(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0015319
(43) 공개일자 2022년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/931 (2020.01) *G01S 13/00* (2006.01)
G01S 5/02 (2010.01) *H04W 4/46* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01S 13/931 (2013.01)
G01S 13/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0088203
(22) 출원일자 2021년07월06일
심사청구일자 2021년07월06일
(30) 우선권주장
1020200095287 2020년07월30일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이상현
서울특별시 동대문구 답십리로56길 105, 104동 1302호(답십리동, 답십리파크자이)
김홍기
경기도 광주시 오포읍 신현로 65-24, 205동 1301호(현대모닝사이드1차아파트)
최승일
서울특별시 성북구 북악산로 913, 102동 901호(돈암동, 풍림아파트)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최관락

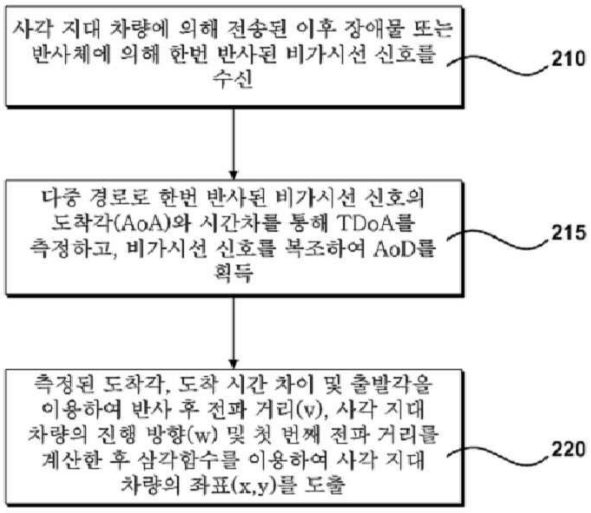
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법 및 그 장치가 개시된다. 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법은 (a) 사각 지대 차량에 의해 송신된 이후 제p 경로를 통해 한번 반사된 비가시선 신호를 수신하는 단계-상기 비가시선 신호는 출발각(AoD: angle of departure) 정보를 포함함; (b) 제p 경로를 통해 상기 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA: angle-of-arrival)과 도착 시간(ToA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및 (c) 상기 도착각(AoA), 상기 도착시간(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01S 5/0205 (2020.05)
H04W 4/46 (2020.05)
G01S 2013/9315 (2020.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711103168
과제번호 2016-0-00208-005
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 방송통신산업기술개발(R&D)
연구과제명 (창조씨앗-2단계) 차세대 5G V2X 서비스 실현을 위한 정밀 측위탐색 연계 고효율 다중안테나 정보전송 및 네트워크 기술 연구
기 여 율 1/1
과제수행기관명 연세대학교 산학협력단
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 사각 지대 차량에 의해 송신된 이후 제p 경로를 통해 한번 반사된 비가시선 신호를 수신하는 단계-상기 비가시선 신호는 출발각(AoD: angle of departure) 정보를 포함함;

(b) 제p 경로를 통해 상기 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA: angle-of-arrival)과 도착 시간(ToA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및

(c) 상기 도착각(AoA), 상기 도착시간(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

(c1) 상기 도착각(AoA)와 상기 도착 시간(ToA)를 이용하여 도착 시간 차이(TDoA)를 계산하는 단계;

(c2) 상기 도착각(AoA), 상기 출발각(AoD) 및 상기 도착 시간 차이(TDoA)를 파라미터로 포함하며 반사 후 전파 거리, 상기 첫번째 전파 거리(d) 및 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w)를 변수로 갖는 연립방정식을 생성하는 단계; 및

(c3) ADMM(alternating direction method of multiplier) 기법을 기반으로 상기 연립방정식을 풀어 반사 후 전파 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d)를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 연립방정식에 황금분할탐색법을 적용하여 사각 지대 차량의 진행 방향을 도출하는 단계를 더 포함하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 (c3) 단계는,

상기 연립방정식은 하기 분산 유도식을 이용하여 상기 반사 후 전파 거리와 상기 첫번째 전파 거리를 도출하는 것을 특징으로 하는 사각 지대 차량 측위 방법.

$$\mathbf{z}^{t+1} = mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta}) - \bar{\beta}$$

여기서, t는 인덱스를 나타내며, $\mathbf{z} = (\mathbf{v}, \mathbf{d}_1)^T, \mathbf{v} = \mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \ldots, \mathbf{v}_N$ 이되, 상기 v는 반사후 전파 거리를 나타내고, N은 비가시선 신호 인덱스를 나타내고, $\mathbf{d}_1$는 첫번째 전파 거리를 나타내고, $\bar{\beta} = \beta - \beta^+$ 이고,

$\beta^{+} = \frac{a}{\mathrm{D}}\left(-a_1\rho_{a_1} + a_{\mathrm{n}}\rho_{a_{\mathrm{n}}} - a_{1,\mathrm{n}}\rho_{a_{1,\mathrm{n}}} + b_{\mathrm{n}}\right)$ 이며,

$\rho_m = (mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta}) - \beta)^*$ 는 직전 반복에서 도출된 값을 나타내고,

$D = a_1^2 + a_n^2 + a_{1,n}^2 + k/2$ 를 나타내고, mean()은 평균값 함수를 나타내고, z가 v_1일 경우,

$a = a_1$ 이며, z가 v_{n} 인 경우, $a = -a_{\mathrm{n}}$ 이고, z가 $\mathrm{d}_1 + \beta$ 일 경우, $a = a_{1,\mathrm{n}}$이고,

$D = a_1^2 + a_n^2 + a_{1,n}^2 + k/2$ 는 조절 변수로 추정 가능한 사각지대 차량(HV)의 있을 수 있는 최대 거리로 설정되며, D는 변수의 계수를 정규화한 결과값을 나타냄.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 연립방정식은 적어도 4개의 제p 경로를 통해 반사된 비가시선 신호를 이용하여 생성되는 것을 특징으로 하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5 항 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드를 기록한 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

청구항 7

사각 지대 차량에 의해 송신된 이후 제p 경로를 통해 한번 반사된 비가시선 신호를 수신하는 통신부- 상기 비가시선 신호는 출발각(AoD: angle of departure) 정보를 포함함;

적어도 하나의 명령어를 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 명령어를 실행하는 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서에 의해 실행된 명령어는,

제p 경로를 통해 상기 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA: angle-of-arrival)과 도착 시간(ToA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및

상기 도착각(AoA), 상기 도착시간(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 자율 주행의 프로세스 중 첫 번째 과정은 주변 차량 위치 파악이다. 즉, 주위 차량의 크기와 경로를 파악해야

한다. 이러한 정보들은 컴퓨터로 입력되어 자동 항법 시스템, 사고 회피 시스템, 배터리 제어 시스템에 반영된다. 주변 차량의 위치를 파악하는 알고리즘은 여러 종류가 있으나, 각각 단점을 가지고 있다.

[0004] 편리한 방식 중 하나는 절대 위치를 주변 차량들과 통신하며 보내는 방식이다. 이 방식은 GPS 정보를 수신하기 때문에 큰 지연 속도를 가지는 단점이 있다. 다른 방식은 LIDAR 또는 RADAR로 차량의 위치를 파악하는 방식이다. 이러한 LIDAR 또는 RADAR로 차량의 위치를 파악하는 방식은 장애물이 있는 경우 장애물에 의해 가려진 보이지 않는 차량을 탐색할 수 없는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명은 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량의 상대적 위치 및 진행 방향을 예측할 수 있는 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법이 제공된다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, (a) 사각 지대 차량에 의해 송신된 이후 제p 경로를 통해 한번 반사된 비가시선 신호를 수신하는 단계-상기 비가시선 신호는 출발각(AoD: angle of departure) 정보를 포함함; (b) 제p 경로를 통해 상기 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA: angle-of-arrival)과 도착 시간(ToA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및 (c) 상기 도착각(AoA), 상기 도착 시간(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 방법이 제공될 수 있다.

[0011] 상기 (c) 단계는, (c1) 상기 도착각(AoA)와 상기 도착 시간(ToA)를 이용하여 도착 시간 차이(TDoA)를 계산하는 단계; (c2) 상기 도착각(AoA), 상기 출발각(AoD) 및 상기 도착 시간 차이(TDoA)를 파라미터로 포함하며 반사 후 전파 거리, 상기 첫번째 전파 거리(d) 및 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w)를 변수로 갖는 연립방정식을 생성하는 단계; 및 (c3) ADMM(alternating direction method of multiplier) 기법을 기반으로 상기 연립방정식을 풀어 반사 후 전파 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d)를 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 연립방정식에 황금분할탐색법을 적용하여 사각 지대 차량의 진행 방향을 도출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 (c3) 단계는, 상기 연립방정식은 하기 분산 유도식을 이용하여 상기 반사 후 전파 거리와 상기 첫번째 전파 거리를 도출하되, 것을 특징으로 하는 사각 지대 차량 측위 방법.

[0014] $$z^{t+1} = mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta}) - \bar{\beta}$$

[0015] 여기서, t는 인덱스를 나타내며, $\mathbf{z} = (\mathbf{v}, \mathbf{d}_1)^T, \mathbf{v} = \mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \ldots, \mathbf{v}_N$ 이되, 상기 v는 반사후 전파 거리를 나타내고, $\mathbf{d}_1$는 첫번째 전파 거리를 나타내고, $\bar{\beta} = \beta - \beta^+$이고, $\beta^+ = \frac{a}{D}(-a_1\rho_{a_1} + a_n\rho_{a_n} - a_{1,n}\rho_{a_{1,n}} + b_n)$이며, $\rho_m = (mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta}) - \beta)^*$는 직전 반복에서 도출된 값을 나타내고, $D = a_1^2 + a_n^2 + a_{1,n}^2 + k/2$를 나타낸다.

[0016] 상기 연립방정식은 적어도 4개의 제p 경로를 통해 반사된 비가시선 신호를 이용하여 생성될 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 장치가 제공된다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 사각 지대 차량에 의해 송신된 이후 제p 경로를 통해 한번 반사된 비가시선 신호를 수신하는 통신부- 상기 비가시선 신호는 출발각(AoD: angle of departure) 정보를 포함함; 적어도 하나의 명령어를 저장하는 메모리; 및 상기 메모리에 저장된 명령어를 실행하는 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서에 의해 실행된 명령어는, 제p 경로를 통해 상기 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA: angle-of-arrival)과 도착 시간(ToA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및 상기 도착각(AoA), 상기 도착시간(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 장치가 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법 및 그 장치를 제공함으로써, 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량의 상대적 위치 및 진행 방향을 예측할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 V2V 채널 특성을 고려한 비가시선(NLoS: Non-line-of-sight) 신호의 전파 경로를 설명하기 위해 도시한 도면.

도 2를 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량의 측위 방법을 나타낸 순서도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 factor graph를 예시한 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 황금분할탐색법을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 ADMM 반복 횟수에 따른 평균 제곱 오차를 나타낸 도면.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 진행 방향에 따른 평균 제곱 오차를 나타낸 도면.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 측위 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 블록도.

도 8에는 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법에 대한 의사 코드를 예시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0025] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 V2V 채널 특성을 고려한 비가시선(NLoS: Non-line-of-sight) 신호의 전파 경로를 설명하기 위해 도시한 도면이다.

[0028] 이하에서 측정 차량(SV: sensing vehicle)은 비가시선 채널 환경에서 다중 경로를 통해 한번 반사된 신호(비가시선 신호)를 수신하며, 이를 이용하여 삼각 측량법에 기반하여 사각 지대 차량(HV: hidden vehicle)의 상대적

위치와 진행 방향을 예측하는 장치이다.

[0029] 또한, 사각 지대 차량은 출발각(AoD: angle of departure) 정보를 포함하는 비가시선 신호를 송신할 수 있다.

[0030] 사각 지대 차량이 출발각(AoD) 정보를 포함하는 비가시선 신호를 송신하면, 해당 비가시선 신호는 장애물에 의해 반사된 후 측정 차량(SV)에서 수신할 수 있다.

[0031] 즉, 측정 차량(SV)는 다중 경로를 통해 한번 반사된 신호를 수신하는 것을 가정하기로 한다. 이때, 측정 차량(SV)는 다중 경로를 통해 수신된 반사된 신호(즉, 비가시선 신호)를 복조하여 AoD를 획득할 수 있다. 측정 차량(SV)과 사각 지대 차량(HV) 사이의 비가시선 채널은 산란되는 지점들로부터 반사되어 오는 여러 경로를 가지고 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에서는 비가시선 신호들이 한번의 반사만을 통해 전파되는 것을 가정하기로 한다. 이러한 Single-Bounce Scattering 가정을 기반으로 직교 좌표계에 전파 경로를 나타내면 도 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0033] 도 1을 참조하여, 측정 차량(SV)을 원점에 배치하고, 측정 차량(SV)의 진행 방향을 x축이라고 가정하기로 한다. 사각 지대 차량(HV)이 출발각(AoD) 정보를 포함하는 밀리미터파를 전방위로 송신하면 측정 차량(SV)이 한번 반사된 밀리미터파를 수신할 수 있다. 측정 차량(SV)를 다중 경로로 한번 반사된 밀리미터파의 도착각(AoA: angle of arrival)와 시간차를 통해 도착 시간 차이(TDoA: time difference of arrival)를 측정하고, 밀리미터파 복조를 통해 AoD를 획득한다. 따라서, 측정 차량(SV)는 한번 반사된 밀리미터파(즉, 비가시선 신호)를 통해 AoD, AoA, TDoA를 측정하고, 이를 통해 반사 후 전파 거리(v), 사각 지대 차량의 진행 방향(w), 첫번째 전파 거리(d1)을 구한 후 삼각함수를 통해 사각 지대 차량(HV)의 x,y 좌표를 도출할 수 있다.

[0034] 이하, 도 2를 참조하여 사각 지대 차량의 측위 방법에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0036] 도 2를 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량의 측위 방법을 나타낸 순서도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 factor graph를 예시한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 황금분할탐색법을 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 ADMM 반복 횟수에 따른 평균 제곱 오차를 나타낸 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 진행 방향에 따른 평균 제곱 오차를 나타낸 도면이다.

[0037] 단계 210에서 측정 차량(110)은 사각 지대 차량(120)에 의해 전송된 이후 장애물 또는 반사체에 의해 한번 반사된 비가시선 신호를 수신한다. 여기서, 비가시선 신호는 출발각(AoD) 정보를 포함하는 것을 가정하기로 한다. 즉, 사각 지대 차량(SV)은 출발각 정보(AoD) 정보를 포함하는 비가시선 신호를 송신할 수 있다. 이에 따라, 비가시선 신호는 장애물 또는 반사체를 통해 한번 반사되어 다중 경로를 통해 측정 차량(110)으로 수신될 수 있다.

[0038] 단계 215에서 측정 차량(110)은 다중 경로로 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA(θ))와 시간차를 통해 TDoA(ρ)를 측정하고, 비가시선 신호를 복조하여 AoD(φ)를 획득한다.

[0039] 단계 220에서 측정 차량(110)은 측정된 도착각(θ), 도착 시간 차이(ρ) 및 출발각(φ)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫 번째 전파 거리를 계산한 후 삼각함수를 이용하여 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출한다.

[0040] 이하에서는 이에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0041] 사각 지대 차량의 좌표(x,y)와 진행 방향(w)의 관계는 도 1에서 설명한 바와 같은 변수를 통해 수학식 1 및 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0042]
$$x = v_p \cos(\theta_p) - (d_p - v_p)\cos(\phi_p + w)$$

수학식 2

[0043]
$$y = v_p \sin(\theta_p) - (d_p - v_p)\sin(\phi_p + w)$$

[0044] 수학식 1과 수학식 2는 비번째 경로를 통해 획득한 한번 반사된 비가시선 신호를 통해서 이미 획득한 변수 $\theta_p, \phi_p, \lambda_p$ 와 구해야 하는 변수(w)를 이용한 측위식이다.

[0045] 다중 경로에 의해 한번 반사된 비가시선 신호가 수신되므로, 수학식 3 및 수학식 4와 같은 식이 만족된다.

수학식 3

[0046]
$$\begin{aligned} x_p &= v_p \cos(\theta_p) - (d_p - v_p)\cos(\phi_p + w) \\ &= v_1 \cos(\theta_1) - (d_1 - v_1)\cos(\phi_1 + w) \end{aligned}$$

수학식 4

[0047]
$$\begin{aligned} y_p &= v_p \sin(\theta_p) - (d_p - v_p)\sin(\phi_p + w) \\ &= v_1 \sin(\theta_1) - (d_p - v_1)\sin(\phi_1 + w) \end{aligned}$$

[0048] 수학식 3 및 수학식 4는 다중 경로에서 p번째 반사된 신호에 의한 사각 지대 차량의 x,y 좌표와 첫번째 반사된 신호에 의한 사각 지대 차량의 x,y 좌표가 서로 같음을 이용하여 수학식 1 및 수학식 2를 다시 정리한 측위식이다.

[0049] 여기서, (x_p, y_p) 는 p번째 반사된 신호에 의해 측정된 변수로 구해지는 (x,y) 좌표를 나타낸다. 총 N개의 p 경로가 있을 때, 2(N-1)개의 측위식이 존재하며, 유일한 좌표를 구하기 위해서는 모르는 변수가 2(N-1)개여야 한다. 수학식 3 및 수학식 4에서 모르는 변수는 $\{d_p\}, \{v_p\}$ 와 w 이므로, 총 2(N+1)개의 변수를 모른다. 모르는 변수의 숫자를 줄이기 위해, 도착 시간 차이(TDoA: time difference of arrival)

$\rho_p = \lambda_p - \lambda_1$ 을 이용하기로 한다.

[0050] 여기서, λ_p 는 p경로로 반사된 신호의 도착 시간(ToA)이고, λ_1 는 첫번째 반사된 신호의 도착 시간을 나타낸다.

[0051] 이를 정리하면 수학식 5와 같이 정리될 수 있다.

수학식 5

[0052] $$d_p - d_1 = c(\lambda_p - \lambda_1) = c\rho_p$$

[0053] 수학식 5를 다시 정리하면 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0054] $$d_p = d_1 + c\rho_p$$

[0055] 따라서, d_1 만 알면 TDoA를 통해서 $\{d_2, d_3, \cdots, d_N\}$ 의 값을 알 수 있다. 이로써 2N+1개의 모르는 변수가 N+2개로 줄어 들었다.

[0056] 연립방정식의 유일한 해가 존재하기 위해서는 $2(\mathrm{N}\text{-}1) \geq \mathrm{N}+2$ 을 만족하면 된다. 따라서, $\mathrm{N} \geq 4$ 이면 유일한 해가 존재하게 된다. 따라서, 4개 이상의 비가시선 신호 경로가 존재하면 사각 지대 차량의 위치와 진행 방향을 알 수 있다.

[0057] 이러한 사각 지대 차량의 좌표 연립방정식을 행렬화하면, 다음과 같다. 본 발명의 일 실시예에서는 신호대잡음비(SNR: signal to noise ratio)가 매우 높아 노이즈를 무시할 수 있는 상황인 것을 고려하기로 한다.

[0058] 진행 방향(w)는 $\cos(\phi_p + w)$ 또는 $\sin(\phi_p + w)$ 과 같이 비선형적이다. 따라서, 추측 $w(w^*)$ 를 이용하여 추측 $p(p^*)$ 를 구한뒤 이를 이용해 다시 w^* 를 추측하기로 한다.

[0059] 이를 이용하여 행렬을 만들면 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

[0060] $$A(w)z = B(w),$$

[0061] 여기서, $z=(v,d_1)^T$ 이고, $v=v_1,v_2,\ldots,v_N$ 이다.

[0062] 또한, $A(w)=\begin{bmatrix}A^{(\cos)}(w)\\A^{(\sin)}(w)\end{bmatrix}$ 이고, $A^{(\cos)}(w)=\begin{bmatrix}a_1^{(\cos)} & -a_2^{(\cos)} & 0 & \cdots & 0 & a_{1,2}^{(\cos)}\\ a_1^{(\cos)} & 0 & -a_3^{(\cos)} & \cdots & 0 & a_{1,3}^{(\cos)}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots\\ a_1^{(\cos)} & 0 & 0 & \cdots & -a_N^{(\cos)} & a_{1,N}^{(\cos)}\end{bmatrix}$ 이며, $A^{(\sin)}(w)=\begin{bmatrix}a_1^{(\sin)} & -a_2^{(\sin)} & 0 & \cdots & 0 & a_{1,2}^{(\sin)}\\ a_1^{(\sin)} & 0 & -a_3^{(\sin)} & \cdots & 0 & a_{1,3}^{(\sin)}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots\\ a_1^{(\sin)} & 0 & 0 & \cdots & -a_N^{(\sin)} & a_{1,N}^{(\sin)}\end{bmatrix}$ 이다.

[0063] 여기서, 각 행렬 성분은 다음과 같다.

[0064] $a_p^{(\cos)}=\cos(\theta_p)+\cos(\theta_p+w)$, $a_p^{(\sin)}=\sin(\theta_p)+\sin(\theta_p+w)$,

$a_{1,p}^{(\cos)}=\cos(\phi_p+w)-\cos(\phi_1+w)$, $a_{1,p}^{(\sin)}=\sin(\phi_p+w)-\sin(\phi_1+w)$.

[0065] 또한, $B(w)=\begin{bmatrix}B^{(\cos)}(w)\\B^{(\sin)}(w)\end{bmatrix}$ 이며, $B^{(\cos)}(w)=(b_2^{(\cos)},b_3^{(\cos)},\ldots,b_p^{(\cos)})^T$, $B^{(\sin)}(w)=(b_2^{(\sin)},b_3^{(\sin)},\ldots,b_p^{(\sin)})^T$ 이고, 각각의 행렬의 성분은 다음과 같다.

[0066] $b_p^{(\cos)}=c\rho_p\cos(\phi_p+w)$, $b_p^{(\sin)}=c\rho_p\sin(\phi_p+w)$

[0067] z 가 해일 경우 $|A(w)z-B(w)|^2=0$ 을 만족하게 된다. 따라서, 0에 가까울수록 z 가 참값과 가깝다.

[0068] 이를 다시 정리하면 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0069] $$z=\arg\min_z|A(w)z-B(w)|^2$$

[0070] $m=l$ 를 만족하는 $f(m)+g(l)$ 의 최솟값을 찾기 위해 라그랑지언(Lagrangian)을 이용하기로 한다.

수학식 9

[0071] $$L(m,n,l) = f(m) + g(l) + n(m-l)$$

[0072] $f(m)$과 $g(l)$이 볼록함수임이 보장되면 페널티 항을 넣어 볼록함수를 더 강력히 보장하도록 한다.

수학식 10

[0073] $$L(m,n,l) = f(m) + g(l) + n(m-l) + (k/2)(m-l)^2$$

[0074] 여기서, k는 조절 상수이다. 쌍대성을 이용하여 변수를 줄이면 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

[0075] $$\max q(n) = \arg\min_{m,l} L(m,n,l)$$

[0076] 수학식 11을 반복식으로 나타내면, 수학식 12와 같다.

수학식 12

[0077] $$(m^{t+1}, l^{t+1}) = \arg\min_{m,l} L(m,n^t,l)$$

수학식 13

[0078] $$n^{t+1} = n^t + \alpha\frac{\partial q}{\partial n} = n^t + \alpha(m^{t+1} - l^{t+1})$$

[0079] $\alpha = k, u = n/k$라 하고, 수학의 복잡함을 피하기 위해 식을 세계로 나타내면, 수학식 14 내지 수학식 16과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 14

[0080] $$m^{t+1} = \arg\min_{m} [f(m) + (k/2)(m - l^t + u^t)^2]$$

수학식 15

[0081] $$u^{t+1} = u^t + m^{t+1} - l^t$$

수학식 16

[0082] $$l^{t+1} = \arg\min_{l}[g(l) + (k/2)(l - m^{t+1} - u^{t+1})^2]$$

[0083] $A(w)z - B(w)$ 의 성분을 함수로 묶으면 수학식 17과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

[0084] $$A(w)z - B(w) = \begin{bmatrix} a_1^{(\cos)} v_1 - a_2^{(\cos)} v_2 + a_{1,2}^{(\cos)} d_1 - b_2^{(\cos)} \\ a_1^{(\cos)} v_1 - a_3^{(\cos)} v_3 + a_{1,3}^{(\cos)} d_1 - b_3^{(\cos)} \\ \vdots \\ a_1^{(\cos)} v_1 - a_N^{(\cos)} v_N + a_{1,N}^{(\cos)} d_1 - b_N^{(\cos)} \\ \\ a_1^{(\sin)} v_1 - a_2^{(\sin)} v_2 + a_{1,2}^{(\sin)} d_1 - b_2^{(\sin)} \\ a_1^{(\sin)} v_1 - a_3^{(\sin)} v_3 + a_{1,3}^{(\sin)} d_1 - b_3^{(\sin)} \\ \vdots \\ a_1^{(\sin)} v_1 - a_N^{(\sin)} v_N + a_{1,N}^{(\sin)} d_1 - b_N^{(\sin)} \end{bmatrix}$$

[0085] 수학식 17은 수학식 18과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 18

[0086]
$$\begin{bmatrix} h_2^{(\cos)}(v_1, v_2, d_1) \\ h_3^{(\cos)}(v_1, v_3, d_1) \\ \vdots \\ h_N^{(\cos)}(v_1, v_N, d_1) \\ \\ h_2^{(\sin)}(v_1, v_2, d_1) \\ h_3^{(\sin)}(v_1, v_3, d_1) \\ \vdots \\ h_N^{(\sin)}(v_1, v_N, d_1) \end{bmatrix} \triangleq \begin{bmatrix} a_1^{(\cos)} v_1 - a_2^{(\cos)} v_2 + a_{1,2}^{(\cos)} d_1 - b_2^{(\cos)} \\ a_1^{(\cos)} v_1 - a_3^{(\cos)} v_3 + a_{1,3}^{(\cos)} d_1 - b_3^{(\cos)} \\ \vdots \\ a_1^{(\cos)} v_1 - a_N^{(\cos)} v_N + a_{1,N}^{(\cos)} d_1 - b_N^{(\cos)} \\ \\ a_1^{(\sin)} v_1 - a_2^{(\sin)} v_2 + a_{1,2}^{(\sin)} d_1 - b_2^{(\sin)} \\ a_1^{(\sin)} v_1 - a_3^{(\sin)} v_3 + a_{1,3}^{(\sin)} d_1 - b_3^{(\sin)} \\ \vdots \\ a_1^{(\sin)} v_1 - a_N^{(\sin)} v_N + a_{1,N}^{(\sin)} d_1 - b_N^{(\sin)} \end{bmatrix}$$

[0087] $|\mathbf{A}(\mathrm{w})\mathbf{z} - \mathbf{B}(\mathrm{w})|^2$ 의 최솟값을 구하기 위해 $f(m)$ 과 z 와의 관계를 나타내는 factor graph를 구성하면 도 3과 같다.

[0088] $f(m)$ 을 $h_p(v_1, v_p, d_1)$ 라 하고, $g(l) = 0$ 이라 가정하기로 한다. 수학식 14의 답을 만족하기 위해서는 수학식 19 내지 수학식 21이 동시에 만족하면 된다.

수학식 19

[0089]
$$\frac{\partial h_p(v_1, v_p, d_1) + k/2\{(v_1 - l + u)^2 + (v_p - l + u)^2 + (d_1 - l + u)^2\}}{\partial v_1} = 0$$

수학식 20

[0090]
$$\frac{\partial h_p(v_1, v_p, d_1) + k/2\{(v_1 - l + u)^2 + (v_p - l + u)^2 + (d_1 - l + u)^2\}}{\partial v_p} = 0.$$

수학식 21

[0091]
$$\frac{\partial h_p(v_1, v_p, d_1) + k/2\{(v_1 - l + u)^2 + (v_p - l + u)^2 + (d_1 - l + u)^2\}}{\partial d_1} = 0$$

[0092] 수학식 19 내지 수학식 21을 전개하면 수학식 22 내지 수학식 24와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 22

[0093] $$2a_1(a_1v_1 - a_pv_p + a_{(1,p)}d_1 - b_p) + k(v_1 - z + u) = 0$$

수학식 23

[0094] $$-2a_p(a_1v_1 - a_pv_p + a_{(1,p)}d_1 - b_p) + k(v_p - z + u) = 0$$

수학식 24

[0095] $$2a_{(1,p)}(a_1v_1 - a_pv_p + a_{(1,p)}d_1 - b_p) + k(d_1 - z + u) = 0$$

[0096] 수학식 22 내지 수학식 24를 행렬로 만들면 수학식 25와 같다.

수학식 25

[0097] $$\mathbf{Cr} = \mathbf{D}$$

[0098] 여기서, C는 수학식 26과 같다.

수학식 26

[0099] $$\begin{bmatrix} 2a_1^2 + k & -2a_1a_p & 2a_pa_{(1,p)} \\ -2a_1a_p & 2a_p^2 + k & -2a_pa_{(1,p)} \\ 2a_1a_{(1,p)} & -2a_pa_{(1,p)} & 2a_{(1,p)}^2 + k \end{bmatrix}$$

[0100] 또한, r은 수학식 27과 같다.

수학식 27

[0101] $$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_p \\ d_1 \end{bmatrix}$$

[0102] 또한, D는 수학식 28과 같다.

수학식 28

[0103]
$$\begin{bmatrix} 2a_1b_p + k(l_{p,1} - u_{p,1}) \\ -a_pb_p + k(l_{p,p} - u_{p,p}) \\ 2a_{(1,p)}b_p + k(l_{p,N+1} - u_{p,N+1}) \end{bmatrix}$$

[0104] C의 역함수를 통해서 v_1, v_p, d_1를 구하면, 그 값이 수학식 14의 결과값이다. 수학식 15는 동일하고, 수학식 16은 $g(l) = 0$이므로, 2차함수의 최솟값 $l = m^{t+1} + u^{t+1}$일 때 수학식 16은 최소가 된다.

[0105] 수학식 14 내지 수학식 16을 한줄로 바꾸면 수학식 29와 같다.

수학식 29

[0106]
$$\mathrm{z}^{t+1} = mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta}) - \bar{\beta}$$

[0107] 여기서, $\bar{\beta} = \beta - \beta^+,\ \beta^+ = \frac{a}{\mathrm{D}}\left(-a_1\rho_{a_1} + a_n\rho_{a_n} - a_{1,n}\rho_{a_{1,n}} + b_n\right)$이고, $\rho_m = (mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta}) - \beta)^*$이며, $D = a_1^2 + a_n^2 + a_{1,n}^2 + k/2$이다.

[0108] 만일 z가 v_1일 경우, $a = a_1$이며, $mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta})$는 모든 행에서 구해진 $\mathrm{v}_1 + \beta$의 평균값이다. 그러나 만일 z가 v_n인 경우, $a = -a_n$이고, $mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta})$는 a_n을 변수로 갖는 두 개의 행의 $a_n + \beta$의 평균값이다. 또한, z가 $\mathrm{d}_1 + \beta$일 경우, $a = a_{1,n}$이고, $mean(\mathbf{z}^t + \boldsymbol{\beta})$는 모든 행에서 구해진 $\mathrm{d}_1 + \beta$의 평균값이다. 또한, $D = a_1^2 + a_n^2 + a_{1,n}^2 + k/2$는 조절 변수로 추정 가능한 사각지대 차량(HV)의 있을 수 있는 최대 거리로 설정되며, D는 변수의 계수를 정규화한 결과값을 나타낸다.

[0109] 본 발명의 일 실시예에서는 사각 지대 차량(120)의 진행 방향(w)를 찾기 위해 황금분할탐색법(golden section search)을 이용한다. 황금분할탐색법은 함수의 극댓값과 극솟값을 나타내는 극값을 구하는 탐색법이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 황금분할탐색법은 극값의 상부추측값과 하부추측값을 줄여나가면서 탐색을 진행한다.

[0110] 황금분할탐색법은 수학식 30과 수학식 31을 만족하도록 한다.

수학식 30

[0111] $$l_0 = l_1 + l_2$$

수학식 31

[0112] $$\frac{l_1}{l_0} = \frac{l_2}{l_1}$$

[0113] 여기서, $R = \frac{l_2}{l_1}$ 이라고 하면, 수학식 31은 수학식 32와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 32

[0114] $$\frac{1}{1+R} = R$$

[0115] 이를 다시 정리하면 수학식 33과 같은 일정한 비를 얻을 수 있다.

수학식 33

[0116] $$R^2 + R - 1 = 0$$

[0117] 따라서, $$R = \frac{-1+\sqrt{1+4}}{2} = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$$ 이다.

[0118] 즉, 황금분할탐색법은 함수의 극점을 포함하는 두개의 초기값(예를 들어, 가장 작은 값(x_l), 가장 큰값(x_u))에 대해서 황금비를 이용하여 새로운 예상값 두개를 구할 수 있다.

[0119] 두개의 지점에 대한 황금비는 수학식 34와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 34

[0120] $$d = \frac{\sqrt{5}-1}{2}(x_u - x_l)$$

[0121] 수학식 34에 의해 계산된 황금비를 이용한 새로운 예상값은 각각 수학식 35 및 수학식 36과 같이 구할 수 있다.

수학식 35

[0122] $$x_1 = x_l + d$$

수학식 36

[0123] $$x_2 = x_u + d$$

[0124] 새롭게 구해진 두개의 예상값을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0125] $f(x_1) < f(x_2)$ 인 경우, x_1 오른쪽에 있는 구역을 제거할 수 있다. 왜냐하면, 그 구간에는 최솟값이 없기 때문이다. 반대로 $f(x_1) > f(x_2)$ 인 경우 x_2 왼쪽에 있는 구역을 제거할 수 있다. 황금분할탐색법은 이러한 방식으로 구역을 좁혀가면서 극소값의 위치를 찾을 수 있다.

[0126] 이를 수학식으로 나타내면, 수학식 37과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 37

[0127] $$s(w) = |A(w)z - B(w)|^2$$

[0128] $\mathrm{s(w)}$는 최솟값이 0인 아래로 볼록 함수이다. $s(\min) < s(w_{\max})$ 인 경우, 수학식 38과 같이 대입할 수 있다.

수학식 38

[0129] $$w_{\max} \Leftarrow w_{\min} + (w_{\max} - w_{\min})/\gamma$$

[0130] 이외의 경우, 수학식 39와 같이 대입한다.

수학식 39

[0131] $$w_{\min} \Leftarrow w_{\max} - (w_{\max} - w_{\min})/\gamma$$

[0132] 수학식 20 및 수학식 21을 $w_{\max} - w_{\min}$ 가 원하는 오차범위 이내가 될 때까지 반복하면 오차범위 이내에 들어오면 $w = \frac{w_{\min} + w_{\max}}{2}$ 이다.

[0133] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 ADMM 반복 횟수에 따른 평균 제곱 오차를 나타낸 도면이고, 도 6은 본 발명

의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 진행 방향에 따른 평균 제곱 오차를 나타낸 도면이다.

[0134] 도 5에서 보여지는 바와 같이, ADMM을 40~50회 반복하면 0에 가까워져 있으므로 답 수렴에 근접하는 것을 알 수 있다.

[0135] 또한, 도 6에서 보여지는 바와 같이, 사각 지대 차량 진행 방향(w)에 대해 평균 제곱 오차는 아래로 볼록 함수이므로 황금분할탐색법을 이용해 최솟값을 구할 수 있다. 분할을 16번 반복하면 오차가 $0.1°$이하이다. $45°$ 일 때 평균 제곱 오차가 0이므로 도 6의 사각 지대 차량의 진행 방향은 $45°$이다.

[0136] 이와 같이, 측정 차량(110)은 도착각(AoA), 상기 도착시간(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 적용하여 각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출할 수 있다.

[0138] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 측위 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 블록도이고, 도 8에는 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법에 대한 의사 코드를 예시한 도면이다. 여기서, 사각 지대 차량 측위 장치(700)는 측정 차량일 수도 있으며, 측정 차량의 일 구성일 수 있다.

[0139] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 측위 장치(700)는 통신부(710), 메모리(720) 및 프로세서(730)를 포함하여 구성된다.

[0140] 통신부(710)는 통신망을 통해 다른 장치(예를 들어, 사각 지대 차량)와 데이터를 송수신하기 위한 수단이다. 예를 들어, 통신부(710)는 사각 지대 차량으로부터 송신된 후 한번 반사된 비가시선 신호를 수신할 수 있다.

[0141] 메모리(720)는 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법을 수행하기 위한 적어도 하나의 명령어를 저장하기 위한 수단이다.

[0142] 프로세서(730)는 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량 측위 장치(700)의 내부 구성 요소들(예를 들어, 통신부(710), 메모리(720) 등)을 제어하기 위한 수단이다.

[0143] 또한, 프로세서(730)는 제p 경로를 통해 상기 한번 반사된 비가시선 신호의 도착각(AoA: angle-of-arrival)과 도착 시간(ToA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득한 후 이를 이용하여 반사 후 전파 거리(v), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향(w) 및 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 삼각함수를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 좌표(x,y)를 도출할 수 있다. 이는 도 2를 참조하여 설명한 바와 동일하므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0144] 도 8에는 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법에 대한 의사 코드가 예시되어 있다.

[0146] 본 발명의 실시 예에 따른 장치 및 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야 통상의 기술자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media) 및 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.

[0147] 상술한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0148] 이제까지 본 발명에 대하여 그 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식

을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

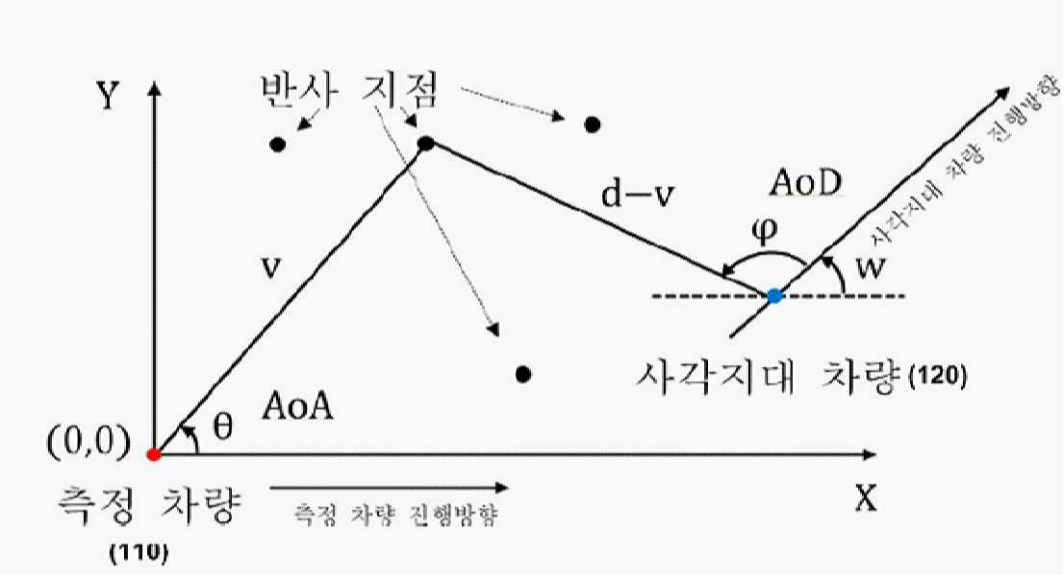
부호의 설명

[0150] 110: 측정 차량

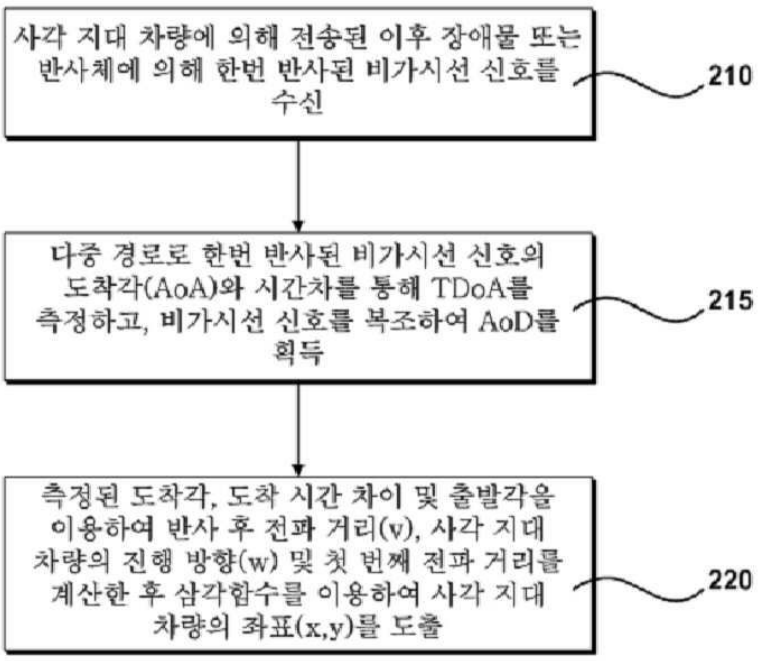
120: 사각 지대 차량

도면

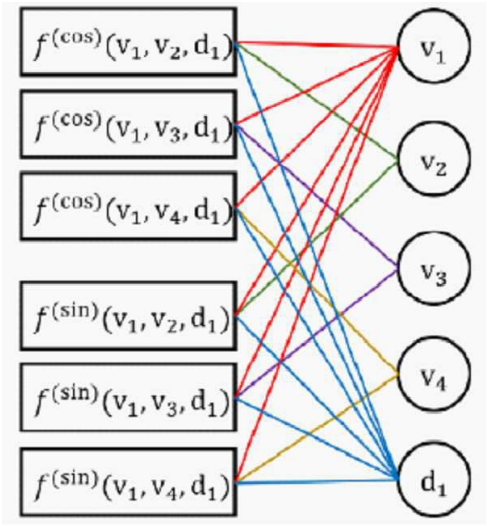
도면1



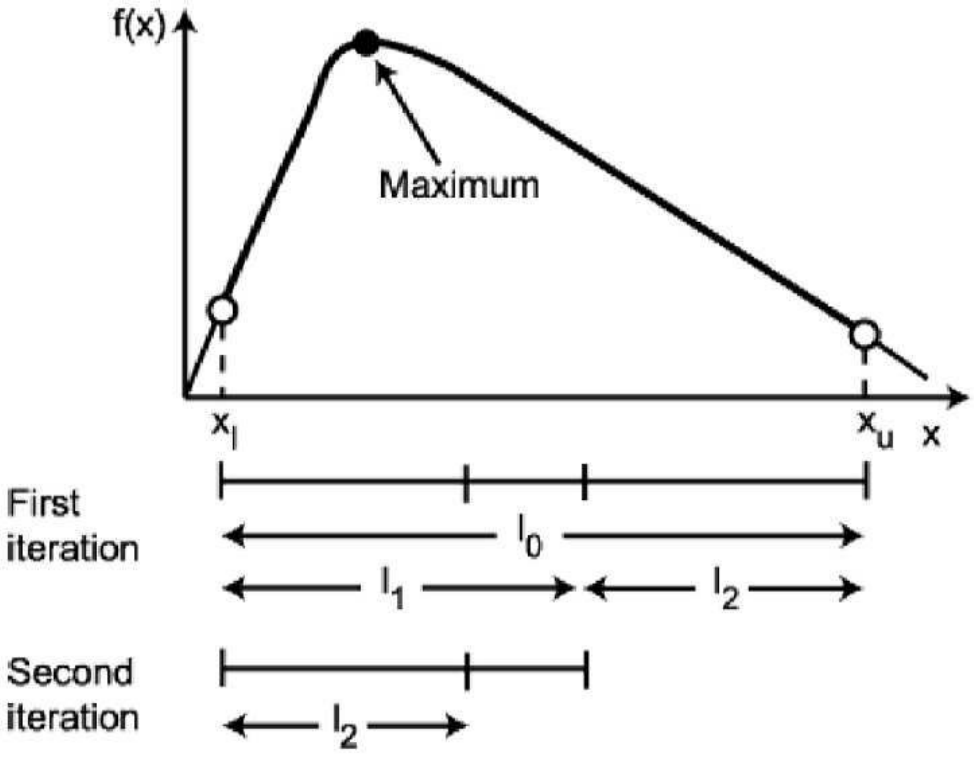
도면2



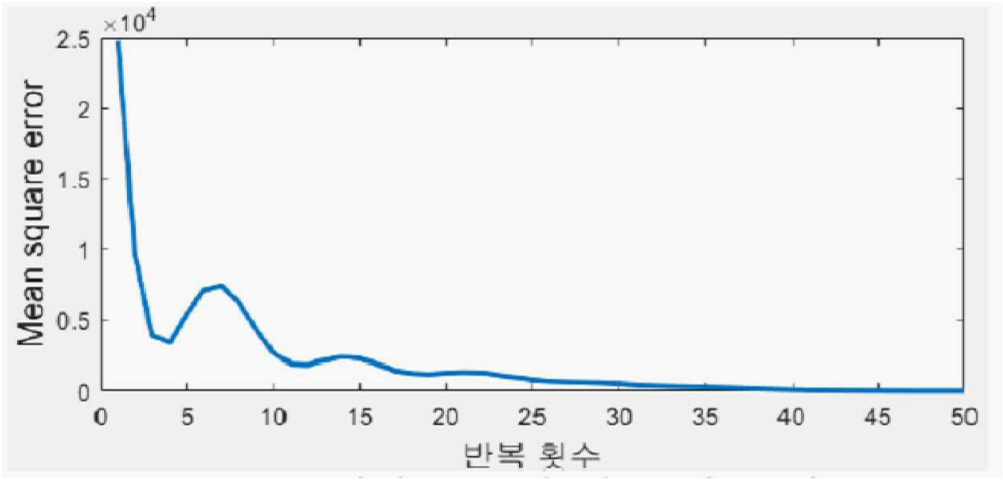
도면3


$f^{(\cos)}(v_1, v_2, d_1)$
$f^{(\cos)}(v_1, v_3, d_1)$
$f^{(\cos)}(v_1, v_4, d_1)$
$f^{(\sin)}(v_1, v_2, d_1)$
$f^{(\sin)}(v_1, v_3, d_1)$
$f^{(\sin)}(v_1, v_4, d_1)$
v_1
v_2
v_3
v_4
d_1

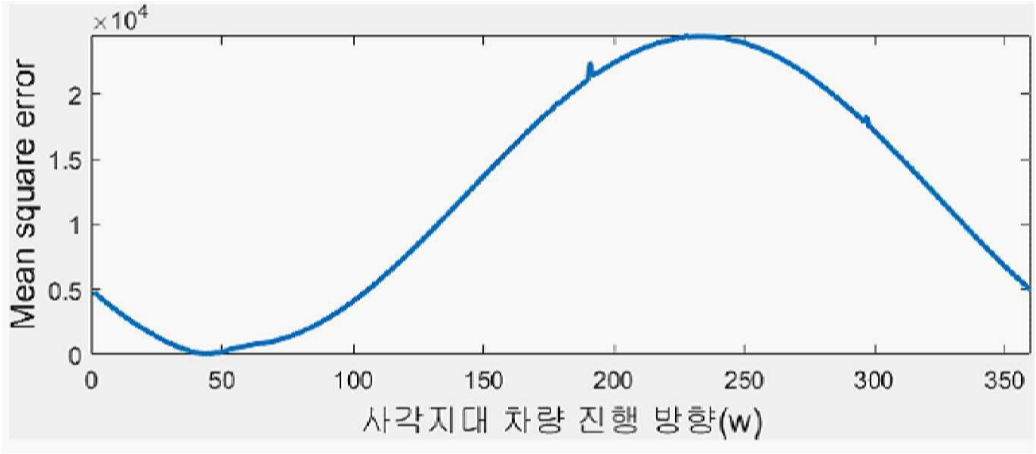
도면4


f(x)
Maximum
x_l
x_u
x
First iteration
l_0
l_1
l_2
Second iteration
l_2

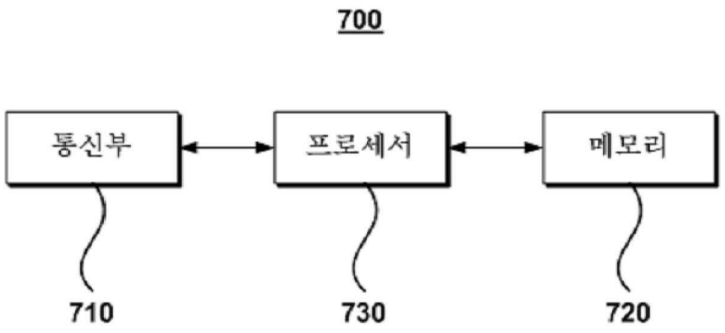
도면5


×10^4
2.5
2
1.5
1
0.5
0
Mean square error
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
반복 횟수

도면6


×10^4
2
1.5
1
0.5
0
Mean square error
0
50
100
150
200
250
300
350
사각지대 차량 진행 방향(w)

도면7


700
통신부
프로세서
메모리
710
730
720

도면8

Algorithm 1: Cooperative localization of vehicles

MSE(w) is repetition function that calculates the smallest mean square error.

Set: w is input, β is zero set, **z** is non-zero set.

1: Calculates β^* and $\bar{\beta}$, $z^{t+1} = mean(z^t + \beta) - \bar{\beta}$.

2: Replaces old β with β^*.

3: Repeat 1, 2 until difference between new $|\mathbf{A}(w)\mathbf{z} - \mathbf{B}(w)|^2$ and old $|\mathbf{A}(w)\mathbf{z} - \mathbf{B}(w)|^2$ converges within tolerance.

4: Output of **MSE**(w) is $|\mathbf{A}(w)\mathbf{z} - \mathbf{B}(w)|^2$.

Set: $L = 0, U = 360, gr = \frac{\sqrt{5}+1}{2}$,

5: If **MSE** $(U+(U-L)/gr)$ smaller than **MSE**$(U-(U-L)/gr)$,

6: then replaces U with $U+(U-L)/gr$.

7: Otherwise, replaces L with $U-(U-L)/gr$.

8: Repeat 5-7 until $U-L$ converges within tolerance.

9: x, y coordinates are derived by **z**, and w is $(L+U)/2$.