(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0072734
(43) 공개일자 2022년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/931 (2020.01) *G01S 13/00* (2006.01)
G01S 3/14 (2006.01) *H04W 4/46* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01S 13/931 (2013.01)
G01S 13/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0147945
(22) 출원일자 2021년11월01일
심사청구일자 2021년11월01일
(30) 우선권주장
1020200160079 2020년11월25일 대한민국(KR)

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

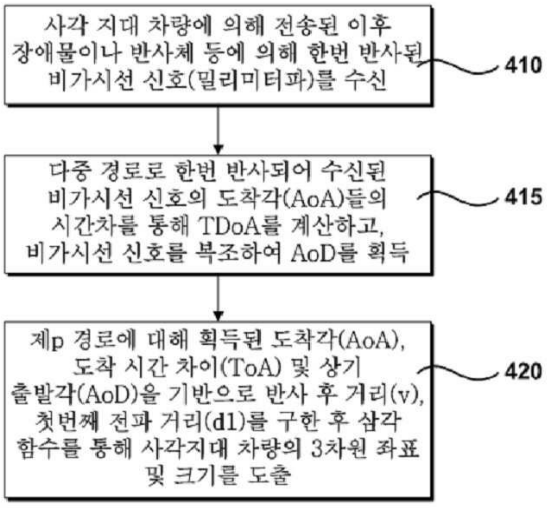
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 차량 측위 방법 및 그 장치**

(57) 요 약

3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 차량 측위 방법 및 그 장치가 개시된다. 3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 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 차이(TDoA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및 (c) 상기 제p 경로에 대해 획득된 상기 도착각(AoA), 상기 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d1)를 도출한 후 삼각함수를 통해 사각 지대 차량의 3차원 정보를 도출하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
G01S 3/14 (2013.01)
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 차이(TDoA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및

(c) 상기 제p 경로에 대해 획득된 상기 도착각(AoA), 상기 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d1)를 도출한 후 삼각함수를 통해 사각 지대 차량의 3차원 정보를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 사각 지대 차량의 3차원 정보는 사각 지대 차량의 3차원 좌표(x,y,z), 진행 방향 및 사각 지대 차량의 크기인 것을 특징으로 하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

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

GAMP(generalized Approximate Message Passing) 알고리즘을 이용하여 상기 연립 방정식을 풀어 반사 후 전파 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 상기 도출된 반사후 전파 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d) 및 크기를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 진행 방향을 도출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 사각 지대 차량은 적어도 3개의 송신기를 이용하여 비가시선 신호를 송신하는 것을 특징으로 하는 사각 지대 차량 측위 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4 항 중 어느 하나의 항에 따른 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드를 기록한 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

청구항 6

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 차이(TDoA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및

상기 제p 경로에 대해 획득된 상기 도착각(AoA), 상기 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d1)를 도출한 후 삼각함수를 통해 사각 지대 차량의 3차원 정보를 도출하는 단계를 수행하는 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3차원 비가시선 환경에서 협력 측위 기법을 이용한 사각지대 차량 측위 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] V2X(Vehicle-to-Everything)는 도로 안전, 교통 효율성 및 승객 서비스와 관련된 차량 통신 인프라를 개선하는 것을 목표로 한다. 이러한 목표는 개별 차량의 측위에 필수적이지만 당면한 문제점들이 있다. 차량 측위는 대부분 채널 전파 특성이 차량 위치 정보와 직접 관련되는 가시선 채널 환경을 다루고 있다. 그러나, V2X 기술은 비가시선(NLoS: non line of sight) 멀티 패스 환경에서 발생한다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해 센싱 차량은 AoA, AoD 및 ToA를 포함하는 다중 경로 채널 전파의 측정 정보를 활용한다. 이들의 기하학적 관계는 숨겨진 차량의 위치와 주행 방향의 배열로 해결할 수 있다. 그러나, 선행 대수 방식으로 수립된 결과 공식은 복잡해지고 그 해는 노이즈에 최약한 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 차량 측위 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명은 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량의 위치뿐만 아니라, 진행 방향과 차량 크기 예측이 가능한 3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 차량 측위 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 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 차이(TDoA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및 (c) 상기 제p 경로에 대해

획득된 상기 도착각(AoA), 상기 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d1)를 도출한 후 삼각함수를 통해 사각 지대 차량의 3차원 정보를 도출하는 단계를 포함하는 사각 지대 차량 측위 방법이 제공될 수 있다.

[0011] 상기 사각 지대 차량의 3차원 정보는 사각 지대 차량의 3차원 좌표(x,y,z), 진행 방향 및 사각 지대 차량의 크기이다.

[0012] 상기 (c) 단계는, 상기 도착각(AoA), 상기 출발각(AoD) 및 상기 도착 시간 차이(TDoA)를 파라미터로 포함하며 반사 후 전파 거리, 상기 첫번째 전파 거리(d), 상기 사각 지대 차량의 진행 방향 및 상기 사각 지대 차량의 크기를 변수로 갖는 복수의 연립 방정식을 생성하는 단계; 및 GAMP(generalized Approximate Message Passing) 알고리즘을 이용하여 상기 연립 방정식을 풀어 반사 후 전파 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d)를 도출한 후 상기 도출된 반사후 전파 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d) 및 크기를 이용하여 상기 사각 지대 차량의 진행 방향을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 사각 지대 차량은 적어도 3개의 송신기를 이용하여 비가시선 신호를 송신할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 차량 측위를 위한 장치가 제공된다.

[0016] 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 차이(TDoA)을 측정하고, 상기 한번 반사된 비가시선 신호를 복조하여 상기 출발각(AoD)을 획득하는 단계; 및 상기 제p 경로에 대해 획득된 상기 도착각(AoA), 상기 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v)와 첫번째 전파 거리(d1)를 도출한 후 삼각함수를 통해 사각 지대 차량의 3차원 정보를 도출하는 단계를 수행하는 장치가 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 비가시선 채널 환경에서 사각지대 차량 측위 방법 및 그 장치를 제공함으로써, 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량의 위치뿐만 아니라, 진행 방향과 차량 크기 예측할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원에서의 차량의 위치와 이동 방향을 표현하는 6개 변수를 설명하기 위해 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 V2V 채널 특성을 고려한 비가시선(NLoS: Non-line-of-sight) 신호의 전파 경로를 설명하기 위해 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 환경을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량의 측위 방법을 나타낸 순서도.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 관계 그래프를 설명하기 위해 도시한 도면.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 송신기 배치를 설명하기 위해 도시한 도면.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 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 단계들

을 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.

[0022] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원에서의 차량의 위치와 이동 방향을 표현하는 6개 변수를 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 V2V 채널 특성을 고려한 비가시선(NLoS: Non-line-of-sight) 신호의 전파 경로를 설명하기 위해 도시한 도면이다.

[0025] 도 3에 도시된 바와 같이, 장애물이 존재하는 경우 가시선 방식으로는 측위가 불가능하다. 따라서, 장애물이 존재하는 비가시선 환경에서는 한번 반사되어 수신된 밀리미터파를 이용하여 사각 지대 차량에 대해 측위가 가능하다.

[0026] 3차원에서의 차량의 위치와 이동 방향은 도 1에 도시된 바와 같이 자유도가 6이므로 6개의 변수를 통해 표현할 수 있다. 6개의 변수는 편의를 위해 3차원 위치 좌표와 피칭, 롤링, 요잉으로 설정될 수 있다. 자동차의 크기 변수는 차량의 폭과 차량의 길이로 설정되며, 자동차의 높이는 고려하지 않는 것을 가정하기로 한다.

[0027] 도 2와 같이 장애물이 존재하는 비가시선 환경에서는 한번 반사되어 수신된 밀리미터파를 이용하여 사각 지대 차량의 3차원 정보를 측정할 수 있다. 이를 도 2와 같이 파라미터로 표현할 수 있다.

[0028] 도 2에 표시된 파라미터의 정의는 다음과 같다.

[0029] α : 도래각(AoA: angle of arrival, 이하 AoA라 칭하기로 함) 방위각.

[0030] β : AoA의 고각(elevation).

[0031] ϕ : 발사각(AoD: angle of departure, 이하에서는 AoD라 칭하기로 함)의 방위각.

[0032] Θ : AoD의 고각.

[0033] δ : 사각지대 차량 진행 방향의 방위각(요잉)

[0034] ε : 사각지대 차량 진행 방향의 고각(피칭)

[0035] ζ : 사각지대 차량의 롤링 각도

[0036] d: 총 전파 거리

[0037] v: 반사 후 전파 거리

[0038] ρ : 도착 시간 차이(TDoA: time-difference-of-arrival)

[0039] 도 2에서 3차원 좌표계의 x축은 측정 차량(SV: sensing vehicle)의 진행 방향이며, y축과 z축은 오른손 좌표계를 따르는 축방향인 것을 가정하여 설명하기로 한다.

[0040] 이하에서는 한번 반사된 밀리미터파(비가시선 신호)를 이용하여 사각 지대 차량에 관련된 연립 방정식을 생성하고, 이를 분산 알고리즘을 이용하여 사각 지대 차량의 위치, 진행 방향 및 차량 크기를 구하는 방법에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0041] 본 발명의 일 실시에에서는 사각지대 차량이 AoD 정보를 포함하는 밀리미터파를 전방위로 송신하면, 측정 차량이 한번 반사된 밀리미터파를 수신하는 것을 가정하기로 한다. 즉, 측정 차량은 다중 경로를 통해 한번 반사되어 수신되는 밀리미터파의 AoA와 TDoA를 측정하고, AoD는 수신된 밀리미터파를 복조하여 획득할 수 있다.

[0042] 측정 차량은 이와 같이 획득된 AoA, TDoA, AoD를 이용하여 사각 지대 차량의 위치(좌표)에 대한 연립 방정식을 복수개 생성하고, 이를 이용하여 사각 지대 차량의 진행 방향을 예측한 후 예측된 진행 방향을 연립 방정식에 대입하여 사각 지대 차량의 위치(좌표) 및 차량 크기를 도출할 수 있다.

[0043] 이하에서는 이에 대해서 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0045] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 사각 지대 차량의 측위 방법을 나타낸 순서도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 관계 그래프를 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 송신기 배치를 설명하기 위해 도시한 도면이다. 이하에서, 차량은 적어도 3개의 송신기를 가지는 것을 가정하여 이를 중심으로 설명하기로 한다. 이하에서는 별도의 설명이 없더라도 차량이 적어도 3개의 송신기를 가지는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0046] 단계 410에서 측정 차량(400)은 사각 지대 차량에 의해 전송된 이후 장애물이나 반사체 등에 의해 한번 반사된 비가시선 신호(밀리미터파)를 수신한다. 여기서, 비가시선 신호는 이미 전술한 바와 같이, 출발각(AoD) 정보를 포함하는 것을 가정하기로 한다. 즉, 사각 지대 차량은 비가시선 신호를 전방위로 전송시, 해당 비가시선 신호에 출발각(AoD) 정보를 포함하여 전송할 수 있다. 이에 따라, 한번 반사된 비가시선 신호(AoD 정보 포함하는 비가시선 신호)는 장애물이나 반사체 등을 통해 한번 반사되어 다중 경로를 통해 측정 차량(400)으로 수신될 수 있다.

[0047] 단계 415에서 측정 차량(400)은 다중 경로로 한번 반사되어 수신된 비가시선 신호의 도착각(AoA)들의 시간차를 통해 TDoA를 계산하고, 비가시선 신호를 복조하여 AoD를 획득한다. 측정 차량(400)에서 비가시선 신호의 도착각(AoA)는 측정되는 것을 가정하기로 한다.

[0048] 단계 420에서 측정 차량(400)은 제p 경로에 대해 획득된 도착각(AoA), 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v), 첫번째 전파 거리(d1)를 구한 후 삼각 함수를 통해 사각지대 차량의 3차원 좌표 및 크기를 도출한다.

[0049] 이에 대해 하기에서 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에서는 사각 지대 차량의 3차원 위치(좌표)와 진행 방향을 도출하는 방법과 사각 지대 차량의 3차원 위치(좌표), 진행 방향 및 크기를 도출하는 방법을 각각 분리하여 설명하기로 한다.

[0051] (1) 사각 지대 차량의 3차원 위치(좌표)와 진행 방향 도출

[0052] p 경로로 반사된 밀리미터파(비가시선 신호)의 파라미터를 p라고 가정하기로 한다. p번째 경로로 반사된 밀리미터파를 이용하여 사각 지대 차량의 위치에 대한 좌표 방정식은 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0053]
$$
\begin{aligned}
x_p &= v_p \sin(\beta_p)\cos(\alpha_p) - (d_p - v_p)\sin(\theta_p + \epsilon)\cos(\phi_p + \delta),\\
y_p &= v_p \sin(\beta_p)\sin(\alpha_p) - (d_p - v_p)\sin(\theta_p + \epsilon)\sin(\phi_p + \delta),\\
z_p &= v_p \cos(\beta_p) - (d_p - v_p)\cos(\theta_p + \epsilon).
\end{aligned}
$$

[0054] 수학식 1에서 각 좌표(예를 들어, x_p, y_p, z_p)들은 모두 동일한 값이여야 하므로, x_p, y_p, z_p는 수학식 2 내지 수학식 4와 같이 각각 (P-1)개씩 생성될 수 있다.

수학식 2

$$v_p \sin(\beta_p)\cos(\alpha_p) - (d_p - v_p)\sin(\theta_p + \epsilon)\cos(\phi_p + \delta)$$
$$= v_1 \sin(\beta_1)\cos(\alpha_1) - (d_1 - v_1)\sin(\theta_1 + \epsilon)\cos(\phi_1 + \delta)$$

[0055]

수학식 3

$$v_p = v_p \sin(\beta_p)\sin(\alpha_p) - (d_p - v_p)\sin(\theta_p + \epsilon)\sin(\phi_p + \delta)$$
$$= v_1 \sin(\beta_1)\sin(\alpha_1) - (d_1 - v_1)\sin(\theta_1 + \epsilon)\sin(\phi_1 + \delta)$$

[0056]

수학식 4

$$z_p = v_p \cos(\beta_p) - (d_p - v_p)\cos(\theta_p + \epsilon)$$
$$= v_1 \cos(\beta_1) - (d_1 - v_1)\cos(\theta_1 + \epsilon)$$

[0057]

[0058] 수학식 2 내지 수학식 4에서 보여지는 바와 같이, 동일한 위치(좌표)에 대해 p개의 다른 예측치가 획득될 수 있으므로, 이를 (x1, y1, z1)=(x2, y2, z2)=?=(x_p, y_p, z_p)와 같이 나타낼 수 있다.

[0059] 따라서, 상술한 방정식에서 유일한 해를 얻기 위해서는 3(P-1)개의 다른 방정식이 필요하다.

[0060] 상술한 방정식에서 모르는 변수의 숫자를 줄이기 위해, 본 발명의 일 실시예에서는 도착 시간 차이(TDoA: time difference of arrival) $\rho_p = \lambda_p - \lambda_1$ 을 이용하기로 한다. 여기서, 여기서, λ_p는 p경로로 반사된 신호의 도착 시간(ToA)이고, λ_1는 첫번째 반사된 신호의 도착 시간을 나타낸다.

[0061] 따라서, 이를 수학식으로 정리하면, 수학식 5와 같다.

수학식 5

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

[0062]

[0063] 따라서, 수학식 5는 수학식 6과 같이 다시 정리될 수 있다.

수학식 6

$$d_p = d_1 + c\rho_p$$

[0064]

[0065] 따라서, d_1 이 도출되면, TDoA를 통해 $\{d_2, d_3, \ldots, d_P\}$ 의 값을 알 수 있다.

[0066] 수학식 2 내지 수학식 4를 하나의 식으로 정리하면 수학식 7과 같이 정리될 수 있다.

수학식 7

[0067]
$$a_1^k v_1 + a_2^k v_p + a_3^k d_1 - b^k = 0$$

[0068]
When $1 \le k \le P-1$,

$$a_1^k = \sin(\beta_1)\cos(\alpha_1) + \sin(\theta_1+\epsilon)\cos(\phi_1+\delta),$$
$$a_2^k = -\sin(\beta_p)\cos(\alpha_p) - \sin(\theta_p+\epsilon)\cos(\phi_p+\delta),$$
$$a_3^k = \sin(\theta_p+\epsilon)\cos(\phi_p+\delta) - \sin(\theta_1+\epsilon)\cos(\phi_1+\delta),$$
$$b^k = \rho_p \sin(\theta_p+\epsilon)\cos(\phi_p+\delta).$$

When $P \le k \le 2(P-1)$,

$$a_1^k = \sin(\beta_1)\sin(\alpha_1) + \sin(\theta_1+\epsilon)\sin(\phi_1+\delta),$$
$$a_2^k = -\sin(\beta_p)\sin(\alpha_p) - \sin(\theta_p+\epsilon)\sin(\phi_p+\delta),$$
$$a_3^k = \sin(\theta_p+\epsilon)\sin(\phi_p+\delta) - \sin(\theta_1+\epsilon)\sin(\phi_1+\delta),$$
$$b^k = \rho_p \sin(\theta_p+\epsilon)\sin(\phi_p+\delta).$$

When $2P-1 \le k \le 3(P-1)$,

$$a_1^k = \cos(\beta_1) + \cos(\theta_1+\epsilon),$$
$$a_2^k = -\cos(\beta_p) - \cos(\theta_p+\epsilon),$$
$$a_3^k = \cos(\theta_p+\epsilon) - \cos(\theta_1+\epsilon),$$
$$b^k = \rho_p \cos(\theta_p+\epsilon).$$

[0069] 이해와 설명의 편의를 도모하기 위해, $f^k(v_1, v_p, d_1) = a_1^k v_1 + a_2^k v_p + a_3^k d_1 - b^k$ 로 정의하기로 한다.

[0070] 함수와 변수 관계는 도 5와 같은 관계 그래프로 나타낼 수 있다. 도 4의 관계그래프를 통해 변수보다 함수의 수가 많은 경우 상술한 연립 방정식의 해를 구할 수 있다. 함수가 많으므로 역행렬을 통한 해법은 시간 복잡도가 높아지는 단점이 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 협력 측위 방식을 이용하기로 한다.

[0071] 수학식을 행렬화하기 위해 모든 행렬의 초기값은 1로 이뤄진 행렬인 것을 가정하기로 하며, 행렬의 크기는 아래 첨자에 i가 붙은 것은 3(P-2)를 나타내며, 아래 첨자에 j가 붙은 것은 P+1인 것을 가정하기로 한다.

[0072] 수학식 7을 행렬화하면 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$A^x=\begin{bmatrix} a_1^1 & a_2^1 & 0 & \cdots & 0 & a_3^1 \\ a_1^2 & 0 & a_2^2 & 0 & \cdots & a_3^2 \\ \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots \\ a_1^{P-1} & 0 & \cdots & 0 & a_2^{P-1} & a_3^{P-1} \end{bmatrix}, A^y=\begin{bmatrix} a_1^{(P-1)+1} & a_2^{(P-1)+1} & 0 & \cdots & 0 & a_3^{(P-1)+1} \\ a_1^{(P-1)+2} & 0 & a_2^{(P-1)+2} & 0 & \cdots & a_3^{(P-1)+2} \\ \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots \\ a_1^{2(P-1)} & 0 & & \cdots & 0 & a_2^{2(P-1)} & a_3^{2(P-1)} \end{bmatrix},$$

$$A^z=\begin{bmatrix} a_1^{2(P-1)+1} & a_2^{2(P-1)+1} & 0 & \cdots & 0 & a_3^{2(P-1)+1} \\ a_1^{2(P-1)+2} & 0 & a_2^{2(P-1)+2} & 0 & \cdots & a_3^{2(P-1)+2} \\ \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots \\ a_1^{3(P-1)} & 0 & & \cdots & 0 & a_2^{3(P-1)} & a_3^{3(P-1)} \end{bmatrix}, A=\begin{bmatrix} A^x \\ A^y \\ A^z \end{bmatrix}$$

$$B=\begin{bmatrix} b^1 \\ b^2 \\ \vdots \\ b^{3(P-1)} \end{bmatrix}$$

[0073]

$$\tau_{ip}=(A \circ A)$$
$$p_i=Ax_j-\tau_{ip}^T s_i$$
$$s_i=(B-p_i)^T(\tau_{ip})^{\circ -1}$$
$$\tau_{is}=(\tau_{ip})^{\circ -1}$$
$$\tau_{jr}=((A \circ A)^T\tau_{is})^{\circ -1}$$
$$x_j=x_j+\tau_{jr}^T(A^T s_i)$$

[0074]

[0075] 상술한 식을 통해 구한 x_j 를 수학식 9에 대입한다.

수학식 9

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_P \\ d_1 \end{bmatrix}=x_j$$

[0076]

[0077] 이를 통해 도출된 $v_1, v_2 \ldots v_P, d_1$ 을 이용하여 진행 방향(δ, ε)을 구할 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 수학식 10과 같다.

수학식 10

[0078]
$$\delta_n = \sin^{-1}\left(\frac{k_n^{(\cos)}}{\sqrt{a_n^2+b_n^2}}\right) - c_n$$

$$\sin c_n = \frac{a_n}{\sqrt{a_n^2+b_n^2}}, \cos c_n = \frac{b_n}{\sqrt{a_n^2+b_n^2}}$$

$$a_n = (v_1 - d_1)\cos(\phi_1) - (v_n - d_1 + c\rho_n)\cos(\phi_n)$$

$$b_n = (v_1 - d_1)\sin(\phi_1) - (v_n - d_1 + c\rho_n)\sin(\phi_n)$$

$$k_n^{(\cos)} = -(v_1\cos(\theta_1) - v_n\cos(\theta_n))$$

[0079] 여기서, 이다.

[0080] 결과적으로 수학식 10는 x좌표에 대한 δ_n 이며, (P-1)개의 δ_n 식이 도출된다.

[0081] 동일하게, x,y,z 좌표에 대해서 수식을 전개해 전체 3(P-1)개의 δ_n , 3(P-1)개의 ϵ_n을 구할 수 있다.

[0082] 따라서, 도출된 δ_n 과 ϵ_n을 평균하여 δ, ε 을 도출할 수 있다.

[0083] 도출된 $v_1, v_2 \ldots v_P, d_1$, δ, ε 을 한번씩 업데이트 하는 과정을 복수회 반복함으로써 3차원 좌표를 도출할 수 있다.

[0085] (2) 사각 지대 차량의 좌표와 크기 도출

[0086] 사각 지대 차량의 크기를 도출하기 위해서는 적어도 3개의 송신기가 필요하다. 따라서, 차량에는 적어도 3개의 송신기가 구비되는 것을 가정하기로 한다. 예를 들어, 차량에는 도 5에 도시된 바와 같이 적어도 3개의 송신기가 구비될 수 있다.

[0087] 사각 지대 차량의 크기를 도출하기 위해 신규 변수로, L은 차량의 길이를 나타내는 것으로 가정하기로 하며, W는 차량의 폭을 나타내는 것을 가정하여 설명하기로 한다.

[0088] 사각 지대 차량의 크기를 도출하기 위해, L과 W를 추가하는 경우, 다중 경로를 통해 한번 반사된 비가시선 신호를 통해 획득된 AoA, ToA, AoD를 기반으로 반사 후 거리, 첫번째 전파 거리, 진행 방향 및 차량의 크기를 변수로 가지는 사각 지대 차량의 3차원 좌표에 대한 연립방정식은 수학식 11 내지 수학식 13와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

[0089]
$$v_p \sin(\beta_p)\cos(\alpha_p) - (d_p - v_p)\sin(\theta_p + \epsilon)\cos(\phi_p + \delta) \\ = v_1 \sin(\beta_1)\cos(\alpha_1) - (d_1 - v_1)\sin(\theta_1 + \epsilon)\cos(\phi_1 + \delta) + i_x(L, \delta, \epsilon)$$

수학식 12

[0090]
$$v_p \sin(\beta_p)\sin(\alpha_p) - (d_p - v_p)\sin(\theta_p + \epsilon)\sin(\phi_p + \delta) \\ = v_1 \sin(\beta_1)\sin(\alpha_1) - (d_1 - v_1)\sin(\theta_1 + \epsilon)\sin(\phi_1 + \delta) + i_y(L, \delta, \epsilon)$$

수학식 13

[0091]
$$v_p \cos(\beta_p) - (d_p - v_p)\cos(\theta_p + \epsilon) \\ = v_1 \cos(\beta_1) - (d_1 - v_1)\cos(\theta_1 + \epsilon) + i_z(L, \epsilon)$$

수학식 14

[0092]
$$i_x(L, W, \delta, \epsilon) = L \sin(\epsilon)\cos(\delta) \\ i_y(L, W, \delta, \epsilon) = L \sin(\epsilon)\sin(\delta) \\ i_z(L, W, \delta, \epsilon) = L \cos(\epsilon)$$

[0093] 수학식 11 내지 수학식 14을 간단히 정리하면 수학식 15와 같이 하나의 식으로 정리될 수 있다.

수학식 15

[0094]
$$a_1^k v_1 + a_2^k v_p + a_3^k d_1 + a_4^k L - b^k = 0$$

$$\text{When } 1 \le k \le P-1,$$

$$a_4^k = \sin(\epsilon)\cos(\delta)$$

$$\text{When } P \le k \le 2(P-1),$$

$$a_4^k = \sin(\epsilon)\sin(\delta)$$

$$\text{When } 2P-1 \le k \le 3(P-1),$$

$$a_4^k = \cos(\epsilon)$$

[0095] 여기서, 이다.

[0096] 수학식 14에서 a_1^k, a_2^k, a_3^k, b^k 는 수학식 7에서 전술한 바와 동일하다.

[0097] 수학식 7을 행렬로 나타내면, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0098]
$$A^x = \begin{bmatrix} a_1^1 & a_2^1 & 0 & \cdots & 0 & a_3^1 & a_4^1 \\ a_1^2 & 0 & a_2^2 & 0 & \cdots & a_3^2 & a_4^2 \\ \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots & \vdots \\ a_1^{P-1} & 0 & \cdots & 0 & a_2^{P-1} & a_3^{P-1} & a_4^{P-1} \end{bmatrix}$$

[0099]
$$A^y = \begin{bmatrix} a_1^{(P-1)+1} & a_2^{(P-1)+1} & 0 & \cdots & 0 & a_3^{(P-1)+1} & a_4^{(P-1)+1} \\ a_1^{(P-1)+2} & 0 & a_2^{(P-1)+2} & 0 & \cdots & a_3^{(P-1)+2} & a_4^{(P-1)+2} \\ \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots & \vdots \\ a_1^{2(P-1)} & 0 & \cdots & 0 & a_2^{2(P-1)} & a_3^{2(P-1)} & a_4^{2(P-1)} \end{bmatrix}$$

[0100]
$$A^z = \begin{bmatrix} a_1^{2(P-1)+1} & a_2^{2(P-1)+1} & 0 & \cdots & 0 & a_3^{2(P-1)+1} & a_4^{2(P-1)+1} \\ a_1^{2(P-1)+2} & 0 & a_2^{2(P-1)+2} & 0 & \cdots & a_3^{2(P-1)+2} & a_4^{2(P-1)+2} \\ \vdots & \vdots & & \ddots & & \vdots & \vdots \\ a_1^{3(P-1)} & 0 & \cdots & 0 & a_2^{3(P-1)} & a_3^{3(P-1)} & a_4^{3(P-1)} \end{bmatrix}$$

[0101]
$$A = \begin{bmatrix} A^x \\ A^y \\ A^z \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} b^1 \\ b^2 \\ \vdots \\ b^{3(P-1)} \end{bmatrix}$$

[0102]

$$\tau_{ip} = (A \circ A)$$
$$p_i = Ax_j - \tau_{ip}^T s_i$$
$$s_i = (B - p_i)^T (\tau_{ip})^{\circ -1}$$
$$\tau_{is} = (\tau_{ip})^{\circ -1}$$
$$\tau_{jr} = ((A \circ A)^T \tau_{is})^{\circ -1}$$
$$x_j = x_j + \tau_{jr}^T (A^T s_i)$$

[0103]

[0104] 상술한 식을 통해 구한 x_j 를 수학식 16에 대입한다.

수학식 16

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_P \\ d_1 \\ L \end{bmatrix} = x_j$$

[0105]

[0106] 수학식 16을 통해 획득된 $v_1, v_2 \ldots v_P, d_1, L$ 을 이용하여 진행 방향(δ, ε)을 구할 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 수학식 17과 같다.

수학식 17

$$\delta_n = \sin^{-1}\left(\frac{k_n^{(\cos)}}{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}}\right) - c_n$$

[0107]

$$\sin c_n = \frac{a_n}{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}}, \cos c_n = \frac{b_n}{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}}$$

[0108] 여기서, ,

$$a_n = (v_1 - d_1)\cos(\phi_1) - (v_n - d_1 + c\rho_n)\cos(\phi_n)$$

$$b_n = (v_1 - d_1)\sin(\phi_1) - (v_n - d_1 + c\rho_n)\sin(\phi_n)$$

$$k_n^{(\cos)} = -(v_1\cos(\theta_1) - v_n\cos(\theta_n))$$

[0109] 이다.

[0110] 전술한 바와 같이, x 좌표에 대한 δ_n 이며, (P-1)개의 δ_n 이 도출될 수 있다.

[0111] 이와 같은 방식으로, x, y, z 좌표에 대해 수학식을 전개하면, 전체 3(P-1)개의 δ_n와 3(P-1)개의 ϵ_n을 구할 수 있다.

[0112] 도출된 δ_n 과 ϵ_n 을 평균하여 진행 방향(δ, ε)을 구할 수 있다.

[0113] 상술한 바와 같이, 도출된 $v_1, v_2 \ldots v_P, d_1, L, \delta, \varepsilon$ 를 한번씩 업데이트 하며, 반복 연산을 통해 정확한 3차원 좌표를 도출할 수 있다. 상술한 바와 같이, 측정 차량(400)은 사각 지대 차량에 의해 송신되어 한번 반사된 비가시선 신호에서 측정되는 AoD, AoA, ToA를 이용하여 반사 후 전파 거리와 첫번째 전파 거리를 도출한 후 이를 기반으로 사각 지대 차량의 진행 방향을 도출하고, 삼각 함수를 적용하여 사각 지대 차량의 3차원 위치(좌표)와 크기를 도출할 수 있다.

[0115] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다. 여기서, 측정 장치(700)는 측위 차량일 수도 있으며, 측위 차량의 일 구성일 수도 있다.

[0116] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 측정 차량(400)은 통신부(710), 메모리(720) 및 프로세서(730)를 포함하여 구성된다.

[0117] 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.

[0118] 메모리(720)는 본 발명의 일 실시예에 따른 비가시선 채널 환경에서 사각 지대 차량 측위 방법을 수행하기 위한 적어도 하나의 명령어를 저장하기 위한 수단이다.

[0119] 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.

[0120] 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 3차원 좌표(x,y,z) 및 크기를 도출할 수 있다. 이는 도 4를 참조하여 설명한 바와 동일하므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0122] 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.

[0123] 상술한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0124] 이제까지 본 발명에 대하여 그 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 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

[0126] 700: 측정 장치

710: 통신부

720: 메모리

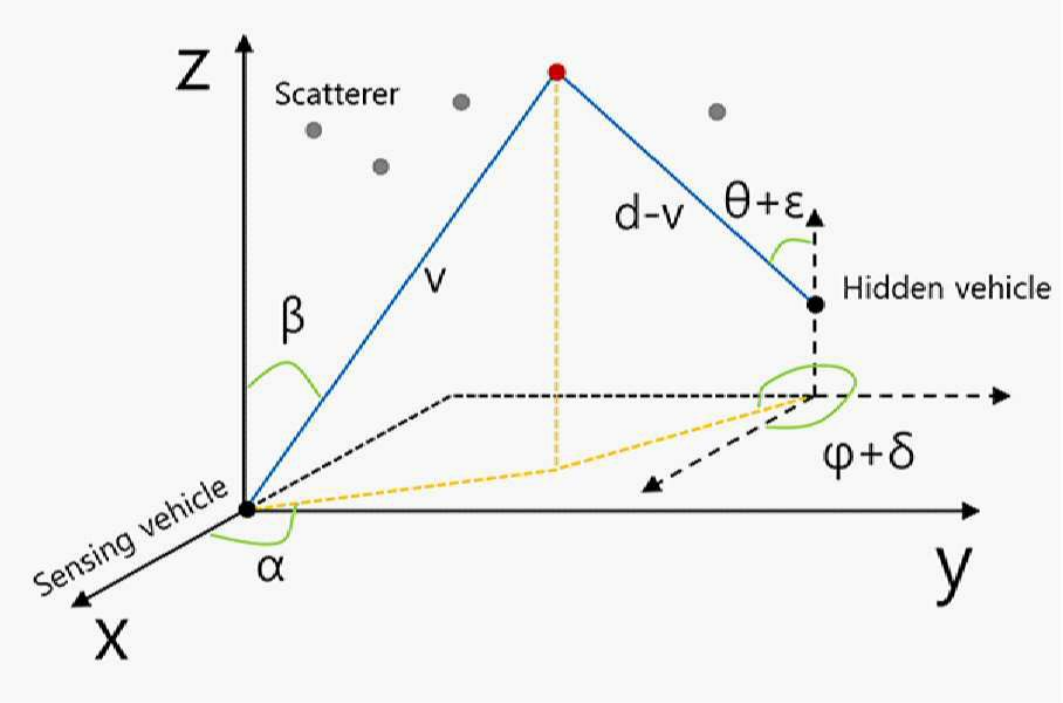
730: 프로세서

도면

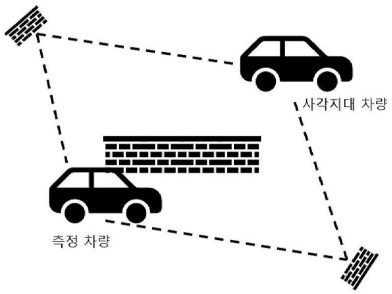
도면1



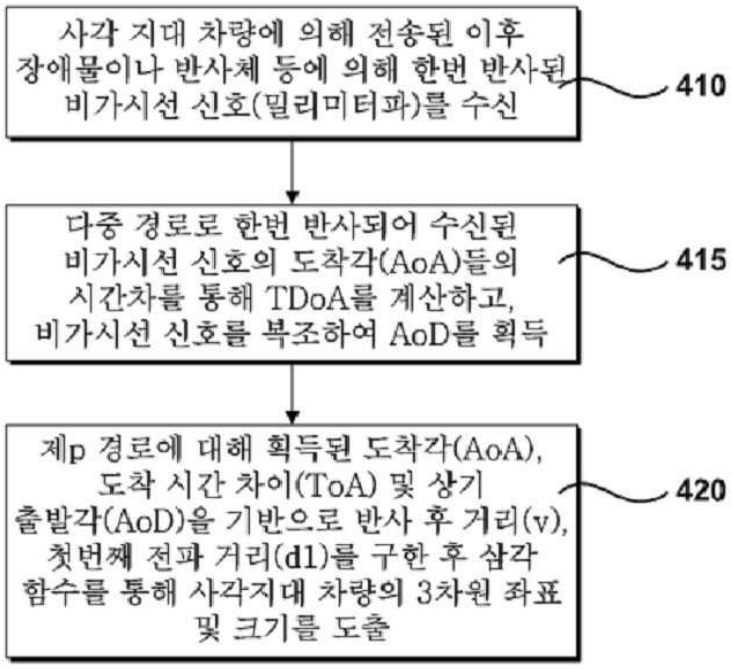
도면2


Z
Scatterer
d-v
θ+ε
v
β
Hidden vehicle
φ+δ
Sensing vehicle
α
y
X

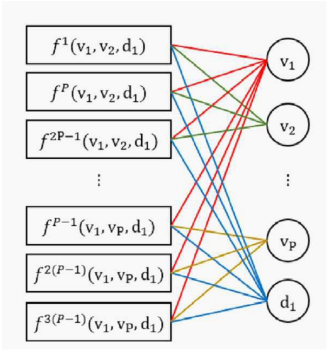
도면3


사각지대 차량
측정 차량

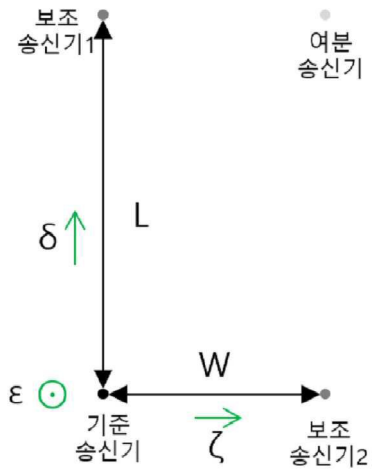
도면4


사각 지대 차량에 의해 전송된 이후 장애물이나 반사체 등에 의해 한번 반사된 비가시선 신호(밀리미터파)를 수신
410
다중 경로로 한번 반사되어 수신된 비가시선 신호의 도착각(AoA)들의 시간차를 통해 TDoA를 계산하고, 비가시선 신호를 복조하여 AoD를 획득
415
제p 경로에 대해 획득된 도착각(AoA), 도착 시간 차이(ToA) 및 상기 출발각(AoD)을 기반으로 반사 후 거리(v), 첫번째 전파 거리(d1)를 구한 후 삼각 함수를 통해 사각지대 차량의 3차원 좌표 및 크기를 도출
420

도면5


$f^1(v_1, v_2, d_1)$
$f^P(v_1, v_2, d_1)$
$f^{2P-1}(v_1, v_2, d_1)$
$f^{P-1}(v_1, v_P, d_1)$
$f^{2(P-1)}(v_1, v_P, d_1)$
$f^{3(P-1)}(v_1, v_P, d_1)$
v_1
v_2
v_P
d_1

도면6


보조 송신기1
여분 송신기
δ
L
W
ε
기준 송신기
ζ
보조 송신기2

도면7

