



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월23일

(11) 등록번호 10-2304662

(24) 등록일자 2021년09월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01C 21/34 (2006.01) G01C 21/16 (2006.01)

G01C 21/18 (2006.01) G05D 1/02 (2020.01)

(52) CPC특허분류

G01C 21/3407 (2013.01)

G01C 21/1654 (2020.08)

(21) 출원번호 10-2021-0054932

(22) 출원일자 2021년04월28일

심사청구일자 2021년04월28일

(56) 선행기술조사문헌

비특허문헌 1(제어로봇시스템학회논문지 26, 김응주 외 5인, 2020.02)

KR102113593 B1

US20160364990 A1

KR1020110114218 A

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

송진우

서울특별시 강남구 도곡로 320 래미안도곡카운티 105동 1702호

김응주

충청남도 천안시 서북구 천안대로 999-7 이안더 센트럴 103동 904호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김현승

전체 청구항 수 : 총 16 항

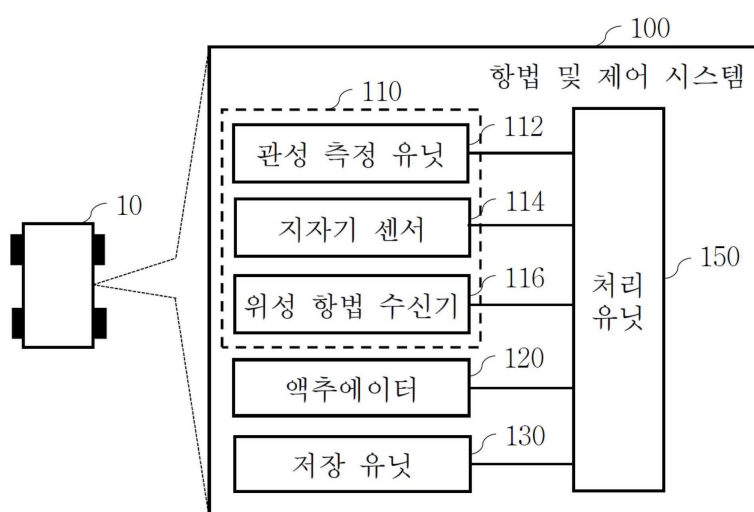
심사관 : 나영준

(54) 발명의 명칭 무인 이동체의 사고의 재현을 위한 항법 필터링

(57) 요약

복수의 측정 유닛을 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링의 방법이 제공된다. 제공된 방법은, 복수의 측정 유닛 중에서 고장이 발생한 것이 검출된 경우, UV를 위한 항법 필터의 대응하는 고장 상태 필터 모델을 식별하는 단계(항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 항법 해를 생성하고, 항법 해는 주어진 시점에서의 UV의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하고, 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면, 검출된 측정 유닛에 의해 제공되는 특정 타입의 측정 데이터와 무관하게, 복수의 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 항법 해가 역방향으로 산출됨)와, 고장에 후속하는 시점에 대해, 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 항법 해를 산출하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01C 21/18 (2013.01)

G01C 21/3446 (2013.01)

G05D 1/021 (2013.01)

(72) 발명자

김용훈

서울특별시 광진구 능동로19길 7-10 정익제이타워
502호

강산희

서울특별시 강동구 고덕로 360 324동 1003호

이주한

서울특별시 광진구 광나루로15길 61 504호

김승택

서울특별시 광진구 천호대로110길 111 104호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711116145
과제번호	2018-0-01423-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	대학ICT연구센터육성지원사업
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	50/100
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345321135
과제번호	2020R1A6A1A03038540
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	자율지능무인비행체연구소
기 여 율	50/100
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 측정 유닛을 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링의 방법으로서,

상기 복수의 측정 유닛 중 특정한 것이 검출된 경우, 상기 UV를 위한 항법 필터의 복수의 고장 상태 필터 모델 중 대응하는 것을 식별하는 단계 - 상기 특정한 측정 유닛은 상기 복수의 측정 유닛 중에서 고장이 발생한 것이고, 상기 항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 항법 해를 생성하고, 상기 항법 해는 상기 주어진 시점에서의 상기 UV의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면, 상기 특정한 측정 유닛으로부터 제공된 특정 타입의 측정 데이터가 상기 입력으로서 취해지지 않고, 상기 복수의 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 상기 입력으로서 취해져 상기 항법 해가 역방향으로 산출됨 - 와,

상기 고장에 후속하는 고장 후 시점에 대해, 상기 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 상기 항법 해를 산출하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 항법 해는 상기 고장 후 시점에서의 상기 UV의 위치, 속도 및 자세 중 일부를 포함하고, 상기 고장 후 시점에서의 상기 UV의 위치, 속도 및 자세 중 다른 일부는 상기 항법 해 및 상기 다른 타입의 측정 데이터에 기반하여 산출되는,

방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 다른 측정 유닛은 관성 항법 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU)인,

방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면 상기 UV를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해져 상기 항법 해가 산출되는,

방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 다른 타입의 측정 데이터는 상기 특정 타입의 측정 데이터보다 갱신율(update rate)이 낮은,

방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 다른 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛인,
방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 측정 유닛 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 조건으로, 상기 주어진 시점에 대해, 정상 상태 필터 모델을 사용하여 상기 항법 해를 산출하는 단계를 더 포함하되, 상기 정상 상태 필터 모델에 의하면 상기 복수의 측정 유닛에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 상기 입력으로서 취해져 상기 항법 해가 역방향으로 산출되는,

방법.

청구항 8

컴퓨터 프로세서에 의해 실행되는 경우 상기 컴퓨터 프로세서로 하여금 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 실행가능 명령어가 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 9

컴퓨팅 장치로서,

프로세서와,

메모리를 포함하되, 상기 메모리는 복수의 측정 유닛을 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링을 위해 상기 프로세서에 의해 실행가능한 컴퓨터 프로그램 명령어의 세트로서 인코딩되되, 상기 세트는,

상기 복수의 측정 유닛 중 특정한 것이 검출된 경우, 상기 UV를 위한 항법 필터의 복수의 고장 상태 필터 모델 중 대응하는 것을 식별하는 명령어 - 상기 특정한 측정 유닛은 상기 복수의 측정 유닛 중에서 고장이 발생한 것이고, 상기 항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 항법 해를 생성하고, 상기 항법 해는 상기 주어진 시점에서의 상기 UV의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면, 상기 특정한 측정 유닛으로부터 제공된 특정 타입의 측정 데이터가 상기 입력으로서 취해지지 않고, 상기 복수의 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 상기 입력으로서 취해져 상기 항법 해가 역방향으로 산출됨 - 와,

상기 고장에 후속하는 고장 후 시점에 대해, 상기 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 상기 항법 해를 산출하는 명령어를 포함하는

컴퓨팅 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 항법 해는 상기 고장 후 시점에서의 상기 UV의 위치, 속도 및 자세 중 일부를 포함하고, 상기 고장 후 시점에서의 상기 UV의 위치, 속도 및 자세 중 다른 일부는 상기 항법 해 및 상기 다른 타입의 측정 데이터에 기반하여 산출되는,

컴퓨팅 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 다른 측정 유닛은 관성 항법 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU)인,

컴퓨팅 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면 상기 UV를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해져 상기 항법 해가 산출되는,

컴퓨팅 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 다른 타입의 측정 데이터는 상기 특정 타입의 측정 데이터보다 갱신율(update rate)이 낮은,

컴퓨팅 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 다른 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛인,

컴퓨팅 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 세트는, 상기 복수의 측정 유닛 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 조건으로, 상기 주어진 시점에 대해, 정상 상태 필터 모델을 사용하여 상기 항법 해를 산출하는 명령어를 더 포함하되, 상기 정상 상태 필터 모델에 의하면 상기 복수의 측정 유닛에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 상기 입력으로서 취해져 상기 항법 해가 역방향으로 산출되는,

컴퓨팅 장치.

청구항 16

제9항 내지 제15항 중 어느 한 항에 기재된 복수의 측정 유닛 및 컴퓨팅 장치를 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링(navigation filtering)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자율 주행 기술의 개발과 함께, 산업 환경에서 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)가 적용되는 사례가 더욱 늘어나고 있다. 자율 주행을 위해, UV는 항법 시스템을 사용할 수 있다. UV의 항법 시스템은 현재의 항법 정보(이는, 예컨대, UV의 위치, 속도 및 자세를 나타냄)를 자이로스코프(gyroscope)나 가속도계(accelerometer)와 같은 관성 센서로부터의 측정 정보 및 이전의 항법 정보에 기반하여 산출하는 관성 항법에 기반할 수 있다. 관성 항법에서는 적분이 거듭되므로 시간이 지남에 따라 항법 오차가 점점 더 누적되기 마련이다. 이러한 항법 오차는 외부 항법 시스템, 예컨대, 글로벌 항법 위성 시스템(Global Navigation Satellite System: GNSS)과 같은 위성 항법 시스템의 보조로써 완화 또는 제거될 수가 있다. 예를 들어, 위성 항법 시스템이 결합되면 UV의 항법 시스템은 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter: EKF)와 같은 필터를 구동하는 항법 알고리즘에서 위성 측정 데이터를 사용할 수 있다.

[0003] UV의 주행 중에 발생한 사고를 재현하기 위한 기존의 많은 시스템은 영상 데이터를 기록하는 영상 블랙박스(black box)를 이용한다. 그러한 사고 재현 방식은 대개 수작업 분석을 동반하는 실정인데, 분석에 소요되는 시간을 줄이고/거나 분석의 명확성을 높이는 것에 대한 관심이 점점 늘어나고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링이 본 문서에 개시된다.

과제의 해결 수단

[0005] 예에서, 복수의 측정 유닛을 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링의 방법은 다음을 포함한다: 복수의 측정 유닛 중에서 고장(failure)이 발생한 것이 검출된 경우, UV를 위한 항법 필터의 대응하는 고장 상태 필터 모델을 식별하는 단계(항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 항법 해(navigation solution)를 생성하고, 항법 해는 주어진 시점에서의 UV의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하고, 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면, 검출된 측정 유닛에 의해 제공되는 특정 타입의 측정 데이터와 무관하게, 복수의 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 항법 해가 역방향으로 산출됨); 및 고장에 후속하는 시점에 대해, 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 항법 해를 산출하는 단계.

[0006] 진술된 개요는 상세한 설명에서 추가로 후술되는 몇몇 양상을 단순화된 형태로 소개하기 위해 제공된다. 이 개요는 청구된 주제(subject matter)의 중요 특징 또는 필수적 특징을 식별하도록 의도되지 않고, 청구된 주제의 범위를 정하는 데 사용되도록 의도되지도 않는다. 나아가, 청구된 주제는 본 명세서에서 논의되는 임의의 또는 모든 이점을 제공하는 구현에 한정되지 않는다.

발명의 효과

[0007] 본 개시에 따르면, UV에 발생한 사고를 재현하는 데에 UV에 관한 항법 정보를 사용할 수 있다.

[0008] 본 개시에 따르면, UV의 사고를 재현하기 위해, UV의 위치, 속도 및/또는 자세를 나타내는 항법 해를 역방향으로 제공하는 항법 필터를 구성할 수 있다.

[0009] 본 개시에 따르면, UV의 여러 측정 유닛 중 고장이 발생한 것이 검출된 경우, UV의 여러 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공된 측정 데이터를 처리하여, 그리고 가능하게는 UV의 동적 모델을 또한 사용하여, 항법 해를 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 예시적인 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 항법 및 제어 시스템의 예를 보여주는 블록도이다.

도 2는 도 1의 UV를 위한 항법 해를 계산하는 다양한 방식을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 도 1의 UV의 사고의 재현을 위한 예시적인 항법 필터링을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3의 항법 필터링에서의 사용을 위한 예시적인 분산형(decentralized) 필터를 보여준다.

도 5는 도 1의 UV의 사고의 재현을 위한 항법 필터링의 프로세스의 예를 보여주는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 개시에서 사용되는 다양한 용어는 본 문서에서의 기능을 고려하여 상용 용어의 용어법으로부터 선택되는데, 이는 당업자의 의도, 준례, 또는 새로운 기술의 출현에 따라서 달리 인식될 수 있다. 특정한 사례에서, 몇몇 용어에는 상세한 설명에서 개진된 바와 같이 의미가 주어질 수 있다. 따라서, 본 문서에서 사용되는 용어는, 단순히 그 명칭에 의해서가 아니라, 본 개시의 맥락에서 그 용어가 갖는 의미와 일관되게 정의되어야 한다.

[0012] 본 문서에서 용어 "포함하다", "가지다" 등은 이후에 열거된 요소, 예컨대, 어떤 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 정보 또는 이들의 조합의 존재를 명시하는 경우에 사용된다. 달리 표시되지 않는 한, 이런 용어 및 이의 변형은 다른 요소의 존재 또는 추가를 배제하도록 의도되지 않는다.

[0013] 본 문서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "제1", "제2" 등은 몇 개의 서로 닮은 요소를 식별하도록 의도된다. 달리 기재되지 않는 한, 그러한 용어는 이들 요소의 또는 이들의 사용의 특정한 순서와 같은 한정을 부과하도록 의도된 것이 아니라, 단지 여러 요소를 따로따로 지칭하기 위해 사용된다. 예를 들면, 어떤 요소가 일례에서 용

어 "제1"로써 참조될 수 있는 한편 동일한 요소가 다른 예에서 "제2" 또는 "제3"과 같은 상이한 서수로써 참조될 수 있다. 그러한 예에서, 이들 용어는 본 개시의 범위를 한정하지 않는 것이다. 또한, 여러 요소의 리스트에서 용어 "및/또는"을 사용하는 것은 열거된 항목 중 임의의 하나 또는 복수 개를 비롯하여 이들 항목의 모든 가능한 조합을 포함한다. 나아가, 단수 형태의 표현은 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 복수 형태의 의미를 포함한다.

- [0014] 첨부된 도면을 참조하여 본 개시의 소정의 예가 이제 상세히 기술될 것이다. 다만, 본 개시는 많은 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 본 문서에 개진된 예에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 오히려, 이들 예는 본 개시의 범위의 더 나은 이해를 제공하기 위해서 주어지는 것이다.
- [0015] 도 1은 예시적인 UV(10)의 항법 및 제어 시스템(100)의 예를 보여주는 블록도이다. UV(10)의 예는 모바일 로봇(가령, 바퀴 달린(wheeled) 모바일 로봇), 드론(가령, 회전익체(rotorcraft) 드론), 다른 타입의 무인 지상 이동체(Unmanned Ground Vehicle: UGV), 다른 타입의 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV), 기타 등등을 포함한다.
- [0016] 도 1의 예시적인 항법 및 제어 시스템(100)은 UV(10)로 하여금 제어된 위치, 속도 및/또는 자세를 갖게 하는 제어 입력(control input)을 제공하고, UV(10)를 위한 제어 입력 및 UV(10)의 동적 모델을 사용하여 데드 레커닝(Dead Reckoning: DR) 방식으로 항법 정보를 산출하는 메커니즘과 함께, 위성 항법 시스템, 특히 글로벌 포지셔닝 시스템(Global Positioning System: GPS)과 같은 GNSS로부터 보조 정보를 수신하고 이를 사용하는 메커니즘을 갖는다.
- [0017] 도 1의 예에서, 항법 및 제어 시스템(100)은 복수의 측정 유닛(110), 액추에이터(actuator)(120), 저장 유닛(storage unit)(130) 및 처리 유닛(processing unit)(150)을 포함한다. 항법 및 제어 시스템(100)의 다른 예시적인 구현이 또한 고려된다. 예를 들어, 항법 및 제어 시스템(100)은 도시되지 않은 추가적인 컴포넌트를 또한 포함할 수 있고/거나, 도 1에 도시된 컴포넌트 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.
- [0018] 도시된 예에서, 복수의 측정 유닛(110)은 관성 측정 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU)(112)(이는 자이로스코프 및/또는 가속도계를 포함함), 지자기 센서(114)(이는 자력계(magnetometer)로도 지칭됨) 및 위성 항법 수신기(116)를 포함하는데, 이들은 개별적으로 측정 유닛(100)으로서든 또는 집합적으로 측정 유닛(110)으로서든 칭해질 수 있다.
- [0019] 도시된 예에서, 관성 측정 유닛(112)의 자이로스코프는 각속도 측정 데이터가 실린 자이로 출력 신호를 출력한다. 그러면, 처리 유닛(150)은 자이로스코프로부터 수신된 각속도 측정 데이터를, UV(10)의 롤(roll) 각, 피치(pitch) 각 및 요(yaw) 각(즉, 방위각)과 같은 자세를 계산하는 데에 사용할 수 있다. 예를 들어, 자이로스코프는 3축 자이로스코프일 수 있다.
- [0020] 도시된 예에서, 관성 측정 유닛(112)의 가속도계는 가속도 측정 데이터가 실린 가속도계 출력 신호를 출력한다. 그러면, 처리 유닛(150)은 가속도계로부터 수신된 가속도 측정 데이터를, UV(10)의 롤 각 및 피치 각을 계산하는 데에 사용할 수 있다. 예를 들어, 가속도계는 3축 가속도계일 수 있다.
- [0021] 도시된 예에서, 지자기 센서(114)는 자기장 측정 데이터가 실린 자력계 출력 신호를 출력한다. 그러면, 처리 유닛(150)은 지자기 센서(114)로부터 수신된 자기장 측정 데이터를 기반으로, 그리고 UV(10)의 계산된 롤 각 및 계산된 피치 각에 또한 기반하여, UV(10)의 방위각을 계산할 수 있다. 예를 들어, 지자기 센서는 3축 자력계일 수 있다.
- [0022] 도 1의 예에서, 위성 항법 수신기(116)는 항법 위성으로부터 위성 항법 신호를 수신한다. 그러면, 처리 유닛(150)은 수신된 위성 항법 신호를 기반으로, 예컨대, 위성 항법 신호를 처리하여 위성 측정 데이터(가령, 가시 위성 및 위성 항법 수신기(116) 간의 의사거리(pseudorange) 및/또는 의사거리율(pseudorange rate) 및/또는 위성 항법 수신기(116)의 위도, 경도 및/또는 방위각)를 생성함으로써 또는 위성 항법 수신기(116)에 의해 위성 항법 신호로부터 생성된 그러한 위성 측정 데이터를 위성 항법 수신기(116)로부터 수신함으로써, UV(10)의 위치, 속도 및/또는 자세를 판정할 수 있다. 예를 들어, 위성 항법 수신기(116)는 GPS 수신기일 수 있다.
- [0023] 몇몇 예시적인 구현에서, 복수의 측정 유닛(110)은 UV(10)의 항법을 위한 추가적인 센서(가령, 주행기록계(odometry) 및/또는 거리 센서(distance sensor))를 더 포함할 수 있고, 그러한 추가적인 센서는 다른 측정 데이터(가령, 속도 측정 데이터 및/또는 거리 측정 데이터)를 제공할 수 있다. 그러면, 처리 유닛(150)은 UV(10)의 위치, 속도 및/또는 자세를 계산하는 데에 그러한 측정 데이터를 사용할 수 있다.

- [0024] 도 1의 예에서, 처리 유닛(150)의 제어 하에, 예컨대, 처리 유닛(150)으로부터 인가된 제어 입력에 따라, 액추에이터(120)는 UV(10)(또는 그것의 어떤 컴포넌트, 가령 바퀴와 같은 발동 메커니즘)를 소정의 위치에 위치시키고/거나 소정의 속도로 이동시키고/거나 소정의 방향으로 배향시키도록 동작하는 제어가능 유닛이다. 예를 들어, 액추에이터(120)는 전기 모터 액추에이터(electric motor actuator), 로터리 액추에이터(rotary actuator) 및/또는 다른 타입의 액추에이터를 포함할 수 있다.
- [0025] 도 1의 예에서, 저장 유닛(130)은 다양한 정보를 저장한다. 예를 들어, 저장 유닛(130)은 비일시적(non-transitory) 형태로 데이터를 저장하는 컴퓨터 판독가능 저장 매체(computer readable storage medium)를 포함할 수 있다. 그러므로, 저장 유닛(130)은 내부에 다양한 정보, 예컨대, 처리 유닛(150)에 의해 실행될 명령어의 세트 및/또는 다른 정보가 저장될 수 있다.
- [0026] 몇몇 예시적인 구현에서, 저장 유닛(130)은 복수의 측정 유닛(110)으로부터 (가령, 특정 시간 구간에 걸쳐서) 수신된 각자의 타입의 측정 데이터를 저장할 수 있는데, 이는 후술되는 바와 같이 UV(10)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링(특히, 나중의 시점에서의 측정으로부터 먼저의 시점에서의 UV(10)의 위치, 속도 및/또는 자세의 추정과 같은 역방향 필터링)을 위해 인출되고 사용될 수 있다.
- [0027] 도 1의 예에서, 처리 유닛(150)은 항법 시스템(100)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 처리 유닛(150)은 본 문서에 기술된 동작을 수행하기 위해 프로세서(processor) 또는 다른 처리 회로(processing circuitry)로써 구현될 수 있다.
- [0028] 도시된 예에서, 처리 유닛(150)은 UV(10)의 사고를 재현하기 위해 항법 필터링을 수행한다. 이와 같이, UV(10)의 항법 및 제어 시스템(100)은 그러한 사고가 일어난 현장 내지 장면과 같은 외부적 요소에 더하여 또는 이를 대신하여 UV(10)에 관한 항법 정보와 같은 내부적 요소를 사고의 분석 및 재현에 이용할 수 있게 한다. 이것은 UV(10)의 사고가, 예컨대, UV(10)의 어떤 측정 유닛(110)(이는 측정 데이터를 제공함)의 고장, UV(10)의 어떤 제어가능 유닛(이는 액추에이터(120)와 같이 제어 입력을 사용함)의 고장 및/또는 UV(10)의 다른 컴포넌트의 고장을 수반할 가능성이 상당하다는 점을 감안한 것이다.
- [0029] 그러한 항법 필터링에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 처리 유닛(150)은 UV(10)를 위한 항법 해를 다양한 방식으로 계산할 수 있다. 도 2의 예에서, UV(10)는 최초로 출발 지점(210)에서 이동하기 시작하여 최종적으로 도착 지점(220)에 이르렀는데, 도중에 지점(215)에서 사고가 발생하였다고 가정하자. 이후에, 처리 유닛(150)은 사고의 재현에서 분석되어야 할 특정 시간 구간을 그러한 이동의 시작 시점(230)부터 종료 시점(240)까지 걸쳐 있는 시간 구간으로서 식별할 수 있고, 이 시간 구간 내의 주어진 시점에 대해, 다음과 같은 방식으로 UV(10)를 위한 항법 해를 계산할 수 있다: (i) 화살표(260)에 의해 나타내어진 바와 같이, (가령, 실시간으로 항법 필터를 구동하는 방식과 마찬가지로) 시간적으로 정방향으로 항법 해를 생성함(즉, "정방향 필터"를 구동함); (ii) 화살표(270)에 의해 나타내어진 바와 같이, 시간적으로 역방향으로 항법 해를 생성함(즉, "역방향 필터"를 구동함); 또는 (iii) 화살표(280)에 의해 나타내어진 바와 같이, 정방향으로 생성된 항법 해 및 역방향으로 생성된 항법 해를 조합하여 정제된 항법 해를 생성함(즉, 정방향 필터 부분 및 역방향 필터 부분으로 된 "이중 필터" 구조를 사용함).
- [0030] 다양한 예에서, 처리 유닛(150)은 후술되는 바와 같이 항법 필터링을 수행할 수 있어서, 만일 사고 발생 시점(235)에 측정 유닛(110) 또는 액추에이터(120)에서 고장이 발생하였음을 검출한 경우, 무엇보다도 사고 발생 시점(235)에 후속하는 시점에 대해, (가령, 역방향 필터를 사용하는 방식으로) 항법 해를 구하는 데에 그러한 고장난(failed) 컴포넌트가 가능한 한 덜 영향을 미칠 수 있다.
- [0031] 이제, 도 3을 참조하여, UV(10)의 사고를 재현하기 위한 예시적인 항법 필터링이 더욱 상세히 설명된다.
- [0032] 몇몇 예시적인 구현에서, 블록(310)에 의해 나타내어진 바와 같이, 처리 유닛(150)은 UV(10)를 위한 항법 필터를 초기화할 수 있다. 항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력을 필터링하여 항법 해를 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0033] 몇몇 예시적인 구현에서, UV(10)를 위한 항법 필터의 초기화는 항법 필터의 정방향 필터 부분을 정방향 필터 모델로써 구성하는 것을 포함할 수 있다. 정방향 필터 모델은 복수의 측정 유닛(100)으로부터 제공된 각자의 타입의 측정 데이터가 항법 필터의 입력으로서 취해져 항법 해가 산출되는 필터 모델, 또는 복수의 측정 유닛(100) 중 특정한 것으로부터 제공된 측정 데이터가 항법 필터의 입력으로서 취해지지 않는 다른 필터 모델일 수 있다. 특정한 예에서, 정방향 필터는 분산형 필터의 구조(가령, 노-리셋(No-Reset: NR) 모드의 연합형(federated) 필터 구조)을 갖도록 구성될 수 있다. 도 4는 그러한 정방향 필터의 예로서 분산형 필터(400)를 도시한다. 분산형

필터(400)는 내부에 관성 항법 시스템(Inertial Navigation System: INS)(412)이 결합된다. 이 예에서, INS(412)는 주 항법 시스템 내지 참조 시스템(reference system)으로서 채택된다. INS(412)는 IMU(112)로부터 각속도 및/또는 가속도 측정 데이터를 수신하고 이를 처리하여 항법 해(가령, UV(10)의 위치, 속도 및/또는 자세)를 제공하는 필터를 포함한다. 또한, 도 4의 예에서, INS(412)의 항법 해에서의 오차를 보정하기 위한 다른 타입의 측정 데이터를 제공하는 다른 측정 유닛으로서 지자기 센서(114) 및 위성 항법 수신기(116)가 사용된다. 이에 따라, 분산형 필터(400)는 자력계(114)로부터 자기장 측정 데이터를 수신하는 로컬 필터(local filter)(414) 및 위성 항법 수신기(116)로부터 위성 측정 데이터를 수신하는 로컬 필터(416)를 더 포함한다. 로컬 필터(414, 416) 각각에는 INS(412)로부터 INS 항법 해가 참조 데이터(reference data)로서 제공된다. 로컬 필터(414, 416) 각각은 칼만 필터(가령, EKF)로 구성될 수 있다. 더 나아가, 도 4의 예에서, 분산형 필터(400)는 마스터 필터(master filter)(410)를 더 포함하는데, 이는 INS(412)로부터 참조 데이터를, 그리고 각각의 로컬 필터(414, 416)로부터 출력 데이터(가령, 필터링된 상태 변수 및 공분산)를 수신하고 이들을 융합하여 통합 항법 해로 처리한다.

[0034] 몇몇 예시적인 구현에서, UV(10)를 위한 항법 필터의 초기화는 복수의 역방향 필터 모델을 구성하는 것을 포함할 수 있다. 아래에서 더욱 상세히 기술되는 바와 같이, 처리 유닛(150)은 항법 필터의 역방향 필터 부분을 이들 필터 모델 중 적절한 것에 따라 동작하도록 조정할 수 있다.

[0035] 몇몇 예시적인 구현에서, 블록(320)에 의해 나타내어진 바와 같이, 처리 유닛(320)은 복수의 측정 유닛(110) 중에서 고장이 발생한 측정 유닛이 있는지를 검출할 수 있다. 추가로, 만일 고장이 발생한 측정 유닛이 존재하는 경우, 처리 유닛(150)은 복수의 측정 유닛(110) 중 어느 것이 그러한 고장난 측정 유닛(110)인지를, 그리고 가능하게는 언제 그러한 고장이 발생한 것인지(즉, 고장 발생 시점)를 또한 검출할 수 있다.

[0036] 이에 따라, 블록(320)에 의해 또한 나타내어진 바와 같이, 처리 유닛(150)은 항법 및 제어 시스템(100)의 상태를 몇 가지(가령, 도시된 바와 같이 1개의 정상 상태 케이스 및 여러 고장 상태 케이스)로 분류할 수 있다. 특정한 예에서, 처리 유닛(150)은 정방향 필터 모델에 따라 정방향으로 항법 해를 생성하고, 이 정방향 생성된 항법 해에 기반하여 그러한 고장 검출을 수행할 수 있다. 예로서, 도 4에 도시된 바와 같이, 고장 검출기(fault detector)(424)가 로컬 필터(414)와 마스터 필터(410) 사이에, 그리고 고장 검출기(426)가 로컬 필터(416)와 마스터 필터(410) 사이에 커플링될 수 있다. 이 예에서, 전파기(propagator)(420)는 마스터 필터(410)의 출력을 사용하여 고장 검출기(424, 426) 각각에 고장 검출을 위한 참조 신호를 제공할 수 있고, 고장 검출기(424, 426)는 커플링된 로컬 필터(414, 416)의 출력을 각자의 참조 신호와 비교하여 해당 측정 유닛(114, 116)의 고장 여부를 검출할 수 있다. 한편, INS(412)는 별도로 (가령, 패리티 공간 기법을 사용함으로써) IMU(112)의 고장 여부를 검출할 수 있다.

[0037] 몇몇 예시적인 구현에서, 블록(330)에 의해 나타내어진 바와 같이, UV(10)의 어떤 측정 유닛(110)도 고장난 것이 아니라고 판정된 경우, 처리 유닛(150)은 복수의 측정 유닛(110)에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 (가령, 정방향 필터 모델과 동일한 방식으로 또는 상이한 방식으로 융합되고 처리되어) 항법 해가 산출되는 소정의 역방향 필터 모델(이하에서 "정상 상태 필터 모델"로 칭해질 수도 있음)을, 예컨대, 복수의 주어진 역방향 필터 모델 중에서, 식별할 수 있다. 그러면, UV(10)의 사고의 재현에서의 분석을 위한 특정 시간 구간(이하에서 "타겟 시간 구간"으로 칭해질 수도 있음) 내의 복수의 시점 각각에 대해, 처리 유닛(150)은 정상 상태 필터 모델에 따라 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다.

[0038] 몇몇 예시적인 구현에서, 블록(340)에 의해 나타내어진 바와 같이, 복수의 측정 유닛(110) 중의 위성 항법 수신기(116)에서 고장이 발생하였다고 판정된 경우, 처리 유닛(150)은 위성 항법 수신기(116)에 의해 제공되는 위성 측정 데이터를 제외한, 복수의 측정 유닛(110) 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 항법 해가 산출되는 다른 역방향 필터 모델(이하에서 "제1 고장 상태 필터 모델"로 칭해질 수도 있음)(가령, 자세 및 heading 참조 시스템(Attitude and Heading Reference System: AHRS) 필터 모델)을, 예컨대, 복수의 주어진 역방향 필터 모델 중에서, 식별할 수 있다. 그러면, 타겟 시간 구간 내에 주어진, 그리고 고장 발생 시점에 후속하는 어느 시점(이하에서 "고장 후 시점"으로 지칭될 수도 있음)에 대해서든, 처리 유닛(150)은 제1 고장 상태 필터 모델에 따라 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다. 선택적으로, 타겟 시간 구간 내의 나머지 시점 각각에 대해서, 처리 유닛(150)은 (가령, 제1 고장 상태 필터 모델에 따라, 정상 상태 필터 모델에 따라, 또는 다른 필터 모델에 따라) 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다.

[0039] 블록(340)과 관련하여, 위성 항법 수신기(116)에 고장이 발생한 후에 도래하는 고장 후 시점에서의 UV(10)의 위치 및 속도를 나머지 측정 유닛(110)만으로 추정하는 것은 그렇지 않은 경우보다 정확도가 감소될 공산이 크다

는 점이 이해될 것이다. 이에 따라, 특정한 예에서, 처리 유닛(150)은 제1 고장 상태 필터 모델에 따라 역방향으로 그러한 시점에서의 UV(10)의 자세를 항법 해로서 산출하고, 이후에 이 역방향 생성된 항법 해를 위성 항법 수신기(116)가 아닌 측정 유닛(110)(가령, IMU(112))에 의해 제공된 다른 타입의 측정 데이터와 함께 사용하여 해당 시점에서의 UV(10)의 위치 및/또는 속도를 산출할 수 있다.

[0040] 몇몇 예시적인 구현에서, 블록(350)에 의해 나타내어진 바와 같이, 복수의 측정 유닛(110) 중의 IMU(112)에서 고장이 발생하였다고 판정된 경우, 처리 유닛(150)은 IMU(112)에 의해 제공되는 측정 데이터(가령, 각속도 및/또는 가속도 측정 데이터)를 제외한, 복수의 측정 유닛(110) 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 항법 해가 산출되는 또 다른 역방향 필터 모델(이하에서 "제2 고장 상태 필터 모델"로 칭해질 수도 있음)을, 예컨대, 복수의 주어진 역방향 필터 모델 중에서, 식별할 수 있다. 그러면, 타겟 시간 구간 내의 임의의 고장 후 시점에 대해, 처리 유닛(150)은 제2 고장 상태 필터 모델에 따라 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다. 선택적으로, 타겟 시간 구간 내의 나머지 시점 각각에 대해서, 처리 유닛(150)은 (가령, 제2 고장 상태 필터 모델에 따라, 정상 상태 필터 모델에 따라, 또는 다른 필터 모델에 따라) 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다.

[0041] 추가적으로, 제2 고장 상태 필터 모델에 따르면, UV(10)를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해질 수 있다. 일반적으로, 위성 항법 수신기(116)에 의해 제공되는 위성 측정 데이터의 갱신율(update rate)은 보통 초(sec) 단위로서 다른 측정 유닛(110)(가령, IMU(112), 지자기 센서(114) 등)에 비해 꽤 낮기 때문에(즉, 위성 항법 수신기(116)는 저속 측정 유닛이기 때문에), 그러한 갱신율보다 빠르게 UV(10)를 위해 제어 입력이 인가된다면 제2 고장 상태 필터 모델에서 이를 위성 측정 데이터와 함께 고려하는 것은 더 정확한 항법 해를 구하는 데에 도움이 될 것이다.

[0042] 몇몇 예시적인 구현에서, 블록(360)에 의해 나타내어진 바와 같이, 복수의 측정 유닛(110) 중의 지자기 센서(114)에서 고장이 발생하였다고 판정된 경우, 처리 유닛(150)은 지자기 센서(114)에 의해 제공되는 자기장 측정 데이터를 제외한, 복수의 측정 유닛(110) 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 항법 해가 산출되는 또 다른 역방향 필터 모델(이하에서 "제3 고장 상태 필터 모델"로 칭해질 수도 있음)을, 예컨대, 복수의 주어진 역방향 필터 모델 중에서, 식별할 수 있다. 그러면, 타겟 시간 구간 내의 임의의 고장 후 시점에 대해, 처리 유닛(150)은 제3 대체 필터 모델에 따라 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다. 선택적으로, 타겟 시간 구간 내의 나머지 시점 각각에 대해서, 처리 유닛(150)은 (가령, 제3 고장 상태 필터 모델에 따라, 정상 상태 필터 모델에 따라, 또는 다른 필터 모델에 따라) 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다.

[0043] 추가적으로, 제3 고장 상태 필터 모델에 따르면, UV(10)를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해질 수 있다. 지자기 센서(114)로부터 수신된 자기장 측정 데이터 없이, IMU(112)로부터 수신된 측정 데이터에 기반하여 항법 해를 구하는 것은 종종 부정확한 결과(가령, UV(10)의 추정된 방위각에서의 상당한 오차)로 이어진다는 점에 비추어 볼 때, 그러한 필터 모델은 IMU(112)의 고장의 경우와 유사하게 더 정확한 항법 해를 산출하는 데에 유용할 것이다.

[0044] 몇몇 예시적인 구현에서, 처리 유닛(150)이 복수의 측정 유닛(100) 중 어느 것에 고장이 발생하였는지를 검출하는 것은 처리 유닛(150)이 UV(10)의(가령, 항법 및 제어 시스템(100)의) 다른 컴포넌트에 고장이 발생하였는지를 검출하는 것으로 일반화될 수 있다. 예를 들면, 블록(320)에서, 처리 유닛(150)은 추가적으로 UV(10)의 제어 가능 유닛, 예컨대, 처리 유닛(150)에 의해 UV(10)를 위해 제공되는 제어 입력에 따라 동작하는 액추에이터(120)와 같은 제어가능 유닛에 고장이 발생한 것인지를 검출할 수 있다. 이 예에서, 블록(330)에서 정상 상태 필터 모델이 식별되는 것은 UV(10)의 어떤 측정 유닛(110)도 고장난 것이 아니라고 판정됨을 조건으로 할 뿐만 아니라 UV(10)의 어떤 제어가능 유닛도 고장난 것이 아니라고 판정됨도 조건으로 한다. 나아가, 만일 UV(10)의 제어가능 유닛(가령, 액추에이터(120))에 고장이 발생한 것을 블록(320)에서 검출한 경우, 처리 유닛(150)은 블록(370)에 의해 나타내어진 바와 같이, UV(10)를 위한 제어 입력을 제외한, 복수의 측정 유닛(110)에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 입력으로서 취해져 항법 해가 산출되는 소정의 역방향 필터 모델(이하에서 "제4 고장 상태 필터 모델"로 칭해질 수도 있음)을, 예컨대, 복수의 주어진 역방향 필터 모델 중에서, 식별할 수 있다. 예로서, 제4 고장 상태 필터 모델은 그것의 입력으로서 UV(10)를 위한 제어 입력을 취하지 않는다는 점 이외에는 정상 상태 필터 모델과 동일할 수 있다. 그러면, 타겟 시간 구간 내의 임의의 사고 후 시점에 대해, 처리 유닛(150)은 제4 고장 상태 필터 모델에 따라 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다. 선택적으로, 타겟 시간 구간 내의 나머지 시점 각각에 대해서, 처리 유닛(150)은 (가령, 제4 고장 상태 필터 모델에 따라, 정상 상태 필터 모델에 따라, 또는 다른 필터 모델에 따라) 역방향으로 항법 해를 산출할 수 있다.

- [0045] 몇몇 예시적인 구현에 따르면, 처리 유닛(150)은 블록(330 내지 370) 중 어느 것에서든 식별된 역방향 필터 모델에 따라, 타겟 시간 구간 내의 시점에 대해, 역방향으로 생성된 항법 해를 동일한 시점에 대해 정방향으로 생성된 항법 해와 조합하는 방식으로 역추적을 수행함으로써 정제된 항법 해를 제공할 수 있다.
- [0046] 몇몇 예시적인 구현에 따르면, 처리 유닛(150)은 전송된 방식 중 어느 것으로든 산출된 항법 해를 (가령, 디스플레이를 위한) 처리를 위해 외부 컴퓨팅 장치에 제공할 수 있다.
- [0047] 도 5는 UV(10)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링의 예시적인 프로세스(500)를 보여주는 흐름도이다. 예를 들어, 프로세스(500)는 UV(10)의 항법 및 제어 시스템(100)(특히, 처리 유닛(150))에 의해 수행될 수 있다. 다른 예로서, 프로세스(500)는 UV(10)의 외부의 컴퓨팅 장치(가령, 그것의 프로세서)에 의해 수행될 수 있다. 프로세스(200)의 다른 예시적인 흐름이 또한 고려된다. 예를 들어, 프로세스(500)는 도시되지 않은 추가적인 동작을 또한 포함할 수 있고/거나, 도 5에 도시된 동작 중 일부를 포함하나 전부를 포함하지는 않을 수 있다.
- [0048] 동작(510)에서, UV(10)의 사고의 재현에서의 분석을 위한 특정 시간 구간 내의 복수의 시점 각각에 대해, UV(10)의 복수의 측정 유닛(110)에 의해 제공된 각자의 타입의 측정 데이터가 수집된다. 예를 들어, 그러한 측정 데이터는 수신되면 일단 저장 유닛(130)에 저장되고, 이후에 UV(10)의 이동 중에 사고가 발생하였음이 인지되면 저장 유닛(130)으로부터 인출될 수 있다. 특정한 예에서, UV(10)의 사고의 발생을 인지하는 것은 (가령, 그러한 이동의 시작 시점 및 종료 시점을 식별함으로써 시작 시점부터 종료 시점까지 걸쳐 있는 시간 구간을) 특정 시간 구간을 식별하는 것을 수반할 수 있다.
- [0049] 동작(520)에서, 특정 시간 구간 내에서 UV(10)의 복수의 측정 유닛(110) 중에서 고장이 발생한 것이 있는지 검출된다. 전송된 바와 같이, 그러한 검출은 복수의 측정 유닛(110) 중 어느 것이 고장이 발생한 것인지 검출하는 것, 그리고 가능하게는 그러한 고장이 발생한 시점을 검출하는 것을 수반할 수 있다.
- [0050] 동작(530)에서, 복수의 측정 유닛(110) 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않은 경우, 특정 시간 구간 내의 각각의 시점에 대해, UV(10)를 위한 항법 필터(이는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 해당 시점에서의 UV(10)의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하는 항법 해를 생성함)의 정상 상태 필터 모델을 사용하여 항법 해가 산출된다. 정상 상태 필터 모델에 의하면, 복수의 측정 유닛(110)에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 필터 입력으로서 취해져 항법 해가 역방향(즉, 각각의 시점에 대해 항법 해를 산출하기 위해 취해진 필터 입력은 해당 시점 후에 제공된 것임)으로 산출된다.
- [0051] 특정한 예에서, 예컨대, UV(10)의 다른 컴포넌트(가령, 액추에이터(120)와 같은 제어가능 유닛) 중에서 고장이 발생한 것이 있는지가 동작(520)에서 추가로 검출되는 예에서, 동작(530)은 복수의 측정 유닛(110) 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 조건으로 할 뿐만 아니라, UV(10)의 다른 컴포넌트 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음도 조건으로 할 수 있다. 이 예에 관한 세부사항은 전송된 설명을 참조하며, 여기에서 논의되지는 않는다.
- [0052] 동작(540)에서, 복수의 측정 유닛(110) 중에서 고장이 발생한 것이 검출된 경우, 특정 시간 구간 내의 적어도 고장 후 시점에 대해, UV(10)를 위한 항법 필터의 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 항법 해가 산출된다. 그러한 고장 상태 필터 모델에 의하면, 검출된 측정 유닛에 의해 제공되는 특정 타입의 측정 데이터와 무관하게, 복수의 측정 유닛(110) 중 다른 것(이는 "정상적인 측정 유닛"으로 지칭될 수도 있음)에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 필터 입력으로서 취해져 항법 해가 역방향(즉, 각각의 시점에 대해 항법 해를 산출하기 위해 취해진 필터 입력은 해당 시점 후에 제공된 것임)으로 산출된다. 예를 들어, 이 고장 상태 필터 모델은 복수의 사전정의된 고장 상태 필터 모델(가령, 전송된 제1 내지 제4 고장 상태 필터 모델) 중에서 식별될 수 있다.
- [0053] 특정한 예에서, 검출된 고장난 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛(116)이고/거나, 정상적인 측정 유닛은 IMU(112)일 수 있다. 이 예에서, 동작(540)에서 산출되는 항법 해는 고장 후 시점에서의 UV(10)의 위치, 속도 및 자세 중 일부를 포함하고, 그 시점에서의 UV(10)의 위치, 속도 및 자세 중 다른 일부는 그러한 항법 해 및 정상적인 측정 유닛에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터에 기반하여 산출될 수 있다.
- [0054] 특정한 예에서, 검출된 고장난 측정 유닛은 IMU(112) 또는 지자기 센서(114)이고/거나, 정상적인 측정 유닛은 고장난 측정 유닛보다 갱신율이 낮은 측정 데이터를 제공하는 위성 항법 수신기(116)일 수 있다. 이 예에서, 고장 상태 필터 모델에 의하면 UV(10)를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해지며, 이에 따라 항법 해가 산출될 수 있다.

- [0055] 특정한 예에서, 동작(530)에서든 또는 동작(540)에서든 산출된 항법 해는 (가령, 디스플레이를 위한) 처리를 위해 (가령, 외부 컴퓨팅 장치의 프로세서에) 제공될 수 있다.
- [0056] 다음은 UV의 사고의 재현을 위한 항법 필터링에 관련된 다양한 예이다.
- [0057] 예 1에서, 복수의 측정 유닛을 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링의 방법은, 위 복수의 측정 유닛 중에서 고장이 발생한 것이 검출된 경우, 위 UV를 위한 항법 필터의 복수의 고장 상태 필터 모델 중 대응하는 것을 식별하는 단계(위 항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 항법 해를 생성하고, 위 항법 해는 위 주어진 시점에서의 위 UV의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하고, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면, 위 검출된 측정 유닛에 의해 제공되는 특정 타입의 측정 데이터와 무관하게, 위 복수의 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 위 입력으로서 취해져 위 항법 해가 역방향으로 산출됨)와, 위 고장에 후속하는 시점에 대해, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하는 단계를 포함한다.
- [0058] 예 2는 예 1의 주제를 포함하는데, 위 방법은, 위 검출된 측정 유닛에서 위 고장이 발생한 시점을 검출하는 단계를 더 포함한다.
- [0059] 예 3은 예 1 또는 예 2의 주제를 포함하는데, 위 방법은, 위 복수의 측정 유닛 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 조건으로, 위 시점에 대해, 정상 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하는 단계를 더 포함하되, 위 정상 상태 필터 모델에 의하면 위 복수의 측정 유닛에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 위 입력으로서 취해져 위 항법 해가 역방향으로 산출된다.
- [0060] 예 4는 예 3의 주제를 포함하는데, 위 시점에 대해, 위 정상 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하는 단계는, 위 UV를 위한 제어 입력에 따라 동작하고 위 UV에 포함된 어떤 제어가능 유닛도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 또한 조건으로 한다.
- [0061] 예 5는 예 1 내지 예 4 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 방법은, 위 시점에 대해, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하기 위해, 위 시점을 포함하여, 특정 시간 구간 내의 복수의 시점 각각에 대해, 위 복수의 측정 유닛에 의해 제공된 각자의 타입의 측정 데이터를 수집하는 단계를 더 포함한다.
- [0062] 예 6은 예 5의 주제를 포함하는데, 위 방법은, 위 UV의 이동의 시작 시점 및 위 이동의 종료 시점을 식별함으로써 위 특정 시간 구간을 위 시작 시점부터 위 종료 시점까지 걸쳐 있는 시간 구간으로서 식별하는 단계를 더 포함한다.
- [0063] 예 7은 예 1 내지 예 6 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 방법은, 위 산출된 항법 해를 디스플레이를 위해 제공하는 단계를 더 포함한다.
- [0064] 예 8은 예 1 내지 예 7 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 항법 해는 위 시점에서의 위 UV의 위치, 속도 및 자세 중 일부를 포함하고, 위 시점에서의 위 UV의 위치, 속도 및 자세 중 다른 일부는 위 항법 해 및 위 다른 타입의 측정 데이터에 기반하여 산출된다.
- [0065] 예 9는 예 8의 주제를 포함하는데, 위 검출된 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛이고/거나, 위 다른 측정 유닛은 관성 항법 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU)이다.
- [0066] 예 10은 예 1 내지 예 9 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면 위 UV를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해져 위 항법 해가 산출된다.
- [0067] 예 11은 예 10의 주제를 포함하는데, 위 다른 타입의 측정 데이터는 위 특정 타입의 측정 데이터보다 갱신율(update rate)이 낮다.
- [0068] 예 12는 예 10 또는 예 11의 주제를 포함하는데, 위 검출된 측정 유닛은 관성 측정 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU) 또는 지자기 센서 유닛이고/거나, 위 다른 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛이다.
- [0069] 예 13은 예 1 내지 예 12 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 무인 이동체는 무인 지상 이동체(Unmanned Ground Vehicle: UGV)이다.
- [0070] 예 14는 예 1 내지 예 12 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 무인 이동체는 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)이다.
- [0071] 예 15는 예 1 내지 예 14 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 무인 이동체는 모바일 로봇이다.

- [0072] 예 16에서, 컴퓨팅 장치는, 프로세서와, 메모리를 포함하되, 위 메모리는 복수의 측정 유닛을 포함하는 무인 이동체(Unmanned Vehicle: UV)의 사고의 재현을 위한 항법 필터링을 위해 위 프로세서에 의해 실행가능한 컴퓨터 프로그램 명령어의 세트로서 인코딩되되, 위 세트는, 위 복수의 측정 유닛 중에서 고장이 발생한 것이 검출된 경우, 위 UV를 위한 항법 필터의 복수의 고장 상태 필터 모델 중 대응하는 것을 식별하는 명령어(위 항법 필터는 임의의 주어진 시점에 대해 입력으로부터 항법 해를 생성하고, 위 항법 해는 위 주어진 시점에서의 위 UV의 위치, 속도 및 자세 중 적어도 하나를 포함하고, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면, 위 검출된 측정 유닛에 의해 제공되는 특정 타입의 측정 데이터와 무관하게, 위 복수의 측정 유닛 중 다른 것에 의해 제공되는 다른 타입의 측정 데이터가 위 입력으로서 취해져 위 항법 해가 역방향으로 산출됨)와, 위 고장에 후속하는 시점에 대해, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하는 명령어를 포함한다.
- [0073] 예 17은 예 16의 주제를 포함하는데, 위 세트는, 위 검출된 측정 유닛에서 위 고장이 발생한 시점을 검출하는 명령어를 더 포함한다.
- [0074] 예 18은 예 16 또는 예 17의 주제를 포함하는데, 위 세트는, 위 복수의 측정 유닛 중 어떤 것도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 조건으로, 위 시점에 대해, 정상 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하는 명령어를 더 포함하되, 위 정상 상태 필터 모델에 의하면 위 복수의 측정 유닛에 의해 제공되는 각자의 타입의 측정 데이터가 위 입력으로서 취해져 위 항법 해가 역방향으로 산출된다.
- [0075] 예 19는 예 18의 주제를 포함하는데, 위 시점에 대해, 위 정상 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하는 명령어는, 위 UV를 위한 제어 입력에 따라 동작하고 위 UV에 포함된 어떤 제어가능 유닛도 고장이 발생한 것이라고 검출되지 않음을 또한 조건으로 한다.
- [0076] 예 20은 예 16 내지 예 19 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 세트는, 위 시점에 대해, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델을 사용하여 위 항법 해를 산출하기 위해, 위 시점을 포함하여, 특정 시간 구간 내의 복수의 시점 각각에 대해, 위 복수의 측정 유닛에 의해 제공된 각자의 타입의 측정 데이터를 수집하는 명령어를 더 포함한다.
- [0077] 예 21은 예 20의 주제를 포함하는데, 위 세트는, 위 UV의 이동의 시작 시점 및 위 이동의 종료 시점을 식별함으로써 위 특정 시간 구간을 위 시작 시점부터 위 종료 시점까지 걸쳐 있는 시간 구간으로서 식별하는 명령어를 더 포함한다.
- [0078] 예 22는 예 16 내지 예 21 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 세트는, 위 산출된 항법 해를 디스플레이를 위해 제공하는 명령어를 더 포함한다.
- [0079] 예 23은 예 16 내지 예 22 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 항법 해는 위 시점에서의 위 UV의 위치, 속도 및 자세 중 일부를 포함하고, 위 시점에서의 위 UV의 위치, 속도 및 자세 중 다른 일부는 위 항법 해 및 위 다른 타입의 측정 데이터에 기반하여 산출된다.
- [0080] 예 24는 예 23의 주제를 포함하는데, 위 검출된 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛이고/거나, 위 다른 측정 유닛은 관성 항법 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU)이다.
- [0081] 예 25는 예 16 내지 예 24 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 대응하는 고장 상태 필터 모델에 의하면 위 UV를 위한 제어 입력이 또한 입력으로서 취해져 위 항법 해가 산출된다.
- [0082] 예 26은 예 25의 주제를 포함하는데, 위 다른 타입의 측정 데이터는 위 특정 타입의 측정 데이터보다 갱신율이 낮다.
- [0083] 예 27은 예 25 또는 예 26의 주제를 포함하는데, 위 검출된 측정 유닛은 관성 측정 유닛(Inertial Measurement Unit: IMU) 또는 지자기 센서 유닛이고/거나, 위 다른 측정 유닛은 위성 항법 수신기 유닛이다.
- [0084] 예 28은 예 16 내지 예 27 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 UV는 무인 지상 이동체(Unmanned Ground Vehicle: UGV)이다.
- [0085] 예 29는 예 16 내지 예 27 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 UV는 무인 비행체(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)이다.
- [0086] 예 30은 예 16 내지 예 29 중 임의의 것의 주제를 포함하는데, 위 UV는 모바일 로봇이다.
- [0087] 예 31에서, 컴퓨터 프로세서에 의해 실행되는 경우 위 컴퓨터 프로세서로 하여금 예 1 내지 예 15 중 어느 한

항에 기재된 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 실행가능 명령어가 저장된 컴퓨터 판독가능 저장 매체가 제공된다.

[0088] 예 32에서, 예 16 내지 예 30 중 임의의 것에 기재된 복수의 측정 유닛 및 컴퓨팅 장치를 포함하는 무인 이동체가 제공된다.

[0089] 특정한 예에서, 본 문서에서 언급된 장치, 디바이스, 시스템, 머신 등은 임의의 적합한 유형은 컴퓨팅 장치이거나, 이를 포함하거나, 이에 구현될 수 있다. 컴퓨팅 장치는 프로세서 및 프로세서에 의해 판독가능한 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 포함할 수 있다. 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 하나 이상의 명령어를 실행할 수 있다. 프로세서는 또한 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 다른 정보를 판독할 수 있다. 추가로, 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 새로운 정보를 저장할 수 있고 컴퓨터 판독가능 저장 매체 내에 저장된 어떤 정보를 갱신할 수 있다. 프로세서는, 예컨대, 중앙 처리 유닛(Central Processing Unit: CPU), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor: DSP), 그래픽 처리 유닛(Graphics Processing Unit: GPU), 프로세서 코어(processor core), 마이크로프로세서(microprocessor), 마이크로제어기(microcontroller), 필드 프로그램가능 게이트 어레이(Field-Programmable Gate Array: FPGA), 애플리케이션 특정 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit: ASIC), 다른 하드웨어 및 로직 회로, 또는 이의 임의의 적합한 조합을 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 다양한 정보, 예컨대, 프로세서에 의해 수행될 수 있는 프로세서 실행가능(processor executable) 명령어의 세트 및/또는 다른 정보로써 인코딩된다. 예를 들어, 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 프로세서에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(가령, 프로세서)로 하여금 본 문서에 개시된 몇몇 동작을 수행하게 하는 컴퓨터 프로그램 명령어 및/또는 그러한 동작에서 사용되는 정보, 데이터, 변수, 상수, 데이터 구조, 기타 등등이 내부에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는, 예컨대, 판독 전용 메모리(Read-Only Memory: ROM), 랜덤 액세스 메모리(Random-Access Memory: RAM), 휘발성(volatile) 메모리, 비휘발성(non-volatile) 메모리, 착탈가능(removable) 메모리, 비착탈가능(non-removable) 메모리, 플래시(flash) 메모리, 솔리드 스테이트(solid-state) 메모리, 다른 타입의 메모리 디바이스, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광 기록 매체, 플롭티컬 디스크와 같은 자기-광 매체, 다른 타입의 저장 디바이스 및 저장 매체, 또는 이의 임의의 적합한 조합을 포함할 수 있다.

[0090] 특정한 예에서, 본 문서에 기술된 동작, 기법, 프로세스, 또는 이의 어떤 양상이나 부분은 컴퓨터 프로그램 제품 내에 구체화될 수 있다. 그러한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 어떤 유형의 (가령, 컴파일형(compiled) 또는 해석형(interpreted)) 프로그래밍 언어, 예컨대, 어셈블리(assembly), 기계어(machine language), 프로시저형(procedural) 언어, 객체지향(object-oriented) 언어 등등으로 구현될 수 있고, 하드웨어 구현과 조합될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터 판독가능 저장 매체의 형태로 배포될 수 있거나 온라인으로 배포될 수 있다. 온라인 배포를 위해, 컴퓨터 프로그램 제품의 일부 또는 전부가 서버(가령, 서버의 컴퓨터 판독가능 저장 매체) 내에 일시적으로 저장되거나 일시적으로 생성될 수 있다.

[0091] 이상의 설명은 상세하게 몇몇 예를 예시하고 기술하기 위해 제시되었다. 본 개시의 범주에서 벗어나지 않고서 위의 교시에 비추어 많은 수정 및 변형이 가능함을 당업자는 응당 이해할 것이다. 다양한 예에서, 전술된 기법이 상이한 순서로 수행되고/거나, 전술된 시스템, 아키텍처, 디바이스, 회로 및 유사한 것의 컴포넌트 중 일부가 상이한 방식으로 결합 또는 조합되거나, 다른 컴포넌트 또는 이의 균등물에 의해 대체 또는 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0092] 그러므로, 본 개시의 범주는 개시된 그 형태에 한정되어서는 안 되며, 후술하는 청구항 및 이의 균등물에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0093] 10: 무인 이동체

100: 항법 및 제어 시스템

110: 측정 유닛

112: 관성 측정 유닛

114: 지자기 센서

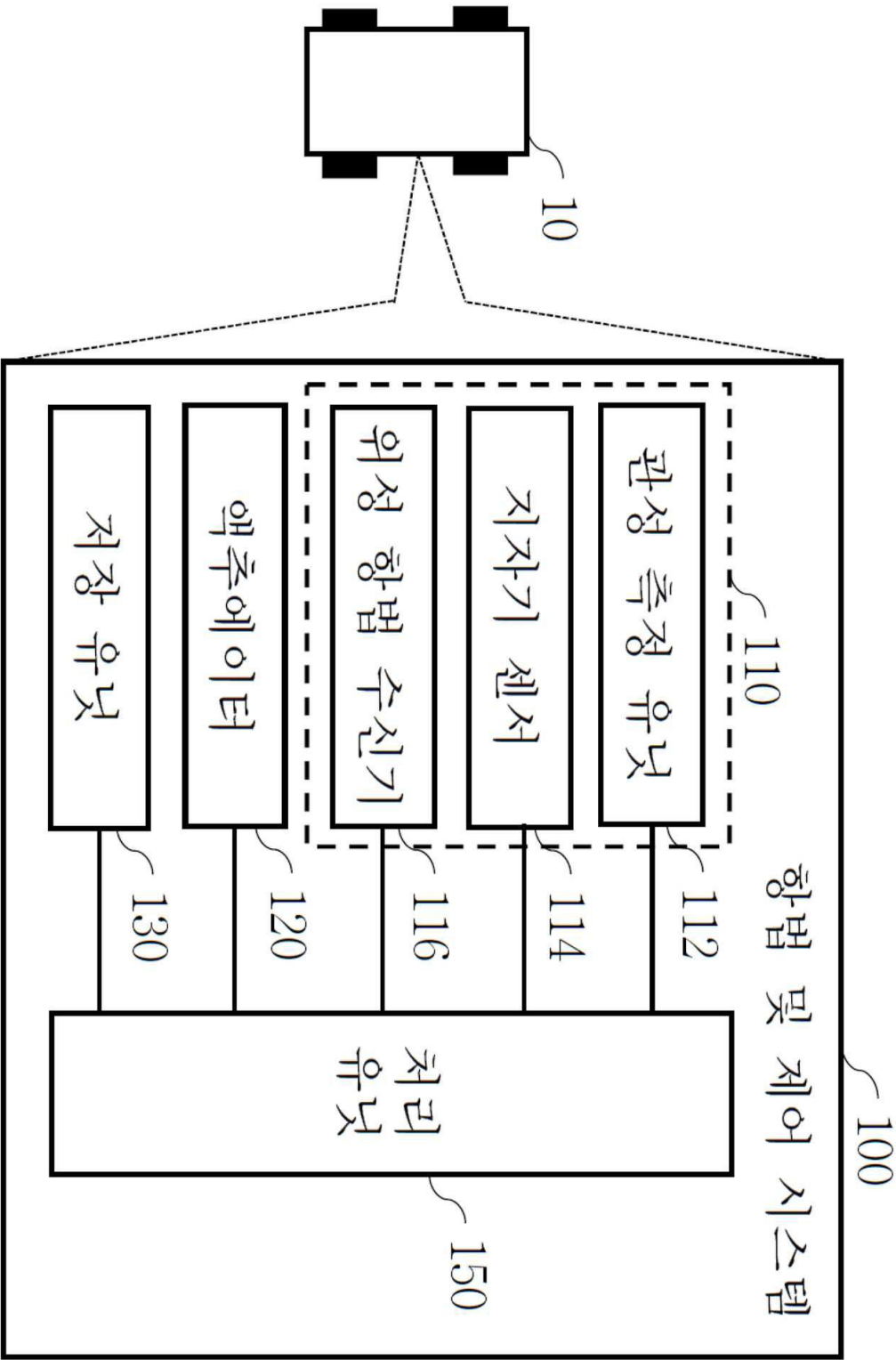
116: 위성 항법 수신기

120: 액추에이터

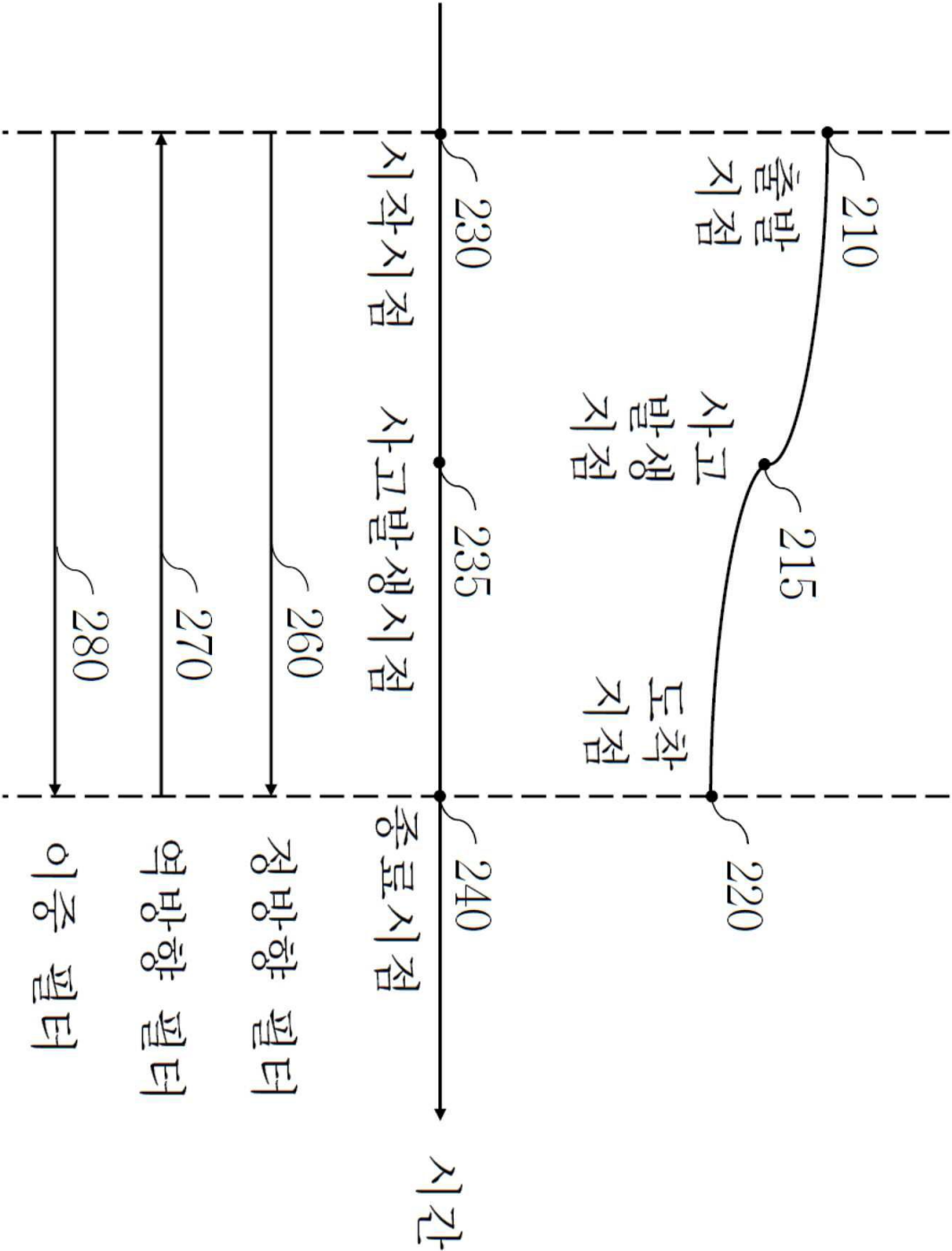
130: 저장 유닛
150: 처리 유닛

도면

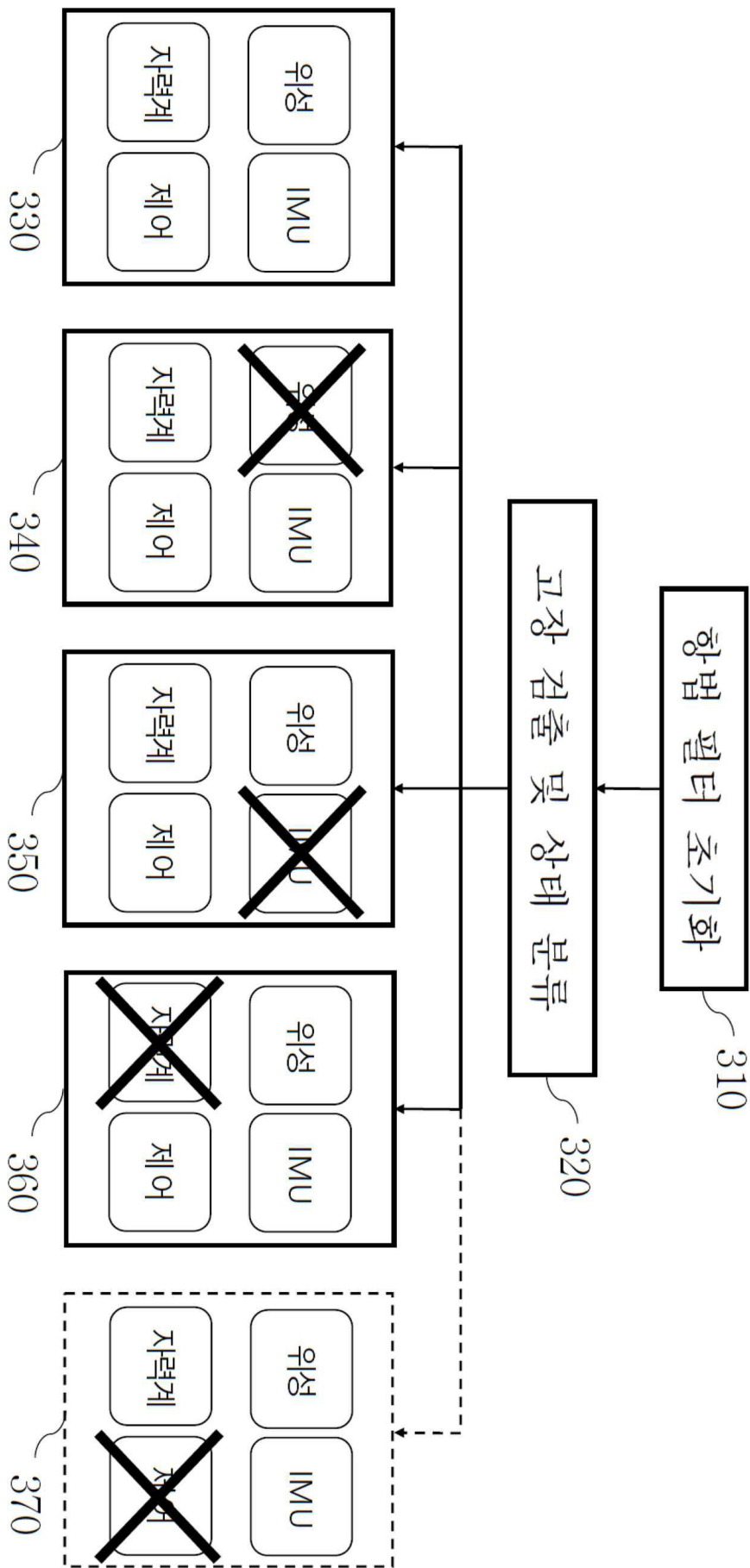
도면1



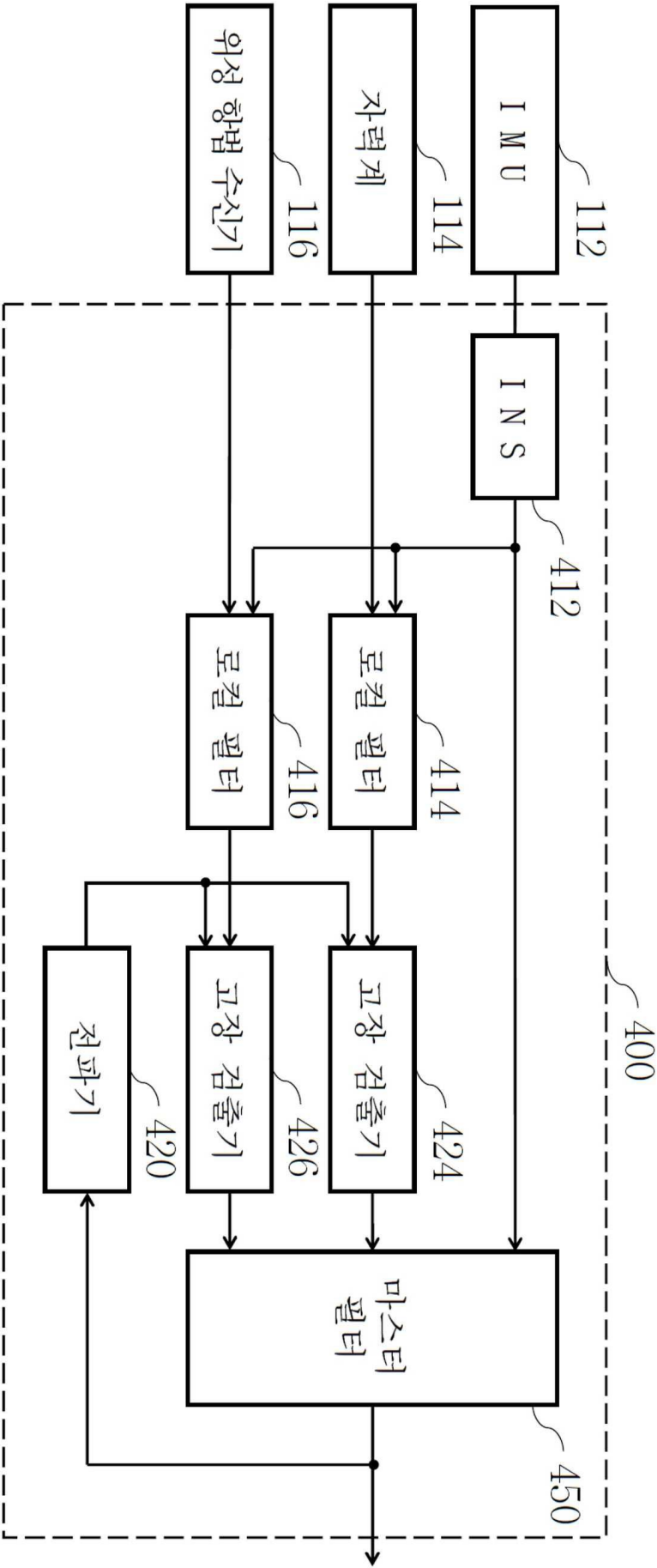
도면2



도면3



도면4



도면5

