(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0028223
(43) 공개일자 2025년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 19/30 (2006.01) *G01C 25/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01C 19/30 (2013.01)
G01C 25/00 (2019.08)
(21) 출원번호 10-2024-0112280
(22) 출원일자 2024년08월21일
심사청구일자 2024년08월21일
(30) 우선권주장
1020230108840 2023년08월21일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이동훈
서울특별시 종로구 사직로8길 34, 1404호(내수동, 경희궁의아침3단지아파트)
최원석
서울특별시 강북구 삼양로 256, 105동 501호
조현수
경기도 용인시 수지구 동천로 64, 506동 801호
(74) 대리인
김등용

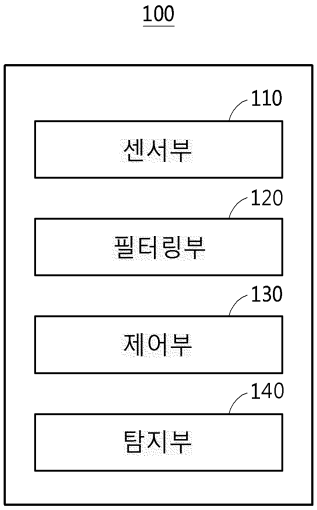
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **액추에이터 제어 메시지를 통한 자이로스코프 측정값 복원 장치 및 방법**

(57) 요 약

액추에이터 제어 메시지를 통한 자이로스코프 측정값 복원 장치 및 방법이 개시된다. 상기 자이로스코프 측정값 복원 장치는, 센서 데이터를 출력하는 센서부, 상기 센서 데이터를 측정된 현재 상태로 하여 현재 상태를 추정하는 필터링부, 추정된 현재 상태를 기초로, 상기 자이로스코프 측정값 복원 장치가 탑재된 장치를 목표 상태로 전이시키기 위해 액추에이터를 제어하기 위한 제어 메시지를 출력하는 제어부, 및 상기 센서부를 대상으로 하는 공격을 탐지하는 탐지부를 포함하고, 상기 탐지부는 측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이를 기초로 탐지 동작을 수행한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711193783
과제번호	2020-0-00374-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보보호핵심원천기술개발(R&D,정보화)
연구과제명	무인이동체 공통핵심 보안기술 개발 연구
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

자이로스코프 측정값 복원 장치에 있어서,

센서 데이터를 출력하는 센서부;

상기 센서 데이터를 측정된 현재 상태로 하여 현재 상태를 추정하는 필터링부;

추정된 현재 상태를 기초로, 상기 자이로스코프 측정값 복원 장치가 탑재된 장치를 목표 상태로 전이시키기 위해 액추에이터를 제어하기 위한 제어 메시지를 출력하는 제어부; 및

상기 센서부를 대상으로 하는 공격을 탐지하는 탐지부를 포함하고,

상기 탐지부는 측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이를 기초로 탐지 동작을 수행하는,

자이로스코프 측정값 복원 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 필터링부는 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter, EKF)를 이용하여 현재 상태를 추정하는,

자이로스코프 측정값 복원 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 센서부는 자이로스코프를 포함하는,

자이로스코프 측정값 복원 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 탐지부는, 측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이가 임계값을 초과하는 경우, 공격이 발생한 것으로 판단하는,

자이로스코프 측정값 복원 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

공격이 발생한 것으로 판단되는 경우,

상기 탐지부는 이전 시점에서의 상태 추정값과 이전 시점의 액추에이터 제어 메시지를 이용하여 현재 시점에서의 예상 상태를 계산하고, 계산된 예상 상태를 기초로 상기 자이로스코프의 측정값을 복원하고,

상기 필터링부는 복원된 측정값을 측정된 현재 상태로 하여 현재 상태를 재추정하는,

자이로스코프 측정값 복원 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어부는 상기 필터링부에 의해 재추정된 현재 상태를 기초로 제어 메시지를 생성하는,

자이로스코프 측정값 복원 장치.

청구항 7

제1항에 기재된 자이로스코프 측정값 복원 장치에 의해 수행되는, 임계값을 동적으로 조정하는 방법에 있어서,

측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이를 산출하는 단계;

가장 최근의 N(N은 임의의 자연수) 개의 차이를 기초로, 새로운 임계값을 계산하는 단계; 및

현재의 임계값과 새로운 임계값을 기초로, 현재의 임계값을 업데이트하는 단계를 포함하는,

임계값을 동적으로 조정하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 새로운 임계값(T_n)은 제1 수학식을 이용하여 계산되고,

상기 제1 수학식은 $T_n = \mu + k*\sigma$이고,

상기 μ는 상기 가장 최근의 N 개의 차이의 평균이고,

상기 σ는 상기 가장 최근의 N 개의 차이의 표준편차이고,

상기 k는 임의의 실수인,

임계값을 동적으로 조정하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 업데이트하는 단계는 제2 수학식을 이용하여 현재의 임계값(T_{curr})을 업데이트하고,

상기 제2 수학식은 $T_{curr} = (1 - \alpha)*T_{curr} + \alpha*T_n$이고,

상기 α는 0 보다는 크고 1 보다는 작은 임의의 실수인,

임계값을 동적으로 조정하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자이로스코프의 측정값을 복원하는 방법에 관한 것으로, 특히 액추에이터 제어 메시지를 이용하여 자이로스코프의 측정값이 손상된 경우에도 신뢰성 있는 상태를 추정하여 목표 상태로의 정확한 제어를 가능하게 하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자이로스코프는 드론, 스마트폰, 및 차량과 같은 다양한 기기에서 방향 및 회전 속도 등과 같은 상태를 측정하는 데 사용되는 센서이다. 특히, 자율주행 차량, 드론, 로봇 기술 등에서 자이로스코프의 중요성이 강조되고 있다.

[0003] 최근 연구에서, 자이로스코프가 특정 주파수의 음향 신호에 민감하게 반응하여 잘못된 측정값을 출력할 수 있음이 밝혀졌다. 이러한 취약점은 정밀한 제어가 필요한 시스템에 큰 문제를 야기할 수 있다. 즉, 자이로스코프는 주변 환경에서 발생하는 여러 외부 신호에 의해 영향을 받을 수 있다. 특히, 특정 주파수의 음향 신호는 자이로스코프의 성능이나 측정값을 손상시킬 수 있으며, 이러한 신호는 고의적인 공격의 형태로 나타날 수도 있다.

[0004] 한편, 자율주행 시스템과 같은 동적 시스템에서는 자이로스코프와 같은 센서의 데이터가 시스템의 현재 상태를 정확히 추정하는 데 필수적이다. 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter, EKF)는 이러한 상태 추정에 널리 사

용되며, 이를 통해 시스템의 위치, 속도, 회전 등과 같은 상태를 예측하고 추정할 수 있다. 그러나, 센서 데이터가 손상되거나 악의적인 공격을 받는 경우, 확장 칼만 필터(EKF)의 출력과 실제 센서 측정값 사이의 불일치가 발생할 수 있으며, 이는 시스템의 오작동을 초래할 수 있다.

[0005] 기존의 센서 복원 방법은 주로 데이터의 손상이나 오류를 탐지하고 이를 보정하는 데 중점을 두고 있지만, 이러한 방법은 센서 스푸핑 공격과 같은 의도적인 데이터 왜곡을 효과적으로 탐지하지 못할 수 있다. 따라서, 센서 데이터와 확장 칼만 필터(EKF)의 출력 사이의 불일치를 활용하여 공격을 탐지하고, 이를 통해 센서 데이터를 신뢰성 있게 복원하는 방법이 필요하다.

[0006] 본 발명에서는, 확장 칼만 필터(EKF)에서 추정된 현재 상태와 센서 측정값 간의 불일치를 기반으로, 센서 측정값의 손상 여부 및/또는 악의적인 공격 여부를 탐지하고자 한다. 또한, 탐지된 불일치를 바탕으로, 이전에 생성된 액추에이터 제어 메시지를 활용하여 확장 칼만 필터(EKF)의 출력으로부터 기대할 수 있는 현재 상태를 예측하고, 이를 바탕으로 손상된 센서 데이터를 복원하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2022-0069775호 (2022.05.27. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는, 액추에이터 제어 메시지를 통해 자이로스코프 측정값을 복원하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른, 자이로스코프 측정값 복원 장치는, 센서 데이터를 출력하는 센서부, 상기 센서 데이터를 측정된 현재 상태로 하여 현재 상태를 추정하는 필터링부, 추정된 현재 상태를 기초로, 상기 자이로스코프 측정값 복원 장치가 탑재된 장치를 목표 상태로 전이시키기 위해 액추에이터를 제어하기 위한 제어 메시지를 출력하는 제어부, 및 상기 센서부를 대상으로 하는 공격을 탐지하는 탐지부를 포함하고, 상기 탐지부는 측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이를 기초로 탐지 동작을 수행한다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른, 임계값을 동적으로 조정하는 방법은, 자이로스코프 측정값 복원 장치에 의해 수행되고, 측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이를 산출하는 단계, 가장 최근의 N(N은 임의의 자연수) 개의 차이를 기초로, 새로운 임계값을 계산하는 단계, 및 현재의 임계값과 새로운 임계값을 기초로, 현재의 임계값을 업데이트하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 실시예에 따른, 액추에이터 제어 메시지를 통한 자이로스코프 측정값 복원 장치 및 방법에 의할 경우, 센서 데이터와 확장 칼만 필터(EKF)의 출력 간 불일치를 통해 센서 공격 또는 데이터 손상을 효과적으로 탐지할 수 있다.

[0012] 또한, 탐지된 불일치를 기반으로, 이전 액추에이터 제어 메시지를 활용하여 현재 상태를 정확히 예측함으로써, 신뢰성 있는 센서 데이터를 복원할 수 있다.

[0013] 이를 통하여, 공격으로 인한 시스템의 오작동을 방지하고, 자율 주행 시스템 등의 안전성과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 자이로스코프 측정값 복원 장치의 기능 블럭도이다.

도 2는 도 1에 도시된 자이로스코프 측정값 복원 장치에 의해 수행되는 자이로스코프 측정값 복원 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.

[0016] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0017] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[0018] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0019] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0021] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 자이로스코프 측정값 복원 장치의 기능 블럭도이다.

[0023] 도 1을 참조하면, 공격 탐지 장치, 공격 탐지 및 복원 장치 등으로 명명될 수도 있는 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)는 자이로스코프를 대상으로 하는 공격 및/또는 자이로스코프 측정값의 손상 여부를 탐지하거나, 및/또는 자이로스코프 측정값을 복원할 수 있다.

[0024] 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)는 적어도 프로세서(processor)나 컨트롤러(controller)를 포함하는 컴퓨팅 장치를 의미할 수 있다. 실시예에 따르면, 컴퓨팅 장치는 차량 내 탑재되는 전자 제어 유닛(Electronic Control Unit, ECU), 차량 그 자체, 드론, 비행 장치 등으로 구현될 수도 있다.

[0025] 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)는 센서부(110), 필터링부(120), 제어부(130), 및 탐지부(140)를 포함할 수 있다.

[0026] 센서부(110)는 적어도 하나의 센서를 포함할 수 있다. 센서는 자이로스코프, 가속도계 등을 포함하며, 센서 데이터를 출력한다. 여기서, 센서 데이터는 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)나 자이로스코프 측정값 복원 장

치(100)가 탑재된 기기나 장치의 현재 상태를 의미할 수 있다. 본 명세서에서, 상태는 위치, 속도, 회전, 및 자세(요, 피치, 롤) 중 적어도 하나를 의미할 수 있다. 다시 말하면, 센서부(110)는 위치, 속도 등의 현재 상태를 측정하여 출력할 수 있다.

[0027] 필터링부(120)는 센서 데이터를 이용하여 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)의 현재 상태를 추정할 수 있다. 이때, 필터링부(120)는 확장 칼만 필터(EKF)를 이용하여 현재 상태를 추정할 수 있다. 확장 칼만 필터(EKF)는 비선형 시스템에 대해 상태 추정을 수행하는 알고리즘을 의미한다. 일반적인 칼만 필터는 선형 시스템에 적용되지만, 많은 실제 시스템은 비선형 특성을 가지고 있기 때문에 칼만 필터만으로는 적절한 상태 추정이 어려울 수 있다. 확장 칼만 필터(EKF)는 이러한 비선형 시스템에 대해 적용될 수 있도록 기존 칼만 필터를 확장한 것이다.

[0028] 일 예로, 필터링부(120)는 센서부(110)의 출력인 센서 데이터를 확장 칼만 필터(EKF)에 입력함으로써, 현재 상태를 추정할 수 있다. 또한, (필터링부(120)에 의해 바로) 이전에 추정된 현재 상태 및 제어 메시지 중 적어도 하나가 추가적인 입력으로 활용될 수도 있다. 제어 메시지는 소정의 액추에이터를 제어하기 위한 메시지를 의미할 수 있다. 실시예에 따르면, 제어 메시지는 센서부(110)가 현재 상태를 측정하기 이전에 생성된(또는 전송된) 제어 메시지를 의미할 수 있다.

[0029] 제어부(130)는 필터링부(120)에 의해 추정된 현재 상태를 바탕으로 목표 상태로 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)나 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)가 탑재된 장치를 전이(또는 이동)시키기 위한 제어 메시지를 생성하고, 생성된 제어 메시지를 액추에이터로 전송할 수 있다. 여기서, 액추에이터는 자이로스코프 측정값 복원 장치(100) 또는 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)가 탑재된 장치를 목표 상태로 전이(또는 이동)시키기 위한 구동력을 발생시키는 장치를 의미한다.

[0030] 탐지부(140)는 자이로스코프를 대상으로 하는 공격 또는 자이로스코프 측정값의 손상 여부를 탐지할 수 있다. 이를 위해, 탐지부(140)는 추정된 현재 상태와 측정된 현재 상태를 비교하고, 그 차이를 임계값과 비교할 수 있다. 여기서, 추정된 현재 상태는 필터링부(120)의 출력을, 측정된 현재 상태는 센서부(110)의 출력을 의미할 수 있다. 구체적으로, 탐지부(140)는 차이가 임계값을 초과하는 경우 자이로스코프 측정값이 손상되었거나 자이로스코프를 대상으로 하는 공격이 발생한 것으로 판단할 수 있다. 실시예에 따르면, 차이가 임계값을 초과하는 횟수가 미리 정해진 시간 구간 동안 미리 정해진 횟수를 초과하는 경우 또는 차이가 임계값을 초과하는 이벤트가 미리 정해진 횟수만큼 연속적으로 발생하는 경우에 자이로스코프 측정값이 손상된 것으로 판단하거나 공격이 발생한 것으로 판단할 수도 있다. 임계값은 미리 정해진 값을 같거나 유동적으로 변화할 수 있다. 유동적으로 변화하는 임계값에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.

[0031] 또한, 탐지부(140)는 자이로스코프 측정값을 복원할 수도 있다. 구체적으로, 탐지부(140)는 이전 액추에이터 제어 메시지를 사용하여 현재 상태를 예측하여 예상 상태를 계산하고, 계산된 예상 상태를 기초로 손상된 센서 데이터를 복원할 수 있다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

[0032] 1) 이전 액추에이터 제어 메시지를 사용한 현재 상태 예측

[0033] 이전 시점에서 상태 추정값 $X_{k-1|k-1}$과 이전 액추에이터 제어 메시지 u_{k-1}를 이용하여 현재 시점에서의 예상 상태 $X_{k|k-1}$를 계산한다. 이러한 계산은 시스템의 동적 모델 $f(\cdot)$을 사용하여 다음과 같이 이루어 진다.

[0034] $$X_{k|k-1} = f(X_{k-1|k-1}, u_{k-1})$$

[0035] 상기 수학식에서, $X_{k-1|k-1}$는 이전 시점에서의 상태 추정값을, $X_{k|k-1}$는 예상 상태(현재 시점에서 시스템의 예상되는 상태)를, u_{k-1}는 이전 액추에이터 제어 메시지를, $f(\cdot)$는 시스템의 동적 모델(즉, 시스템의 상태 변화를 설명하는 함수)을 나타낸다.

[0036] 2) 손상된 센서 데이터의 복원

[0037] 예상 상태 $X_{k|k-1}$를 바탕으로 손상된 센서 데이터를 복원할 수 있다. 일 예로, 센서 모델의 역함수 $h^{-1}(\cdot)$를 사용하여 복원된 센서 데이터 $\hat{z_k}$를 계산할 수 있다.

[0038] $$\hat{z_k} = h^{-1}(X_{k|k-1})$$

[0039] 상기 수학식에서, $\hat{z_k}$는 복원된 센서 데이터(손상된 센서 데이터의 복원된 값)를, $h^{-1}(\cdot)$는 센서 모델의 역함수(즉, 예상 상태로부터 센서 데이터를 복원하는 함수)를 나타낸다.

[0040] 이 과정에서 액추에이터 제어 메시지가 시스템 상태에 미친 영향을 고려하여, 손상된 자이로스코프 데이터(자이로스코프 측정값)을 정확하게 복원할 수 있다. 따라서, 제어 메시지는, 제어부(130)로부터 탐지부(140)로 전송될 수 있다.

[0041] 복원된 자이로스코프 측정값은 필터링부(120)로 전송되고, 필터링부(120)는 복원된 자이로스코프 측정값을 측정된 현재 상태로 하여 현재 상태를 재추정할 수 있다. 구체적으로, 복원된 센서 데이터 $\hat{z_k}$를 확장 칼만 필터(EKF)에 입력하여 현재 상태를 재추정한다. 이때, 확장 칼만 필터(EKF)의 상태 업데이트 공식은 다음과 같다.

[0042] $$X_{k|k} = X_{k|k-1} + K_k(\hat{z_k} - h(X_{k|k-1}))$$

[0043] 상기 수학식에서, K_k는 칼만 이득(Kalman Gain), 즉 확장 칼만 필터(EKF)의 상태 추정을 최적화하기 위한 가중치를, $h(\cdot)$는 센서 모델, 즉 예상 상태를 센서 데이터로 변환하는 함수를 나타낸다.

[0044] 이 과정을 통해 복원된 센서 데이터를 활용하여 시스템의 상태를 재추정할 수 있으며, 시스템의 안전성과 신뢰성을 유지할 수 있다. 이로써 자이로스코프의 데이터 손상이나 공격으로 인해 발생한 오류를 효과적으로 보정할 수 있다.

[0045] 또한, 재추정된 현재 상태는 제어부(130)로 전송되고, 제어부(130)는 다음 목표 상태를 위한 제어 메시지를 생성하여 출력할 수 있다.

[0046] 센서 모델 $h(\cdot)$은 시스템의 실제 상태가 센서에서 어떻게 측정되는지를 설명하는 수학적 표현을 의미한다. 센서 모델은 시스템의 상태에서 관측된 데이터를 생성한다. 일반적으로, 다음과 같이 표현된다.

[0047] $$z_k = h(X_{k|k-1}) + V_k$$

[0048] 여기서, z_k는 센서 측정 벡터(k 시점에서의 센서 값)을, V_k는 센서 측정 과정에서 발생하는 잡음 벡터(일반적으로 가우시안 잡음으로 가정)를 나타낸다.

[0049] 센서 모델 함수는 특정 센서의 특성과 물리적 동작에 따라 달라질 수 있다. 자이로스코프의 경우, 각속도를 측정하는 모델이며 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0050] $$z_k = \theta_{k|k-1} + V_k$$

[0051] 여기서, z_k는 측정된 각도, $\theta_{k|k-1}$는 예측된 각도를 나타낸다.

[0052] 시스템 동적 모델 $f(\cdot)$은 시스템의 상태가 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 나타내는 수학적 표현이다. 이 모델은 시스템의 현재 상태와 제어 입력을 기반으로 다음 상태를 예측한다. 일반적으로 다음과 같이 표현된다.

[0053] $$X_{k|k-1} = f(X_{k-1|k-1}, u_{k-1}) + W_{k-1}$$

[0054] 여기서, $X_{k|k-1}$는 예측된 다음 상태 벡터(k 시점에서의 상태)를, W_{k-1}는 시스템 잡음 벡터(모델링되지 않은 외부 요인을 포함하는 잡음)을 나타낸다.

[0055] 자율주행 차량이 경우, 시스템의 동적 모델은 위치, 속도, 가속도와 같은 차량의 상태를 설명하며, 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0056] $$X_{k|k-1} = \begin{bmatrix} x_{k-1} + v_{k-1} \cdot \Delta t \cdot \cos(\theta_{k-1}) \\ y_{k-1} + v_{k-1} \cdot \Delta t \cdot \sin(\theta_{k-1}) \\ \theta_{k-1} + w_{k-1} \cdot \Delta t \\ v_{k-1} + a_{k-1} \cdot \Delta t \end{bmatrix} + W_{k-1}$$

[0057] 여기서, x, y는 위치, θ는 방향, v는 속도, w는 각속도, 그리고 a는 가속도를 나타낸다.

[0058] 도 2는 도 1에 도시된 자이로스코프 측정값 복원 장치에 의해 수행되는 자이로스코프 측정값 복원 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이하에서, 자이로스코프 측정값 복원 방법을 설명함에 있어, 앞선 기재와 중복되는 내용에 관하여는 그 구체적인 기재를 생략하기로 한다.

[0059] 우선, 센서 데이터가 수집된다(S110). 센서 데이터는 자이로스코프 측정값으로, 측정된 현재 상태를 의미할 수 있다.

[0060] 현재 상태가 추정된다(S120). 현재 상태는 확장 칼만 필터(EKF)를 이용하여 추정될 수 있다.

[0061] 공격이 탐지된다(S130). 공격 탐지는, 측정된 현재 상태와 추정된 현재 상태의 차이를 기초로 수행된다. 예컨대, 차이의 크기가 미리 임계값을 초과하는 경우, 공격이 발생한 것으로 판단될 수 있다. 여기서, 공격이 탐지되지 않았다면, S110 단계부터 재차 수행되고, 공격이 탐지되었다면 S140 단계가 수행될 수 있다. 물론, 공격이 탐지되지 않은 경우, 추정된 현재 상태를 기초로 제어 메시지를 생성하는 동작 등이 수행될 수 있다.

[0062] 센서 데이터가 복원된다(S140). 센서 데이터의 복원 동작에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0063] 현재 상태가 재추정된다(S150). 즉, 복원된 센서 데이터를 이용하여 현재 상태를 재추정할 수 있다. 재추정된 현재 상태는 제어 메시지를 생성하는 과정에서 이용될 수 있다.

[0064] 이하에서는, 동적으로 변화하는 임계값을 결정하는 동작에 대해 설명한다. 이하에서 설명되는 임계값 결정 동작은 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)의 구성들 중 적어도 하나에 의해 수행될 수 있다. 물론, 이하의 동작들은 자이로스코프 측정값 복원 장치(100) 또는 자이로스코프 측정값 복원 장치(100)가 탑재된 장치의 동작 중에 병렬적으로 또는 동시에 수행될 수 있다. 또한, 아래 동작은 반복적으로 수행될 수 있다.

[0065] 1) 초기화 동작

[0066] 센서값에 대한 초기 임계값(T_i)이 설정된다. 초기 임계값(T_i)은 미리 결정된 값이거나, 임의의 값을 가질 수 있다.

[0067] 최근 N 개의 불일치 값을 저장하기 위한 슬라이딩 윈도우 크기 N(N은 임의의 자연수)을 설정한다. 다시 말하면, 탐지부(140)는 최근 N 개의 불일치 값을 이용하여 임계값을 결정할 수 있다. 여기서, 불일치 값은 추정된 현재 상태와 측정된 현재 상태 간의 차이를 의미할 수 있다.

[0068] 임계값 조정 속도를 결정하는 학습률 α(α는 0 보다는 크고 1 보다는 작은 임의의 실수)를 설정한다.

[0069] 상술한 초기화 동작은 탐지부(140)에 의해 수행될 수 있다. 또한, 시스템 초기화시가 아니라면, 초기화 동작은 제외하고, 아래 동작이 반복 수행될 수 있다.

[0070] 2) 동적 조정 프로세스

[0071] (1) 센서 데이터 수집 및 상태 추정

[0072] 센서부(110)를 통해 센서 데이터를 수집하고, 필터링부(120)를 통해 현재 상태를 추정한다.

[0073] 탐지부(140)를 통해 추정된 현재 상태와 센서 측정값 간의 불일치를 계산한다.

[0074] (2) 불일치 저장 및 윈도우 업데이트

[0075] 계산된 불일치 값을 슬라이딩 윈도우에 추가한다.

[0076] 윈도우 크기가 N을 초과하면 가장 오래된 데이터를 제거한다.

[0077] 즉, 탐지부(140)는 최근 N 개의 불일치 값만을 유지하는 것으로 이해될 수 있다.

[0078] (3) 새로운 임계값 계산

[0079] 윈도우 내의 불일치 값들의 평균 μ과 표준편차 σ를 계산한다.

[0080] 새로운 임계값 $T_n = \mu + k*\sigma$을 계산한다. 여기서, k는 불일치가 발생할 확률을 조정하는 파라미터로, 임의의 자연수(또는 임의의 실수)일 수 있다. 일 실시예에 따르면, k는 2 또는 3일 수 있다.

[0081] 상술한 새로운 임계값 계산 동작은 탐지부(140)에 의해 수행될 수 있다.

[0082] (4) 임계값 동적 조정(또는 임계값 업데이트)

[0083] 새로운 임계값 T_n과 현재 임계값 T_{curr}에 기초하여, 임계값을 조정한다. 현재 임계값 T_{curr}은 현재 적용되고 있는 임계값으로, 시스템 초기화 시에는 T_i이고, 이후에는 이전에 조정된 임계값을 의미한다. 임계값 동적 조정 동작은 탐지부(140)에 의해 수행될 수 있다.

[0084] $T_{curr} = (1 - \alpha) * T_{curr} + \alpha * T_n$

[0085] 상술한 과정을 통해 조정된(또는 업데이트된) 임계값을 통해 탐지 동작이 수행될 수 있다. 또한, 주기적으로 임계값을 조정할 수 있다.

[0086] 실시예에 따르면, 현재 임계값 계산은 미리 정해진 시간 주기로 수행될 수 있다. 따라서, 미리 정해진 시간 주기가 경과했을 때 유지되는 N 개의 불일치 값을 이용하여 현재 임계값이 계산될 수 있다. 다른 예로, 이전에 유지된 N 개의 불일치 값이 모두 교체되었을 때(즉, 새로운 N 개의 불일치 값이 측정되었을 때)마다 현재 임계값 계산 동작이 수행될 수도 있다.

[0087] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 집합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPA(Field Programmable array), PLU(Programmable Logic Unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(Operation System, OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(Processing Element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(Parallel Processor)와 같은, 다른 처리 구성(Processing Configuration)도 가능하다.

[0088] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(Computer Program), 코드(Code), 명령(Instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(Collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성 요소(Component), 물리적 장치, 가상 장치(Virtual Equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(Signal Wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(Embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0089] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-optical Media), 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0090] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0091] 100 : 자이로스코프 측정값 복원 장치

110 : 센서부

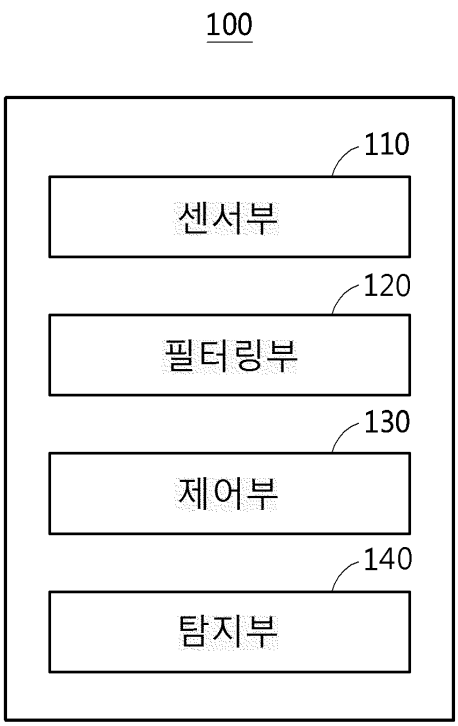
120 : 필터링부

130 : 제어부

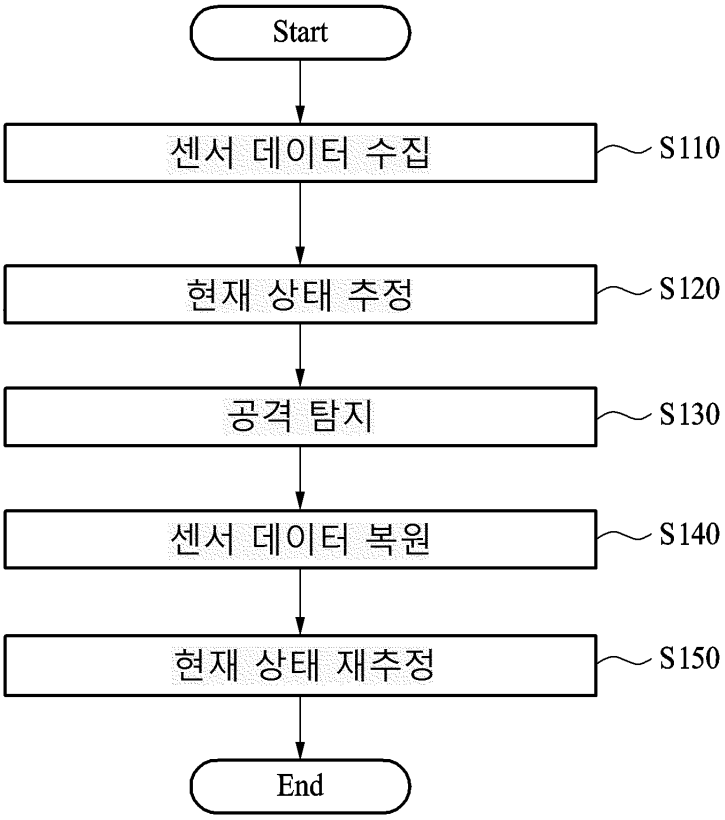
140 : 탐지부

도면

도면1



도면2


Start
센서 데이터 수집
S110
현재 상태 추정
S120
공격 탐지
S130
센서 데이터 복원
S140
현재 상태 재추정
S150
End