수 있다. 또한, 제1 고장 임계 값 및 후술할 제2 고장 임계 값은 고장 임계 값 전체에 포함되는 기준 값으로 설정될 수 있다.

【0137】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 예측 토크 데이터의 수치 값과 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터의 수치 값 사이의 차이에 대응하는 토크 잔차 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다.

【0138】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 추진기별로 생성된 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터가 동일한 추진기 식별 데이터, 동일한 측정 시각 데이터, 및 동일한 샘플 인덱스 데이터에 대응하도록 매칭할 수 있고, 서로 다른 측정 시각 데이터에 대응하는 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터가 입력되는 경우, 시간 보간 데이터, 재표본화 데이터, 및 시계열 정렬 데이터 중 적어도 하나를 적용하여 동일한 시점 데이터에 대응하도록 정렬할 수 있다.

【0139】 구체적으로, 전자 장치(101)는 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터에 적용된 좌표계 데이터, 단위 데이터, 토크 방향 데이터, 및 부호 기준 데이터가 서로 동일한지 판단할 수 있고, 좌표계 데이터 또는 단위 데이터가 서로 다른 경우, 기 설정된 변환 기준 데이터에 기반하여 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터를 동일한 비교 기준 데이터로 변환할 수 있다.

【0140】 구체적으로, 전자 장치(101)는 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이

터에 포함된 노이즈 데이터, 이상 데이터, 누락 데이터, 및 순간 변동 데이터 중 적어도 하나를 식별할 수 있고, 이동평균 데이터, 중앙값 데이터, 저역통과 필터 데이터, 및 보간 데이터 중 적어도 하나를 적용하여 제1 전처리 예측 토크 데이터 및 제1 전처리 측정 토크 데이터를 생성할 수 있다.

【0141】 구체적으로, 전자 장치(101)는 제1 전처리 예측 토크 데이터의 수치 값에서 제1 전처리 측정 토크 데이터의 수치 값을 차감하여 토크 차이 데이터를 결정할 수 있고, 토크 차이 데이터의 방향 데이터를 유지하는 경우 양의 방향 데이터 또는 음의 방향 데이터를 포함하는 토크 잔차 데이터를 생성할 수 있으며, 토크 차이 데이터의 크기만을 이용하는 경우 절대값 처리 데이터 또는 벡터 노름 처리 데이터를 적용한 토크 잔차 데이터를 생성할 수 있다.

【0142】 또한, 전자 장치(101)는, 예측 토크 데이터가 측정 토크 데이터보다 큰 경우, 추진기에서 예상되는 토크 데이터보다 실제로 발생한 토크 데이터가 작은 상태에 대응하는 토크 잔차 데이터를 생성할 수 있고, 예측 토크 데이터가 측정 토크 데이터보다 작은 경우, 예상 토크 데이터보다 큰 측정 토크 데이터가 발생한 상태에 대응하는 토크 잔차 데이터를 생성할 수 있다.

【0143】 구체적으로, 전자 장치(101)는 토크 잔차 데이터의 수치 값을 기 설정된 정상 토크 잔차 범위 데이터, 최대 허용 토크 잔차 데이터, 및 정상 비행 상태에서 획득된 토크 잔차 통계 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 정규화할 수 있고, 정규화된 토크 잔차 데이터가 추진기 회전수 변화 데이터 및 추진기 전류 변화 데이터와 동일한 비교 범위 데이터에 포함되도록 전처리할 수 있다.

【0144】 구체적으로, 전자 장치(101)는 단일 샘플 데이터에서 발생한 순간적인 토크 잔차 데이터가 고장 판단 점수 데이터에 과도하게 반영되는 것을 제한하기 위하여, 기 설정된 시계열 구간 데이터에 포함된 복수의 토크 잔차 데이터에 이동 평균 처리, 가중평균 처리, 및 중앙값 처리 중 적어도 하나를 수행할 수 있고, 전 처리가 완료된 토크 잔차 데이터의 수치 값을 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 측정 시각 데이터, 및 샘플 인덱스 데이터와 매칭하여 저장할 수 있다.

【0145】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 추진기 회전수 변화 데이터의 수치 값, 추진기 전류 변화 데이터의 수치 값, 및 토크 잔차 데이터의 수치 값에 각각 대응하는 가중치 데이터가 적용된 고장 판단 점수 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다.

【0146】 여기서, 기준 추진기 회전수 데이터는 목표 추진기 회전수 데이터, 이전 시점의 추진기 회전수 데이터, 정상 비행 상태에서 획득된 평균 추진기 회전수 데이터, 및 추진기 제어 명령 데이터에 대응하는 예상 추진기 회전수 데이터 중 적어도 하나가 될 수 있다.

【0147】 구체적으로, 전자 장치(101)는 현재 추진기 회전수 데이터와 기준 추진기 회전수 데이터 사이의 차이에 기반하여 추진기 회전수 증가 데이터 또는 추진기 회전수 감소 데이터를 결정할 수 있고, 추진기 회전수 변화 데이터가 추진기의 정격 데이터 또는 운용 구간 데이터에 영향을 받지 않도록 기준 추진기 회전수 데이터에 대한 상대 변화 데이터로 변환할 수 있다.

【0148】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추진기 회전수 데이터에 포함된 순간 변동 데이터, 센서 누락 데이터, 통신 지연 데이터, 및 비정상 펄스 데이터 중 적어도 하나를 제거하거나 보정할 수 있고, 기 설정된 시계열 구간 데이터에 포함된 복수의 추진기 회전수 데이터를 이용하여 추진기 회전수 변화 데이터의 이동평균 데이터, 변화율 데이터, 및 변화 지속 데이터 중 적어도 하나를 생성할 수 있다.

【0149】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 추진기에 대응하는 현재 추진기 전류 데이터와 기준 추진기 전류 데이터를 비교하여 추진기 전류 변화 데이터의 수치 값을 결정할 수 있고, 기준 추진기 전류 데이터를 목표 출력 데이터에 대응하는 예상 추진기 전류 데이터, 이전 시점의 추진기 전류 데이터, 정상 비행 상태에서 획득된 평균 추진기 전류 데이터, 및 동일한 운용 조건 데이터에서 정상적으로 구동되는 추진기의 추진기 전류 데이터 중 적어도 하나로 산출할 수 있다.

【0150】 구체적으로, 전자 장치(101)는 현재 추진기 전류 데이터와 기준 추진기 전류 데이터 사이의 차이에 기반하여 추진기 전류 증가 데이터 또는 추진기 전류 감소 데이터를 결정할 수 있고, 추진기 전류 변화 데이터를 기준 추진기 전류 데이터에 대한 상대 변화 데이터로 변환하여 서로 다른 추진기 사양 데이터에 대응하는 추진기 전류 변화 데이터가 동일한 비교 범위 데이터에서 처리되도록 할 수 있다.

【0151】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추진기 전류 데이터에 포함된 스위칭 노이즈 데이터, 순간 피크 데이터, 센서 오프셋 데이터, 및 통신 누락 데이터 중

적어도 하나를 보정할 수 있고, 기 설정된 시계열 구간 데이터에 포함된 복수의 추진기 전류 데이터를 이용하여 추진기 전류 변화 데이터의 이동평균 데이터, 변화율 데이터, 및 변화 지속 데이터 중 적어도 하나를 생성할 수 있다.

【0152】 또한, 전자 장치(101)는, 추진기 회전수 데이터가 기준 추진기 회전수 데이터보다 감소하면서 추진기 전류 데이터가 기준 추진기 전류 데이터보다 증가하는 경우, 추진기 부하 증가 데이터, 추진기 회전 방해 데이터, 또는 추진기 출력 저하 데이터에 대응하는 전처리 데이터를 생성할 수 있고, 추진기 회전수 데이터와 추진기 전류 데이터가 모두 기준 데이터보다 감소하는 경우, 추진기 구동 명령 미인가 데이터, 추진기 구동 회로 이상 데이터, 또는 추진기 구동 불능 데이터에 대응하는 전처리 데이터를 생성할 수 있다.

【0153】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추진기 회전수 변화 데이터의 수치 값, 추진기 전류 변화 데이터의 수치 값, 및 토크 잔차 데이터의 수치 값이 동일한 비교 범위 데이터에 포함되도록 각각 정규화할 수 있고, 각 데이터의 측정 단위 데이터, 변화 범위 데이터, 분산 데이터, 및 정상 운용 범위 데이터 중 적어도 하나가 서로 다른 것에 대응하여 데이터별 정규화 기준 데이터를 적용할 수 있다.

【0154】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정상 비행 상태에서 획득된 복수의 추진기 회전수 변화 데이터, 복수의 추진기 전류 변화 데이터, 및 복수의 토크 잔차 데이터에 대한 분산 데이터에 기반하여 각각의 가중치 데이터를 결정할 수 있고, 정상 비행 상태에서도 변동 범위 데이터가 큰 데이터에는 상대적으로 낮은 가중치 데이터를 적용할 수 있고, 정상 비행 상태에서 변동 범위 데이터가 작은 데

이터에는 상대적으로 높은 가중치 데이터를 적용할 수 있다.

【0155】 구체적으로, 전자 장치(101)는 센서 신뢰도 데이터, 데이터 유효성 데이터, 인공지능 모델의 출력 신뢰도 데이터, 비행 모드 데이터, 및 운용 환경 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 가중치 데이터를 조정할 수 있고, 특정 데이터에 누락 데이터 또는 이상 데이터가 포함된 경우 대응하는 가중치 데이터를 감소시킬 수 있으며, 유효하게 획득된 나머지 데이터에 대응하는 가중치 데이터를 재조정할 수 있다.

【0156】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정규화된 추진기 회전수 변화 데이터에 제1 가중치 데이터를 적용할 수 있고, 정규화된 추진기 전류 변화 데이터에 제2 가중치 데이터를 적용할 수 있으며, 정규화된 토크 잔차 데이터에 제3 가중치 데이터를 적용할 수 있고, 각 가중치 데이터가 적용된 복수의 가중 결과 데이터를 결합하여 하나의 고장 판단 점수 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다. 이에 대한 구체적인 내용은 도 5와 함께 구체적으로 설명될 수 있다.

【0157】 또한, 전자 장치(101)는, 특정 추진기에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터가 정상 운용 범위 데이터보다 크게 변화할 수 있고, 추진기 전류 변화 데이터가 예상 전류 범위 데이터에서 벗어나며, 토크 잔차 데이터가 정상 토크 잔차 범위 데이터를 벗어나는 경우, 각 데이터에 대응하는 가중 결과 데이터를 증가시켜 상대적으로 큰 고장 판단 점수 데이터를 결정할 수 있고, 특정 추진기에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터가 각각의 정상 운용 범위 데이터에 포함되는 경우, 각 데이터에 대응하는 가중 결

과 데이터를 낮게 유지하여 상대적으로 작은 고장 판단 점수 데이터를 결정할 수 있다.

【0158】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 고장 판단 점수 데이터를 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터에 기반하여 적어도 하나의 추진기 각각에 대응하도록 결정할 수 있다.

【0159】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 복수의 추진기 각각에 대하여 독립된 추진기 데이터 채널을 설정할 수 있다.

【0160】 여기서, 각각의 추진기 데이터 채널은 추진기 식별 데이터, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 토크 잔차 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 측정 시각 데이터, 및 샘플 인덱스 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0161】 구체적으로, 전자 장치(101)는 동일한 추진기 식별 데이터와 동일한 샘플 인덱스 데이터에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터를 하나의 추진기별 입력 데이터 세트로 구성할 수 있고, 각 추진기별 입력 데이터 세트에 동일한 가중치 데이터 또는 추진기별로 조정된 가중치 데이터를 적용하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 각각 결정할 수 있다.

【0162】 또한, 전자 장치(101)는, 제1 추진기에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터가 모두 정상 운용 범위 데이터를 벗어나는 방향으로 변화하는 경우, 제1 추진기에 대응하는 고장 판단 점

수 데이터가 증가하도록 결정할 수 있고, 제2 추진기에 대응하는 각각의 데이터가 정상 운용 범위 데이터에 포함되는 경우, 제2 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 낮게 유지되도록 결정할 수 있다.

【0163】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 추진기에 대응하여 결정된 고장 판단 점수 데이터를 추진기 식별 데이터의 배열 순서 데이터에 따라 정렬할 수 있고, 정렬된 고장 판단 점수 데이터를 측정 시각 데이터 및 샘플 인덱스 데이터와 함께 메모리에 저장할 수 있으며, 후속 동작에서 각 추진기의 고장 판단 점수 데이터를 고장 임계 값의 수치 값과 비교하기 위한 입력 데이터로 이용할 수 있다.

【0165】 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 비행체에 설치된 적어도 하나의 추진기의 고장을 판별하는 전체 예시도이다.

【0166】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 정상 비행 기준 구간에서 획득된 토크 잔차 데이터의 평균 및 표준편차에 기반하여 고장 임계 값을 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 상기 평균에 상기 표준편차의 3배에 해당하는 값을 합산하여, 후술하는 [수학식 1]의 고장 임계 값 θ 를 결정할 수 있다. 본 실시예에서 상기 고장 임계 값 θ 는 복수의 추진기 각각에 대응하는 고장 판단 점수 데이터와 비교되는 제1 고장 임계 값으로 이용될 수 있다.

【0167】 구체적으로, 전자 장치(101)는 비행체(200)의 자세, 고도, 속도 및 방위 방향이 기 설정된 정상 운용 조건에 따라 유지되는 구간을 정상 비행 기준 구

간으로 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 이륙, 착륙, 급격한 자세 변화, 추진기 출력 포화 또는 센서 이상이 발생한 구간을 상기 정상 비행 기준 구간에서 제외할 수 있다.

【0168】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정상 비행 기준 구간에서 획득된 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터가 동일한 측정 시각, 좌표계 및 단위에 대응하도록 정렬하고, 상기 예측 토크 데이터와 상기 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 토크 잔차 데이터를 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 상기 토크 잔차 데이터를 측정 시각 데이터 및 관련 운용 조건 데이터와 대응시켜 정상 기준 데이터셋에 저장하고, 상기 정상 기준 데이터셋에 포함된 유효한 토크 잔차 데이터의 평균 및 표준편차를 산출할 수 있다.

【0169】 구체적으로, 전자 장치(101)는 비행 모드, 비행 속도, 적재 상태, 고도 및 외부 환경 중 적어도 하나에 따라 정상 기준 데이터셋을 구분하고, 현재 비행 상태에 대응하는 정상 기준 데이터셋을 선택할 수 있다. 전자 장치(101)는 선택된 정상 기준 데이터셋의 토크 잔차 데이터에 대한 평균 및 표준편차를 이용하여 제1 고장 임계 값을 결정할 수 있다.

【0170】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정상 비행 기준 구간의 조건이 충족되고 전체 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값 이하로 유지되는 구간에서 새롭게 획득된 토크 잔차 데이터를 정상 기준 데이터셋의 갱신에 이용할 수 있다. 적어도 하나의 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값을 초과하는 경우, 전자 장치(101)는 새롭게 획득되는 비행 데이터를 이용한 정상 기준

데이터셋의 갱신 및 이에 따른 제1 고장 임계 값의 갱신을 일시적으로 중지할 수 있다.

【0171】 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도 5에서 비행체에 설치된 적어도 하나의 추진기의 고장을 구체적으로 판별하는 예시도이다.

【0173】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 하기의 [수학식 1]을 이용하여 고장 판단 점수 데이터 및 고장 임계 값을 결정하고, 상기 고장 판단 점수 데이터가 상기 고장 임계 값을 초과하는지 여부를 판단할 수 있다.

【0174】 [수학식 1]

$$【0175】 S_i = w1 \cdot \Delta RPM_i + w2 \cdot \Delta I_i + w3 \cdot \| \tau_{model} - \tau_{IMU} \| > \theta = \mu + 3\sigma$$

【0176】 여기서, S_i 는 고장 판단 점수 데이터이고, $w1, w2, w3$ 는 각각의 가중치 값이고, ΔRPM_i 는 적어도 하나의 추진기에 대한 기준 회전수 데이터에 대한 회전수 변화 데이터이고, ΔI_i 는 i번째 추진기에 대응하는 추진기 전류 변화 데이터이고, $\tau_{model} - \tau_{IMU}$ 는 토크 잔차 데이터이고, θ 는 고장 임계 값이고, μ 는 정상 비행 기준 구간에서 획득된 토크 잔차 데이터의 평균이고, σ 는 해당 토크 잔차 데이터의 표준편차임.

【0177】 [수학식 1]에서 가중합으로 표현된 부분은 고장 판단 점수 S_i 의 산출 관계를 나타내고, $\theta = \mu + 3\sigma$ 는 고장 임계 값의 산출 관계를 나타내며, $S_i > \theta$ 는 해당

샘플에서 고장 판단 점수가 고장 임계 값을 초과하는 조건을 나타낼 수 있다. 전자 장치(101)는 상기 초과 조건의 충족 여부와 해당 조건이 연속하여 유지된 횟수를 구별하여 관리하고, 기 설정된 요구 연속 샘플 수의 충족 여부를 후속 판정에 이용할 수 있다.

【0179】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추진기별 정격 회전수 데이터가 서로 다른 경우에도 복수의 추진기 회전수 변화 데이터를 동일한 비교 범위 데이터에서 처리할 수 있도록 추진기 회전수 변화 데이터에 상대 변화 처리 데이터 또는 정규화 데이터를 적용할 수 있고, 추진기 회전수 변화 데이터의 방향 데이터를 이용하는 경우 회전수 증가 데이터와 회전수 감소 데이터를 구분할 수 있고, 변화 크기 데이터만을 이용하는 경우 절대값 처리 데이터를 적용할 수 있다.

【0180】 구체적으로, 전자 장치(101)는 각각의 추진기의 현재 추진기 전류 데이터의 수치 값과 기준 추진기 전류 데이터의 수치 값 사이의 차이 데이터에 기반하여 추진기 전류 변화 데이터의 수치 값을 결정할 수 있고, 기준 추진기 전류 데이터를 목표 출력 데이터에 대응하는 예상 추진기 전류 데이터, 이전 시점의 추진기 전류 데이터, 정상 비행 상태 데이터에서 획득된 평균 추진기 전류 데이터, 및 동일한 비행 상태 데이터에서 정상적으로 구동되는 추진기의 추진기 전류 데이터 중 적어도 하나를 산출시킬 수 있다.

【0181】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추진기 전류 변화 데이터에서 스위칭 노이즈 데이터, 순간 피크 데이터, 센서 오프셋 데이터, 및/또는 통신 누락 데이터

를 제거하거나 보정할 수 있고, 보정된 추진기 전류 변화 데이터에 상대 변화 처리 데이터 또는 정규화 데이터를 적용하여 추진기 회전수 변화 데이터와 동일한 비교 범위 데이터에 포함되도록 할 수 있다.

【0182】 구체적으로, 전자 장치(101)는 각각의 추진기에 대응하는 예측 토크 데이터와 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터를 동일한 좌표계 데이터, 토크 단위 데이터, 측정 시각 데이터, 및 샘플 인덱스 데이터에 대응하도록 정렬할 수 있고, 정렬된 예측 토크 데이터의 수치 값과 측정 토크 데이터의 수치 값 사이의 차이에 절대값 처리 데이터 또는 벡터 노름 처리 데이터를 적용하여 토크 잔차 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다.

【0183】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터가 서로 다른 단위 데이터와 분포 범위 데이터를 가지는 것에 대응하여 각 데이터에 개별 정규화 기준 데이터를 적용할 수 있고, 정규화된 각각의 데이터가 동일한 최소 비교 데이터와 최대 비교 데이터 사이에 포함되도록 변환할 수 있다.

【0184】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정상 비행 상태 데이터에서 획득된 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터 각각의 분산 데이터에 기반하여 제1 가중치 데이터, 제2 가중치 데이터, 및 제3 가중치 데이터를 결정할 수 있고, 정상 비행 상태 데이터에서 분산 데이터의 수치 값이 상대적으로 작은 데이터에 상대적으로 큰 가중치 데이터를 적용할 수 있으며, 분산 데이터의 수치 값이 상대적으로 큰 데이터에 상대적으로 작은 가중치 데이터를 적

용할 수 있다.

【0185】 구체적으로, 전자 장치(101)는 각 분산 데이터의 역수 데이터에 기반하여 복수의 가중치 데이터의 초기 수치 값을 결정할 수 있고, 복수의 가중치 데이터의 합계 데이터가 기 설정된 기준 데이터에 대응하도록 복수의 가중치 데이터를 정규화할 수 있으며, 센서 신뢰도 데이터, 데이터 유효성 데이터, 인공지능 모델의 출력 신뢰도 데이터, 및 비행 모드 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 복수의 가중치 데이터를 조정할 수 있다.

【0186】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정규화된 추진기 회전수 변화 데이터에 제1 가중치 데이터를 적용할 수 있고, 정규화된 추진기 전류 변화 데이터에 제2 가중치 데이터를 적용할 수 있으며, 정규화된 토크 잔차 데이터에 제3 가중치 데이터를 적용할 수 있고, 복수의 가중 결과 데이터의 수치 값을 합산하여 각각의 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다.

【0187】 구체적으로, 전자 장치(101)는 복수의 추진기 각각에 대하여 동일한 데이터 처리 동작을 수행하여 복수의 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 결정할 수 있고, 복수의 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 추진기 식별 데이터, 측정 시각 데이터, 및 샘플 인덱스 데이터에 대응하도록 배열하여 전체 추진기 상태 데이터의 판단에 이용할 수 있다.

【0188】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 고장 판단 점수 데이터가 해당 고장 임계 값을 초과한 연속 초과 횟수가 기 설정된 요구 연속 샘플 수 이상인 것에 기반하여 적어도 하나의 추진기의 고장

여부를 결정할 수 있다.

【0189】 구체적으로, 전자 장치(101)는 복수의 추진기 각각에 대응하는 고장 판단 점수 데이터의 수치 값과 제1 고장 임계 값의 수치 값을 샘플 인덱스 데이터마다 비교할 수 있고, 복수의 추진기별 고장 판단 점수 데이터가 모두 제1 고장 임계 값 이하인 경우, 전체 추진기가 정상 상태 데이터에 포함되는 것으로 결정할 수 있다.

【0190】 구체적으로, 전자 장치(101)는 각 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값을 초과하는 경우, 해당 추진기에 대응하는 연속 초과 횟수를 증가시킬 수 있다. 전자 장치(101)는 해당 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값 이하인 경우, 해당 추진기에 대응하는 연속 초과 횟수를 0으로 초기화할 수 있다. 전자 장치(101)는 동일한 추진기에 대한 연속 초과 횟수가 기 설정된 요구 연속 샘플 수 이상인 경우, 해당 추진기에 제1 고장 임계 값에 따른 이상 징후가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

【0191】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값을 기 설정된 연속 샘플 수 데이터 이상 연속하여 초과하는 경우, 전체 추진기가 모두 정상 상태 데이터에 포함되는 것은 아닌 것으로 결정할 수 있고, 적어도 하나의 추진기에 이상 상태 데이터가 발생한 것으로 판단할 수 있으며, 비정상 판정 데이터, 임계 초과 시각 데이터, 연속 샘플 수 데이터, 및 후보 추진기 식별 데이터 중 적어도 하나를 생성할 수 있다.

【0192】 구체적으로, 전자 장치(101)는 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장

임계 값을 초과하였으나 연속 초과 횟수가 기 설정된 요구 연속 샘플 수에 도달하지 않은 경우, 해당 추진기의 상태를 판정 대기 상태로 유지할 수 있다. 전자 장치(101)는 판정 대기 상태에서 후속 샘플에 대한 비교를 계속 수행하고, 요구 연속 샘플 수가 충족되면 제1 고장 임계 값에 따른 이상 징후를 확인할 수 있다. 요구 연속 샘플 수가 충족되기 전에 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값 이하로 변경되면 연속 초과 횟수를 초기화할 수 있다. 요구 연속 샘플 수가 충족되지 않았다는 사정만으로 해당 추진기가 정상 상태이거나 일시적 부하 변화만이 발생한 것으로 확정하지 않을 수 있다.

【0193】 307 동작에서, 전자 장치(101)는 전체 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 각각 제1 고장 임계 값 이하인 경우, 제1 고장 임계 값에 따른 이상 징후가 검출되지 않은 것으로 판단할 수 있다.

【0194】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 복수의 추진기 각각에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터가 1.20%~3.80%로 산출될 수 있고, 추진기 전류 변화 데이터가 1.50%~4.20%로 산출될 수 있으며, 정규화된 토크 잔차 데이터가 0.08~0.18로 산출될 수 있고, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터에 각각 대응하는 가중치 데이터가 적용된 추진기별 고장 판단 점수 데이터가 0.18~0.34로 산출될 수 있으며, 전체 추진기의 고장 판단 점수 데이터 중 최대 수치 데이터가 0.29~0.34로 산출될 수 있고, 제1 고장 임계 값의 연속 초과 횟수가 0으로 유지되는 경우, 제1 고장 임계 값 데이터(예: 고장 판단 점수 데이터와 대응되는 제1 고장 임계 값 0.42~0.48 및 요구 연속 샘플 수 데이터

5~10)와 비교한 결과, 추진기별 고장 판단 점수 데이터의 상한 데이터 및 전체 추진기의 최대 수치 데이터의 상한 데이터가 제1 고장 임계 값의 하한 데이터를 초과하지 않은 것으로 판단할 수 있고, 추진기별 고장 판단 점수 데이터가 모두 제1 고장 임계 값 이하로 유지되므로, 제1 고장 임계 값에 따른 이상 징후가 검출되지 않은 것으로 판단할 수 있다.

【0195】 또한, 전자 장치(101)는, 전체 추진기에서 적어도 하나의 제1 추진기가 발생되기 전까지 지속적으로 구동되거나 또는 안전하게 최종 목적지에 도착할 때까지 301 동작으로 돌아가서 반복 수행할 수 있다.

【0196】 설명을 위한 일 실시예에서, 제1 고장 임계 값이 0.45이고 요구 연속 샘플 수가 5로 설정된 경우를 가정할 수 있다. 어느 하나의 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 3개의 연속 샘플에서 각각 0.50으로 산출된 경우, 전자 장치(101)는 해당 추진기의 점수가 제1 고장 임계 값을 초과하였으나 요구 연속 샘플 수에는 도달하지 않은 것으로 판단할 수 있다. 이 경우 전자 장치(101)는 해당 추진기를 판정 대기 상태로 유지하고 후속 샘플을 획득할 수 있다. 이후에도 임계 값 초과 상태가 지속되어 연속 초과 횟수가 5에 도달하면 제1 고장 임계 값에 따른 이상 징후를 확인할 수 있고, 그 이전에 점수가 제1 고장 임계 값 이하로 변경되면 연속 초과 횟수를 초기화할 수 있다. 상기 수치들은 판정 절차를 설명하기 위한 예시값이다.

【0197】 한편, 305 동작에서 제1 고장 임계 값에 따른 이상 징후가 확인된 경우, 309 동작에서 전자 장치(101)는 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 각각에

대응하는 제2 고장 임계 값과 비교하여 추진기별 고장 여부를 판단할 수 있다.

【0198】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 복수의 추진기 각각에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터가 4.80%~7.60%로 산출될 수 있고, 추진기 전류 변화 데이터가 5.20%~8.90%로 산출될 수 있으며, 정규화된 토크 잔차 데이터가 0.24~0.35로 산출될 수 있고, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 토크 잔차 데이터에 각각 대응하는 가중치 데이터가 적용된 추진기별 고장 판단 점수 데이터가 0.46~0.55로 산출될 수 있으며, 복수의 추진기별 고장 판단 점수 데이터 중 가장 큰 수치 값에 대응하는 통합 고장 판단 점수 데이터가 0.51~0.55로 산출될 수 있고, 제1 고장 임계 값(예: 초과 상태가 유지된 연속 샘플 수 데이터가 10~14, 제1 고장 임계 값 데이터: 0.40~0.44 및 요구 연속 샘플 수 데이터: 5~10)과 비교한 결과, 통합 고장 판단 점수 데이터의 하한 데이터가 제1 고장 임계 값 데이터의 상한 데이터를 초과한 것으로 판단할 수 있으며, 연속 샘플 수 데이터의 하한 데이터가 요구 연속 샘플 수 데이터의 상한 데이터 이상인 것에 기반하여 제1 고장 임계 값에 따른 비정상 판단 조건이 충족된 것으로 판단할 수 있고, 전체 추진기가 정상 상태 데이터에 포함되지 않은 것으로 판단할 수 있고, 복수의 추진기 중 적어도 하나에 고장 가능성 데이터가 발생한 것으로 결정할 수 있다. 또한, 전자 장치(101)는 판단 결과 데이터를 비정상 상태 데이터로 결정할 수 있고, 복수의 추진기 각각에 제2 고장 임계 값을 적용하기 위한 추진기 구별 동작을 수행할 수 있다.

【0199】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 복수의 추진기 중

어느 하나의 추진기에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터가 5.10%~8.20%로 산출될 수 있고, 추진기 전류 변화 데이터가 5.80%~9.50%로 산출될 수 있으며, 정규화된 토크 잔차 데이터가 0.28~0.39로 산출될 수 있고, 어느 하나의 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 0.48~0.57로 산출될 수 있으며, 나머지 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 0.18~0.36으로 산출될 수 있고, 제1 고장 임계 값의 초과 상태가 유지된 연속 샘플 수 데이터가 10~13으로 산출되는 경우, 제1 고장 임계 값(예: 제1 고장 임계 값 데이터: 0.41~0.46 및 요구 연속 샘플 수 데이터: 5~10)와 비교할 수 있고, 나머지 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터가 제1 고장 임계 값 데이터를 초과하지 않더라도, 어느 하나의 추진기에 대응하는 고장 판단 점수 데이터의 하한 데이터가 제1 고장 임계 값 데이터의 상한 데이터를 초과한 것으로 판단할 수 있고, 연속 샘플 수 데이터가 요구 연속 샘플 수 데이터 이상 유지된 것에 기반하여 전체 추진기 중 적어도 하나에 이상 징후가 존재하는 것으로 판단할 수 있으며, 제1 고장 임계 값에 따른 판단 단계에서 특정 추진기를 최종적으로 고장 추진기로 확정하지 않을 수 있고, 복수의 추진기 중 적어도 하나의 추진기에 이상 상태 데이터가 존재하는 것으로 판단한 판단 결과 데이터를 결정할 수 있다.

【0200】 또한, 전자 장치(101)는, 추진기별 고장 판단 점수 데이터가 각각에 대응하는 제2 고장 임계 값을 초과하는지 여부를 판단할 수 있다.

【0201】 또 다른 일 실시예에 따르면, 제2 고장 임계 값은 제1 고장 임계 값에 따른 제1 판단 결과 데이터가 비정상 상태 데이터로 결정된 경우, 복수의 추진

기 각각에 대응하는 고장 판단 점수 데이터를 개별적으로 비교하여 고장이 발생한 적어도 하나의 제1 추진기와 정상 상태로 구동되는 적어도 하나의 제2 추진기를 구별하기 위한 추진기별 기준 데이터로 구성될 수 있다.

【0202】 구체적으로, 전자 장치(101)는 정상 비행 상태 데이터에서 추진기별로 획득된 고장 판단 점수 데이터의 평균 데이터, 표준편차 데이터, 분포 상한 데이터, 및 유효 샘플 수 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 제2 고장 임계 값의 수치 값을 결정할 수 있고, 추진기 고장 시험 데이터에서 획득된 고장 판단 점수 데이터의 분포 하한 데이터와 정상 비행 상태 데이터에서 획득된 고장 판단 점수 데이터의 분포 상한 데이터 사이에 대응하는 경계 데이터를 제2 고장 임계 값으로 결정할 수 있다.

【0203】 또한, 전자 장치(101)는 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 추진기 정격 데이터, 및 추진기 회전 방향 데이터 중 적어도 하나에 따라 추진기별로 서로 다른 제2 고장 임계 값을 설정할 수 있다.

【0204】 구체적으로, 전자 장치(101)는, 동일한 비행 상태 데이터에서도 상부 추진기와 하부 추진기의 정상 고장 판단 점수 분포 데이터가 서로 다른 경우, 전자 장치(101)는 상부 추진기용 제2 고장 임계 값 데이터와 하부 추진기용 제2 고장 임계 값 데이터를 개별적으로 결정할 수 있다.

【0205】 또한, 제2 고장 임계 값은 제1 고장 임계 값과 독립적으로 설정될 수 있고, 제1 고장 임계 값보다 높은 수치 데이터로 설정될 수 있으며, 전자 장치(101)는 제1 고장 임계 값을 이용하여 전체 추진기의 비정상 가능성 데이터를 우선

적으로 검출할 수 있고, 제2 고장 임계 값을 이용하여 일시적 변동 데이터와 실제 추진기 고장 데이터를 구별할 수 있다.

【0206】 311 동작에서, 전자 장치(101)는 특정 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 해당 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값을 기 설정된 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 경우, 해당 추진기를 고장 상태인 제1 추진기로 결정할 수 있다.

【0207】 설명을 위한 일 실시예에서, 특정 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값이 0.60이고 요구 연속 샘플 수가 5로 설정된 경우를 가정할 수 있다. 해당 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 평가 대상인 5개의 연속 샘플에서 각각 0.72, 0.74, 0.76, 0.73 및 0.75로 산출된 경우, 전자 장치(101)는 모든 샘플의 점수가 제2 고장 임계 값을 초과하고 연속 초과 횟수가 요구 연속 샘플 수에 도달한 것으로 판단할 수 있다. 이에 따라 전자 장치(101)는 해당 추진기를 고장 상태인 제1 추진기로 결정하고, 해당 추진기의 식별자와 추진기 배치 매핑 데이터를 이용하여 암 인덱스 데이터 및 동축 위치 데이터를 결정할 수 있다. 상기 수치들은 고장 판정 절차를 설명하기 위한 예시값이다.

【0208】 또 다른 일 실시예에 따르면, 고장 위치 데이터는, 적어도 하나의 암 인덱스 데이터와, 상부 위치 데이터 또는 하부 위치 데이터 중 어느 하나의 동축 위치 데이터가 조합된 적어도 하나의 고장 케이스 데이터 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

【0209】 또한, 고장 위치 데이터는 고장 상태 데이터로 판별된 적어도 하나

의 제1 추진기에 대응하는 제1 추진기 암 인덱스 데이터 및 제1 추진기 동축 위치 데이터와, 정상 상태 데이터로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대응하는 제2 추진기 암 인덱스 데이터 및 제2 추진기 동축 위치 데이터와, 제1 추진기 고장 케이스 데이터, 및 제2 추진기 고장 대응 케이스 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0210】 구체적으로, 제1 추진기 암 인덱스 데이터는 적어도 하나의 비행체 (200)에 포함된 복수의 암 중 고장 상태 데이터로 판별된 적어도 하나의 제1 추진기가 배치된 암을 식별하는 데이터가 될 수 있고, 기체 중심 기준 좌표 데이터, 전방 방향 데이터, 후방 방향 데이터, 좌측 방향 데이터, 우측 방향 데이터, 및 암 위치 좌표 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 결정될 수 있다.

【0211】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 추진기 식별 데이터와 메모리에 저장된 추진기 배치 매핑 데이터를 비교하여 제1 추진기 암 인덱스 데이터를 결정할 수 있다.

【0212】 구체적으로, 제1 추진기 동축 위치 데이터는 동일한 암에 동축으로 배치된 복수의 추진기 중 제1 추진기가 상부 위치 데이터 또는 하부 위치 데이터 중 어느 하나에 대응하는지를 나타내는 데이터가 될 수 있고, 상부 위치 데이터, 하부 위치 데이터, 추진기 높이 데이터, 추진기 회전축 데이터, 및 추진기 회전 방향 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0213】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 추진기 식별 데이터와 추진기 배치 매핑 데이터에 기반하여 제1 추진기 동축 위치 데이터를 결정할 수 있다.

【0214】 구체적으로, 제2 추진기 암 인덱스 데이터는 복수의 추진기 중 정상 상태 데이터로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기가 배치된 암을 식별하는 데이터가 될 수 있고, 제1 추진기와 동일한 암에 대응하는 동일 암 관계 데이터, 제1 추진기의 반대 방향에 대응하는 반대 방향 관계 데이터, 제1 추진기의 대각 방향에 대응하는 대각 방향 관계 데이터, 및 제1 추진기와 인접한 암에 대응하는 인접 관계 데이터 중 적어도 하나와 매칭될 수 있다.

【0215】 구체적으로, 제2 추진기 동축 위치 데이터는 정상 상태 데이터로 판별된 제2 추진기가 상부 위치 데이터 또는 하부 위치 데이터 중 어느 하나에 대응하는지를 나타내는 데이터가 될 수 있고, 제1 추진기와 동일한 회전축 데이터에 배치된 동축 쌍 데이터, 제1 추진기와 다른 회전축 데이터에 배치된 비동축 관계 데이터, 제2 추진기 회전 방향 데이터, 및 제2 추진기 가용 출력 데이터 중 적어도 하나와 결합될 수 있다.

【0216】 또한, 전자 장치(101)는 제2 추진기 암 인덱스 데이터 및 제2 추진기 동축 위치 데이터에 기반하여 제1 추진기의 고장에 대한 보정 제어에 이용될 제2 추진기를 구별할 수 있다.

【0217】 구체적으로, 제1 추진기 고장 케이스 데이터는 제1 추진기 암 인덱스 데이터와 제1 추진기 동축 위치 데이터의 조합에 기반하여 고장 상태의 제1 추진기가 배치된 위치를 나타내는 데이터가 될 수 있고, 제1 추진기 식별 데이터, 제1 추진기 암 위치 데이터, 제1 추진기 동축 위치 데이터, 제1 추진기 회전 방향 데이터, 제1 추진기 고장 판정 시각 데이터, 및 제1 추진기 출력 저하 데이터 중 적

어도 하나를 포함할 수 있으며, 별도의 순번 데이터로 구분되지 않을 수 있으며, 제1 추진기 압 인덱스 데이터와 제1 추진기 동축 위치 데이터의 조합 데이터 자체에 의해 식별될 수 있다.

【0218】 또한, 전자 장치(101)는, 제1 추진기가 전방 좌측 압 데이터 및 상부 위치 데이터에 대응하는 경우, 전자 장치(101)는 전방 좌측 압 데이터와 상부 위치 데이터가 조합된 데이터를 제1 추진기 고장 케이스 데이터로 결정할 수 있고, 제1 추진기가 후방 우측 압 데이터 및 하부 위치 데이터에 대응하는 경우, 전자 장치(101)는 후방 우측 압 데이터와 하부 위치 데이터가 조합된 데이터를 제1 추진기 고장 케이스 데이터로 결정할 수 있다.

【0219】 구체적으로, 제2 추진기 고장 대응 케이스 데이터는 제1 추진기 고장 케이스 데이터에 대응하여 정상 상태 데이터로 판별된 제2 추진기 각각에 할당되는 보정 역할 데이터를 나타낼 수 있고, 제2 추진기 식별 데이터, 제2 추진기 압 인덱스 데이터, 제2 추진기 동축 위치 데이터, 제1 추진기와 제2 추진기 사이의 상대 위치 데이터, 추력 보상 역할 데이터, 대각 보상 역할 데이터, 및 자세 보정 역할 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 별도의 순번 데이터로 구분되지 않을 수 있으며, 제1 추진기 고장 케이스 데이터와 제2 추진기의 상대 위치 데이터의 조합에 의해 식별될 수 있다.

【0220】 또한, 제1 추진기의 대각 방향에 배치된 제2 추진기는 대각 보상 역할 데이터가 할당된 제2 추진기 고장 대응 케이스 데이터에 포함될 수 있고, 제1 추진기와 동일한 압에서 정상 상태 데이터로 판별된 제2 추진기는 동축 추력 보상

역할 데이터가 할당된 제2 추진기 고장 대응 케이스 데이터에 포함될 수 있다.(도 7 참조)

【0221】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기 압 인덱스 데이터, 제1 추진기 동축 위치 데이터, 제2 추진기 압 인덱스 데이터, 및 제2 추진기 동축 위치 데이터를 고장 대응 매핑 데이터에 적용할 수 있고, 고장 대응 매핑 데이터에 기반하여 제1 추진기 고장 케이스 데이터와 복수의 제2 추진기 고장 대응 케이스 데이터를 결정할 수 있고, 각 데이터에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터, 추력 재분배 명령 데이터, 및 대각 보상 명령 데이터 중 적어도 하나를 선택할 수 있다. 이에 대한 구체적인 내용은 315 동작에서 후술될 수 있다.

【0222】 또한, 고장 위치 데이터는 제1 추진기의 고장 위치 데이터만을 나타내는 데이터로 한정되지 않을 수 있으며, 제1 추진기의 고장 위치 데이터와 복수의 제2 추진기의 정상 위치 데이터 사이의 대응 관계 데이터를 포함할 수 있다.

【0223】 또한, 전자 장치(101)는 고장 위치 데이터에 기반하여 고장 상태의 제1 추진기와 정상 상태의 제2 추진기를 구별할 수 있고, 복수의 제2 추진기 각각에 적용될 보정 제어 데이터를 결정할 수 있다.

【0224】 한편, 309 동작에서, 전자 장치(101)(예: 도 2의 프로세서(120))는, 해당 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 제2 고장 임계 값 이하인 것으로 판단하면, 313 동작에서, 전자 장치(101)는 제2 고장 임계 값에 따른 추진기별 판단 결과에 기초하여, 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값 이하이고 정상 상태로 판별된 추진기를 제2 추진기로 결정할 수 있다.

【0225】 설명을 위한 일 실시예에서, 어느 하나의 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값이 0.60으로 설정되고, 해당 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 평가 구간에서 0.20 내지 0.30으로 유지되는 경우를 가정할 수 있다. 전자 장치(101)는 해당 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 제2 고장 임계 값 이하로 유지되는 것에 기반하여 해당 추진기를 정상 상태인 제2 추진기로 결정할 수 있다. 다만, 고장 판단 점수 데이터가 제2 고장 임계 값을 초과한 상태에서 요구 연속 샘플 수에 도달하지 않은 추진기는 고장 판정이 아직 확정되지 않은 추진기와 정상 상태로 판별된 추진기를 구별하여 관리할 수 있다. 상기 수치들은 정상 추진기의 판정 절차를 설명하기 위한 예시값이다.

【0226】 315 동작에서, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 정상 상태로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정할 수 있다.

【0228】 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른, 전자 장치가 비행체의 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 산출하고, 이를 비행체에 적용하는 구체적인 예시도이다.

【0229】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 도 7에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 제1 추진기에 대응하는 압 인덱스 데이터 및 동축 위치 데이터에 기반하여, 적어도 하나의 고장 케이스 데이터 중 어느 하나에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 선택할 수 있다.

【0230】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 제1 추진기에 대응하는 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 및 동축 위치 데이터가 동일한 제1 추진기를 지시하는지 여부를 판단할 수 있고, 각각의 데이터가 서로 일치하는 경우 암 인덱스 데이터와 동축 위치 데이터를 하나의 고장 위치 키 데이터로 결합할 수 있으며, 각각의 데이터가 서로 일치하지 않는 경우 추진기 배치 매핑 데이터에 기반하여 암 인덱스 데이터 또는 동축 위치 데이터를 보정할 수 있다.

【0231】 구체적으로, 전자 장치(101)는 고장 위치 키 데이터를 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에 기 저장된 고장 케이스 매핑 데이터와 비교할 수 있고, 고장 위치 키 데이터에 포함된 암 인덱스 데이터 및 동축 위치 데이터가 고장 케이스 매핑 데이터에 포함된 대응 데이터와 일치하는 경우, 일치하는 데이터를 적어도 하나의 제1 추진기에 대응하는 고장 케이스 데이터로 결정할 수 있다.

【0232】 구체적으로, 전자 장치(101)는 결정된 고장 케이스 데이터와 매칭된 복수의 후보 비대칭 PID 이득 데이터를 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에서 식별할 수 있고, 복수의 후보 비대칭 PID 이득 데이터를 동일한 고장 위치 데이터에 대응하면서 서로 다른 비행 상태 데이터 또는 제어 조건 데이터에 따라 구분되어 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에 저장시킬 수 있다.

【0233】 구체적으로, 전자 장치(101)는 현재 획득된 기체 자세 응답 데이터와 적어도 하나의 제2 추진기에 대응하는 현재 구동 데이터를 이용하여 후보 비대칭 PID 이득 데이터 각각에 대한 제어 응답 예측 데이터를 결정할 수 있고, 후보 비대칭 PID 이득 데이터가 적용되는 경우에 예상되는 자세 변화 데이터, 제어 오차

변화 데이터, 및 제어 수렴 데이터 중 적어도 하나를 결정할 수 있다.

【0234】 구체적으로, 전자 장치(101)는 후보 비대칭 PID 이득 데이터별 제어 응답 예측 데이터를 기 설정된 평가 기준 데이터와 비교할 수 있으며, 제어 응답 예측 데이터가 기 설정된 허용 범위 데이터에 포함될 수 있고, 제어 오차 데이터가 감소할 수 있으며, 제어 수렴 데이터가 기 설정된 수렴 기준 데이터를 충족하는 후보 비대칭 PID 이득 데이터를 선택할 수 있다.

【0235】 구체적으로, 전자 장치(101)는 복수의 후보 비대칭 PID 이득 데이터가 평가 기준 데이터를 충족하는 경우, 복수의 후보 비대칭 PID 이득 데이터 각각에 대응하는 평가 데이터의 우선순위를 결정할 수 있고, 평가 데이터의 수치 값이 기 설정된 선택 기준 데이터에 가장 근접하는 후보 비대칭 PID 이득 데이터를 최종 비대칭 PID 이득 데이터로 선택할 수 있다.

【0236】 구체적으로, 전자 장치(101)는 고장 위치 키 데이터와 정확하게 일치하는 고장 케이스 데이터가 존재하지 않는 경우, 압 인덱스 데이터의 일치도 데이터, 동축 위치 데이터의 일치도 데이터, 및 추진기 배치 관계 데이터에 기반하여 가장 유사한 고장 케이스 데이터를 결정할 수 있고, 가장 유사한 고장 케이스 데이터와 매칭된 비대칭 PID 이득 데이터에 보정 데이터 또는 스케일 조정 데이터를 적용하여 최종 비대칭 PID 이득 데이터를 결정할 수 있다.

【0237】 구체적으로, 전자 장치(101)는 선택된 비대칭 PID 이득 데이터의 수치 데이터가 기 설정된 최소 허용 데이터와 최대 허용 데이터 사이에 포함되는지 여부를 판단할 수 있고, 비대칭 PID 이득 데이터의 수치 데이터가 허용 범위 데이

터를 벗어나는 경우, 대응하는 수치 데이터를 최소 허용 데이터 또는 최대 허용 데이터로 제한할 수 있다.

【0238】 구체적으로, 전자 장치(101)는 선택된 비대칭 PID 이득 데이터를 적어도 하나의 제1 추진기의 고장 케이스 데이터와 매칭하여 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에 저장할 수 있고, 선택된 비대칭 PID 이득 데이터를 후속 제어 주기에 적용하기 위한 제어 기준 데이터로 설정할 수 있다.

【0239】 또 다른 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는, 도 7에 도시된 바와 같이, 비대칭 PID 이득 데이터에 기반하여 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추진기별 목표 회전수 데이터, 추진기별 목표 추력 데이터, 및 추진기별 목표 출력 데이터를 포함하는 추력 재분배 명령 데이터를 결정할 수 있다.

【0240】 비대칭 PID 이득 데이터는 제어 오차의 현재 값, 누적 값 및 변화량에 적용되는 비례 이득, 적분 이득 및 미분 이득을 포함할 수 있다. 추력 분담 데이터는 비대칭 PID 이득 데이터가 적용되어 결정된 보정 제어량을 정상 상태의 제2 추진기들에 분배하기 위한 데이터이며, 비대칭 PID 이득 데이터와 구별될 수 있다. 전자 장치(101)는 고장 케이스에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 이용하여 보정 제어량을 결정하고, 각 제2 추진기의 배치 위치, 회전 방향 및 가용 출력에 대응하는 추력 분담 데이터를 이용하여 추진기별 목표 추력을 결정할 수 있다.

【0241】 구체적으로, 전자 장치(101)는 목표 제어 데이터와 현재 기체 자세 응답 데이터 사이의 차이에 기반하여 제어 오차 데이터를 결정하고, 결정된 제어 오차 데이터에 선택된 비대칭 PID 이득 데이터를 적용하여 보정 제어량 데이터를

결정할 수 있다. 목표 제어 데이터와 현재 기체 자세 응답 데이터 사이의 차이 데이터에 기반하여 적어도 하나의 제1 추진기의 고장으로 인해 보상되어야 하는 제어량 데이터를 결정할 수 있다.

【0242】 구체적으로, 전자 장치(101)는 제어 오차 데이터의 현재 수치 데이터, 일정 시간 동안 누적된 수치 데이터, 및 시간에 따른 변화 수치 데이터에 선택된 비대칭 PID 이득 데이터를 각각 적용할 수 있고, 비대칭 PID 이득 데이터가 적용된 결과 데이터를 결합하여 적어도 하나의 비행체(200)의 자세와 방위 방향을 보정하기 위한 보정 제어량 데이터를 결정할 수 있다.

【0243】 구체적으로, 전자 장치(101)는 복수의 추진기 중 적어도 하나의 제1 추진기를 추력 재분배 대상 데이터에서 제외할 수 있고, 정상 상태로 결정된 적어도 하나의 제2 추진기를 추력 재분배 대상 데이터로 설정할 수 있으며, 적어도 하나의 제2 추진기 각각에 대응하는 현재 출력 데이터, 가용 출력 데이터, 및 제어 기여도 데이터를 이용하여 적어도 하나의 제2 추진기별 추력 분담 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다.

【0244】 구체적으로, 전자 장치(101)는 보정 제어량 데이터를 적어도 하나의 제2 추진기 각각의 추력 분담 데이터에 따라 분배할 수 있고, 적어도 하나의 제1 추진기와의 상대 위치 데이터, 적어도 하나의 제2 추진기의 배치 데이터, 및 적어도 하나의 제2 추진기의 구동 방향 데이터에 기반하여 각각의 제2 추진기에 적용될 추력 증감 데이터의 수치 값을 결정할 수 있다.

【0245】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 제2 추진기별 현재 구

동 데이터에 추력 증감 데이터를 적용하여 추진기별 목표 회전수 데이터, 추진기별 목표 추력 데이터, 및 추진기별 목표 출력 데이터를 결정할 수 있고, 복수의 제2 추진기에 대응하는 목표 추력 데이터의 합계가 비행체의 중량 및 현재 비행 상태에 대응하는 요구 추력에 도달하도록 추진기별 목표 추력을 조정할 수 있다. 전자 장치(101)는 조정된 추진기별 목표 추력과 각 추진기의 구동 특성에 기반하여 추진기별 목표 회전수 및 목표 출력을 결정할 수 있다.

【0246】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 제2 추진기에 대응하는 목표 데이터가 기 설정된 구동 상한 데이터, 구동 하한 데이터, 변화율 제한 데이터, 및 가용 출력 제한 데이터 중 적어도 하나를 충족하는지 여부를 판단할 수 있고, 목표 데이터가 대응하는 제한 데이터를 벗어나는 경우 목표 데이터의 수치값을 제한 데이터에 따라 보정할 수 있다.

【0247】 구체적으로, 전자 장치(101)는 어느 하나의 제2 추진기의 목표 데이터가 구동 상한 데이터에 도달하여 추가적인 추력 데이터가 적용될 수 없는 경우, 적용되지 못한 잔여 추력 데이터를 나머지 제2 추진기에 재분배할 수 있고, 나머지 제2 추진기의 가용 출력 데이터에 따라 잔여 추력 데이터의 분배 비율 데이터를 다시 결정할 수 있다.

【0248】 구체적으로, 전자 장치(101)는 재분배된 목표 데이터가 적어도 하나의 비행체(200)의 목표 자세 데이터, 목표 방위 방향 데이터, 및 목표 고도 데이터에 대응하는 제어 결과 데이터를 생성하는지 여부를 예측할 수 있고, 예측된 제어 결과 데이터가 기 설정된 허용 오차 데이터에 포함되지 않는 경우, 비대칭 PID 이

득 데이터의 적용 결과 데이터 또는 추력 분담 데이터의 수치 값을 조정하여 추력 재분배 과정을 반복할 수 있다.

【0249】 구체적으로, 전자 장치(101)는 예측된 제어 결과 데이터가 기 설정된 허용 오차 데이터에 포함되는 경우, 적어도 하나의 제2 추진기 각각에 대응하는 목표 데이터를 추력 재분배 명령 데이터로 확정할 수 있고, 확정된 추력 재분배 명령 데이터를 추진기 식별 데이터, 고장 케이스 데이터, 제어 시각 데이터, 및 제어 주기 데이터와 매칭하여 적어도 하나의 비행체(200)에 제공할 수 있다.

【0251】 또 다른 일 실시예에 따르면, 추력 재분배 명령 데이터는, 정상 추진기 식별 데이터, 추진기별 목표 회전수 데이터, 추진기별 목표 추력 데이터, 추진기별 목표 출력 데이터, 롤 PID 이득 데이터, 피치 PID 이득 데이터, 요 PID 이득 데이터, 및 착륙 하강률 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0252】 구체적으로, 정상 추진기 식별 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)에 포함된 복수의 추진기 중 정상 상태로 결정된 적어도 하나의 제2 추진기를 구별하기 위한 데이터가 될 수 있고, 제2 추진기의 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 회전 방향 데이터, 현재 구동 상태 데이터, 및 가용 출력 데이터 중 적어도 하나와 매칭될 수 있다.

【0253】 또한, 전자 장치(101)는 제2 고장 임계 값에 따른 판단 결과 데이터와 추진기 배치 매핑 데이터를 비교하여 적어도 하나의 제2 추진기에 대응하는 정상 추진기 식별 데이터를 결정할 수 있고, 정상 추진기 식별 데이터에 기반하여 추

력 증가 데이터가 적용될 제2 추진기, 추력 감소 데이터가 적용될 제2 추진기, 및 현재 출력 데이터가 유지될 제2 추진기를 구별할 수 있다.

【0254】 구체적으로, 추진기별 목표 회전수 데이터는 적어도 하나의 제1 추진기의 고장으로 감소한 추력 데이터와 토크 데이터 중 적어도 하나를 보상하기 위하여 적어도 하나의 제2 추진기 각각에 설정되는 목표 회전 상태 데이터가 될 수 있다.

【0255】 또한, 전자 장치(101)는 제2 추진기의 현재 회전수 데이터, 기준 회전수 데이터, 가용 회전수 데이터, 및 회전수 변화 제한 데이터에 기반하여 추진기별 목표 회전수 데이터를 결정할 수 있고, 적어도 하나의 제1 추진기와 제2 추진기 사이의 상대 위치 데이터, 제2 추진기의 회전 방향 데이터, 및 제2 추진기의 보정 기여도 데이터에 따라 추진기별 목표 회전수 데이터를 서로 다르게 결정할 수 있다.

【0256】 또한, 전자 장치(101)는 추진기별 목표 회전수 데이터가 현재 회전수 데이터로부터 급격하게 변경되지 않도록 기 설정된 회전수 증가율 데이터 또는 회전수 감소율 데이터를 적용할 수 있고, 어느 하나의 제2 추진기에 대응하는 목표 회전수 데이터가 가용 회전수 데이터의 상한 데이터에 도달하는 경우, 해당 제2 추진기의 회전수 제한으로 인하여 달성되지 못한 목표 추력에 대응하는 미달 추력 데이터를 결정하고, 미달 추력 데이터를 나머지 제2 추진기에 재분배한 후, 재분배된 목표 추력에 대응하는 각 제2 추진기의 목표 회전수를 결정할 수 있다.

【0257】 구체적으로, 추진기별 목표 추력 데이터는 적어도 하나의 비행체

(200)의 중량 데이터, 현재 자세 데이터, 목표 자세 데이터, 비행 상태 데이터, 및 제1 추진기의 손실 추력 데이터에 기반하여 제2 추진기 각각에 할당되는 목표 추력 데이터가 될 수 있다.

【0258】 또한, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)의 전체 요구 추력 데이터에서 정상 상태로 유지되는 현재 추력 데이터를 차감하여 추가 보상 추력 데이터를 결정할 수 있고, 추가 보상 추력 데이터를 복수의 제2 추진기에 분배할 수 있다.

【0259】 또한, 전자 장치(101)는 제2 추진기의 암 위치 데이터, 동축 위치 데이터, 회전 방향 데이터, 및 기체 중심 데이터에 대한 모멘트 암 데이터에 기반하여 추진기별 목표 추력 데이터의 분배 비율 데이터를 결정할 수 있고, 추진기별 목표 추력 데이터의 합계 데이터가 적어도 하나의 비행체(200)의 고도 유지 또는 하강 제어에 필요한 전체 추력 데이터에 대응하도록 각각의 목표 추력 데이터를 조정할 수 있다.

【0260】 구체적으로, 추진기별 목표 출력 데이터는 추진기별 목표 회전수 데이터 및 추진기별 목표 추력 데이터에 대응하여 적어도 하나의 제2 추진기에 제공되는 구동 명령 데이터가 될 수 있다.

【0261】 또한, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 제2 추진기 각각에 대응하는 구동 특성 데이터, 추진기 효율 데이터, 전자식 속도 제어기 데이터, 및 배터리 가용 출력 데이터에 기반하여 추진기별 목표 출력 데이터를 결정할 수 있다.

【0262】 또한, 전자 장치(101)는 추진기별 목표 출력 데이터가 제2 추진기의

최소 구동 출력 데이터와 최대 가용 출력 데이터 사이에 포함되도록 제한할 수 있고, 배터리의 가용 출력 데이터가 감소하거나 적어도 하나의 제2 추진기의 출력 포화 데이터가 발생하는 경우, 복수의 제2 추진기에 대한 목표 출력 데이터의 분배 비율 데이터를 다시 결정할 수 있으며, 추진기별 목표 출력 데이터의 변화가 기 설정된 출력 변화율 데이터 이내에서 수행되도록 출력 증가 데이터 또는 출력 감소 데이터를 단계적으로 적용할 수 있다.

【0263】 구체적으로, 롤 PID 이득 데이터는 적어도 하나의 제1 추진기의 고장으로 발생하는 롤 자세 오차 데이터를 감소시키기 위하여 적용되는 비대칭 제어 이득 데이터가 될 수 있고, 롤 자세 오차 데이터의 현재 수치 데이터에 대응하는 롤 비례 이득 데이터, 롤 자세 오차 데이터의 누적 수치 데이터에 대응하는 롤 적분 이득 데이터, 및 롤 자세 오차 데이터의 변화 수치 데이터에 대응하는 롤 미분 이득 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0264】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 암 인덱스 데이터, 제1 추진기의 동축 위치 데이터, 현재 롤 자세 응답 데이터, 및 제2 추진기의 가용 출력 데이터에 기반하여 롤 PID 이득 데이터를 선택하거나 조정할 수 있고, 롤 자세 오차 데이터가 증가하는 경우 롤 보정 데이터가 증가하도록 롤 PID 이득 데이터를 적용할 수 있고, 롤 자세 오차 데이터가 허용 범위 데이터에 포함되는 경우 과도한 롤 보정 데이터가 생성되지 않도록 롤 PID 이득 데이터를 제한할 수 있다.

【0265】 구체적으로, 피치 PID 이득 데이터는 적어도 하나의 제1 추진기의 고장으로 발생하는 피치 자세 오차 데이터를 감소시키기 위하여 적용되는 비대칭

제어 이득 데이터가 될 수 있고, 피치 비례 이득 데이터, 피치 적분 이득 데이터, 및 피치 미분 이득 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0266】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기가 전방 데이터 또는 후방 데이터 중 어느 하나에 대응하는지에 따라 전방 제2 추진기와 후방 제2 추진기에 서로 다른 피치 보정 데이터를 적용할 수 있다.

【0267】 또한, 전자 장치(101)는 현재 피치 자세 응답 데이터와 목표 피치 자세 데이터 사이의 피치 오차 데이터를 결정할 수 있고, 피치 오차 데이터의 현재 수치 데이터, 누적 수치 데이터, 및 변화 수치 데이터에 피치 PID 이득 데이터를 적용할 수 있으며, 피치 자세 데이터가 기 설정된 허용 자세 범위 데이터에 포함되도록 추진기별 목표 추력 데이터와 추진기별 목표 출력 데이터를 조정할 수 있다.

【0268】 구체적으로, 요 PID 이득 데이터는 적어도 하나의 제1 추진기의 고장으로 발생하는 요 모멘트 불균형 데이터와 방위 방향 오차 데이터를 감소시키기 위하여 적용되는 비대칭 제어 이득 데이터가 될 수 있고, 요 비례 이득 데이터, 요 적분 이득 데이터, 및 요 미분 이득 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 전자 장치(101)는 현재 방위 방향 데이터와 목표 방위 방향 데이터 사이의 방위 오차 데이터 및 현재 요 각속도 데이터에 기반하여 요 PID 이득 데이터를 적용할 수 있다.

【0269】 또한, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)가 회전 상태 데이터에 진입하지 않도록 요 PID 이득 데이터의 상한 데이터와 하한 데이터를 설정할 수 있고, 요 각속도 데이터의 절대값이 증가하거나 방위 오차 데이터가 확대되

는 경우, 시계 방향 데이터 또는 반시계 방향 데이터에 대응하는 제2 추진기의 목표 출력 데이터를 서로 다르게 조정하여 요 모멘트 보상 데이터를 생성할 수 있다.

【0270】 구체적으로, 착륙 하강률 데이터는 적어도 하나의 제1 추진기의 고장이 판별된 이후 적어도 하나의 비행체(200)가 안전 착륙 위치 데이터로 하강하는 동안 유지할 목표 수직 속도 데이터가 될 수 있다.

【0271】 또한, 전자 장치(101)는 현재 고도 데이터, 지면까지의 거리 데이터, 현재 수직 속도 데이터, 적어도 하나의 제2 추진기의 잔여 출력 데이터, 및 자세 안정성 데이터에 기반하여 착륙 하강률 데이터를 결정할 수 있다.

【0272】 또한, 전자 장치(101)는 착륙 초기 구간 데이터에서 상대적으로 완전한 착륙 하강률 데이터를 적용할 수 있고, 자세 안정성 데이터가 허용 범위 데이터에 포함되는 경우 착륙 하강률 데이터를 단계적으로 조정할 수 있으며, 지면까지의 거리 데이터가 감소하거나 롤 자세 오차 데이터, 피치 자세 오차 데이터, 및/또는 요 자세 오차 데이터가 증가하는 경우 착륙 하강률 데이터를 감소시킬 수 있고, 적어도 하나의 비행체(200)가 지면 데이터에 접근하는 최종 착륙 구간 데이터에서 충격 데이터가 제한되도록 착륙 하강률 데이터를 기 설정된 최종 하강률 데이터로 조정할 수 있다.

【0273】 또 다른 일 실시예에 따르면, 대각 보상 명령 데이터는, 대각 추진기 식별 데이터, 대각 보상계수 데이터, 대각 추진기 목표 출력 데이터, 대각 추진기 목표 추력 데이터, 방위 오차 제한 데이터, 및 요 각속도 제한 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0274】 구체적으로, 대각 추진기 식별 데이터는 고장 상태로 결정된 적어도 하나의 제1 추진기에 대하여 기체 중심 데이터를 사이에 두고 대각 방향 데이터에 배치된 적어도 하나의 제2 추진기를 식별하기 위한 데이터가 될 수 있고, 대각 추진기의 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 회전 방향 데이터, 및 정상 상태 데이터 중 적어도 하나와 매칭될 수 있다.

【0275】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 암 인덱스 데이터와 제2 추진기의 암 인덱스 데이터를 비교하여 대각 위치 관계 데이터를 결정할 수 있고, 대각 방향 데이터에 복수의 제2 추진기가 존재하는 경우, 동축 위치 데이터, 회전 방향 데이터, 현재 출력 데이터, 및 가용 출력 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 대각 보상 명령 데이터가 우선 적용될 제2 추진기를 결정할 수 있다.

【0276】 구체적으로, 대각 보상계수 데이터는 제1 추진기의 고장으로 손실된 추력 데이터 또는 토크 데이터에 대응하여 대각 추진기의 기준 출력 데이터 또는 기준 추력 데이터에 적용되는 보정 비율 데이터가 될 수 있다.

【0277】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 고장 케이스 데이터, 제1 추진기의 손실 출력 데이터, 현재 롤 자세 오차 데이터, 현재 피치 자세 오차 데이터, 현재 방위 오차 데이터, 및 현재 요 각속도 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 대각 보상계수 데이터를 결정할 수 있다.

【0278】 또한, 전자 장치(101)는 고장 케이스 데이터별로 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에 저장된 기준 대각 보상계수 데이터를 식별할 수 있고, 현재 비행 상태 데이터와 현재 자세 응답 데이터에 기반하여 기준 대각 보상계수 데이터를 증

가시키거나 감소시킬 수 있으며, 대각 보상계수 데이터가 기 설정된 최소 보상계수 데이터와 최대 보상계수 데이터 사이에 포함되도록 제한할 수 있고, 대각 보상계수 데이터가 급격하게 변경되어 자세 진동 데이터가 발생하지 않도록 기 설정된 계수 변화율 데이터를 적용할 수 있다.

【0279】 대각 보상은 대각 방향에 배치된 추진기의 출력을 일률적으로 증가시키는 동작으로 한정되지 않을 수 있다. 전자 장치(101)는 고장 추진기와 대각 추진기의 회전 방향, 현재 발생한 자세 오차 및 요 모멘트 불균형, 다른 제2 추진기의 보상량 및 가용 출력에 따라 대각 추진기의 출력을 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 고장 추진기와 동일한 압의 정상 추진기에 적용되는 동축 추력 보상과 대각 추진기에 적용되는 대각 보상은 서로 구별되면서 동일한 고장 대응 제어에 함께 반영될 수 있다.

【0280】 구체적으로, 대각 추진기 목표 출력 데이터는 대각 추진기의 현재 출력 데이터 또는 추력 재분배 명령 데이터에 포함된 목표 출력 데이터에 대각 보상계수 데이터를 반영하여 결정되는 최종 목표 출력 데이터가 될 수 있다.

【0281】 또한, 전자 장치(101)는 대각 추진기의 현재 출력 데이터, 기본 목표 출력 데이터, 대각 보상계수 데이터, 및 가용 출력 데이터에 기반하여 대각 추진기 목표 출력 데이터를 결정할 수 있다.

【0282】 또한, 전자 장치(101)는 대각 추진기 목표 출력 데이터가 대각 추진기의 최대 가용 출력 데이터보다 큰 경우 대각 추진기 목표 출력 데이터를 최대 가용 출력 데이터로 제한할 수 있고, 제한 과정에서 적용되지 못한 잔여 보상 출력

데이터를 다른 제2 추진기에 재분배할 수 있으며, 대각 추진기 목표 출력 데이터가 적용된 이후의 자세 응답 데이터를 다시 획득하여 대각 추진기 목표 출력 데이터를 반복적으로 갱신할 수 있다.

【0283】 구체적으로, 대각 추진기 목표 출력 데이터는 대각 보상이 반영된 이후 대각 추진기가 최종적으로 생성하도록 설정되는 출력 데이터일 수 있다. 대각 보상량 데이터는 대각 보상 전의 기본 목표 출력과 대각 보상 후의 최종 목표 출력 사이의 차이를 나타내는 별도의 데이터일 수 있고, 출력 증가에 대응하는 양의 값 또는 출력 감소에 대응하는 음의 값을 가질 수 있다.

【0284】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 손실 출력 데이터, 대각 추진기와 기체 중심 데이터 사이의 거리 데이터, 대각 추진기의 회전 방향 데이터, 및 보정 대상 모멘트 데이터에 기반하여 대각 추진기 목표 출력 데이터를 결정할 수 있다.

【0285】 또한, 전자 장치(101)는 대각 추진기 목표 출력 데이터가 롤 자세 보정 데이터, 피치 자세 보정 데이터, 및 요 모멘트 보정 데이터에 동시에 기여하도록 조정할 수 있고, 대각 추진기 목표 출력 데이터가 다른 제2 추진기의 목표 출력 데이터와 결합된 경우 적어도 하나의 비행체(200)의 전체 출력 데이터가 고도 유지 데이터 또는 착륙 하강률 데이터에 대응하도록 복수의 목표 출력 데이터를 다시 조정할 수 있다.

【0286】 구체적으로, 방위 오차 제한 데이터는 현재 방위 방향 데이터와 목표 방위 방향 데이터 사이에서 허용되는 최대 차이 데이터가 될 수 있다. 방위 오

차 제한 데이터와 비교되는 방위 오차의 크기는 현재 방위 방향과 목표 방위 방향 사이의 순환각 차이의 절대값으로 결정될 수 있고, 방위 오차의 부호는 보정 방향을 결정하기 위한 정보로 별도로 이용될 수 있다. 명령 조정 조건이 충족된 경우에는 현재 명령의 유지에 우선하여 명령 조정을 수행할 수 있다. 제한값에 대한 접근 여부를 이용하는 경우, 그 판단 기준은 기 설정된 접근 판단 기준에 따라 결정될 수 있다.

【0287】 또한, 전자 장치(101)는 비행 단계 데이터, 비상경로 데이터, 착륙 단계 데이터, 현재 속도 데이터, 및 주변 장애물 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 방위 오차 제한 데이터를 결정할 수 있다.

【0288】 또한, 전자 장치(101)는 현재 방위 오차 데이터가 방위 오차 제한 데이터 이내인 경우 현재 대각 보상 명령 데이터를 유지할 수 있고, 현재 방위 오차 데이터가 방위 오차 제한 데이터를 초과하는 경우 대각 보상계수 데이터, 대각 추진기 목표 출력 데이터, 요 PID 이득 데이터, 및 추력 재분배 명령 데이터 중 적어도 하나를 조정할 수 있으며, 방위 오차 데이터가 일정 시간 데이터 이상 방위 오차 제한 데이터를 초과하는 경우 자동 응급 비행 데이터 또는 착륙 제어 데이터를 활성화할 수 있다.

【0289】 구체적으로, 요 각속도 제한 데이터는 적어도 하나의 비행체(200)가 수직축을 중심으로 회전 상태에 진입하지 않도록 허용되는 요 각속도의 크기에 대한 상한값을 나타내는 데이터일 수 있다. 전자 장치(101)는 현재 요 각속도 데이터의 절대값을 상기 상한값과 비교하여 제한값의 초과 여부를 판단할 수 있다. 이때,

현재 요 각속도 데이터의 부호 또는 회전 방향 정보는 요 모멘트 보상의 방향을 결정하기 위하여 유지될 수 있다.

【0290】 또한, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)의 관성 측정 데이터에서 획득된 현재 요 각속도 데이터의 절대값과 요 각속도 제한 데이터를 비교할 수 있고, 현재 요 각속도 데이터의 절대값이 요 각속도 제한 데이터 이하인 경우, 현재 요 보상 데이터와 대각 보상 명령 데이터를 유지할 수 있으며, 현재 요 각속도 데이터의 절대값이 요 각속도 제한 데이터에 접근하거나 이를 초과하는 경우, 대각 추진기 목표 출력 데이터, 대각 추진기 목표 추력 데이터, 요 PID 이득 데이터, 및 반대 회전 방향 데이터에 대응하는 제2 추진기의 목표 출력 데이터 중 적어도 하나를 조정할 수 있다.

【0291】 또한, 전자 장치(101)는 추력 재분배 명령 데이터와 대각 보상 명령 데이터를 동일한 제어 주기 데이터에 따라 갱신할 수 있고, 갱신된 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)에 제공할 수 있으며, 적어도 하나의 비행체(200)로부터 새롭게 획득되는 자세 응답 데이터와 추진기 구동 상태 데이터에 기반하여 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 반복적으로 보정할 수 있다. 이에 대한 구체적인 내용은 317동작에서 자세하게 기재될 수 있다.

【0292】 또 다른 일 실시예에 따르면, 인공지능 모델은, 복수의 정상 비행 입력 데이터와, 복수의 제1 추진기 회전수 데이터, 복수의 제1 추진기 전류 데이터, 복수의 제1 추진기 전압 데이터, 복수의 제1 기체 자세 응답 데이터, 복수의 제1 관성 측정 데이터, 복수의 제1 예측 토크 데이터, 복수의 제1 측정 토크 데

이터, 복수의 제1 토크 잔차 데이터, 복수의 제1 고장 판단 점수 데이터, 복수의 제1 처리 결과 데이터, 복수의 제1 예측 토크 회귀 기준 데이터, 및 복수의 제1 고장 판단 회귀 기준 데이터와,

【0293】 복수의 단일 추진기 고장 입력 데이터와, 복수의 제2 추진기 회전수 데이터, 복수의 제2 추진기 전류 데이터, 복수의 제2 추진기 전압 데이터, 복수의 제2 기체 자세 응답 데이터, 복수의 제2 관성 측정 데이터, 복수의 제2 예측 토크 데이터, 복수의 제2 측정 토크 데이터, 복수의 제2 토크 잔차 데이터, 복수의 제2 고장 판단 점수 데이터, 복수의 제2 처리 결과 데이터, 복수의 제2 예측 토크 회귀 기준 데이터, 및 복수의 제2 고장 판단 회귀 기준 데이터와,

【0294】 복수의 정상 추진기 판정 데이터, 복수의 고장 추진기 판정 데이터, 복수의 고장 임계 값 초과 판정 데이터, 복수의 고장 추진기 암 인덱스 데이터, 복수의 고장 추진기 동축 위치 데이터, 복수의 고장 위치 적합 데이터, 복수의 방위 유지 적합 데이터, 복수의 회전 상태 비진입 적합 데이터, 및 복수의 신뢰 데이터 셋에 기반하여 학습될 수 있다.

【0295】 또한, 인공지능 모델은, 도 3 이전에 기재된 인공지능 모델을 기반으로 구성될 수 있다.

【0296】 317 동작에서, 전자 장치(101)(예: 도 2의 프로세서(120))는, 도 7에 도시된 바와 같이, 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)에 적용할 수 있다.

【0297】 일 실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 추력 재분배 명령 데이터 및

대각 보상 명령 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)의 통신 인터페이스가 처리할 수 있는 제어 프레임 데이터로 변환할 수 있다.

【0298】여기서, 제어 프레임 데이터는 명령 식별 데이터, 제어 대상 추진기 식별 데이터, 적용 시각 데이터, 제어 주기 데이터, 명령 유효 데이터, 및 오류 검출 데이터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

【0299】구체적으로, 전자 장치(101)는 정상 추진기 식별 데이터에 기반하여 복수의 제2 추진기 각각에 대응하는 제어 프레임 데이터를 생성할 수 있고, 생성된 제어 프레임 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)의 통신 인터페이스로 전송할 수 있다.

【0300】또 다른 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 비행체(200)의 통신 인터페이스는 전자 장치(101)로부터 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 수신하여 비행체의 프로세서에 제공할 수 있다.

【0301】구체적으로, 비행체의 프로세서는 수신된 데이터에 포함된 추진기 식별 데이터, 명령 유효 데이터, 적용 시각 데이터, 및 오류 검출 데이터가 기 설정된 적용 조건 데이터에 대응하는지 여부를 판단할 수 있으며, 수신된 데이터가 적용 조건 데이터를 충족하는 경우 해당 데이터를 추진기 제어 데이터로 설정할 수 있고, 수신된 데이터가 적용 조건 데이터를 충족하지 않는 경우 이전 제어 주기 데이터에서 이용된 유효 제어 데이터를 유지할 수 있다.

【0302】또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는 적어도 하나의 제1 추진기에 대응하는 추진기 구동 데이터의 제공을 차단하거나 제한할 수 있고,

제1 추진기의 현재 출력 데이터가 잔존하는 경우 현재 출력 데이터가 기 설정된 감소율 데이터에 따라 감소하도록 제어할 수 있으며, 제1 추진기의 구동 불능 데이터가 확인되는 경우 제1 추진기에 대응하는 목표 회전수 데이터, 목표 추력 데이터, 및 목표 출력 데이터를 비활성 데이터로 변경할 수 있고, 고장 상태의 제1 추진기에서 비정상 추력 데이터 또는 비정상 토크 데이터가 추가로 발생하는 것을 제한할 수 있다.

【0303】 구체적으로, 비행체의 프로세서는 추력 재분배 명령 데이터에 포함된 추진기별 목표 회전수 데이터, 추진기별 목표 추력 데이터, 및 추진기별 목표 출력 데이터를 대응하는 제2 추진기별 구동 제어기에 제공할 수 있다.

【0304】 여기서, 제2 추진기별 구동 제어기는 현재 회전수 데이터, 현재 추력 데이터, 및 현재 출력 데이터를 목표 데이터와 비교할 수 있고, 비교 결과 데이터에 기반하여 제2 추진기의 구동량 데이터를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.

【0305】 또한, 비행체의 프로세서는 복수의 제2 추진기에서 생성되는 전체 추력 데이터가 현재 비행 상태 데이터에 필요한 요구 추력 데이터에 대응하도록 복수의 목표 데이터를 동시에 적용할 수 있다.

【0306】 또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는 추력 재분배 명령 데이터가 적용되는 시점에서 각 제2 추진기의 출력 데이터가 급격하게 변경되지 않도록 출력 변화율 제한 데이터를 적용할 수 있고, 이전 제어 주기 데이터의 목표 출력 데이터와 현재 제어 주기 데이터의 목표 출력 데이터 사이의 차이 데이터가 기 설정된 변화 허용 데이터보다 큰 경우, 복수의 중간 목표 출력 데이터를 순차적

으로 생성할 수 있으며, 추력 재분배 과정에서 적어도 하나의 비행체(200)에 급격한 롤 자세 변화 데이터, 피치 자세 변화 데이터, 요 자세 변화 데이터, 및/또는 고도 변화 데이터가 발생하는 것을 제한할 수 있다.

【0307】 구체적으로, 전자 장치(101)는 전방 좌측 암의 상부 추진기가 제1 추진기로 결정되고 나머지 추진기가 정상 상태로 판별된 경우, 전방 좌측 암의 하부 추진기와 나머지 3개의 암에 배치된 상부 및 하부 추진기를 포함하는 7개의 제2 추진기를 추력 재분배 대상으로 설정할 수 있다. 전자 장치(101)는 고장 추진기와 동일한 암에 배치된 하부 추진기의 동측 추력 보상 역할과, 다른 암에 배치된 추진기들의 추력 및 모멘트 보상 역할을 구분하고, 각 제2 추진기의 회전 방향 및 가용 출력에 따라 목표 추력과 목표 출력을 결정할 수 있다.

【0308】 또한, 비행체의 프로세서는 결정된 목표 데이터를 대응하는 제2 추진기에 적용하여 제1 추진기의 고장으로 발생하는 롤 불균형 데이터, 피치 불균형 데이터, 및 전체 추력 감소 데이터를 보상할 수 있다.

【0309】 또한, 전자 장치(101)는 제1 추진기의 고장 위치 데이터에 기반하여 기체 중심 데이터를 사이에 두고 대각 방향 데이터에 배치된 제2 추진기를 대각 보상 대상 추진기로 결정할 수 있고, 전방 좌측 암 데이터에 대응하는 제1 추진기가 고장 상태로 결정된 경우, 후방 우측 암 데이터에 대응하는 제2 추진기가 대각 보상 대상 추진기로 결정할 수 있으며, 대각 보상계수 데이터를 대각 보상 대상 추진기의 기본 목표 출력 데이터 또는 기본 목표 추력 데이터에 반영하여 대각 추진기 목표 출력 데이터 및 대각 추진기 목표 추력 데이터를 결정할 수 있다.

【0310】 또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는 대각 보상 명령 데이터에 포함된 대각 추진기 식별 데이터를 이용하여 대각 보상 대상 추진기를 식별할 수 있고, 대각 추진기 목표 출력 데이터 및 대각 추진기 목표 추력 데이터를 대응하는 추진기 구동 제어기에 제공할 수 있다.

【0311】 여기서, 대각 보상 대상 추진기는 다른 제2 추진기에 적용되는 추력 재분배 데이터에 추가하여 대각 보상 데이터를 적용받을 수 있고, 제1 추진기의 고장 위치 데이터에서 발생하는 비대칭 토크 데이터와 반대 방향의 보상 토크 데이터가 생성될 수 있다.

【0312】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추력 재분배 명령 데이터와 대각 보상 명령 데이터를 이용하여 각 제2 추진기에 적용할 하나의 최종 목표 데이터를 결정할 수 있다. 대각 보상 명령 데이터가 최종 목표값을 포함하는 경우에는 해당 값을 대각 추진기의 최종 목표값으로 적용하고, 대각 보상량을 포함하는 경우에는 기본 목표값에 해당 보상량을 반영하여 최종 목표값을 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 최종 목표값에 대각 보상이 중복하여 반영되지 않도록 하고, 최종 목표값이 가용 출력 범위를 벗어나는 경우 이를 제한한 후 제한으로 인한 미달 보상량을 다른 제2 추진기에 재분배할 수 있다.

【0313】 또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는 전자 장치(101)에서 비대칭 PID 보정이 반영되어 결정된 추진기별 목표 데이터를 수신하고, 각 추진기의 현재 구동 상태가 해당 목표 데이터를 추종하도록 추진기별 구동 제어기를 제어할 수 있다. 이 경우 비행체의 프로세서는 전자 장치(101)에서 이미 반영된 동

일한 자세 오차에 대한 보정량을 목표 데이터에 중복하여 반영하지 않을 수 있다.

【0314】 또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 적용한 후 관성측정장치로부터 새로운 기체 자세 응답 데이터를 획득할 수 있고, 새롭게 획득된 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 요 자세 응답 데이터, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 및 요 각속도 데이터를 목표 자세 데이터와 비교하여 보정 결과 데이터를 결정할 수 있으며, 보정 결과 데이터가 기 설정된 자세 허용 범위 데이터에 포함될 때까지 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터의 적용량 데이터를 반복적으로 갱신할 수 있다.

【0315】 구체적으로, 전자 장치(101)는 현재 방위 방향 데이터와 목표 방위 방향 데이터 사이의 방위 오차 데이터가 방위 오차 제한 데이터 이내에 포함되는지 여부를 판단할 수 있고, 방위 오차 데이터가 방위 오차 제한 데이터에 접근하거나 이를 벗어나는 경우, 대각 보상계수 데이터, 요 PID 이득 데이터, 및 대각 추진기 목표 출력 데이터 중 적어도 하나를 조정할 수 있으며, 이에 따라 제1 추진기의 고장으로 발생하는 방위 방향 변화 데이터가 감소할 수 있고, 적어도 하나의 비행체 (200)가 기 설정된 방위 방향 데이터를 유지하도록 제어될 수 있다.

【0316】 구체적으로, 전자 장치(101)는 현재 요 각속도 데이터의 절대값과 요 각속도 제한 데이터를 비교할 수 있고, 현재 요 각속도 데이터의 절대값이 요 각속도 제한 데이터 이하인 경우, 현재 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 유지할 수 있으며, 현재 요 각속도 데이터의 절대값이 요 각속도 제한

데이터에 접근하거나 이를 초과하는 경우, 대각 방향 데이터에 대응하는 제2 추진기의 목표 출력 데이터를 조정할 수 있고, 반대 회전 방향 데이터에 대응하는 다른 제2 추진기의 목표 출력 데이터를 함께 조정할 수 있으며, 적어도 하나의 비행체(200)가 회전 상태 데이터에 진입하지 않으면서 방위 방향 데이터를 유지하도록 제어될 수 있다.

【0317】 또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는, 어느 하나의 제2 추진기가 목표 출력 데이터에 도달하지 못하거나 출력 포화 데이터에 대응하는 경우, 해당 제2 추진기의 미달 출력 데이터를 결정하여 전자 장치(101)에 제공할 수 있다.

【0318】 구체적으로, 전자 장치(101)는 미달 출력 데이터와 나머지 제2 추진기의 가용 출력 데이터에 기반하여 새로운 추력 분담 데이터를 결정할 수 있고, 갱신된 추력 재분배 명령 데이터를 적어도 하나의 비행체(200)에 제공할 수 있으며, 특정 제2 추진기의 보상 능력 데이터가 제한되는 경우에도 나머지 제2 추진기를 이용하여 자세 데이터와 전체 추력 데이터를 유지할 수 있다.

【0319】 구체적으로, 전자 장치(101)는 적어도 하나의 비행체(200)의 자세 안정 데이터가 기 설정된 안정 기준 데이터에 도달한 이후 착륙 하강률 데이터를 적용할 수 있다.

【0320】 또 다른 일 실시예에 따르면, 비행체의 프로세서는 착륙 하강률 데이터에 따라 목표 고도를 단계적으로 낮추고, 목표 수직 속도를 해당 착륙 하강률 및 수직축의 부호 기준에 대응하도록 설정할 수 있다. 비행체의 프로세서는 추력

재분배 명령 데이터와 대각 보상 명령 데이터를 계속 적용하면서 비행체를 하강시키고, 최종 착륙 구간에서는 하강 속도의 크기가 감소하도록 목표 수직 속도를 조정할 수 있다. 프로세서는, 추력 재분배 명령 데이터와 대각 보상 명령 데이터를 계속 적용하면서 적어도 하나의 비행체(200)를 하강시킬 수 있으며, 하강 과정에서 자세 오차 데이터 또는 요 각속도 데이터의 절대값이 증가하는 경우 착륙 하강률 데이터를 감소시키거나 호버링 데이터로 전환하여 자세 안정 데이터가 다시 확보되도록 할 수 있다.

【0321】 구체적으로, 전자 장치(101)는 후방 우측 암의 하부 추진기가 제1 추진기로 결정되고 나머지 추진기가 정상 상태로 판별된 상태에서 비행체(200)가 하강 중인 경우, 후방 우측 암의 상부 추진기와 나머지 3개의 암에 배치된 상부 및 하부 추진기를 포함하는 7개의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터를 결정할 수 있다. 전자 장치(101)는 전방 좌측 암에 배치된 정상 추진기 중 대각 보상 대상으로 결정된 추진기에 대각 보상 명령 데이터를 적용하고, 나머지 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터와 함께 갱신하여 자세 및 방위 방향을 보정하면서 설정된 착륙 하강률에 따른 하강을 제어할 수 있다.

【0322】 구체적으로, 전자 장치(101)는 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터의 적용 결과 데이터에 기반하여 적용 완료 데이터, 자세 안정 데이터, 방위 유지 데이터, 추진기별 출력 데이터, 및 착륙 진행 데이터 중 적어도 하나를 결정할 수 있다.

【0323】 또한, 전자 장치(101)는 결정된 데이터를 외부 전자 장치(102)에 제

공하거나 메모리(예: 도 2의 메모리(130))에 저장할 수 있고, 적어도 하나의 비행체(200)가 안전 착륙 데이터에 대응하는 상태에 도달할 때까지 기체 자세 응답 데이터의 획득, 제어 오차 데이터의 결정, 추력 재분배 명령 데이터의 갱신, 및 대각 보상 명령 데이터의 갱신을 반복적으로 수행할 수 있다.

【0325】 본 실시예에 따른 전자 장치(101)는, 적어도 하나의 비행체(200)로부터 기체 자세 응답 데이터, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 및 관성 측정 데이터를 실시간으로 획득할 수 있고, 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 추진기별 예측 토크 데이터 및 고장 판단 데이터를 결정할 수 있으며, 예측 토크 데이터와 측정 토크 데이터 사이의 토크 잔차 데이터에 기반하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 산출할 수 있고, 고장 판단 점수 데이터와 제1 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 전체 추진기 중 적어도 하나에 이상 징후가 존재하는지 여부를 우선 판단한 후, 이상 징후가 확인된 경우 각 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값 및 요구 연속 샘플 수를 이용하여 고장 상태인 적어도 하나의 제1 추진기와 정상 상태인 적어도 하나의 제2 추진기를 구별함으로써, 일시적인 부하 변화 데이터 또는 센서 변동 데이터에 의한 오판을 제한하면서 추진기 고장 상태를 신속 및 실시간으로 산출할 수 있는 이점이 있다.

【0326】 또 다른 본 실시예에 따른 전자 장치(101)는, 적어도 하나의 제1 추진기가 고장 상태로 결정된 경우에 한하여 제1 추진기의 암 인덱스 데이터 및 동축

위치 데이터에 대응하는 고장 케이스 데이터를 결정할 수 있고, 고장 케이스 데이터에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 선택하여 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정할 수 있음으로써, 정상 상태인 제2 추진기의 목표 회전수 데이터, 목표 추력 데이터, 및 목표 출력 데이터를 자동으로 조정할 수 있고, 제1 추진기의 대각 방향에 배치된 제2 추진기의 출력 데이터를 추가로 보상하여, 적어도 하나의 비행체(200)가 회전 상태에 진입하지 않으면서 롤 자세 데이터, 피치 자세 데이터, 요 자세 데이터, 고도 데이터, 및 방위 방향 데이터를 안정적으로 유지할 수 있으며, 자동 응급 비행 및 안전 착륙을 수행할 수 있는 이점이 있다.

【0328】 다양한 실시예들에 따르면, 복수의 추진기를 포함하는 비행체의 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치는, 명령어를 저장하는 메모리 및 상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 비행체로부터 기체 자세 응답 데이터, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터 및 관성 측정 데이터를 획득하고, 상기 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터를 결정하고, 관성 측정 데이터에 기반하여 측정 토크 데이터를 결정하며, 상기 예측 토크 데이터와 상기 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 토크 잔차 데이터를 결정할 수 있다. 상기 프로세서는 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터 및 상기 토크 잔차 데이터를 각각 정규화한 후 가중 결합하여, 추진기별 고장 판단 점수

데이터를 포함하는 고장 판단 데이터를 결정할 수 있다.

【0329】 상기 프로세서는 상기 고장 판단 점수 데이터와 제1 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 이상 징후를 판단하고, 이상 징후가 확인된 경우 상기 고장 판단 점수 데이터를 각각의 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값과 비교할 수 있다. 상기 프로세서는 특정 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값을 기 설정된 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 경우, 해당 추진기를 고장 상태인 제1 추진기로 결정할 수 있다.

【0330】 상기 프로세서는 상기 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 정상 상태로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정하고, 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 상기 적어도 하나의 비행체에 적용하도록 설정된다.

【0331】 다양한 실시예들에 따르면, 상기 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터는, 롤 자세 응답 데이터, 피치 자세 응답 데이터, 요 자세 응답 데이터, 롤 각속도 데이터, 피치 각속도 데이터, 요 각속도 데이터, 고도 응답 데이터, 및 방위 방향 데이터 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 예측 토크 데이터는, 상기 적어도 하나의 비행체에 대응하는 상기 인공지능 모델에 기반하여 결정되는 추진기별 예측 토크 데이터, 물축 예측 토크 데이터, 피치축 예측 토크 데이터, 및 요축 예측 토크 데이터 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 고장 판단 데이터는, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터, 상기 예측 토크 데이터와 상기 관성 측정 데이터에 기반하여 결정되는 측정 토크 데이터 사이의 토크 잔차 데이터, 고

장 판단 점수 데이터, 연속 샘플 수 데이터, 고장 추진기 식별 데이터, 암 인덱스 데이터, 동축 위치 데이터, 및 고장 위치 데이터 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 고장 위치 데이터는, 적어도 하나의 암 인덱스 데이터와, 상부 위치 데이터 또는 하부 위치 데이터 중 어느 하나의 동축 위치 데이터가 조합된 적어도 하나의 고장 케이스 데이터 중 어느 하나를 포함하고, 상기 추력 재분배 명령 데이터는, 정상 추진기 식별 데이터, 추진기별 목표 회전수 데이터, 추진기별 목표 추력 데이터, 추진기별 목표 출력 데이터, 롤 PID 이득 데이터, 피치 PID 이득 데이터, 요 PID 이득 데이터, 및 착륙 하강률 데이터 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 대각 보상 명령 데이터는, 대각 추진기 식별 데이터, 대각 보상계수 데이터, 대각 추진기 목표 출력 데이터, 대각 추진기 목표 추력 데이터, 방위 오차 제한 데이터, 및 요 각 속도 제한 데이터 중 적어도 하나를 포함한다.

【0332】 다양한 실시예들에 따르면, 상기 프로세서는, 상기 예측 토크 데이터의 수치 값과 상기 관성 측정 데이터에 기반하여 결정되면서 상기 측정 토크 데이터의 수치 값 사이의 차이에 대응하는 상기 토크 잔차 데이터의 수치 값을 결정하고, 상기 추진기 회전수 변화 데이터의 수치 값, 상기 추진기 전류 변화 데이터의 수치 값, 및 상기 토크 잔차 데이터의 수치 값에 각각 대응하는 가중치 데이터가 적용된 상기 고장 판단 점수 데이터의 수치 값을 결정하고, 상기 고장 판단 점수 데이터의 수치 값이 상기 고장 임계 값의 수치 값을 기 설정된 연속 샘플 수 데이터 이상 연속하여 초과하는 적어도 하나의 추진기를 상기 적어도 하나의 제1 추진기로 결정하고, 상기 고장 판단 점수 데이터의 수치 값이 상기 고장 임계 값의

수치 값을 초과하지 않는 나머지 추진기를 상기 적어도 하나의 제2 추진기로 결정하고, 상기 적어도 하나의 제1 추진기에 대응하는 상기 압 인덱스 데이터 및 상기 동축 위치 데이터에 기반하여, 상기 적어도 하나의 고장 케이스 데이터 중 어느 하나에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 선택하고, 상기 비대칭 PID 이득 데이터에 기반하여 상기 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 상기 추진기별 목표 회전수 데이터, 상기 추진기별 목표 추력 데이터, 및 상기 추진기별 목표 출력 데이터를 포함하는 상기 추력 재분배 명령 데이터를 결정하고, 및 상기 적어도 하나의 제1 추진기의 대각 방향에 배치된 상기 적어도 하나의 제2 추진기에 대하여 기 설정된 수치 범위를 가지는 상기 대각 보상계수 데이터에 기반한 상기 대각 보상 명령 데이터를 결정하도록 설정된다.

【0333】 다양한 실시예들에 따르면, 상기 프로세서는 상기 추진기 회전수 변화 데이터, 상기 추진기 전류 변화 데이터 및 상기 토크 잔차 데이터에 각각 대응하는 가중치를 적용하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 결정할 수 있다. 상기 프로세서는 정상 비행 기준 구간에서 획득된 토크 잔차 데이터의 평균 및 표준편차를 산출하고, 상기 평균에 상기 표준편차의 3배를 합산하여 제1 고장 임계 값을 결정할 수 있다. 상기 고장 판단 점수 데이터의 산출, 고장 임계 값의 산출 및 임계 값 초과 조건은 앞서 설명한 [수학식 1]에 따라 표현될 수 있다.

【0334】 상기 프로세서는 추진기별 고장 판단 점수와 상기 제1 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 이상 징후를 판단할 수 있다. 이상 징후가 확인된 경우, 상기 프로세서는 추진기별 고장 판단 점수를 각각

에 대응하는 제2 고장 임계 값과 비교하고, 해당 제2 고장 임계 값의 초과 상태가 요구 연속 샘플 수 이상 유지되는지 여부에 기반하여 추진기별 고장 여부를 판별할 수 있다.

【0335】 다양한 실시예들에 따르면, 상기 인공지능 모델은, 복수의 정상 비행 입력 데이터와, 복수의 제1 추진기 회전수 데이터, 복수의 제1 추진기 전류 데이터, 복수의 제1 추진기 전압 데이터, 복수의 제1 기체 자세 응답 데이터, 복수의 제1 관성 측정 데이터, 복수의 제1 예측 토크 데이터, 복수의 제1 측정 토크 데이터, 복수의 제1 토크 잔차 데이터, 복수의 제1 고장 판단 점수 데이터, 복수의 제1 처리 결과 데이터, 복수의 제1 예측 토크 회귀 기준 데이터, 및 복수의 제1 고장 판단 회귀 기준 데이터와, 복수의 단일 추진기 고장 입력 데이터와, 복수의 제2 추진기 회전수 데이터, 복수의 제2 추진기 전류 데이터, 복수의 제2 추진기 전압 데이터, 복수의 제2 기체 자세 응답 데이터, 복수의 제2 관성 측정 데이터, 복수의 제2 예측 토크 데이터, 복수의 제2 측정 토크 데이터, 복수의 제2 토크 잔차 데이터, 복수의 제2 고장 판단 점수 데이터, 복수의 제2 처리 결과 데이터, 복수의 제2 예측 토크 회귀 기준 데이터, 및 복수의 제2 고장 판단 회귀 기준 데이터와, 복수의 정상 추진기 판정 데이터, 복수의 고장 추진기 판정 데이터, 복수의 고장 임계 값 초과 판정 데이터, 복수의 고장 추진기 암 인덱스 데이터, 복수의 고장 추진기 동축 위치 데이터, 복수의 고장 위치 적합 데이터, 복수의 방위 유지 적합 데이터, 복수의 회전 상태 비진입 적합 데이터, 및 복수의 신뢰 데이터셋에 기반하여 학습된다.

【0336】 또 다른 다양한 실시예들에 따르면, 전자 장치의 프로세서에 의해 수행되는 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 구동하는 방법에 있어서, 상기 방법은, 적어도 하나의 비행체를 통하여, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득하는 단계; 프로세서를 통하여, 상기 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터 및 고장 판단 데이터를 결정하는 단계; 상기 프로세서를 통하여, 상기 고장 판단 점수 데이터와 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 추진기의 고장 여부를 판별하는 단계; 상기 프로세서를 통하여, 상기 적어도 하나의 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 정상 상태로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정하는 단계; 및 상기 프로세서를 통하여, 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 상기 적어도 하나의 비행체에 적용하도록 설정되는 단계; 를 포함한다.

【0338】 본 문서에서 사용된 표현 "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, "~에 적합한(suitable for)", "~하는 능력을 가지는(having the capacity to)", "~하도록 설계된(designed to)", "~하도록 변경된(adapted to)", "~하도록 만들어진(made to)", 또는 "~를 할 수 있는(capable of)"과 바꾸어 사용될 수 있다. 용어 "~하도록 구성(또는 설정)된"은 "특별히 설계된(specifically designed to)"것만을 반드시 의미하지는 않는다.

【0340】 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

【청구범위】**【청구항 1】**

복수의 추진기를 포함하는 비행체의 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치에 있어서,

명령어를 저장하는 메모리; 및

상기 명령어를 실행하는 프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 비행체의 기체 자세 응답 데이터 및 관성 측정 데이터와, 상기 복수의 추진기 각각에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터 및 추진기 전류 변화 데이터를 획득하고,

상기 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터를 결정하고,

상기 예측 토크 데이터와 상기 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 토크 잔차 데이터를 결정하고,

상기 추진기 회전수 변화 데이터, 상기 추진기 전류 변화 데이터 및 상기 토크 잔차 데이터를 각각 정규화한 후 가중 결합하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 결정하고,

상기 고장 판단 점수 데이터와 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 상기 복수의 추진기의 고장 여부를 판별하고,

상기 복수의 추진기 중 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 상기 제1 추진기가 배치된 암을 식별하는 암 인덱스 데이터 및 상기 암에서 상부 위치 또는 하부 위치를 나타내는 동축 위치 데이터의 조합에 대응하는 고장 케이스 데이터를 결정하고,

상기 고장 케이스 데이터에 대응하여 상기 메모리에 저장된 비대칭 PID 이득 데이터를 선택하고, 선택된 비대칭 PID 이득 데이터에 기반하여 정상 상태로 판별된 복수의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터를 결정하고,

상기 복수의 제2 추진기 중 상기 제1 추진기에 대하여 기체 중심을 사이에 두고 대각 방향에 배치된 추진기를 대각 보상 대상 추진기로 결정하고, 상기 대각 보상 대상 추진기에 대한 대각 보상 명령 데이터를 결정하며,

상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 상기 비행체에 적용하여, 목표 방위 방향에 대한 방위 오차 및 요 각속도가 각각 기 설정된 허용 범위 내에서 제어되도록 상기 제2 추진기의 출력을 조정함으로써, 상기 비행체가 지속적인 자전을 허용하는 회전 비행 상태로 전환하지 않고 방위 방향을 유지하도록 설정되는,

전자 장치.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서,

상기 고장 임계 값은 상기 복수의 추진기에 공통으로 적용되는 제1 고장 임

계 값 및 각 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값을 포함하고,

상기 프로세서는,

동일한 추진기에 대응하는 상기 고장 판단 점수 데이터가 상기 제1 고장 임계 값을 제1 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 경우, 상기 비행체의 추진기에 대한 이상 징후를 검출하고,

상기 이상 징후가 검출된 경우, 각 추진기의 고장 판단 점수 데이터를 해당 추진기에 대응하는 상기 제2 고장 임계 값과 비교하고,

상기 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값을 제2 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 추진기를 고장 상태인 상기 제1 추진기로 결정하고,

평가 구간에서 상기 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값 이하로 유지되는 추진기를 정상 상태인 상기 제2 추진기로 결정하며,

상기 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값을 초과하였으나 연속 초과 횟수가 상기 제2 요구 연속 샘플 수에 도달하지 않은 추진기를 판정 대기 상태로 구분하여 후속 샘플에 대한 비교를 계속 수행하도록 설정되는,

전자 장치.

【청구항 3】

청구항 2에 있어서,

상기 프로세서는,

정상 비행 기준 구간에서 획득된 토크 잔차 데이터를 포함하는 정상 기준 데

이터셋을 구성하고,

상기 정상 기준 데이터셋에 포함된 토크 잔차 데이터의 평균 및 표준편차를 산출하고,

상기 평균에 상기 표준편차의 3배를 합산하여 상기 제1 고장 임계 값을 결정하며,

상기 복수의 추진기 중 적어도 하나의 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 상기 제1 고장 임계 값을 초과하는 경우, 새롭게 획득되는 비행 데이터를 이용한 상기 정상 기준 데이터셋의 갱신을 일시적으로 중지하도록 설정되는,

전자 장치.

【청구항 4】

청구항 1에 있어서,

상기 비행체는 전방 좌측 암, 전방 우측 암, 후방 좌측 암 및 후방 우측 암을 포함하는 4개의 암과, 각 암에 동측으로 배치된 상부 추진기 및 하부 추진기를 포함하는 총 8개의 추진기를 구비하고,

상기 메모리는 상기 4개의 암에 대응하는 암 인덱스 데이터와 상부 위치 또는 하부 위치에 대응하는 동측 위치 데이터의 조합에 따른 8개의 고장 케이스 각각에 대응하는 비대칭 PID 이득 데이터를 저장하며,

상기 프로세서는,

상기 8개의 추진기 중 하나의 추진기가 상기 제1 추진기로 판별되고 나머지

7개의 추진기가 정상 상태로 판별된 경우, 상기 제1 추진기와 동일한 암에 배치된 정상 추진기를 포함하는 상기 7개의 추진기를 상기 제2 추진기로서 추력 재분배 대상으로 설정하고,

상기 제1 추진기와 동일한 암에 배치된 상기 정상 추진기에 대한 동축 추력 보상과 상기 대각 보상 대상 추진기에 대한 대각 보상을 구분하여 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터에 반영하도록 설정되는, 전자 장치.

【청구항 5】

청구항 1에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 고장 케이스 데이터, 상기 기체 자세 응답 데이터 및 상기 대각 보상 대상 추진기의 가용 출력 데이터 중 적어도 하나에 기반하여 기 설정된 수치 범위 내의 대각 보상계수 데이터를 결정하고,

상기 대각 보상계수 데이터를 상기 추력 재분배 명령 데이터에 따른 상기 대각 보상 대상 추진기의 기본 목표 추력에 반영하여 최종 목표 추력을 결정하되, 상기 제1 추진기와 상기 대각 보상 대상 추진기의 회전 방향, 자세 오차 및 요 모멘트 불균형에 따라 상기 기본 목표 추력보다 증가하거나 감소한 상기 최종 목표 추력을 결정하며,

상기 제2 추진기 중 어느 하나의 추진기가 가용 출력의 상한에 도달하여 할

당된 목표 추력을 달성하지 못하는 경우, 달성되지 못한 잔여 추력을 나머지 제2 추진기의 가용 출력에 따라 재분배하고, 재분배된 목표 추력에 기반하여 상기 추력 재분배 명령 데이터를 갱신하도록 설정되는,

전자 장치.

【청구항 6】

전자 장치의 프로세서에 의해 수행되는, 복수의 추진기를 포함하는 비행체의 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어 방법에 있어서,

상기 비행체의 기체 자세 응답 데이터 및 관성 측정 데이터와, 상기 복수의 추진기 각각에 대응하는 추진기 회전수 변화 데이터 및 추진기 전류 변화 데이터를 획득하는 단계;

상기 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터를 결정하는 단계;

상기 예측 토크 데이터와 상기 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 토크 잔차 데이터를 결정하는 단계;

상기 추진기 회전수 변화 데이터, 상기 추진기 전류 변화 데이터 및 상기 토크 잔차 데이터를 각각 정규화한 후 가중 결합하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 결정하는 단계;

상기 고장 판단 점수 데이터와 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 상기 복수의 추진기의 고장 여부를 판별하는 단계;

상기 복수의 추진기 중 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 상기 제1 추진기가 배치된 암을 식별하는 암 인덱스 데이터 및 상기 암에서 상부 위치 또는 하부 위치를 나타내는 동축 위치 데이터의 조합에 대응하는 고장 케이스 데이터를 결정하는 단계;

상기 고장 케이스 데이터에 대응하여 기 저장된 비대칭 PID 이득 데이터를 선택하고, 선택된 비대칭 PID 이득 데이터에 기반하여 정상 상태로 판별된 복수의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터를 결정하는 단계;

상기 복수의 제2 추진기 중 상기 제1 추진기에 대하여 기체 중심을 사이에 두고 대각 방향에 배치된 추진기를 대각 보상 대상 추진기로 결정하고, 상기 대각 보상 대상 추진기에 대한 대각 보상 명령 데이터를 결정하는 단계; 및

상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 상기 비행체에 적용하여, 목표 방위 방향에 대한 방위 오차 및 요 각속도가 각각 기 설정된 허용 범위 내에서 제어되도록 상기 제2 추진기의 출력을 조정함으로써, 상기 비행체가 지속적인 자전을 허용하는 회전 비행 상태로 전환하지 않고 방위 방향을 유지하도록 제어하는 단계;를 포함하는,

자동 비행 제어 방법.

【청구항 7】

청구항 6에 있어서,

상기 고장 임계 값은 상기 복수의 추진기에 공통으로 적용되는 제1 고장 임

계 값 및 각 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값을 포함하고,

상기 고장 여부를 판별하는 단계는,

동일한 추진기에 대응하는 상기 고장 판단 점수 데이터가 상기 제1 고장 임계 값을 제1 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 경우, 상기 비행체의 추진기에 대한 이상 징후를 검출하는 단계;

상기 이상 징후가 검출된 경우, 각 추진기의 고장 판단 점수 데이터를 해당 추진기에 대응하는 상기 제2 고장 임계 값과 비교하는 단계;

상기 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값을 제2 요구 연속 샘플 수 이상 연속하여 초과하는 추진기를 고장 상태인 상기 제1 추진기로 결정하는 단계;

평가 구간에서 상기 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값 이하로 유지되는 추진기를 정상 상태인 상기 제2 추진기로 결정하는 단계; 및

상기 고장 판단 점수 데이터가 해당 제2 고장 임계 값을 초과하였으나 연속 초과 횟수가 상기 제2 요구 연속 샘플 수에 도달하지 않은 추진기를 판정 대기 상태로 구분하여 후속 샘플에 대한 비교를 계속 수행하는 단계;를 포함하는,

자동 비행 제어 방법.

【청구항 8】

청구항 7에 있어서,

정상 비행 기준 구간에서 획득된 토크 잔차 데이터를 포함하는 정상 기준 데

이터셋을 구성하는 단계;

상기 정상 기준 데이터셋에 포함된 토크 잔차 데이터의 평균 및 표준편차를 산출하는 단계;

상기 평균에 상기 표준편차의 3배를 합산하여 상기 제1 고장 임계 값을 결정하는 단계; 및

상기 복수의 추진기 중 적어도 하나의 추진기의 고장 판단 점수 데이터가 상기 제1 고장 임계 값을 초과하는 경우, 새롭게 획득되는 비행 데이터를 이용한 상기 정상 기준 데이터셋의 갱신을 일시적으로 중지하는 단계;를 더 포함하는,

자동 비행 제어 방법.

【청구항 9】

청구항 6에 있어서,

상기 비행체가 방위 방향을 유지하도록 제어하는 단계는,

상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터가 적용된 이후의 기체 자세 응답 데이터를 획득하는 단계;

획득된 기체 자세 응답 데이터에 기반하여, 현재 방위 방향과 상기 목표 방위 방향 사이의 순환각 차이의 절대값을 방위 오차 제한 데이터와 비교하고, 현재 요 각속도의 절대값을 요 각속도 제한 데이터와 비교하는 단계; 및

상기 비교 결과에 따라 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 갱신하는 단계;를 포함하고,

상기 자동 비행 제어 방법은,

상기 비행체의 자세 안정 상태가 기 설정된 안정 기준에 도달한 이후, 착륙 하강률 데이터에 대응하도록 목표 고도 및 목표 수직 속도를 설정하고, 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터를 적용하여 상기 비행체의 하강을 제어하는 단계; 및

상기 비행체가 착륙을 완료할 때까지 상기 기체 자세 응답 데이터의 획득과 상기 추력 재분배 명령 데이터 및 상기 대각 보상 명령 데이터의 갱신을 반복하는 단계;를 더 포함하는,

자동 비행 제어 방법.

【청구항 10】

청구항 6 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 따른 자동 비행 제어 방법을 컴퓨터가 수행하도록 하는 명령어가 저장된,

비일시적 컴퓨터 판독가능 기록매체.

【요약서】

【요약】

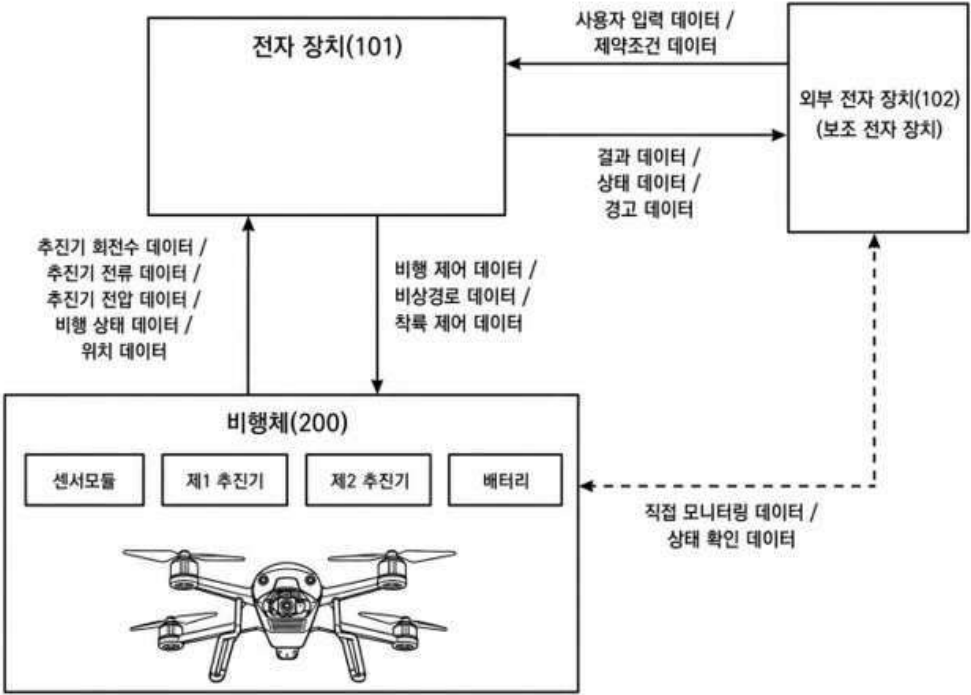
다양한 실시예들에 따르면, 복수의 추진기를 포함하는 비행체의 추진기 고장에 대한 자동 비행 제어를 제공하기 위한 전자 장치는, 명령어를 저장하는 메모리 및 상기 명령어를 실행하는 프로세서를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 적어도 하나의 비행체를 통하여, 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 획득하고, 상기 적어도 하나의 기체 자세 응답 데이터를 인공지능 모델에 입력하여 예측 토크 데이터를 결정하고, 관성 측정 데이터에 기반하여 결정된 측정 토크 데이터와 상기 예측 토크 데이터 사이의 차이에 기반하여 토크 잔차 데이터를 산출하며, 추진기 회전수 변화 데이터, 추진기 전류 변화 데이터 및 상기 토크 잔차 데이터를 정규화한 후 가중 결합하여 추진기별 고장 판단 점수 데이터를 결정하도록 설정된다. 상기 프로세서는 상기 고장 판단 점수 데이터와 제1 고장 임계 값의 비교 결과 및 임계값 초과 상태의 연속 여부에 기반하여 이상 징후를 검출하고, 이상 징후가 확인된 경우에는 각 추진기에 대응하는 제2 고장 임계 값과 요구 연속 샘플 수를 이용하여 추진기별 고장 여부를 판별하도록 설정된다. 상기 프로세서는 적어도 하나의 제1 추진기가 고장 상태로 판별된 것에 응답하여, 정상 상태로 판별된 적어도 하나의 제2 추진기에 대한 추력 재분배 명령 데이터 및 대각 보상 명령 데이터를 결정하고, 결정된 명령 데이터를 상기 적어도 하나의 비행체에 적용하도록 설정된다.

【대표도】

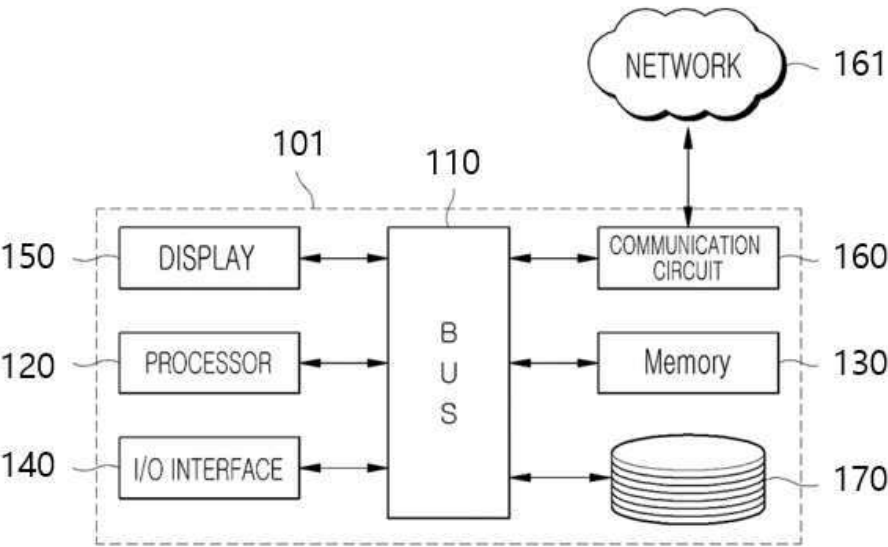
도 7

【도면】

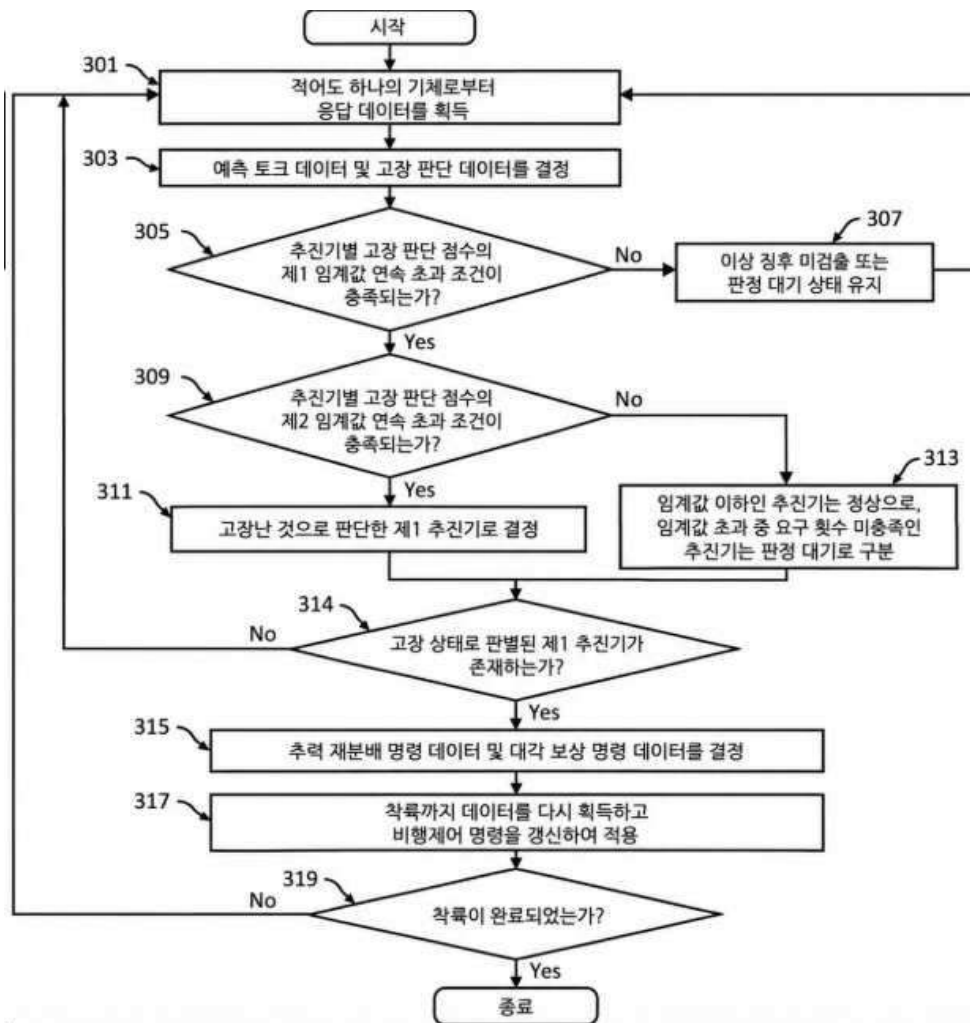
【도 1】



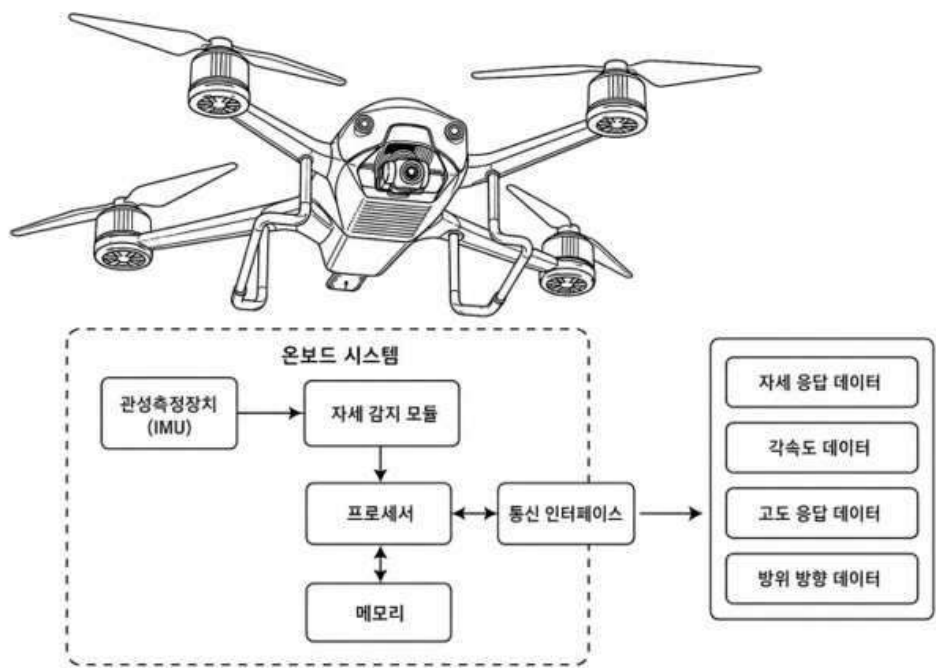
【도 2】



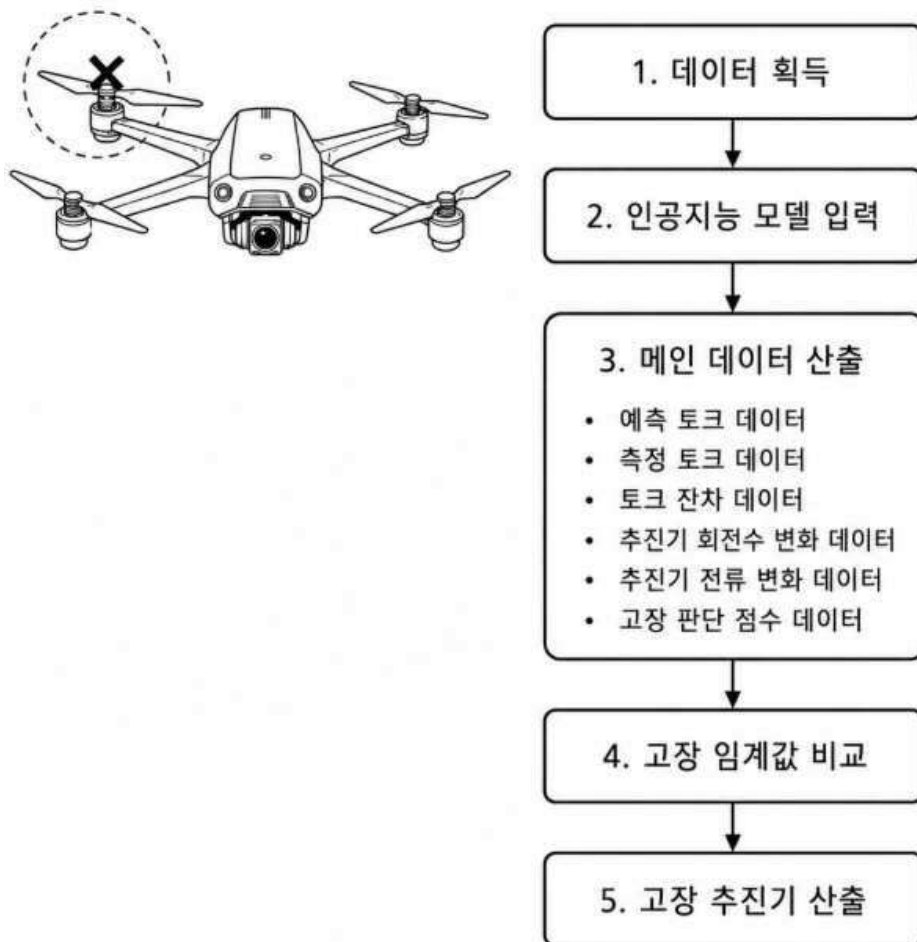
【도 3】



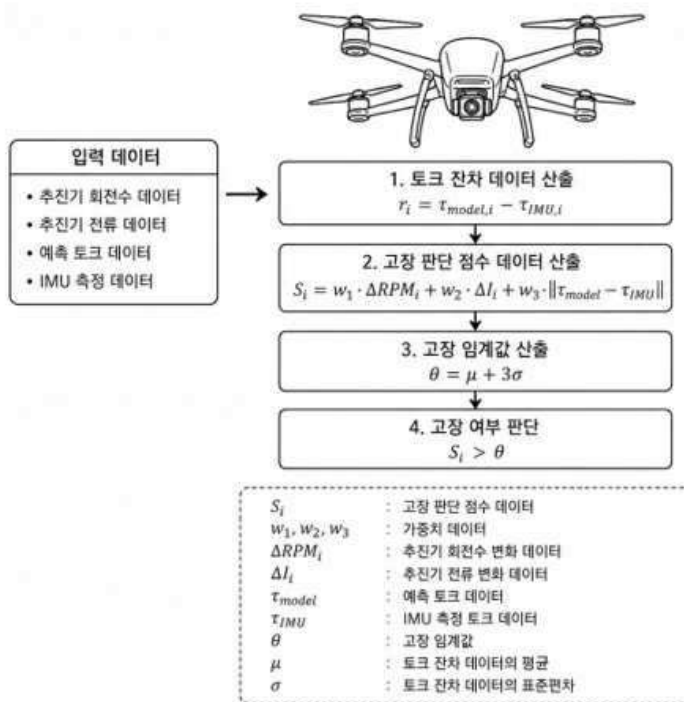
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

