



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0067387
(43) 공개일자 2020년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/02 (2010.01) H04W 64/00 (2009.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/021 (2013.01)
H04W 64/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0154182
(22) 출원일자 2018년12월04일
심사청구일자 2018년12월04일

(71) 출원인
한양대학교 산학협력단
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김선우
서울특별시 성동구 왕십리로 222 한양대학교, FTC 516호
김효원
서울특별시 성동구 왕십리로 222 한양대학교, FTC 516호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한)유일하이스트

전체 청구항 수 : 총 15 항

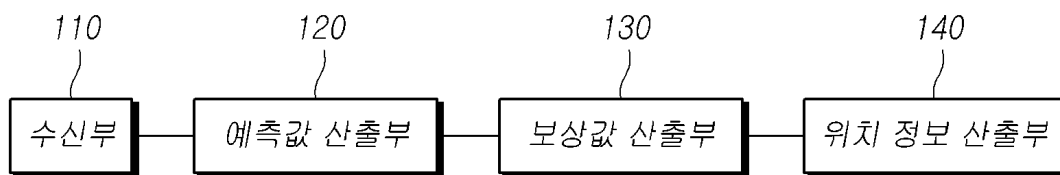
(54) 발명의 명칭 협력 측위 단말 및 협력 측위 방법

(57) 요약

본 발명은 수신된 단말의 절대 위치 정보와 상대 물리량 정보를 이용하여 단말의 위치를 예측하고 그 오차를 보상하여 단말의 단말 위치 정보를 갱신하는 협력 측위 단말 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말은 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 단말과 인접 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1

100



단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신하는 수신부와, 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출하고, 인접 단말 위치 정보와 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출하는 예측값 산출부와, 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출하고, 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출하는 보상값 산출부 및 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값과 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 기반으로 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출하는 위치 정보 산출부를 포함한다.

(72) 발명자

이상현

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교 공학관
407호

김민지

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교 신공학
관 534호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018-0-00316

부처명 과학기술정보통신부(2017Y)

연구관리전문기관 인하대학교 산학협력단

연구사업명 정보통신산업진흥원 부설 정보통신기술진흥센터 / 정보통신방송 연구개발사업 / 방송통신
산업기술개발사업(이지바로)

연구과제명 차세대 공공안전통신 원천기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 정보통신기술진흥센터

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

단말의 위치를 협력 측위하는 협력 측위 단말에 있어서,

상기 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 상기 단말과 상기 인접 단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신하는 수신부;

상기 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출하고, 상기 인접 단말 위치 정보와 상기 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출하는 예측값 산출부;

상기 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상기 절대 위치 보상값을 산출하고, 상기 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상기 상대 물리량 보상값을 산출하는 보상값 산출부; 및

상기 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값과 상기 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 기반으로 상기 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 상기 단말 위치 정보를 산출하는 위치 정보 산출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 예측값 산출부는,

상기 절대 위치 측정값에 대한 절대 위치 오차와 절대 위치 분산을 인자로 하는 절대 위치 함수를 포함하는 최적화 함수를 최소로 만드는 값을 상기 절대 위치 예측값으로 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 예측값 산출부는,

상기 상대 물리량 측정값에 대한 상대 물리량 오차와 상대 물리량 분산을 인자로 하는 상대 물리량 함수를 포함하는 최적화 함수를 최소로 만드는 값을 상기 상대 물리량 예측값으로 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 예측값 산출부는,

이전 반복에서의 절대 위치 정보에 상기 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 반영한 절대 위치 인수와, 상기 절대 위치 측정값을 이용하여 상기 절대 위치 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 예측값 산출부는,

이전 반복에서의 상대 물리량 정보에 상기 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 반영한 제1 상대 물리량 인수와, 상기 상대 물리량 측정값에 상대 물리량 파라미터 및 상기 이전 반복에서의 상대 물리량 정보를 반영한 제2 상대 물리량 인수를 이용하여 상기 상대 물리량 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 상대 물리량 파라미터는,

이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보와 상기 이전 반복에서의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보를 이용하여 산출된 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 보상값 산출부는,

상기 현재 반복에서의 상기 절대 위치 예측값과 상기 이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고,

상기 이전 반복에서의 상기 절대 위치 보상값에 상기 차이값을 합산하여 상기 현재 반복에서의 상기 절대 위치 보상값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 보상값 산출부는,

상기 현재 반복에서의 상기 상대 물리량 예측값과 상기 이전 반복에서의 상기 이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고,

상기 이전 반복에서의 상기 상대 물리량 보상값에 상기 차이값을 합산하여 상기 현재 반복에서의 상기 상대 물리량 보상값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 위치 정보 산출부는,

상기 제1 결과값, 상기 제2 결과값 및 이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보 간의 평균값을 계산하여 상기 현재 반복에서의 상기 단말 위치 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말.

청구항 10

단말의 위치를 협력 측위하는 협력 측위 방법에 있어서,

상기 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 상기 단말과 상기 인접 단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신하는 수신 단계;

상기 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출하고, 상기 인접 단말 위치 정보와 상기 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출하는 예측값 산출 단계;

상기 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상기 절대 위치 보상값을 산출하고, 상기 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상기 상대 물리량 보상값을 산출하는 보상값 산출 단계; 및

상기 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값과 상기 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 기반으로 상기 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 상기 단말 위치 정보를 산출하는 위치 정보 산출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 예측값 산출 단계는,

이전 반복에서의 절대 위치 정보에 상기 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 반영한 절대 위치 인수와, 상기 절대 위치 측정값을 이용하여 상기 절대 위치 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 예측값 산출 단계는,

이전 반복에서의 상대 물리량 정보에 상기 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 반영한 제1 상대 물리량 인수와, 상기 상대 물리량 측정값에 상대 물리량 파라미터 및 상기 이전 반복에서의 상대 물리량 정보를 반영한 제2 상대 물리량 인수를 이용하여 상기 상대 물리량 예측값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 보상값 산출 단계는,

상기 현재 반복에서의 상기 절대 위치 예측값과 상기 이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고,

상기 이전 반복에서의 상기 절대 위치 보상값에 상기 차이값을 합산하여 상기 현재 반복에서의 상기 절대 위치 보상값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 보상값 산출 단계는,

상기 현재 반복에서의 상기 상대 물리량 예측값과 상기 이전 반복에서의 상기 이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고,

상기 이전 반복에서의 상기 상대 물리량 보상값에 상기 차이값을 합산하여 상기 현재 반복에서의 상기 상대 물리량 보상값을 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 위치 정보 산출 단계는,

상기 제1 결과값, 상기 제2 결과값 및 이전 반복에서의 상기 단말 위치 정보 간의 평균값을 계산하여 상기 현재 반복에서의 상기 단말 위치 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 협력 측위 단말 및 협력 측위 방법에 관한 기술이다. 보다 상세하게는 본 발명은 수신된 단말의 절대 위치 정보와 상대 물리량 정보를 이용하여 단말의 위치를 예측하고 그 오차를 보상하여 단말의 단말 위치 정보를 갱신하는 협력 측위 단말 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선통신망을 기반으로 하는 서비스는 그 종류가 매우 다양하며, 그 중 하나로 위치기반 서비스를 들 수 있다. 위치기반 서비스는 무선통신 단말기의 위치 정보를 바탕으로 위치 추적, 공공 안전, 위치 기반 정보 서비스 등 위치와 관련된 각종 정보를 제공하는 서비스이다.

- [0003] 위치기반 서비스를 제공하기 위해서는 무선통신 단말기의 위치를 추적하는 기술이 반드시 필요하며, 위치추적 방식으로는 네트워크 기반 방식 및 GPS 기반 방식을 들 수 있다.
- [0004] 네트워크 기반 위치추적 방식은 기지국으로부터 측정된 위치 정보를 이용하며, 오차 범위가 약 100m 정도이어서 정확도가 다소 떨어진다는 문제점이 있지만, GPS 위성의 음영구역, 예를 들어 건물 내, 지하 등에 위치하여도 위치추적이 가능한 이점이 있다.
- [0005] 한편, GPS 기반 위치추적 방식은 무선통신 단말기에 GPS 수신기가 내장된 경우 적용 가능하며 오차 범위가 약 50m 정도로, 네트워크 기반 방식보다 정확도가 높은 장점이 있다. 다만, GPS 기반 방식은 단말기가 GPS 위성의 음영구역, 예를 들어 건물 내, 지하 등에 위치하는 경우 위치추적이 불가능하다는 문제점이 있다.
- [0006] 따라서, 무선통신 단말기의 위치를 높은 정확도로 측위하면서 음영구역 내에서도 위치 측위가 가능한 측위 기술이 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 진술한 배경에서 안출된 본 발명은 협력 측위를 통해 단말의 정확한 위치를 측위할 수 있는 협력 측위 단말 및 협력 측위 방법을 제안하고자 한다.
- [0008] 또한, 본 발명은 신호를 수신하는데 장애가 되는 음영구역에 진입하더라도 정확한 위치를 측위할 수 있는 협력 측위 단말 및 협력 측위 방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 진술한 과제를 해결하기 위한 일 실시예는 단말의 위치를 협력 측위하는 협력 측위 단말에 있어서, 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 단말과 인접 단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신하는 수신부와, 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출하고, 인접 단말 위치 정보와 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출하는 예측값 산출부와, 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출하고, 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출하는 보상값 산출부 및 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값과 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 기반으로 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출하는 위치 정보 산출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 단말 제공한다.
- [0010] 또한, 다른 실시예는 단말의 위치를 협력 측위하는 협력 측위 방법에 있어서,
- [0011] 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 단말과 인접 단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신하는 수신 단계와, 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출하고, 인접 단말 위치 정보와 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출하는 예측값 산출 단계와, 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출하고, 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출하는 보상값 산출 단계 및 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값과 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 기반으로 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출하는 위치 정보 산출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 협력 측위 방법 제공한다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명은 빠른 연산 처리를 수행할 수 있는 협력 측위를 수행하여 실시간으로 단말의 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 협력 측위를 통해 단말의 정확한 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.
- [0014] 또한, 본 발명은 신호를 수신하는데 장애가 되는 음영구역에 진입하더라도 정확한 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말을 포함하는 이동국을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역 내 위치한 이동국을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역과 비음영구역에서 이동국의 위치에 대한 측위 결과를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역과 비음영구역에서 시간에 따른 단말 위치 정보의 오차값을 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역과 비음영구역에서 시간에 따른 단말 위치 정보의 오차값과 절대 위치 측정값의 오차값을 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0017] 본 명세서에서 설명하는 협력 측위 단말은 단말의 주변에 존재하는 인접 단말과 단말 간의 협력 측위 (Cooperative Localization) 가능한 단말을 의미할 수 있다. 즉, 전술한 단말과 인접 단말은 본 명세서에서의 협력 측위 단말을 의미할 수 있다.
- [0018] 따라서, 본 명세서에서는 편의상 협력 측위 단말이 단말인 것으로 하여 본 발명의 내용을 설명하지만, 인접 단말도 협력 측위 단말로서 동일하게 동작할 수 있다.
- [0019] 한편, 인접 단말은 단말의 주변에 존재하는 단말이라면 모두 포함될 수 있으며 단말과 상대적으로 구분하기 위한 단말을 의미할 수 있다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말(100)의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 단말(협력 측위 단말을 의미, 이하 동일)의 위치를 협력 측위하는 협력 측위 단말(100)에 있어서, 협력 측위 단말(100)은 단말의 위치를 이전 상태의 값을 현재 상태에 반영하는 동작을 반복(Iteration)적으로 수행하여 협력 측위할 수 있다. 즉, 협력 측위 단말(100)은 기본적으로 이전 반복에서의 산출된 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 정보를 산출한다.
- [0022] 이러한 협력 측위 단말(100)은 수신부(110)와, 예측값 산출부(120)와, 보상값 산출부(130)와, 위치 정보 산출부(140) 등을 포함할 수 있다.
- [0023] 수신부(110)는 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 단말과 인접 단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신할 수 있다.
- [0024] 여기서, 절대 위치 측정값은 단말의 정확한 위치를 나타내는 측정값(Measurement)을 의미할 수 있으며, 벡터(Vector)일 수 있다.

- [0025] 임의의 시간(t)에서의 절대 위치 측정값 $z_{c,i}^{(t)}$ 은 아래와 같이 표현될 수 있다.

- [0026] [수식 1]

- [0027]
$$z_{c,i}^{(t)} = \mathbf{x}_i^{(t)} + \mathbf{v}_c^{(t)}$$

- [0028] $\mathbf{x}_i^{(t)}$ 는 임의의 시간(t)에서의 단말의 위치 좌표(Coordinate)이고, 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_i^{(t)}$ 는 바람직하게는 2차원의 위치 좌표, 즉 $\mathbf{x}_i^{(t)} = \begin{bmatrix} x_i^{(t)} \\ y_i^{(t)} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^2$ 으로 표현될 수 있다. 그리고, $v_e^{(t)}$ 는 절대 위치 오차(Error)이다.
- [0029] 절대 위치 측정값 $z_{e,i}$ 은 RSU(Road Side Unit), OBU(On Board Unit) 등과 같은 하나 이상의 앵커(anchor) 또는 하나 이상의 인공 위성에 의해 생성될 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 그리고, 절대 위치 측정값 $z_{e,i}$ 은 UTDoA(Uplink-Time Difference of Arriva)이나 GNSS 신호, 예를 들어 GPS 신호를 이용한 통신을 통하여 수신부(110)에 수신될 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0030] 여기서, 인접 단말 위치 정보는 인접 단말에서 생성되어 최종적으로 전송되는 인접 단말의 위치에 대한 정보를 의미할 수 있으며, 인접 단말의 위치 좌표를 포함할 수 있다.
- [0031] 이때, 인접 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_j$ 는 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_i$ 와 동일하게 표현될 수 있고 바람직하게는 2차원의 좌표로 표현될 수 있다. 즉, 임의의 시간(t)에서의 인접 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_j^{(t)}$ 는 $\begin{bmatrix} x_j^{(t)} \\ y_j^{(t)} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^2$ 으로 표현될 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0032] 여기서, 상대 물리량 측정값은 단말과 인접 단말 사이에서 발생하는 물리량에 대한 측정값(Measurement)을 의미할 수 있으며 벡터일 수 있다. 이때, 상대 물리량으로 단말과 인접 단말 간의 상대 거리 d_{ji} , 도달 각도 $\theta_{i,j}$ (Angle of Arrival, 이하 AOA) 등이 있고 이에 따라 상대 물리량 측정값은 상대 거리 측정값 $z_{d,j \rightarrow i}$, 도달 각도 측정값 $z_{a,j \rightarrow i}$ 등이 있을 수 있다. 하지만 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 예를 들면, 임의의 시간(t)에서의 상대 거리 측정값 $z_{d,j \rightarrow i}^{(t)}$ 은 아래와 같은 수식에 의해 표현될 수 있다.
- [0034] [수식 2]
- [0035] $z_{d,j \rightarrow i}^{(t)} = d_{i,j}^{(t)} + v_d^{(t)}$
- [0036] $d_{i,j}^{(t)}$ 는 임의의 시간(t)에서의 상대 거리이고, $v_d^{(t)}$ 는 임의의 시간(t)에서의 상대 거리 오차이다.
- [0037] 이때, 임의의 시간(t)에서의 상대 거리 $d_{i,j}^{(t)}$ 는 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_i^{(t)}$ 와 인접 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_j^{(t)}$ 간의 유클리드 거리(Euclidean distance, $\|\mathbf{x}_j^{(t)} - \mathbf{x}_i^{(t)}\|$)를 구하여 획득될 수 있다.
- [0038] 다른 예를 들면, 임의의 시간(t)에서의 도달 각도 측정값 $z_{a,j \rightarrow i}^{(t)}$ 은 아래와 같은 수식에 의해 표현될 수 있다.
- [0039] [수식 3]
- [0040] $z_{a,j \rightarrow i}^{(t)} = \theta_{i,j}^{(t)} + v_a^{(t)}$
- [0041] $\theta_{i,j}^{(t)}$ 는 임의의 시간(t)에서의 도달 각도(AOA)이고, $v_a^{(t)}$ 는 임의의 시간(t)에서의 도달 각도 오차이다.
- [0042] 이때, 임의의 시간(t)에서의 도달 각도 $\theta_{i,j}^{(t)}$ 는 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_i^{(t)}$ 와 인접 단말의 위치 좌표 $\mathbf{x}_j^{(t)}$ 간의 아크탄젠트값($\arctan \frac{y_j^{(t)} - y_i^{(t)}}{x_j^{(t)} - x_i^{(t)}}$)을 구하여 획득될 수 있다.
- [0043] 인접 단말 위치 정보와 상대 물리량 측정값은 V2X(Vehicle To Everything) 통신을 이용하여 수신부(110)에 전송될 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0044] 예측값 산출부(120)는 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출할 수 있다.

[0045] 여기서, 절대 위치 예측값은 특정 반복 단계에서 단말의 절대 위치가 예측된(Prediction) 값일 수 있으며 벡터일 수 있다.

[0046] 구체적으로, 예측값 산출부(120)는 절대 위치 측정값에 대한 절대 위치 오차와 절대 위치 분산을 인자로 하는 절대 위치 함수를 포함하는 최적화 함수를 최소로 만드는 값을 절대 위치 예측값으로 산출할 수 있다.

[0047] 여기서, 절대 위치 오차는 절대 위치 측정값과 단말의 위치 좌표 간의 차이값을 의미할 수 있으며, 구체적으로 절대 위치 오차는 절대 위치 측정값의 위치 성분과 단말의 위치 좌표의 위치 성분 각각에 대한 차이값을 의미할 수 있다.

[0048] 여기서, 절대 위치 분산은 단말의 절대 위치에 대한 분산값을 의미할 수 있다.

[0049] 절대 위치 오차와 절대 위치 분산을 인자로 하는 절대 위치 함수는 아래와 같은 수식을 이용하여 산출될 수 있다.

[0050] [수식 4]

$$f_{c_i}(x_i, y_i, x_j, y_j) = \frac{|z_{c,ix} - x_i|^2 + |z_{c,iy} - y_i|^2}{2\sigma_c^2}$$

[0052] $z_{c,ix}$ 와 $z_{c,iy}$ 는 절대 위치 측정값을 구성하는 성분들이고, σ_c 는 절대 위치 분산이다.

[0053] 그리고, 예측값 산출부(120)는 이러한 절대 위치 함수와 주변 환경으로 인한 노이즈(Noise), 기타 오차 등에 의해 발생된 패널티 파라미터를 포함하는 함수를 최적화 함수로 설정할 수 있다.

[0054] 최적화 함수를 이용하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값은 아래와 같은 수식으로 산출될 수 있다.

[0055] [수식 5]

$$\hat{x}_{c_i}^{(t,k+1)} = \underset{x_i}{\operatorname{argmin}} \left[f_{c_i}(x_i, y_i, x_j, y_j) + \frac{\rho}{2} (x_i - n_{x,c_i})^2 \right]$$

$$\hat{y}_{c_i}^{(t,k+1)} = \underset{y_i}{\operatorname{argmin}} \left[f_{c_i}(x_i, y_i, x_j, y_j) + \frac{\rho}{2} (y_i - n_{y,c_i})^2 \right]$$

[0058] $\hat{x}_{c_i}^{(t,k+1)}$ 와 $\hat{y}_{c_i}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 예측값을 구성하는 성분들이고, $f_{c_i}(x_i, y_i, x_j, y_j)$ 는 절대 위치 함수이며, $\frac{\rho}{2}(x_i - n_{x,c_i})^2$ 와 $\frac{\rho}{2}(y_i - n_{y,c_i})^2$ 각각은 패널티 파라미터들이다. 이때, $\operatorname{argmin}[\cdot]$ 은 괄호 안에 있는 최적화 함수를 최소로 만드는 x값(또는 y값)을 찾기 위한 기호이다.

[0059] 한편, 예측값 산출부(120)는 인접 단말 위치 정보와 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출할 수 있다.

[0060] 여기서, 상대 물리량 예측값은 특정 반복 단계에서 상대 물리량이 예측된(Prediction) 값일 수 있으며 벡터일 수 있다.

[0061] 구체적으로, 예측값 산출부(120)는 상대 물리량 측정값에 대한 상대 물리량 오차와 상대 물리량 분산을 인자로 하는 상대 물리량 함수를 포함하는 최적화 함수를 최소로 만드는 값을 상대 물리량 예측값으로 산출할 수 있다.

[0062] 여기서, 상대 물리량 오차는 상대 물리량 측정값과 상대 물리량 간의 차이값을 의미할 수 있으며, 예를 들어 상대 거리 오차, 도달 각도 오차를 의미할 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0063] 여기서, 상대 물리량 분산은 상대 물리량에 대한 분산값을 의미할 수 있다.

[0064] 상대 물리량 오차와 상대 물리량 분산을 인자로 하는 상대 물리량 함수는 수식을 이용하여 산출될 수 있다.

[0065] 예를 들면, 상대 거리 오차와 상대 거리 분산을 인자로 하는 상대 거리 함수는 아래의 수식을 이용하여 산출된다.

[0066] [수식 6]

$$f_{d_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j) = \frac{|z_{d_{j \rightarrow i}} - d_{i,j}|^2}{2\sigma_d^2}$$

[0068] $z_{d_{j \rightarrow i}}$ 는 상대 거리 측정값이고, $d_{i,j}$ 는 상대 거리이며, σ_d 는 상대 거리 분산이다.

[0069] 다른 예를 들면, 도달 각도 오차와 도달 각도 분산을 인자로 하는 도달 각도 함수는 아래의 수식을 이용하여 산출된다.

[0070] [수식 7]

$$f_{a_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j) = \frac{|z_{a_{j \rightarrow i}} - \theta_{i,j}|^2}{2\sigma_a^2}$$

[0072] $z_{a_{j \rightarrow i}}$ 는 도달 각도 측정값이고, $\theta_{i,j}$ 는 도달 각도이며, σ_a 는 도달 각도 분산이다.

[0073] 그리고, 예측값 산출부(120)는 이러한 상대 물리량 함수와 패널티 파라미터를 포함하는 함수를 최적화 함수로 설정할 수 있다.

[0074] 최적화 함수를 이용하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값은 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출하는 수식과 유사한 수식으로 산출될 수 있다.

[0075] 예를 들면, 최적화 함수를 이용하여 현재 반복에서의 상대 거리 예측값은 아래와 같은 수식으로 산출된다.

[0076] [수식 8]

$$\tilde{x}_{d_{ji}}^{(t,k+1)} = \underset{x}{\operatorname{argmin}} \left[f_{d_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j) + \frac{\rho}{2} (x_i - n_{x,d_{ji}})^2 \right]$$

$$\tilde{y}_{d_{ji}}^{(t,k+1)} = \underset{y}{\operatorname{argmin}} \left[f_{d_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j) + \frac{\rho}{2} (y_i - n_{y,d_{ji}})^2 \right]$$

[0079] $\tilde{x}_{d_{ji}}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{d_{ji}}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 예측값을 구성하는 성분들이고, $f_{d_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j)$ 는 상대 거리 함수이며, $\frac{\rho}{2} (x_i - n_{x,d_{ji}})^2$ 와 $\frac{\rho}{2} (y_i - n_{y,d_{ji}})^2$ 각각은 패널티 파라미터들이다. 이 때, $\underset{x}{\operatorname{argmin}}[\cdot]$ 은 괄호 안에 있는 최적화 함수를 최소로 만드는 x값(또는 y값)을 찾기 위한 기호이다.

[0080] 다른 예를 들면, 최적화 함수를 이용하여 현재 반복에서의 도달 각도 예측값은 아래와 같은 수식으로 산출된다.

[0081] [수식 9]

$$\tilde{x}_{a_{ji}}^{(t,k+1)} = \underset{x}{\operatorname{argmin}} \left[f_{a_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j) + \frac{\rho}{2} (x_i - n_{x,a_{ji}})^2 \right]$$

$$\tilde{y}_{a_{ji}}^{(t,k+1)} = \underset{y}{\operatorname{argmin}} \left[f_{a_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j) + \frac{\rho}{2} (y_i - n_{y,a_{ji}})^2 \right]$$

[0084] $\tilde{x}_{a_{ji}}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{a_{ji}}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 도달 각도 예측값을 구성하는 성분들이고, $f_{a_{ji}}(x_i, y_i, x_j, y_j)$ 는 도달 각도 함수이며, $\frac{\rho}{2} (x_i - n_{x,a_{ji}})^2$ 와 $\frac{\rho}{2} (y_i - n_{y,a_{ji}})^2$ 각각은 패널티 파라미터들이다. 이 때, $\underset{x}{\operatorname{argmin}}[\cdot]$ 은 괄호 안에 있는 최적화 함수를 최소로 만드는 x값(또는 y값)을 찾기 위한 기호이다.

[0085] 진술한 절대 위치 함수와 상대 물리량 함수, 예를 들어 상대 거리 함수와 도달 각도 함수는 협력 측위를 위한 우도 함수(Likelihood Function)를 이용하여 최적화 문제를 풀이하는 과정에서 도출된 함수를 의미할 수 있다.

[0086] 여기서, 우도 함수는 확률 분포의 모수가, 어떤 확률 변수의 표집값과 일관되는 정도를 나타내는 값이다. 구체적으로, 주어진 표집값에 대한 모수의 우도는 이 모수를 따르는 분포가 주어진 관측값에 대하여 부여하는 확률

이다. 우도 함수는 확률 분포가 아니며, 합하여 1이 되지 않을 수 있는 함수를 의미한다.

구체적으로, 절대 위치 함수, 상대 거리 함수 및 도달 각도 함수는 아래와 같은 과정에 의해 결정될 수 있다.

먼저, 절대 위치 측정값에 대한 우도 함수 $p(z_{c,i}|\mathbf{x}_i)$ 는 아래와 같은 수식을 이용하여 산출될 수 있다.

[수식 10]

$$p(z_{c,i}|\mathbf{x}_i) = \frac{1}{2\pi\sigma_c} \exp\left(-\frac{|z_{c,ix} - x_i|^2 + |z_{c,iy} - y_i|^2}{2\sigma_c^2}\right)$$

$z_{c,ix}$ 는 절대 위치 측정값 $z_{c,i}$ 을 구성하는 위치 성분 중 x 성분이고, $z_{c,iy}$ 는 절대 위치 측정값 $z_{c,i}$ 을 구성하는 위치 성분 중 y 성분이며, σ_c 는 절대 위치 분산이다.

그리고, 상대 거리 측정값에 대한 우도 함수 $p(z_{d,j \rightarrow i}|\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$ 는 아래와 같은 수식을 이용하여 산출될 수 있다.

[수식 11]

$$p(z_{d,j \rightarrow i}|\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_d^2}} \exp\left(-\frac{|z_{d,j \rightarrow i} - d_{i,j}|^2}{2\sigma_d^2}\right)$$

$z_{d,j \rightarrow i}$ 는 상대 거리 측정값이고, $d_{i,j}$ 는 상대 거리이며, σ_d 는 상대 거리 분산이다.

그 다음, 도달 각도 측정값에 대한 우도 함수 $p(z_{a,j \rightarrow i}|\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j)$ 는 아래와 같은 수식을 이용하여 산출될 수 있다.

[수식 12]

$$p(z_{a,j \rightarrow i}|\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_a^2}} \exp\left(-\frac{|z_{a,j \rightarrow i} - \theta_{i,j}|^2}{2\sigma_a^2}\right)$$

$z_{a,j \rightarrow i}$ 는 도달 각도 측정값이고, $\theta_{i,j}$ 는 도달 각도이며, σ_a 는 도달 각도 분산이다.

각각의 우도 함수가 산출되면, 협력 측위를 위한 우도 함수 $L(\mathbf{x})$ 는 아래와 같은 수식을 이용하여 산출될 수 있다.

[수식 13]

$$L(\mathbf{x}) = \prod_{i,j \in \Omega_V} p(z_{d,j \rightarrow i}|\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \prod_{i,j \in \Omega_V} p(z_{a,j \rightarrow i}|\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \prod_{i,j \in \Omega_V} p(z_{c,i}|\mathbf{x}_i)$$

계산의 편의성을 위해, 협력 측위를 위한 우도 함수 $L(\mathbf{x})$ 에 자연 로그를 취하여 다시 정리하면 아래와 같은 수식으로 표현될 수 있다.

[수식 14]

$$f_0(\mathbf{x}_i) = \sum_{i,j \in \Omega_V} \frac{|z_{d,j \rightarrow i} - d_{i,j}|^2}{2\sigma_d^2} + \sum_{i,j \in \Omega_V} \frac{|z_{a,j \rightarrow i} - \theta_{i,j}|^2}{2\sigma_a^2} + \sum_{i,j \in \Omega_V} \frac{|z_{c,ix} - x_i|^2 + |z_{c,iy} - y_i|^2}{2\sigma_c^2}$$

$f_0(\mathbf{x}_i)$ 는 협력 측위를 위한 우도 함수 $L(\mathbf{x})$ 의 다시 정리한 목적 함수(Objective function)를 의미할 수 있다.

수식 14로부터 절대 위치 함수 $f_{c,i}(x_i, y_i, x_j, y_j)$ 와 상대 거리 함수 $f_{d,ji}(x_i, y_i, x_j, y_j)$ 와, 도달 각도 함수 $f_{a,ji}(x_i, y_i, x_j, y_j)$ 각각을 추출할 수 있다.

[0109] 한편, 수식 5, 8 및 9를 풀이하는 과정은 매우 복잡할 수 있다. 따라서, 연산 속도를 더욱 증가시키기 위해 예측값 산출부(120)는 이전 반복에서의 단말의 단말 위치 정보와 인접 단말의 인접 단말 위치 정보에 기초하여 생성된 파라미터를 이용하여 전술한 수식 5, 8 및 9를 더욱 간단하게 변형시켜 풀이할 수 있다.

[0110] 여기서, 단말 위치 정보는 협력 측위에 의해 결정된 단말의 위치에 대한 정보를 의미하며 벡터일 수 있다.

[0111] 현재 반복에서의 절대 위치 예측값과 관련하여, 예측값 산출부(120)는 이전 반복에서의 절대 위치 정보에 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 반영한 절대 위치 인수와, 절대 위치 측정값을 이용하여 절대 위치 예측값을 산출할 수 있다.

[0112] 여기서, 절대 위치 정보는 특정 반복에서의 단말의 위치가 산출될 때 이용된 단말의 절대 위치를 의미할 수 있으며 벡터일 수 있다.

[0113] 여기서, 절대 위치 보상값은 특정 반복 단계에서 단말의 절대 위치를 보상하기(Compensation) 위한 값일 수 있으며, 벡터일 수 있다.

[0114] 구체적으로, 예측값 산출부(120)는 이전 반복에서의 단말의 단말 위치 정보와 인접 단말의 인접 단말 위치 정보를 이용하여 아래와 같은 수식으로 표현된 제1 파라미터 $\hat{d}$ 를 생성할 수 있다.

[0115] [수식 15]

$$[0116] \hat{d}_x = \hat{x}_j^{(t,k)} - \hat{x}_i^{(t,k)}, \hat{d}_y = \hat{y}_j^{(t,k)} - \hat{y}_i^{(t,k)}, \hat{d} = \sqrt{\hat{d}_x^2 + \hat{d}_y^2}$$

[0117] $\hat{x}_i^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_i^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보를 구성하는 성분들이고, $\hat{x}_j^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_j^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 인접 단말 위치 정보를 구성하는 성분들이다.

[0118] 그 다음, 예측값 산출부(120)는 제1 파라미터 $\hat{d}$ 를 이용하여 아래와 같은 수식으로 표현된 제2 파라미터 $\hat{\theta}$ 를 생성할 수 있다.

[0119] [수식 16]

$$[0120] \hat{\theta} = \arctan \frac{\hat{d}_y}{\hat{d}_x}$$

[0121] $\hat{d}_x$ 와 $\hat{d}_y$ 는 제1 파라미터 $\hat{d}$ 를 구성하는 성분들이다.

[0122] 또한, 예측값 산출부(120)는 제1 파라미터 $\hat{d}$ 를 이용하여 아래와 같은 수식으로 표현된 제3 파라미터 ϵ_a 와 제4 파라미터 ϵ_a 를 생성할 수 있다.

[0123] [수식 17]

$$[0124] \epsilon_{dx} = \frac{\hat{d}_x}{\hat{d}}, \epsilon_{dy} = \frac{\hat{d}_y}{\hat{d}}$$

[0125] [수식 18]

$$[0126] \epsilon_{ax} = \frac{\hat{d}_x}{\hat{d}^2}, \epsilon_{ay} = \frac{\hat{d}_y}{\hat{d}^2}$$

[0127] ϵ_{dx} 와 ϵ_{dy} 는 제3 파라미터 ϵ_d 를 구성하는 성분들이고, ϵ_{ax} 와 ϵ_{ay} 는 제4 파라미터 ϵ_a 를 구성하는 성분들이다.

[0128] 그 다음, 예측값 산출부(120)는 제1 파라미터 $\hat{d}$ 와 제2 파라미터 $\hat{\theta}$ 및 제3 파라미터 ϵ_d 와 제4 파라미터 ϵ_a 를 기반으로 테일러 시리즈(Taylor), ADMM(Alternating Direction Method of Multipliers) 알고리즘 등을 통해 수식 5를 간단하게 변형시켜 아래와 같은 수식을 생성할 수 있다.

[0129] [수식 19]

$$\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)} = \frac{\sigma_c^2}{\frac{1}{\rho} + \sigma_c^2} \left(\hat{x}_{ci}^{(t,k)} - \varphi_{x,ci}^{(t,k)} \right) - \frac{\frac{1}{\rho}}{\frac{1}{\rho} + \sigma_c^2} z_{c,ix}$$

[0130]

$$\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)} = \frac{\sigma_c^2}{\frac{1}{\rho} + \sigma_c^2} \left(\hat{y}_{ci}^{(t,k)} - \varphi_{y,ci}^{(t,k)} \right) - \frac{\frac{1}{\rho}}{\frac{1}{\rho} + \sigma_c^2} z_{c,iy}$$

[0131]

[0132] $\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 예측값을 구성하는 성분들이고, σ_c 는 절대 위치 분산이고, ρ 는 페널티 계수이고, $\hat{x}_{ci}^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_{ci}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 정보를 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,ci}^{(t,k)}$ 와 $\varphi_{y,ci}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값을 구성하는 성분들이며, $z_{c,ix}$ 와 $z_{c,iy}$ 는 절대 위치 측정값을 구성하는 성분들이다.

[0133] 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값과 관련하여, 예측값 산출부(120)는 이전 반복에서의 상대 물리량 정보에 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 반영한 제1 상대 물리량 인수와, 상대 물리량 측정값에 상대 물리량 파라미터 및 이전 반복에서의 상대 물리량 정보를 반영한 제2 상대 물리량 인수를 이용하여 상대 물리량 예측값을 산출할 수 있다.

[0134] 여기서, 상대 물리량 정보는 특정 반복 단계에서 단말의 위치가 산출될 때 이용된 상대 물리량을 의미할 수 있으며 벡터일 수 있다.

[0135] 여기서, 상대 물리량 보상값은 특정 반복 단계에서 상대 물리량을 보상하기 위한 값일 수 있으며 벡터일 수 있다.

[0136] 여기서, 상대 물리량 파라미터는 이전 반복에서의 단말 위치 정보와 이전 반복에서의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보를 이용하여 산출될 수 있다.

[0137] 구체적으로, 예측값 산출부(120)는 전술한 바와 동일하게 수식 15 내지 18을 이용하여 제1 파라미터 $\hat{d}$ 와 제2 파라미터 $\hat{\theta}$ 및 제3 파라미터 ϵ_d 와 제4 파라미터 ϵ_a 를 생성하고, 전술한 파라미터들을 기반으로 테일러 시리즈(Taylor), ADMM(Alternating Direction Method of Multipliers) 알고리즘 등을 통해 수식 8을 간단하게 변형시켜 아래와 같은 수식 20을 생성할 수 있다.

[0138] [수식 20]

$$\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)} = \frac{\sigma_d^2}{\frac{1}{\rho} \epsilon_{dx}^2 + \sigma_d^2} \left(\hat{x}_{dji}^{(t,k)} - \varphi_{x,dji}^{(t,k)} \right) - \frac{\frac{1}{\rho} \epsilon_{dx}}{\frac{1}{\rho} \epsilon_{dx}^2 + \sigma_d^2} \left(z_{d,j \rightarrow i} - \hat{d} - \epsilon_{dx} \hat{x}_{dji}^{(t,k)} \right)$$

[0139]

$$\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)} = \frac{\sigma_d^2}{\frac{1}{\rho} \epsilon_{dy}^2 + \sigma_d^2} \left(\hat{y}_{dji}^{(t,k)} - \varphi_{y,dji}^{(t,k)} \right) - \frac{\frac{1}{\rho} \epsilon_{dy}}{\frac{1}{\rho} \epsilon_{dy}^2 + \sigma_d^2} \left(z_{d,j \rightarrow i} - \hat{d} - \epsilon_{dy} \hat{y}_{dji}^{(t,k)} \right)$$

[0140]

[0141] $\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 물리량 예측값에 포함되는 상대 거리 예측값을 구성하는 성분들이고, σ_d 는 상대 거리 분산이고, ρ 는 페널티 계수이고, ϵ_{dx} 와 ϵ_{dy} 는 제3 파라미터 ϵ_d 를 구성하는 성분들이고, $\hat{x}_{dji}^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_{dji}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 정보에 포함되는 상대 거리 정보를 구성하는 성분들이며, $\varphi_{x,dji}^{(t,k)}$ 와 $\varphi_{y,dji}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량

보상값에 포함된 상대 거리 보상값을 구성하는 성분들이고, $z_{a,j \rightarrow i}$ 는 상대 물리량 측정값에 포함되는 상대 거리 측정값이고, $\hat{d}$ 는 제1 파라미터이다.

[0142] 또한, 예측값 산출부(120)는 전술한 바와 동일하게 수식 15 내지 18을 이용하여 전술한 파라미터들을 기반으로 테일러 시리즈(Taylor), ADMM(Alternating Direction Method of Multipliers) 알고리즘 등을 통해 수식 9를 간단하게 변형시켜 아래와 같은 수식 21을 생성할 수 있다.

[0143] [수식 21]

$$\tilde{x}_{a,ji}^{(t,k+1)} = \frac{\sigma_a^2}{\frac{1}{\rho}\epsilon_{ay}^2 + \sigma_a^2} \left(\hat{x}_{a,ji}^{(t,k)} - \varphi_{x,a,ji}^{(t,k)} \right) + \frac{\frac{1}{\rho}\epsilon_{ay}}{\frac{1}{\rho}\epsilon_{ay}^2 + \sigma_a^2} \left(z_{a,j \rightarrow i} - \hat{\theta} + \epsilon_{ay}\hat{x}_{a,ji}^{(t,k)} \right)$$

$$\tilde{y}_{a,ji}^{(t,k+1)} = \frac{\sigma_a^2}{\frac{1}{\rho}\epsilon_{ax}^2 + \sigma_a^2} \left(\hat{y}_{a,ji}^{(t,k)} - \varphi_{y,a,ji}^{(t,k)} \right) - \frac{\frac{1}{\rho}\epsilon_{ax}}{\frac{1}{\rho}\epsilon_{ax}^2 + \sigma_a^2} \left(z_{a,j \rightarrow i} - \hat{\theta} - \epsilon_{ax}\hat{y}_{a,ji}^{(t,k)} \right)$$

[0145] $\tilde{x}_{a,ji}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{a,ji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 물리량 예측값에 포함되는 도달 각도 예측값을 구성하는 성분들이고, σ_a 는 도달 각도 분산이고, ρ 는 페널티 계수이고, $\hat{x}_{a,ji}^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_{a,ji}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 정보에 포함되는 도달 각도 정보를 구성하는 성분들이며, $\varphi_{x,a,ji}^{(t,k)}$ 와 $\varphi_{y,a,ji}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값에 포함된 도달 각도 보상값을 구성하는 성분들이고, ϵ_{ax} 와 ϵ_{ay} 는 제4 파라미터 ϵ_a 를 구성하는 성분들이고, $z_{a,j \rightarrow i}$ 는 도달 각도 측정값이고, $\hat{\theta}$ 는 제2 파라미터이다.

[0147] 보상값 산출부(130)는 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출할 수 있다.

[0148] 구체적으로, 보상값 산출부(130)는 현재 반복에서의 절대 위치 예측값과 이전 반복에서의 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고, 이전 반복에서의 절대 위치 보상값에 차이값을 합산하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출할 수 있다.

[0149] 전술한 동작을 수식적으로 표현하면 아래와 같다.

[0150] [수식 22]

$$\varphi_{x,c,i}^{(t,k+1)} = \varphi_{x,c,i}^{(t,k)} + \tilde{x}_{c,i}^{(t,k+1)} - \hat{x}_i^{(t,k)}$$

$$\varphi_{y,c,i}^{(t,k+1)} = \varphi_{y,c,i}^{(t,k)} + \tilde{y}_{c,i}^{(t,k+1)} - \hat{y}_i^{(t,k)}$$

[0153] $\varphi_{x,c,i}^{(t,k+1)}$ 와 $\varphi_{y,c,i}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 보상값을 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,c,i}^{(t,k)}$ 와 $\varphi_{y,c,i}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값을 구성하는 성분들이고, $\tilde{x}_{c,i}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{c,i}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 예측값을 구성하는 성분들이며, $\hat{x}_i^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_i^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보를 구성하는 성분들이다.

[0154] 또한, 보상값 산출부(130)는 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출할 수 있다.

[0155] 구체적으로, 보상값 산출부(130)는 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값과 이전 반복에서의 이전 반복에서의 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고, 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값에 차이값을 합산하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출할 수 있다.

[0156] 여기서, 상대 물리량, 예를 들어 상대 거리의 경우, 전술한 동작을 수식적으로 표현하면 아래와 같다.

[0157] [수식 23]

[0158]
$$\varphi_{x,dji}^{(t,k+1)} = \varphi_{x,dji}^{(t,k)} + \tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)} - \hat{x}_i^{(t,k)}$$

[0159]
$$\varphi_{y,dji}^{(t,k+1)} = \varphi_{y,dji}^{(t,k)} + \tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)} - \hat{y}_i^{(t,k)}$$

[0160] $\varphi_{x,dji}^{(t,k+1)}$ 와 $\varphi_{y,dji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 보상값을 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,dji}^{(t,k)}$ 와 $\varphi_{y,dji}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 거리 보상값을 구성하는 성분들이고, $\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 예측값을 구성하는 성분들이며, $\hat{x}_i^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_i^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보를 구성하는 성분들이다.

[0161] [수식 24]

[0162]
$$\varphi_{x,aji}^{(t,k+1)} = \varphi_{x,aji}^{(t,k)} + \tilde{x}_{aji}^{(t,k+1)} - \hat{x}_i^{(t,k)}$$

[0163]
$$\varphi_{y,aji}^{(t,k+1)} = \varphi_{y,aji}^{(t,k)} + \tilde{y}_{aji}^{(t,k+1)} - \hat{y}_i^{(t,k)}$$

[0164] $\varphi_{x,aji}^{(t,k+1)}$ 와 $\varphi_{y,aji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 도달 각도 보상값을 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,aji}^{(t,k)}$ 와 $\varphi_{y,aji}^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 도달 각도 보상값을 구성하는 성분들이고, $\tilde{x}_{aji}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{aji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 도달 각도 예측값을 구성하는 성분들이며, $\hat{x}_i^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_i^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보를 구성하는 성분들이다.

[0165] 위치 정보 산출부(130)는 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값과 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 기반으로 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출하는

[0166] 구체적으로, 위치 정보 산출부(130)는 제1 결과값, 제2 결과값 및 이전 반복에서의 단말 위치 정보 간의 평균값을 계산하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출할 수 있다.

[0167] 전술한 동작을 수식으로 표현하면 아래와 같다.

[0168] [수식 25]

[0169]
$$\hat{x}_i^{(t,k+1)} = \frac{1}{2J+2} \left\{ \hat{x}_i^{(t,k)} + \sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,dji}^{(t,k+1)} \right) + \sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{x}_{aji}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,aji}^{(t,k+1)} \right) + \left(\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,ci}^{(t,k+1)} \right) \right\}$$

[0170]
$$\hat{y}_i^{(t,k+1)} = \frac{1}{2J+2} \left\{ \hat{y}_i^{(t,k)} + \sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,dji}^{(t,k+1)} \right) + \sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{y}_{aji}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,aji}^{(t,k+1)} \right) + \left(\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,ci}^{(t,k+1)} \right) \right\}$$

[0171] $\hat{x}_i^{(t,k+1)}$ 와 $\hat{y}_i^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 단말 위치 정보를 구성하는 성분들이고, i 는 인접 단말의 개수이고, $\hat{x}_i^{(t,k)}$ 와 $\hat{y}_i^{(t,k)}$ 는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보를 구성하는 성분들

이다.

- [0172] 제1 결과값에 포함되는 인자와 관련하여, $\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 예측값을 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,ci}^{(t,k+1)}$ 와 $\varphi_{y,ci}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 보상값을 구성하는 성분들이다.
- [0173] 제2 결과값에 포함되는 인자와 관련하여, $\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 예측값을 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,dji}^{(t,k+1)}$ 와 $\varphi_{y,dji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 보상값을 구성하는 성분들이다. 인 $\tilde{x}_{aji}^{(t,k+1)}$ 와 $\tilde{y}_{aji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 도달 각도 예측값을 구성하는 성분들이고, $\varphi_{x,aji}^{(t,k+1)}$ 와 $\varphi_{y,aji}^{(t,k+1)}$ 는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 도달 각도 보상값을 구성하는 성분들이다.
- [0174] 전술한 수식 25의 경우는 앵커 또는 인공 위성이 하나인 경우에 대응되며, 앵커 또는 인공 위성이 R개($2 \leq R$)이면 수식 25의 분모 $(2J+2)$ 는 $(2J+1+R)$ 으로, $\left(\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,ci}^{(t,k+1)}\right)$ 과 $\left(\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,ci}^{(t,k+1)}\right)$ 은 각각 $R * \left(\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,ci}^{(t,k+1)}\right)$ 과 $R * \left(\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,ci}^{(t,k+1)}\right)$ 으로 변형될 수 있다.
- [0175] 도시하지 않았지만, 협력 측위 단말(100)은 단말 위치 정보, 상대 물리량 측정값을 인접 단말에 전송할 수 있는 송신부를 더 포함할 수 있다.
- [0176] 전술한 협력 측위 단말(100)과 인접 단말 그리고 협력 측위 단말(100)에 포함된 각각의 구성들은 메시지 전송(Message passing) 방법을 이용하여 유선 통신 또는 무선 통신 가능하다.
- [0177] 이하에서는 전술한 동작들을 단말과 인접 단말 사이의 메시지 전송 측면에서 설명한다.
- [0178] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0179] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 동작을 구현하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말(100)에 대응되는 단말(210)과, M($1 \leq M$)개의 앵커 및 N개($1 \leq N$)의 인접 단말이 필요하다.
- [0180] 이때, 단말(210)과 앵커들(220, 230) 및 인접 단말들(240, 250, 260) 사이에서는 전술한 절대 위치 측정값, 인접 단말 위치 정보, 단말 위치 정보, 상대 물리량 측정값 등을 포함하는 메시지를 송신하거나 수신할 수 있다.
- [0181] 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 협력 측위 수행 과정인 경우를 가정하면, 단말(210)은 단말 위치 정보 프로세서에서 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보 $\hat{\mathbf{x}}_i^{(t,k)}$ 를 포함하는 메시지 ①을 생성하여 보상 프로세서로 전송한다.
- [0182] 예를 들면, 위치 정보 산출부(140)는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보 $\hat{\mathbf{x}}_i^{(t,k)}$ 를 포함하는 메시지 ①을 보상값 산출부(130)에 전송한다.
- [0183] 그 다음, 단말(210)은 보상 프로세서에서 메시지 ①에 기초하여 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 보상값 $\varphi_{r,i}^{(t,k)}, \varphi_{v,i}^{(t,k)}$ 을 포함하는 메시지 ②를 예측 프로세서에 전송한다.
- [0184] 여기서, 보상값은 앵커와 관련된 절대 위치 보상값 $\varphi_{r,i}^{(t,k)}$, 인접 단말과 관련된 상대 물리량 보상값 $\varphi_{v,i}^{(t,k)}$ 을 모두 포함하는 것을 의미한다.
- [0185] 예를 들면, 보상값 산출부(130)는 제1 앵커(220)와 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값 $\varphi_{r1,i}^{(t,k)}$ 부터 제M 앵커(230)와 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값 $\varphi_{rM,i}^{(t,k)}$ 각각을 포함하는 메시지 ②를 예측값 산출부(120)에 전송한다.
- [0186] 다른 예를 들면, 보상값 산출부(130)는 제1 인접 단말(240)과 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의

상대 물리량 보상값 $\varphi_{V1,i}^{(t,k)}$, 제2 인접 단말(250)과 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값 $\varphi_{V2,i}^{(t,k)}$ 부터 제N 인접 단말(260)과 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값 $\varphi_{VN,i}^{(t,k)}$ 각각을 포함하는 메시지 ②를 예측값 산출부(120)에 전송한다.

[0187] 한편, 제1 앵커(220)부터 제M 앵커(230) 각각은 임의의 시간(t)에서 단말(210)의 절대 위치 측정값 $z_{c,i}^{(t)}$ 을 포함하는 메시지 ③을 단말(210)에 전송하고, 제1 인접 단말(240)부터 제N 인접 단말(260) 각각은 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 인접 단말 위치 정보들 $\hat{\mathbf{x}}_{V1}^{(t,k)}, \hat{\mathbf{x}}_{V2}^{(t,k)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{VN}^{(t,k)}$ 과 상대 물리량 측정값 $z_{p,V1 \rightarrow i}^{(t)}, z_{p,V2 \rightarrow i}^{(t)} \dots z_{p,VN \rightarrow i}^{(t)}$ 을 포함하는 메시지 ③을 단말(210)에 전송한다. 단말(210)은 수신한 메시지 ③을 예측 프로세서에 전달한다.

[0188] 그 다음, 단말(210)은 예측 프로세서에서 메시지②와 ③에 기초하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 예측값 $\hat{\mathbf{x}}_{r,i}^{(t,k+1)}, \hat{\mathbf{x}}_{V,i}^{(t,k+1)}$ 각각을 산출하고, 산출된 예측값 $\hat{\mathbf{x}}_{r,i}^{(t,k+1)}, \hat{\mathbf{x}}_{V,i}^{(t,k+1)}$ 을 포함하는 메시지 ④를 보상 프로세서에 전송한다.

[0189] 여기서, 예측값은 앵커와 관련된 절대 위치 예측값 $\hat{\mathbf{x}}_{r,i}^{(t,k+1)}$ 과 인접 단말과 관련된 상대 물리량 예측값 $\hat{\mathbf{x}}_{V,i}^{(t,k+1)}$ 을 모두 포함하는 것을 의미한다.

[0190] 예를 들면, 예측값 산출부(120)는 제1 앵커(220)와 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값 $\varphi_{r1,i}^{(t,k)}$ 부터 제M 앵커(230)와 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값 $\varphi_{rM,i}^{(t,k)}$, 임의의 시간(t)에서 단말(210)의 절대 위치 측정값 $z_{c,i}^{(t)}$ 및 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 단말 위치 정보 $\hat{\mathbf{x}}_i^{(t,k)}$ 를 입력값으로 하고 전술한 수식 19를 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 예측값들($\hat{\mathbf{x}}_{r1,i}^{(t,k+1)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{rM,i}^{(t,k+1)}$)을 산출하고, 산출된 절대 위치 예측값들($\hat{\mathbf{x}}_{r1,i}^{(t,k+1)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{rM,i}^{(t,k+1)}$)을 포함하는 메시지 ④를 보상값 산출부(130)에 전송한다.

[0191] 다른 예를 들면, 예측값 산출부(120)는 제1 인접 단말(240)과 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값 $\varphi_{V1,i}^{(t,k)}$, 제2 인접 단말(250)과 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값 $\varphi_{V2,i}^{(t,k)}$ 부터 제N 인접 단말(260)과 관련되는 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값 $\varphi_{VN,i}^{(t,k)}$ 수식 20과 수식 21을 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 물리량 예측값들($\hat{\mathbf{x}}_{V1,i}^{(t,k+1)}, \hat{\mathbf{x}}_{V2,i}^{(t,k+1)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{VN,i}^{(t,k+1)}$)을 산출하고, 산출된 상대 물리량 예측값들($\hat{\mathbf{x}}_{V1,i}^{(t,k+1)}, \hat{\mathbf{x}}_{V2,i}^{(t,k+1)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{VN,i}^{(t,k+1)}$)을 포함하는 메시지 ④를 보상값 산출부(130)에 전송한다.

[0192] 그 다음 단말(210)은 보상 프로세서에서 메시지 ④에 기초하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 보상값 $\varphi_{r,i}^{(t,k+1)}, \varphi_{V,i}^{(t,k+1)}$ 을 산출하고, 산출된 보상값 $\varphi_{r,i}^{(t,k+1)}, \varphi_{V,i}^{(t,k+1)}$ 을 포함하는 메시지 ⑤를 단말 위치 정보 프로세서에 전송한다.

[0193] 예를 들면, 보상값 산출부(130)는 제1 앵커부터 제M 앵커와 관련되고 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 예측값들($\hat{\mathbf{x}}_{r1,i}^{(t,k+1)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{rM,i}^{(t,k+1)}$)과 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 절대 위치 보상값들($\varphi_{r1,i}^{(t,k)} \dots \varphi_{rM,i}^{(t,k)}$) 및 단말 위치 정보 $\hat{\mathbf{x}}_i^{(t,k)}$ 를 입력값으로 하고 수식 22를 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 보상값들($\varphi_{r1,i}^{(t,k+1)} \dots \varphi_{rM,i}^{(t,k+1)}$)을 산출하며, 산출된 절대 위치 보상값들($\varphi_{r1,i}^{(t,k+1)} \dots \varphi_{rM,i}^{(t,k+1)}$)을 포함하는 메시지 ⑤를 위치 정보 산출부(140)에 전송한다.

[0194] 다른 예를 들면, 제1 인접 단말부터 제N 인접 단말과 관련되고 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대

물리량 예측값들($\hat{\mathbf{x}}_{V1,i}^{(t,k+1)}, \hat{\mathbf{x}}_{V2,i}^{(t,k+1)} \dots \hat{\mathbf{x}}_{VN,i}^{(t,k+1)}$)과 임의의 시간(t)에서 이전 반복(k)에서의 상대 물리량 보상값들($\varphi_{V1,i}^{(t,k)} \dots \varphi_{VN,i}^{(t,k)}$) 및 단말 위치 정보 $\hat{\mathbf{x}}_i^{(t,k)}$ 를 입력값으로 하고 수식 23 및 수식 24를 이용하여 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 물리량 보상값들($\varphi_{V1,i}^{(t,k+1)} \dots \varphi_{VN,i}^{(t,k+1)}$)을 산출하며, 산출된 상대 물리량 보상값들($\varphi_{V1,i}^{(t,k+1)} \dots \varphi_{VN,i}^{(t,k+1)}$)을 포함하는 메시지 ⑤를 위치 정보 산출부(140)에 전송한다.

[0195] 그 다음, 단말(210)은 단말 위치 정보 프로세서에서 메시지 ⑤가 합쳐진 메시지⑥에 기초하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 단말 위치 정보를 산출한다. 이때, 메시지⑥에는 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 보상값들($\varphi_{r1,i}^{(t,k+1)} \dots \varphi_{rM,i}^{(t,k+1)}$)과 상대 물리량 보상값들($\varphi_{V1,i}^{(t,k+1)} \dots \varphi_{VN,i}^{(t,k+1)}$)이 포함되어 있다.

[0196] 협력 측위 결과, 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 보상값 $\varphi_{j,i}^{(t,k+1)}$ 과 단말 위치 정보 $\hat{\mathbf{x}}_i^{(t,k+1)}$ 가 산출된다.

[0197] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 단말(210)과 하나 이상의 인접 단말(240, 250, 260) 간의 협력 측위를 통해 단말의 정확한 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.

[0198] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말(100)을 포함하는 이동국(310)을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역(320) 내 위치한 이동국(310)을 설명하기 위한 도면이다.

[0199] 도 3을 참조하면, 전술한 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 단말(100)은 이동국(310)에 포함되어 협력 측위 단말(100)의 위치를 측위함으로써 이동국(310)의 위치를 제공한다.

[0200] 여기서, 이동국(310)은 도 3에 도시된 바와 같이 차량일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고, 드론(Drone)이나, 항공기, 선박 등 이동 가능한 물체일 수 있다.

[0201] 이동국(310)이 이동할 때, 협력 측위 단말(100)은 이동국(310)의 주변에 있는 앵커(320)로부터 수신한 절대 위치 측정값을 중심으로 다른 이동국들(341, 342) 간의 통신을 통하여 협력 측위 단말(100)의 위치를 측위할 수 있다.

[0202] 그러나, 이동국(310)이 계속 이동하면서 터널이나 도심 지역과 같은 음영구역(330)에 진입하면, 협력 측위 단말(100)은 앵커(320)로부터 절대 위치 측정값을 수신하기 어려울 수 있다.

[0203] 이 경우, 협력 측위 단말(100)은 음영구역(330)에 진입하기 전에 수신한 절대 위치 측정값과, 하나 이상의 다른 이동국(341, 342)과의 통신을 통해 전술한 협력 측위 동작을 수행하여 협력 측위 단말(100)의 위치를 측정 가능하다.

[0204] 도 4를 참조하면, 음영구역(330)에 진입한 이동국(310)에 포함된 협력 측위 단말(100)은 음영구역(330)에 진입하기 전에 앵커(320)로부터 수신한 절대 위치 측정값을 이용하여 전술한 바에 따라 절대 위치 예측값, 절대 위치 보상값을 반복적으로 산출한다.

[0205] 그 다음, 음영구역(330)에 진입한 이동국(310)에 포함된 협력 측위 단말(100)은 다른 이동국들(341, 342)에 포함된 인접 단말과 통신을 하고, 인접 단말들로부터 인접 단말들 각각의 인접 단말 위치 정보와 이동국(330)과 다른 이동국들(341, 342) 각각에 대한 상대 물리량 측정값 등을 수신하고, 전술한 바에 따라 상대 물리량 예측값, 상대 물리량 보상값을 반복적으로 산출한다.

[0206] 음영구역(330)에 진입한 이동국(310)에 포함된 협력 측위 단말(100)은 전술한 바에 따라 현재 반복에서의 절대 위치 예측값, 절대 위치 보상값, 물리량 예측값, 상대 물리량 보상값 등을 이용하여 단말 위치 정보를 산출한다.

[0207] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 협력 측위 단말(100)을 포함하는 이동국(310)이 음영구역(330)에 진입하더라도 정확한 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.

[0208] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역과 비음영구역에서 이동국의 위치에 대한 측위 결과를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0209] 도 5를 참조하면, 협력 측위 단말(100)을 포함하는 이동국(310)과 다른 이동국(예를 들어, 341)이 서로 다른

구간들(A, B, C)를 진입하면서 이동할 때마다 산출되는 협력 측위 결과는 도 5에 도시된 바와 같이 실험적으로 나타낼 수 있다.

- [0210] A 구간은 비도시지역(Rural) 등과 같은 비음영구역을 의미하고, B 구간은 도시지역(Urban), 터널 등과 같은 음영구역을 의미하며, C 구간은 A 구간과 동일하게 비음영구역을 의미한다.
- [0211] 전술한 바에 따라 음영구역은 비음영구역에 비하여 GNSS 신호나 앵커에 의해 발생하는 위치 신호 등의 송수신이 어려운 구역을 의미한다. 그럼에도, 협력 측위 단말(100)을 포함하는 이동국(310)의 위치는 구간에 영향을 받지 않고 일정하게 측위된다. 이오 마찬가지로 협력 측위 단말(100)을 포함하는 다른 이동국의 위치도 구간에 영향을 받지 않고 일정하게 측위된다.
- [0212] 한편, 도 5에 도시된 A 구간, B 구간 및 C 구간 각각의 범위는 본 발명의 이해를 위한 것일 뿐 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0213] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역과 비음영구역에서 시간에 따른 단말 위치 정보의 오차값을 나타낸 그래프이다.
- [0214] 도 6을 참조하면, 종래의 위치 측위에 따라 산출된 단말 위치 정보의 오차값과 본 발명의 협력 측위에 따라 산출된 단말 위치 정보의 오차값을 비교한 결과를 실험적으로 나타낼 수 있다.
- [0215] 비음영구간인 A 구간과 C 구간의 경우, 본 발명에 따른 단말 위치 정보의 오차값이 종래에 따른 단말 위치 정보의 오차값이 보다 낮게 측정됨을 알 수 있다.
- [0216] 음영구간인 B구간의 경우, 본 발명에 따른 단말 위치 정보의 오차값은 매우 소폭 상승하는 반면에, 종래에 따른 단말 위치 정보의 오차값은 큰 폭으로 상승한다는 것을 알 수 있다.
- [0217] 이를 종합하면, 본 발명에 일 실시예에 따른 협력 측위 단말(100)의 협력 측위는 종래의 측위 기술보다 정확하고 안정적인 측위 결과를 제공할 수 있다.
- [0218] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 음영구역과 비음영구역에서 시간에 따른 단말 위치 정보의 오차값과 절대 위치 측정값의 오차값을 나타낸 그래프이다.
- [0219] 도 7을 참조하면, 앵커(320)에 의해 수신되는 절대 위치 측정값만을 이용하여 위치를 측위한 결과의 오차값과 본 발명의 협력 측위에 따라 생성된 단말 위치 정보의 오차값을 비교한 결과를 실험적으로 나타낼 수 있다.
- [0220] 비음영구간인 A 구간과 C 구간의 경우, 본 발명의 협력 측위에 따라 생성된 단말 위치 정보의 오차값이 절대 위치 측정값만을 이용하여 위치를 측위한 결과의 오차값보다 낮게 측정됨을 알 수 있다.
- [0221] 음영구간인 B구간의 경우, 본 발명의 협력 측위에 따라 생성된 단말 위치 정보의 오차값과 절대 위치 측정값만을 이용하여 위치를 측위한 결과의 오차값 간의 편차는 매우 크게 나타난 것을 알 수 있다.
- [0222] 이를 종합하면 발명에 일 실시예에 따른 협력 측위 단말(100)의 협력 측위는 커(320)에 의해 수신되는 절대 위치 측정값만을 이용하여 위치를 측위할 때보다 더욱 정확하다는 것을 알 수 있다.
- [0223] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 주변 환경의 영향을 최소로 받으면서 실시간으로 단말의 위치를 측위할 수 있다는 효과를 제공한다.
- [0224] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력 측위 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0225] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 단말의 위치를 협력 측위하는 협력 측위 방법에 있어서, 수신 단계(S810)와, 예측값 산출 단계(S820)와, 보상값 산출 단계(S830) 및 위치 정보 산출 단계(S840) 등을 포함할 수 있다.
- [0226] 수신 단계(S810)는 단말의 절대 위치 측정값, 하나 이상의 인접 단말의 인접 단말 위치 정보 및 단말과 인접 단말 간의 상대 물리량 측정값을 수신할 수 있다.
- [0227] 예측값 산출 단계(S820)는 절대 위치 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 산출할 수 있다.
- [0228] 구체적으로, 예측값 산출 단계(S820)는 이전 반복에서의 절대 위치 정보에 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 반영한 절대 위치 인수와, 절대 위치 측정값을 이용하여 절대 위치 예측값을 산출할 수 있다.
- [0229] 예를 들면, 예측값 산출 단계(S820)는 전술한 수식 19를 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절

대 위치 예측값을 구성하는 성분들($\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)}$ 및 $\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)}$)을 계산함으로써 절대 위치 예측값을 산출한다.

[0230] 또한, 예측값 산출 단계(S820)는 인접 단말 위치 정보와 상대 물리량 측정값에 기초하여 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값을 산출할 수 있다.

[0231] 구체적으로, 예측값 산출 단계(S820)는 이전 반복에서의 상대 물리량 정보에 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 반영한 제1 상대 물리량 인수와, 상대 물리량 측정값에 상대 물리량 파라미터 및 이전 반복에서의 상대 물리량 정보를 반영한 제2 상대 물리량 인수를 이용하여 상대 물리량 예측값을 산출할 수 있다.

[0232] 예를 들면, 예측값 산출 단계(S820)는 전술한 수식 20과 수식 21을 각각 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 예측값을 구성하는 성분들($\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)}$ 및 $\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)}$)과 도달 각도 예측값을 구성하는 성분들($\tilde{x}_{aji}^{(t,k+1)}$ 및 $\tilde{y}_{aji}^{(t,k+1)}$)을 계산함으로써 상대 거리 예측값 및 도달 각도 예측값을 각각 산출한다.

[0233] 보상값 산출 단계(S830)는 현재 반복에서의 절대 위치 예측값을 기반으로 이전 반복에서의 절대 위치 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출할 수 있다.

[0234] 구체적으로, 보상값 산출 단계(S830)는 현재 반복에서의 절대 위치 예측값과 이전 반복에서의 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고, 이전 반복에서의 절대 위치 보상값에 차이값을 합산하여 현재 반복에서의 절대 위치 보상값을 산출할 수 있다.

[0235] 예를 들면, 보상값 산출 단계(S830)는 수식 22를 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 절대 위치 보상값을 구성하는 성분들($\varphi_{x,ci}^{(t,k+1)}$ 및 $\varphi_{y,ci}^{(t,k+1)}$)을 계산함으로써 절대 위치 보상값을 산출한다.

[0236] 또한, 보상값 산출 단계(S830)는 현재 반복에서의 상대 물리량 측정값을 기반으로 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값을 갱신하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출할 수 있다.

[0237] 구체적으로, 보상값 산출 단계(S830)는 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값과 이전 반복에서의 이전 반복에서의 단말 위치 정보 간의 차이값을 계산하고, 이전 반복에서의 상대 물리량 보상값에 차이값을 합산하여 현재 반복에서의 상대 물리량 보상값을 산출할 수 있다.

[0238] 예를 들면, 보상값 산출 단계(S830)는 수식 23과 수식 24를 각각 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 상대 거리 보상값을 구성하는 성분들($\varphi_{x,dji}^{(t,k+1)}$ 및 $\varphi_{y,dji}^{(t,k+1)}$)과 도달 각도 보상값을 구성하는 성분들($\varphi_{x,aji}^{(t,k+1)}$ 및 $\varphi_{y,aji}^{(t,k+1)}$)을 계산함으로써 상대 거리 보상값 및 도달 각도 보상값을 각각 산출한다.

[0239] 위치 정보 산출 단계(S840)는 현재 반복에서의 절대 위치 예측값에 절대 위치 보상값을 반영한 제1 결과값을 생성할 수 있다.

[0240] 예를 들면, 제1 결과값은 수식 25에서 $\left(\tilde{x}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,ci}^{(t,k+1)}\right)$ 및 $\left(\tilde{y}_{ci}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,ci}^{(t,k+1)}\right)$ 를 의미한다.

[0241] 또한, 위치 정보 산출 단계(S840)는 현재 반복에서의 상대 물리량 예측값에 상대 물리량 보상값을 반영한 제2 결과값을 생성할 수 있다.

[0242] 예를 들면, 제2 결과값은 수식 25에서 $\sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{x}_{dji}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,dji}^{(t,k+1)}\right) + \sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{x}_{aji}^{(t,k+1)} + \varphi_{x,aji}^{(t,k+1)}\right)$ 및 $\sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{y}_{dji}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,dji}^{(t,k+1)}\right) + \sum_{j=1}^{j=J} \left(\tilde{y}_{aji}^{(t,k+1)} + \varphi_{y,aji}^{(t,k+1)}\right)$ 를 의미한다.

[0243] 제1 결과값과 제2 결과값이 생성되면, 위치 정보 산출 단계(S840)는 제1 결과값과 제2 결과값을 기반으로 단말의 단말 위치 정보를 갱신하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출할 수 있다.

[0244] 구체적으로, 위치 정보 산출 단계(S840)는 제1 결과값, 제2 결과값 및 이전 반복에서의 단말 위치 정보 간의 평균값을 계산하여 현재 반복에서의 단말 위치 정보를 산출할 수 있다.

[0245] 예를 들면, 위치 정보 산출 단계(S840)는 수식 25를 이용하여 임의의 시간(t)에서 현재 반복(k+1)에서의 단말

위치 정보를 구성하는 성분들($\hat{x}_i^{(r,k+1)}$ 및 $\hat{y}_i^{(r,k+1)}$)을 계산함으로써 단말 위치 정보를 산출한다.

[0246] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 협력 측위를 통해 단말의 정확한 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.

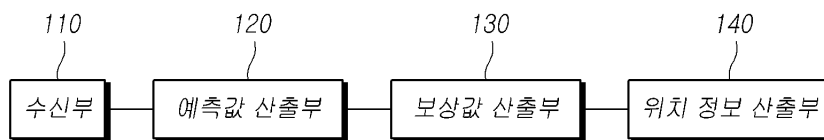
[0247] 또한, 본 발명은 신호를 수신하는데 장애가 되는 음영구역에 진입하더라도 정확한 위치를 측위할 수 있는 효과를 제공한다.

[0248] 이상에서, 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성 요소들이 하나로 결합되거나 결합되어 동작하는 것으로 설명되었다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성 요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

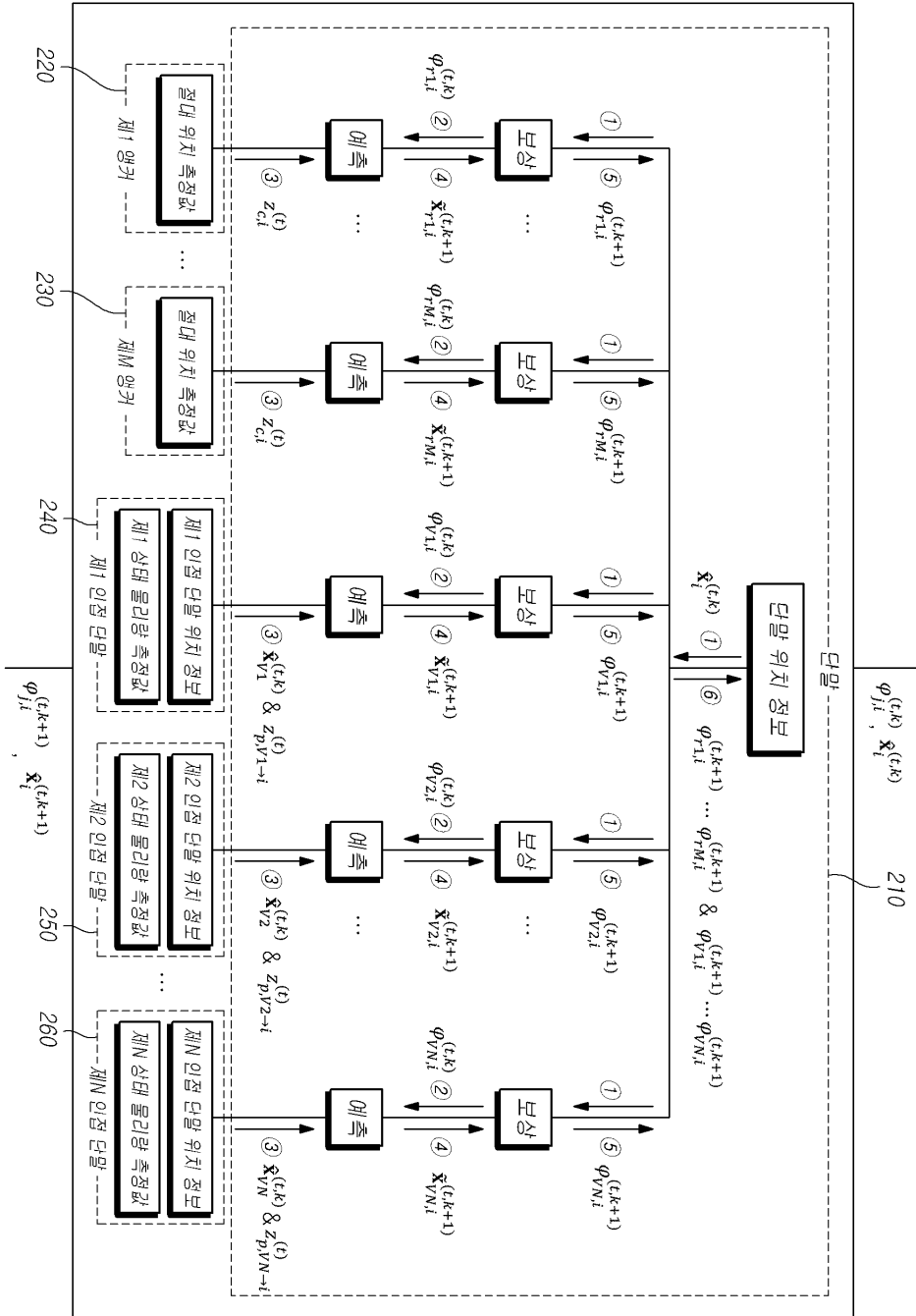
도면

도면1

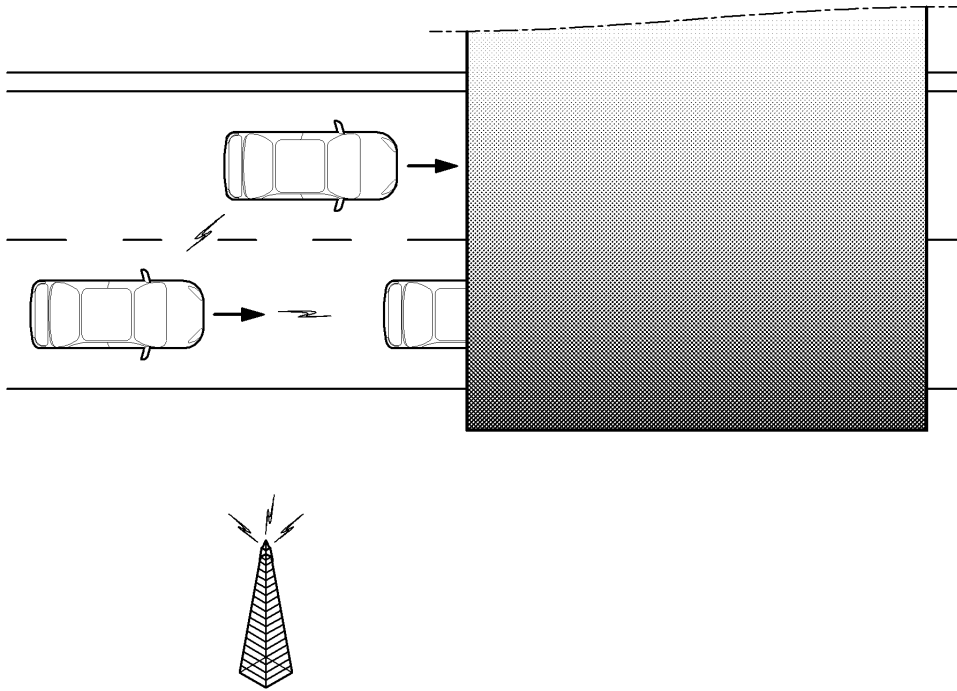
100



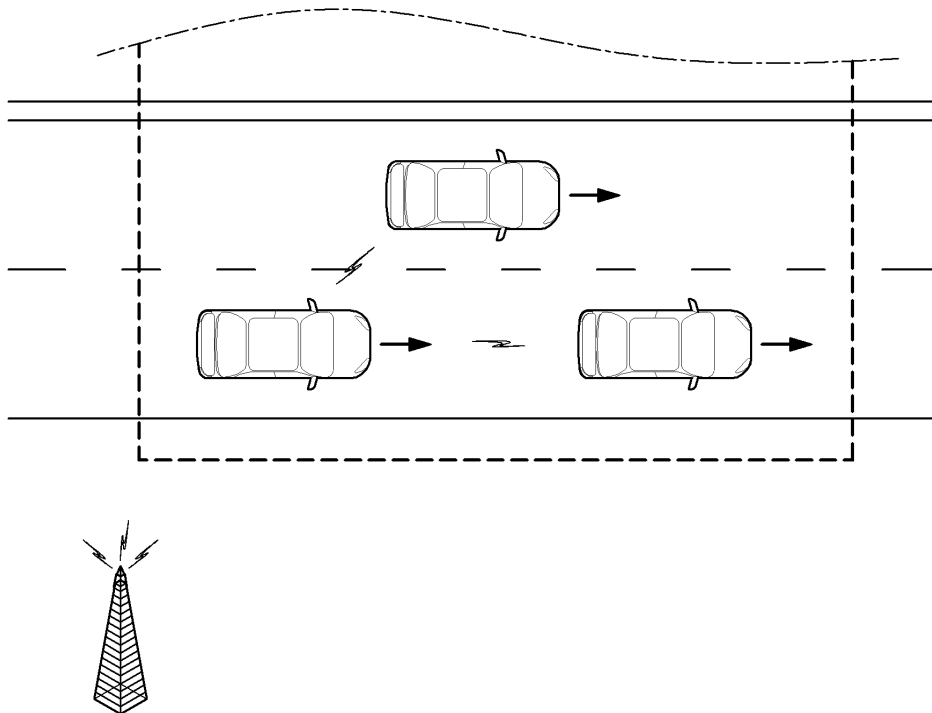
도면2



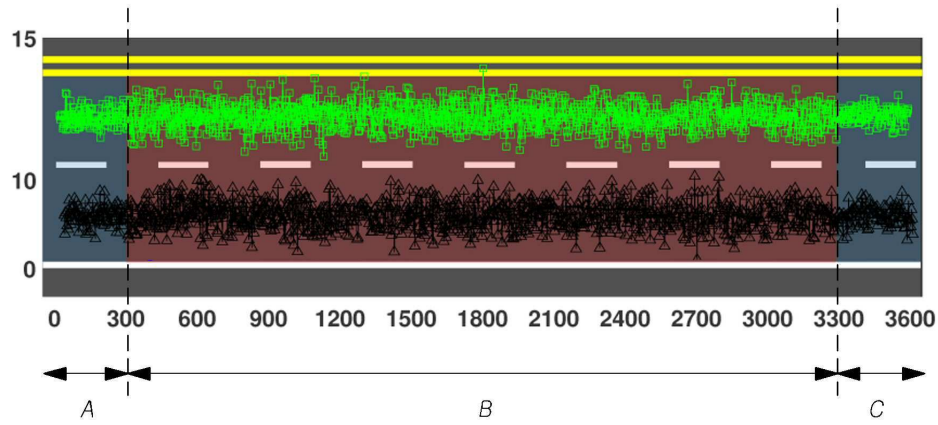
도면3



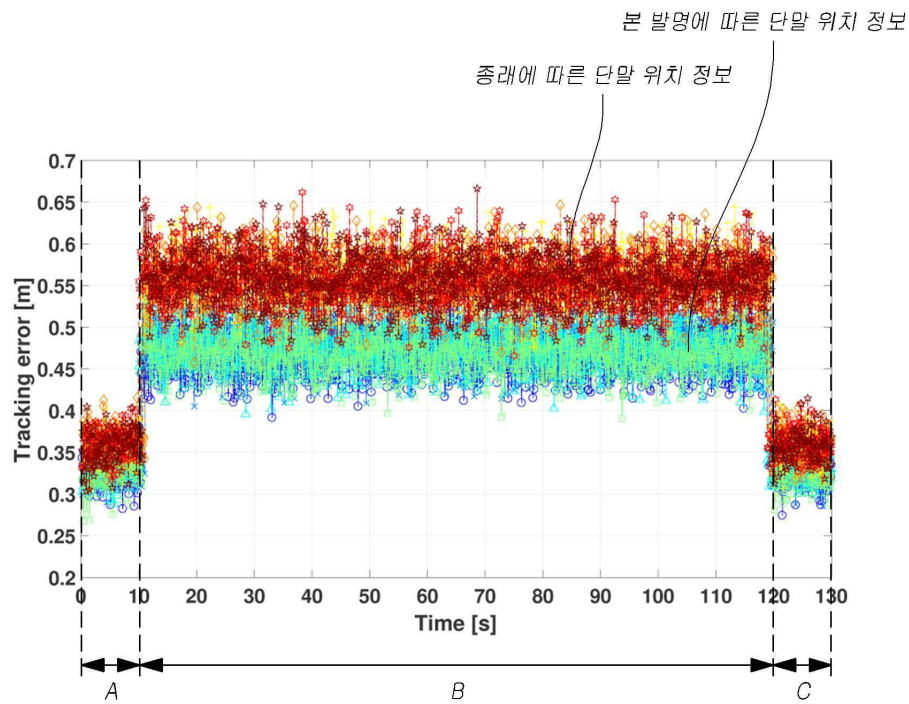
도면4



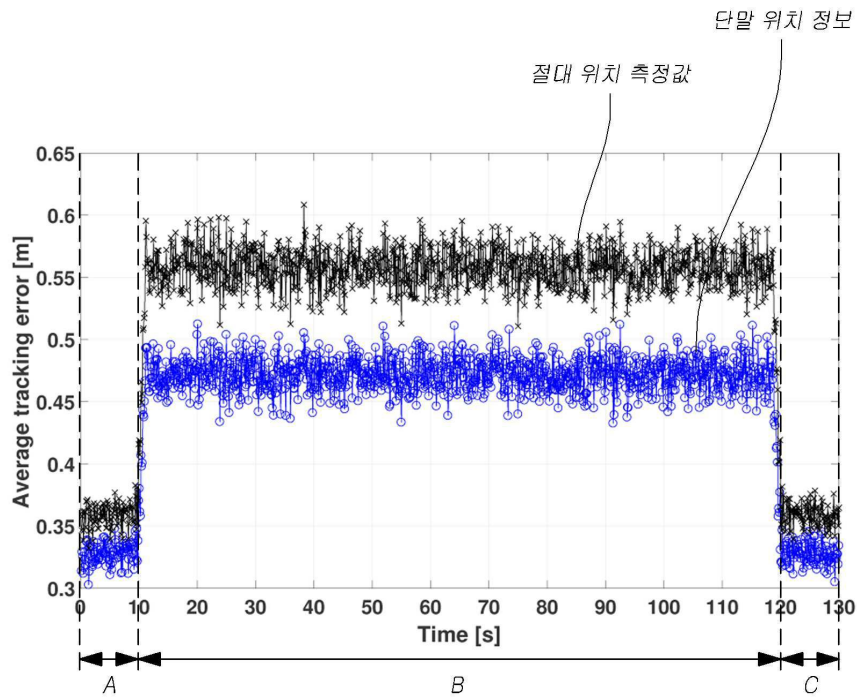
도면5



도면6



도면7



도면8

