



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0022984
(43) 공개일자 2022년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 13/89 (2006.01) B60W 40/02 (2006.01)
B60W 60/00 (2020.01) G01S 13/50 (2006.01)
G01S 13/931 (2020.01) G01S 7/40 (2006.01)
G01S 7/41 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01S 13/89 (2022.01)
B60W 40/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0104339

(22) 출원일자 2020년08월20일

심사청구일자 2020년08월20일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

고일석

경기도 성남시 분당구 동판교로 122, 206동 2401호(백현동, 백현마을2단지아파트)

최지효

인천광역시 미추홀구 용정공원로83번길 49, 2134호(용현동)

임재원

인천광역시 미추홀구 인하로91번길 83, 2층(용현동)

(74) 대리인

양성보

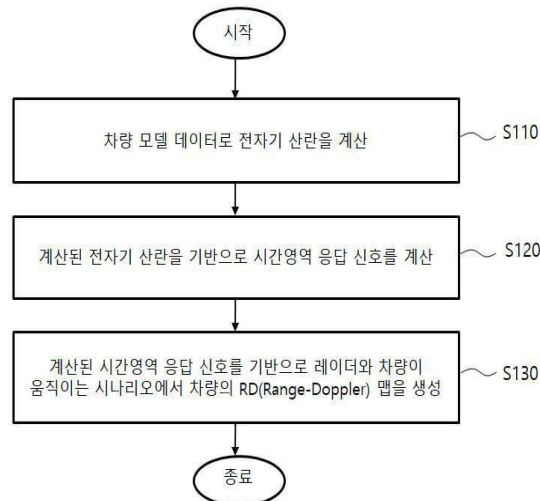
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 물리 광학 기반 효율적 시영역 신호 생성 알고리즘 및 시나리오 기반 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치

(57) 요약

물리 광학 기반 효율적 시영역 신호 생성 알고리즘 및 시나리오 기반 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치가 제시된다. 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법은, 차량 모델 데이터로 전자기 산란을 계산(scattering)을 계산하는 단계; 계산된 상기 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산하는 단계; 및 계산된 상기 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차량의 RD(Range-Doppler) 맵(map)을 생성하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B60W 60/0011 (2020.02)

G01S 13/50 (2013.01)

G01S 13/931 (2013.01)

G01S 7/40 (2013.01)

G01S 7/418 (2013.01)

B60W 2420/52 (2013.01)

B60W 2420/60 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102957
과제번호	2019-0-00098-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발사업
연구과제명	[Ezbaro] 차세대 전자파 해석 융합 소프트웨어 개발(2차년도)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하는 단계;

계산된 상기 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산하는 단계; 및

계산된 상기 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차량의 RD(Range-Doppler) 맵(map)을 생성하는 단계

를 포함하는, 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 차량 모델 데이터로 전자기 산란을 계산하는 단계는,

차량이 움직일 때마다 상기 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려하여 표적 차량의 지역 좌표계를 기준으로 입사각도를 계산한 후, 상기 입사각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적 차량의 전자장 수치해석을 수행하여 산란 행렬을 계산하는 단계

를 포함하는, 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 차량 모델 데이터로 전자기 산란을 계산하는 단계는,

상기 산란 행렬을 이용하여 레이더 방정식을 기반으로 편파가 고려된 시간영역 레이더 수신 신호의 크기를 계산하는 단계

를 더 포함하는, 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 시간영역 응답 신호를 계산하는 단계는,

상기 차량의 메시(mesh)들과 상기 레이더 사이의 거리들이 각각 다르므로 거리 빈(range bin)을 소정의 크기로 형성한 후, 빈(bin) 내에 들어오는 메시(mesh)들을 찾아 각 메시(mesh)들의 신호 크기를 더하여 하나의 임펄스 함수를 만들고, 상기 임펄스 함수의 위치와 실제 메시(mesh)의 위치와의 차이만큼 위상 보정하는 것

을 특징으로 하는, 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법.

청구항 5

차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하는 전자기 산란 산정부;

계산된 상기 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산하는 시간영역 응답 신호 산정부; 및

계산된 상기 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차량의 RD(Range-Doppler) 맵(map)을 생성하는 RD 맵 생성부

를 포함하는, 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 장치.

발명의 설명

기술분야

[0001] 아래의 실시예들은 차량과 같은 움직이는 물체의 시간영역(time domain) 신호의 생성을 위한 알고리즘에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 물리 광학 기반 효율적 시영역 신호 생성 알고리즘 및 시나리오 기반 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002]자율 주행이 발달하면서 최근 자율 주행 관련 사고가 빈번히 발생하는 가운데 더 정확한 차량용 시뮬레이터 개발의 필요성이 대두되고 있다. 차량용 레이더의 신호처리 방식은 일반적으로 FMCW(Frequency modulated continuous wave) 신호를 사용하며 정합 필터와 도플러(Doppler) 처리를 통해 표적의 거리와 속도를 추정한다. 자율 주행 차량 및 레이더가 이동하는 동적 환경에서 레이더의 RF 제원과 차량의 이동방향, 속도 등 다양한 시나리오를 고려하여 자율 주행 차량 모의실험을 하는 것은 매우 중요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0003] (비특허문헌 0001) Gibson, W. C., The method of moments in electromagnetics. CRC press, 2014.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 실시예들은 물리 광학 기반 효율적 시영역 신호 생성 알고리즘 및 시나리오 기반 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 실제 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하고, 이를 기반으로 시간영역 응답을 계산하는 기술을 제공한다.

[0005] 실시예들은 차량이 움직일 때마다 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려해 표적 차량의 지역 좌표계에서 입사각도를 계산한 후 해당 각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적의 전자장 수치해석을 수행하며, 레이더 방정식을 기반으로 레이더 수신 신호의 크기를 계산하는 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법은, 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하는 단계; 계산된 상기 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산하는 단계; 및 계산된 상기 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차량의 RD(Range-Doppler) 맵(map)을 생성하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0007] 상기 차량 모델 데이터로 전자기 산란을 계산하는 단계는, 차량이 움직일 때마다 상기 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려하여 표적 차량의 지역 좌표계를 기준으로 입사각도를 계산한 후, 상기 입사각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적 차량의 전자장 수치해석을 수행하여 산란 행렬을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 차량 모델 데이터로 전자기 산란을 계산하는 단계는, 상기 산란 행렬을 이용하여 레이더 방정식을 기반으로 편파가 고려된 시간영역 레이더 수신 신호의 크기를 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 시간영역 응답 신호를 계산하는 단계는, 상기 차량의 메시(mesh)들과 상기 레이더 사이의 거리들이 각각 다르므로 거리 빈(range bin)을 소정의 크기로 형성한 후, 빈(bin) 내에 들어오는 메시(mesh)들을 찾아 각 메시(mesh)들의 신호 크기를 더하여 하나의 임펄스 함수를 만들고, 상기 임펄스 함수의 위치와 실제 메시(mesh)의 위치와의 차이만큼 위상 보정할 수 있다.

[0010] 다른 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 장치는, 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하는 전자기 산란 산정부; 계산된 상기 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산하는 시간영역 응답 신호 산정부; 및 계산된 상기 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차

량의 RD(Range-Doppler) 맵(map)을 생성하는 RD 맵 생성부를 포함하여 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0011] 실시예들에 따르면 실제 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하고, 이를 기반으로 시간영역 응답을 계산하는 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치를 제공할 수 있다.
- [0012] 실시예들에 따르면 차량이 움직일 때마다 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려해 표적 차량의 지역 좌표계에서 입사각도를 계산한 후 해당 각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적의 전자장 수치해석을 수행하며, 레이더 방정식을 기반으로 레이더 수신 신호의 크기를 계산하는 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법의 시뮬레이션의 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 레이더 수신 신호를 계산하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 2D RD 맵의 예를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 레이더 수신 신호 계산 원리를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7a 및 도 7 b는 일 실시예에 따른 레이더 수신 신호 계산 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 2D 신호의 생성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 일 실시예에 따른 시나리오 맵의 예를 나타내는 도면이다.
- 도 10은 일 실시예에 따른 제1 차량의 RCS 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 11은 일 실시예에 따른 시나리오에 해당하는 1D 신호를 나타내는 도면이다.
- 도 12는 일 실시예에 따른 방법의 검증을 나타낸다.
- 도 13은 일 실시예에 따른 생성된 RD 맵의 예를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 설명한다. 그러나, 기술되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 또한, 여러 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0016] 아래의 실시예들은 차량과 같은 움직이는 물체의 시간영역(time domain) 신호의 생성을 위한 알고리즘에 관한 것으로, 실제 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하고, 이를 기반으로 시간영역 응답을 계산하는 효율적인 방법을 제안하며 제안한 방법을 수치적으로 검증한다. 이렇게 계산된 시간영역 신호를 기반으로 차량과 레이더가 움직이는 운용 시나리오에서 차량의 RD(Range-Doppler) 맵(map)을 계산하고 타당성을 제안한다.
- [0018] 도 1은 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법은, 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산하는 단계(S110), 계산된 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산하는 단계(S120), 및 계산된 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차량의 RD(Range-

Doppler) 맵(map)을 생성하는 단계(S130)를 포함하여 이루어질 수 있다.

- [0020] 여기서, 차량 모델 데이터로 전자기 산란을 계산하는 단계(S110)는, 차량이 움직일 때마다 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려하여 표적 차량의 지역 좌표계를 기준으로 입사각도를 계산한 후, 입사각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적 차량의 전자장 수치해석을 수행하여 산란 행렬을 계산하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 산란 행렬을 이용하여 레이더 방정식을 기반으로 편파가 고려된 시간영역 레이더 수신 신호의 크기를 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 아래에서 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법을 보다 구체적으로 설명한다.
- [0023] 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법은 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 장치를 예를 들어 설명할 수 있다.
- [0024] 도 2는 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 장치를 나타내는 블록도이다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 장치(200)는 전자기 산란 산정부(210), 시간영역 응답 신호 산정부(220) 및 RD 맵 생성부(230)를 포함하여 이루어질 수 있다. 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법/장치는 차량과 같은 움직이는 물체의 시영역 신호 생성을 위한 효율적인 알고리즘이다. 자율 주행 차량 레이더 모의 실험을 위해 차량 메시(mesh), 레이더 위치속도, 차량 위치속도, RF 제원, 편파 등을 입력 값으로 사용할 수 있다.
- [0026] 단계(S110)에서, 전자기 산란 산정부(210)는 차량 모델 데이터로 전자기 산란(scattering)을 계산할 수 있다.
- [0027] 전자기 산란 산정부(210)는 차량이 움직일 때마다 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려하여 표적 차량의 지역 좌표계를 기준으로 입사각도를 계산한 후, 입사각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적 차량의 전자장 수치해석을 수행하여 산란 행렬을 계산할 수 있다.
- [0028] 또한, 전자기 산란 산정부(210)는 산란 행렬을 이용하여 레이더 방정식(radar equation)을 기반으로 편파가 고려된 시간영역 레이더 수신 신호의 크기를 계산할 수 있다. 다시 말하면, 전자기 산란 산정부(210)는 물리 광학 차량 해석 후, 레이더 방정식을 기반으로 신호의 크기를 계산할 수 있으며, 이때 RCS, 거리감쇄, 레이더 빔 패턴 고려할 수 있다.
- [0029] 단계(S120)에서, 시간영역 응답 신호 산정부(220)는 계산된 전자기 산란을 기반으로 시간영역 응답 신호를 계산할 수 있다.
- [0030] 시간영역 응답 신호 산정부(220)는 차량의 메시(mesh)들과 레이더 사이의 거리들이 각각 다르므로 거리 빈(range bin)을 소정의 크기로 형성한 후, 빈(bin) 내에 들어오는 메시(mesh)들을 찾아 각 메시(mesh)들의 신호 크기를 더하여 하나의 임펄스 함수를 만들고, 임펄스 함수의 위치와 실제 메시(mesh)의 위치와의 차이만큼 위상 보정할 수 있다.
- [0031] 단계(S130)에서, RD 맵 생성부(230)는 계산된 시간영역 응답 신호를 기반으로 레이더와 차량이 움직이는 시나리오에서 차량의 RD(Range-Doppler) 맵을 생성할 수 있다. RD 맵 생성부(230)는 매치드 필터링(matched filtering)을 통한 거리 추정 및 도플러 프로세싱(Doppler processing)을 통한 표적과 레이더의 상대 속도 추정 알고리즘을 포함하고, 이를 통해 RD(Range-Doppler) 맵을 생성할 수 있다.
- [0033] 도 3은 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법의 시뮬레이션의 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0034] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법은 대규모 물체를 구성하는 다량의 메시(mesh)에 의한 시영역(time domain signal) 근사 신호를 계산하는 알고리즘을 제공할 수 있다. 다른 임의의 시나리오 상에 배치된 동적인 차량 모델에 의한 시영역 응답을 계산할 수 있으며 고려하는 차량 모델의 기하학적 구조(geometry)에 제한이 없다. 제안하는 시뮬레이션 방법은 시나리오 상 고려하는 차량 레이더의 주파수, 대역폭(bandwidth), 편파(polarization), 안테나 이득(antenna gain), 안테나 패턴(antenna pattern) 등 RF specification에 제한 없이 확장 가능하다.

[0035] 본 실시예에서 제안하는 레이더 시영역 응답 계산 알고리즘은 차량이 움직일 때마다 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려해 표적 차량의 지역 좌표계에서 입사각도를 계산한 후에 해당 각도로 물리 광학(Physical Optics)을 이용한 표적의 전자장 수치해석을 수행하며 레이더 방정식을 기반으로 레이더 수신 신호의 크기를 계산할 수 있다.

[0036] 먼저, 시뮬레이션에 필요한 레이더와 표적의 파라미터들을 설정할 수 있다. 레이더 관련 파라미터는 주파수, 대역폭, 송신 전력, 안테나 이득, 편파, 위치, 속도 등을 포함할 수 있다. 또한 표적 관련 파라미터는 위치, 속도, 방향 등이 포함될 수 있다.

[0037] 시나리오에서 레이더 및 차량의 위치를 고려하며 차량의 지역 좌표계를 기준으로 입사 각도를 계산한 후, 모노스태틱(monostatic) 산란 행렬을 계산할 수 있다. 여기에서는, 예를 들어 테슬라 차량 모델의 기하학 구조를 고려하며, 77만개로 이산화된 삼각형 메시(mesh)를 고려한다.

[0038] 차량 산란 행렬을 고주파 근사 방법인 물리 광학(Physical Optics, PO) 방법(비특허문헌 1)을 사용하여 계산할 수 있다. 레이더 방정식을 기반으로 편파가 고려된 시간 영역 레이더 수신 신호는 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0039] [수학식 1]

$$s(t) = A \left[S_{hh}(\hat{h}^i \cdot \hat{p}) \hat{h}^r + S_{vv}(\hat{v}^i \cdot \hat{p}) \hat{v}^r \right] \cdot \hat{p} \delta(t - 2R/c) \times e^{j2\pi f_c t}$$

[0040]

[0041] 여기서, $A = \sqrt{G^2 \lambda^2 P_t / (4\pi)^2 R^4}$ 이며, G는 안테나 이득, R은 표적과 레이더 사이의 거리, P_t는 송신전력, λ는 파장, f_c는 반송 주파수를 나타낸다. 안테나 패턴은 Gaussian 빔을 가정한다. $\hat{p}$ 는 레이더의 송신파

의 편파를 나타낸다. S_{hh}와 S_{vv}는 각각 수평/수직 편파에 대한 동일 편파 산란 행렬을 나타낸다. $\hat{h}^i$ 및 $\hat{v}^i$ 는

각 입사파에 대한 수평/수직 편파를 나타낸다. 또한 $\hat{h}^r$ 및 $\hat{v}^r$ 는 반사파에 대한 수평/수직 편파를 나타낸다. [수학식 1]에서 교차 편파 산란 행렬 S_{hv}와 S_{vh}는 S_{hh}와 S_{vv}에 비해 크기가 매우 작으므로 무시되었다. 수신 신호는 IF(Intermediate Frequency) 대역에서 기준 신호와 정합 필터를 통과한 후 펄스 압축을 통해 표적의 거리를 추정할 수 있다. 차량의 모든 메시(mesh)에 의한 시간 응답의 펄스 압축 신호는 해석적으로 다음 식과 같이 표현된다.

[0042] [수학식 2]

$$s_{Anal}(t) = \sum_{i=1}^N e^{j\phi_i} T \text{sinc}(BW(t - \tau_i) \Lambda) \Lambda$$

[0043]

[0044] 여기서, $\phi_i = 2\pi(f_{IF}t - f_c \tau_i)$ 이며, f_{IF}는 IF 주파수이다. N은 차량 메시(mesh) 개수이며, τ_i는 i 번째 차량 메시(mesh)의 시간지연으로 $\tau_i = 2R_i/c$ 이며, 여기서 R_i와 c는 거리 및 빛의 속도이다. BW는 대역폭이며, T는 chirp 신호의 주기이다. Λ는 $(t - \tau_i)/T$ 를 입력으로 갖는 삼각 함수이며, [수학식 2]의 계산 복잡도는 O(NM)이다. 여기서 N과 M은 차량의 메시(mesh) 개수와 거리 샘플링 개수이다. IF 대역에서 나이퀴스트 샘플링 조건을 만족하기 위해 요구되는 거리 샘플링 수는 매우 많으며, 차량의 메시(mesh) 개수 또한 매우 많기 때문에 [수학식 2]를 기반으로 레이더 수신 신호를 계산하는 것은 비효율적이다. 따라서 본 실시예에서 제안하는 방법은 다음과 같다.

[0045] 도 4는 일 실시예에 따른 레이더 수신 신호를 계산하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0046] 도 4에 도시된 바와 같이, [수학식 1]을 기반으로 계산된 임펄스 응답을 시간 지연에 따라 순차적으로 나열하고 거리 빈(range bin) 안에 해당되는 임펄스들을 코히런트하게 통합한다. 샘플링 기준 시간을 T_s 라고 할 때 $\exp(j2\pi(-f_c\tau_i + f_{IF}T_s))$ 만큼 위상을 곱하여 보정한다. 위상 보정을 통해 거리 빈 안에서 통합된 신호를 $s_I(t)$ 라 하고 펄스 압축된 기준 신호를 $s_{Ref}(t)$ 라 할 때 차량에 의해 반사된 레이더 수신 신호는 다음과 같이 표현된다.

[0047] [수학식 3]

[0048]
$$s_{Appr}(t) = s_I(t) * s_{Ref}(t)$$

[0049] 여기서, *는 컨볼루션을 나타낸다.

[0050] 표 1은 시뮬레이션을 위해 고려하는 파라미터를 나타낸다.

[0051] [표 1]

반송주파수	77 GHz	IF주파수	1 GHz
송신전력	17.8 mW	대역폭	1 GHz
편파	v-pol.	안테나이득	24 dB
레이다위치	[0 0 0] m	표적위치	[30 0 0] m
레이다속도	3 m/s	표적속도	6 m/s
안테나빔폭	40 deg	거리해상도	15 cm

[0052]

[0053] 모든 거리 영역에서 [수학식 2]를 통해 계산한 해석적인 결과와 본 실시예에서 제안한 근사화 방법이 모든 거리 빈에 대해 매우 잘 일치한다.

[0054] 표 2는 제안한 근사화 방법과 해석적 방법의 시뮬레이션 시간을 비교하여 나타낸 것이다.

Approximated method	Analytic solution
2,250 s	2 s

[0055]

[0056] 제안한 근사화 방법과 해석적 방법의 시뮬레이션 시간을 비교하면 제안한 방법이 1,260배 효율적이다.

[0057] 도 5는 일 실시예에 따른 2D RD 맵의 예를 나타내는 도면이다.

[0058] 도 5를 참조하면, 여러 주기의 신호를 송수신 시 레이더와 차량의 움직임에 의한 도플러 효과를 고려하여 2D RD 맵을 생성할 수 있다. 예를 들어, 30 m의 거리와 3 m/s의 시선 속도에서 표적의 신호가 발생하는 것을 알 수 있다. 레이더와 표적의 상대속도를 고려할 때 추정 속도가 상대 속도 차이와 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다.

[0059] 이와 같이, 실시예들은 물리 광학 방법을 사용하여 차량의 산란을 해석하고 이를 기반으로 레이더의 시간 영역 수신 신호를 계산하기 위한 수치적 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 해석적인 기법의 결과와 비교를 통해 수치적으로 검증하였으며 제안된 방법의 시간 효율성을 정량적으로 제시하였다. 또한 자율 주행 시나리오에서 도플러 효과를 고려한 RD 맵을 도출하였고 결과에 대한 수치적 타당성을 제시하였다.

[0061] 도 6은 일 실시예에 따른 레이더 수신 신호 계산 원리를 설명하기 위한 도면이다.

[0062] 도 6을 참조하면, 차량용 레이더는 FMCW(Frequency modulated continuous wave)를 이용하는데 원래의 exact한 신호 계산은 차량의 RCS, 레이더의 빔 패턴 등을 고려한 신호 크기에 주파수가 시간에 따라 변하는 chirp 신호를 곱해서 신호를 생성할 수 있다. 이때 chirp는 한 주기를 이용한다.

[0063] 그러면 메시(mesh) 1개당 신호 1개로 메시(mesh) 수와 동일한 신호 수가 생기고, 이 신호들을 합쳐서 백과 매치트 필터링(matched filtering)하면 펄스 압축(pulse compression)된 1D 신호가 생성되어 표적 차량과 레이더 사이의 거리 정보를 포함할 수 있다. 이때 해당 시뮬레이션의 메시(mesh) 수가 77만개로 매우 많아 신호를 이

방식대로 처리하는 데에 시간이 오래 걸린다.

[0064] 도 7a 및 도 7 b는 일 실시예에 따른 레이더 수신 신호 계산 알고리즘을 설명하기 위한 도면이다.

[0065] 도 7 a 에 도시된 바와 같이, 일 실시예에 따르면 계산 시간을 줄이기 위해 임펄스 함수를 이용한 새로운 알고리즘을 사용할 수 있다. 차량(710)의 메시(mesh)들과 레이더(720) 사이의 거리들이 제각기 다른데 거리 빈(730)을 사이즈를 정해서 만들고, 해당 빈 안에 들어오는 메시(mesh)들을 찾아서 각 메시(mesh)들의 신호 크기를 더해서 하나의 임펄스 함수로 만들 수 있다. 이때 생성하는 임펄스 함수의 위치가 실제 메시(mesh)의 위치와 차이가 발생하는데 이 차이만큼을 위상 보정할 수 있다.

[0066] 도 7 b에 도시된 바와 같이, 각 빈마다 한 개의 임펄스를 생성한 후, exact에서 매치트 필터(matched filter)를 통과한 다음 수학적식을 컨볼루션할 수 있다.

[0067] [수학적식 4]

$$e^{j2\pi(f_{IF}t)} \text{sinc}(BW(t)\Lambda(\frac{t}{T}))T\Lambda(\frac{t}{T})$$

[0069] 컨볼루션은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0070] [수학적식 5]

$$e^{j2\pi(f_{IF}t)} \text{sinc}(BW(t)\Lambda(\frac{t}{T}))T\Lambda(\frac{t}{T}) * \delta(t - \tau_s) \sum_t^N e^{j2\pi(f_{IF}\tau_s - f_c\tau_{ti})}$$

[0071]

$$\begin{pmatrix} R_{ti} = \text{실제 mesh 위치} \\ \tau_{ti} = \frac{2R_{ti}}{c} \\ N = 1\text{개의 bin 안에 있는 mesh 수} \end{pmatrix}$$

[0072]

[0073] 도 8은 일 실시예에 따른 2D 신호의 생성을 설명하기 위한 도면이다.

[0074] 도 8에 도시된 바와 같이, 이 후 도플러(Doppler) 주파수와 여러 주기의 chirp 신호들을 이용해서 2D 신호를 만드는데 아래 그림과 같이 주기 수만큼 쌓게 된다. 여기서, FFT(Fast Fourier Transform)를 이용해서 도플러 프로세싱(Doppler processing) 하면 속도 정보를 얻게 되고 RD 맵을 생성할 수 있다.

[0075] 도 9는 일 실시예에 따른 시나리오 맵의 예를 나타내는 도면이다.

[0076] 도 9를 참조하면, 레이더와 제1 차량(910), 제2 차량(920) 및 제3 차량(930)이 존재하는 시나리오 맵을 가정한다. 여기서, 제2 차량(920) 및 제3 차량(930)은 정지되어 있고, 제1 차량(910)은 15m/s로 이동하는데 레이더의 왼쪽 차선에서 레이더 차량의 차선으로 들어오고 레이더의 오른쪽 차선으로 이동한다.

[0077] 도 10은 일 실시예에 따른 제1 차량의 RCS 분포를 나타내는 도면이다.

[0078] 도 10에 도시된 바와 같이, 레이더 차량이 제1 차량의 후면에 위치하므로 후면에서 입사되는 전자파를 이용한 산란파와 RCS를 계산하게 되고, 계산된 RCS를 차량 메시(mesh)에 입혀 RCS 분포를 표현할 수 있다.

[0079] 도 11은 일 실시예에 따른 시나리오에 해당하는 1D 신호를 나타내는 도면이다.

[0080] 도 11에 도시된 바와 같이, 시나리오에 해당하는 매치트 필터(matched filter) 통과 후 1D 신호를 나타내며, 시나리오 초반의 RD 맵으로 제2 차량이 제1 차량에 가려진 경우를 나타낸다.

[0081] 도 12는 일 실시예에 따른 방법의 검증을 나타낸다.

[0082] 도 12에 도시된 바와 같이, 원래의 신호처리 방법으로 펄스 압축(pulse compression)된 신호와 임펄스 함수 생성으로 컨볼루션한 신호를 비교함으로써 검증할 수 있다.

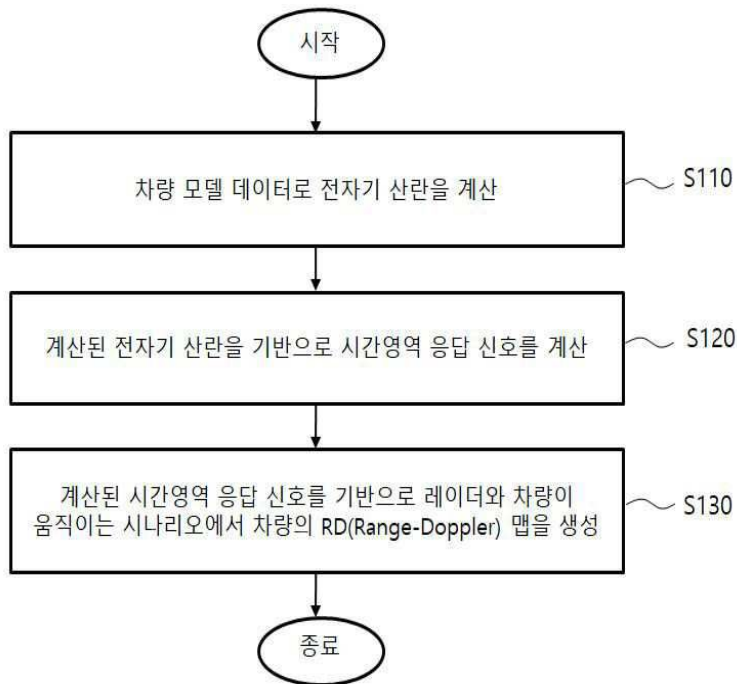
[0083] 원래의 신호처리 방법인 펄스 압축된 신호의 처리 시간은 2513sec이고, 임펄스 함수 생성으로 컨볼루션한 신호의 처리 시간은 2sec이다. 따라서, 실시예들에 따른 방법이 대략 1260배 빨라지며 효율적임을 보여준다.

[0084] 도 13은 일 실시예에 따른 생성된 RD 맵의 예를 나타낸다.

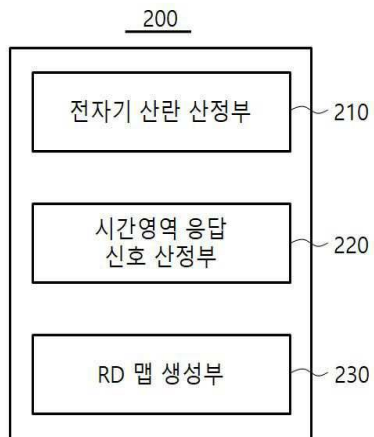
- [0085] 도 13에 도시된 바와 같이, 표적 차량의 위치와 속도 정보를 읽는 데에 가독성을 향상시킬 수 있다. 이는, 시나리오 초반의 RD 맵으로 제2 차량이 제1 차량에 가려진 경우를 나타낸다.
- [0086] 실시예들에 따르면 차량이 움직일 때마다 레이더가 표적 차량을 향하는 각도를 고려해 표적 차량의 지역 좌표계에서 입사각도를 계산한 후, 해당 각도로 물리 광학(physical optics)을 이용한 표적의 전자장 수치해석을 수행하며, 레이더 방정식을 기반으로 레이더 수신 신호의 크기를 계산함으로써 자율 주행 차량 레이더 모의 실험 방법 및 장치를 제공할 수 있다.
- [0088] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0089] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0090] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 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.
- [0091] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0092] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

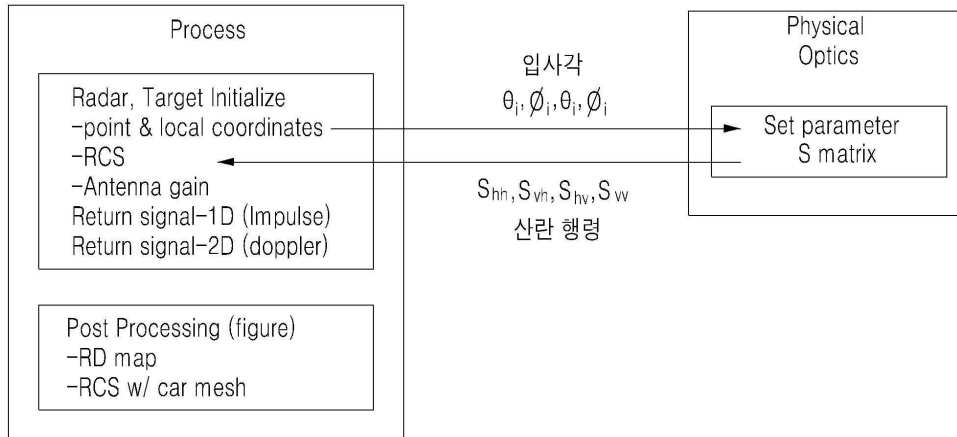
도면1



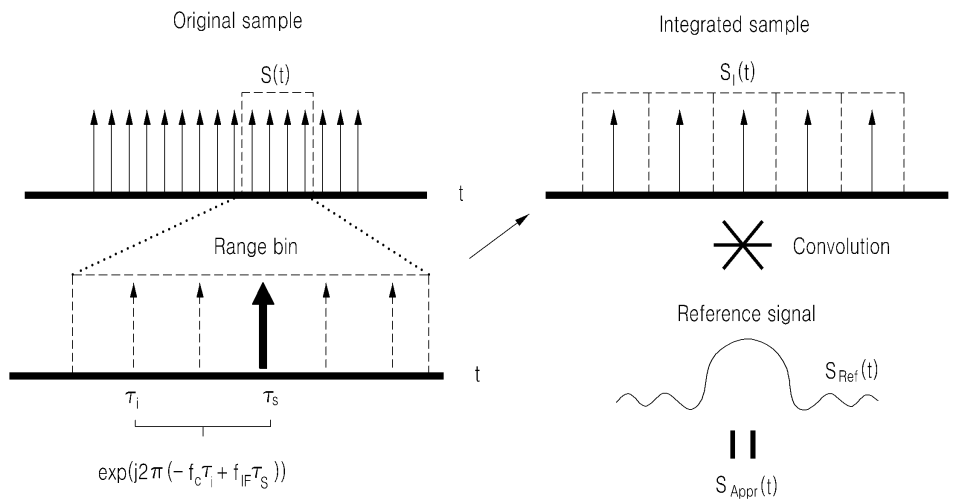
도면2



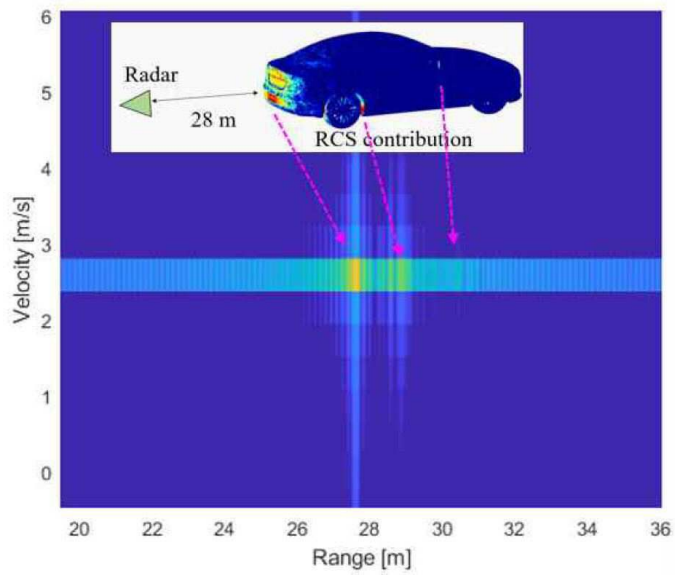
도면3



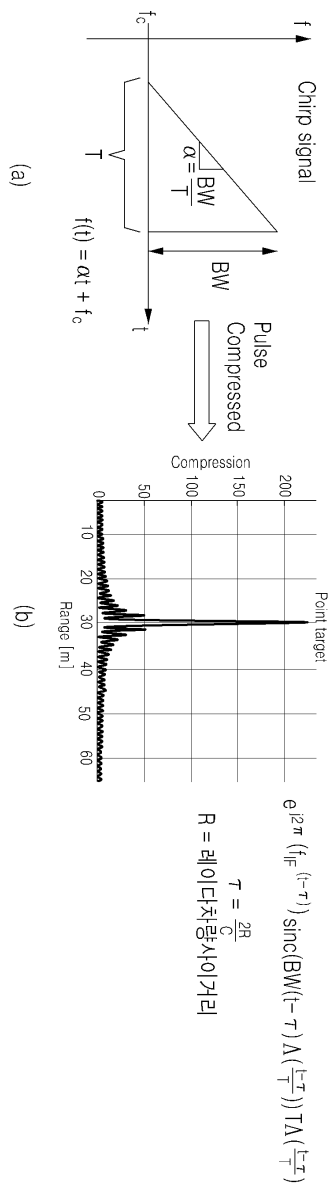
도면4



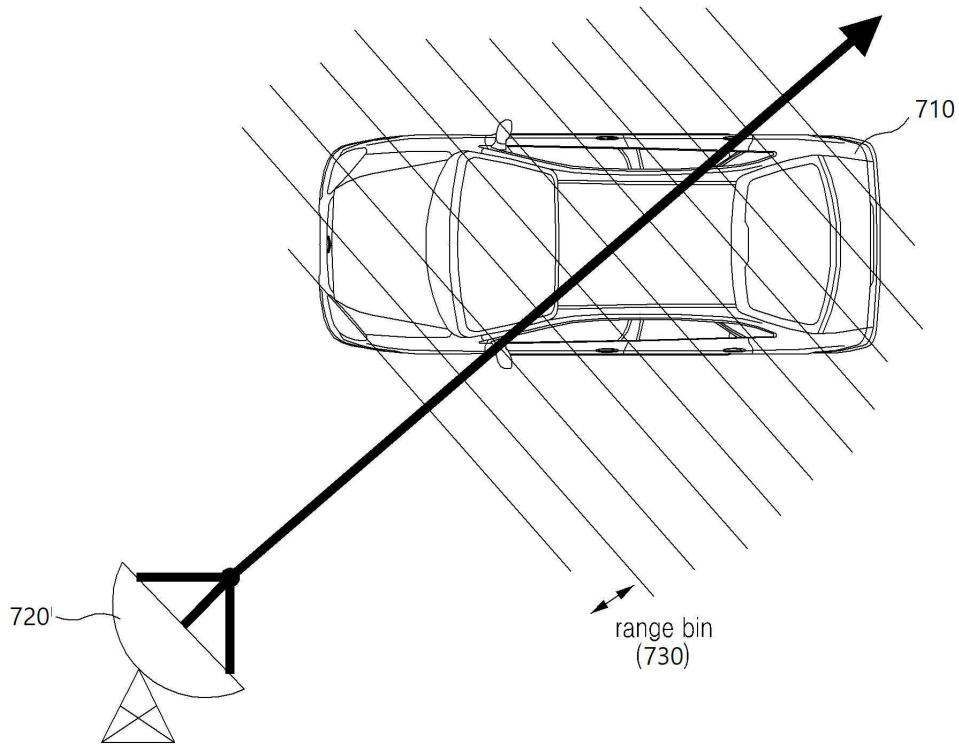
도면5



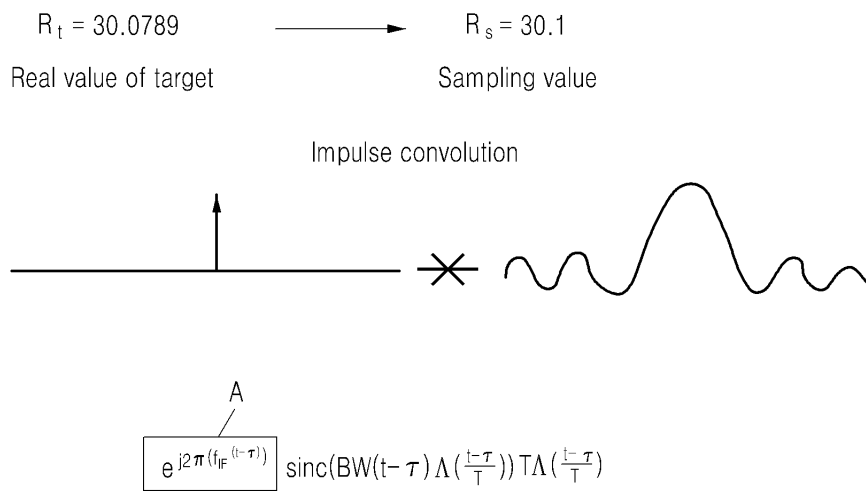
도면6



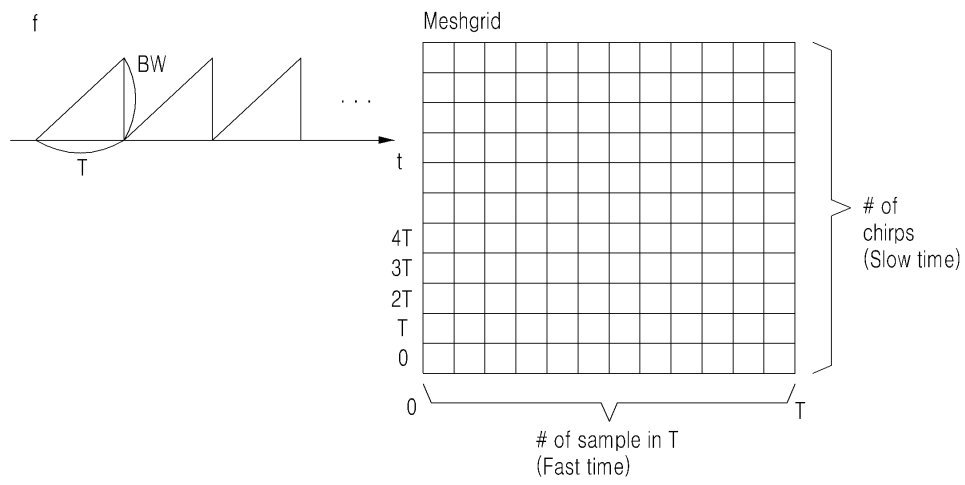
도면7a



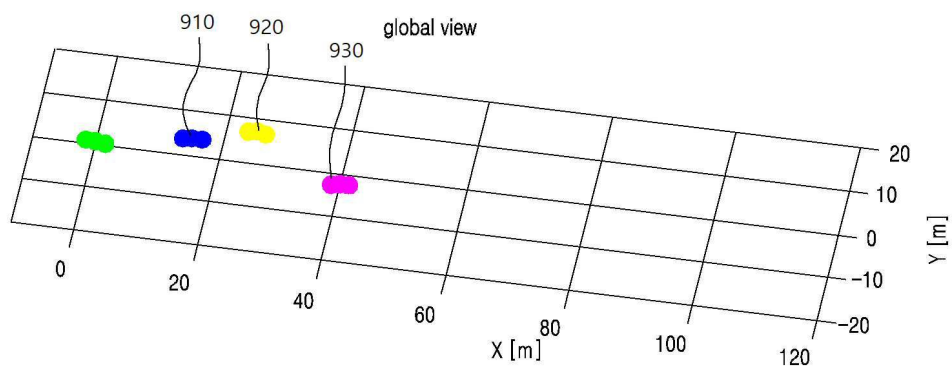
도면7b



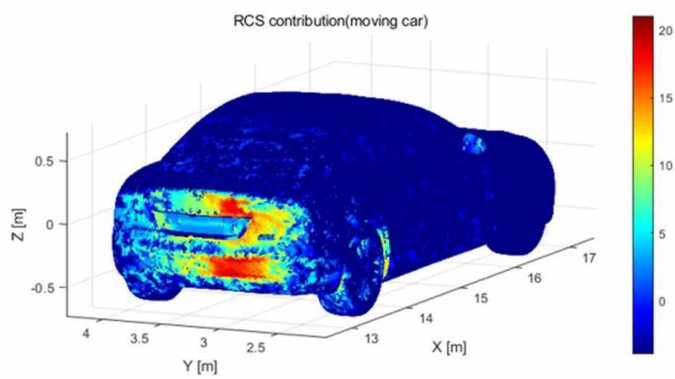
도면8



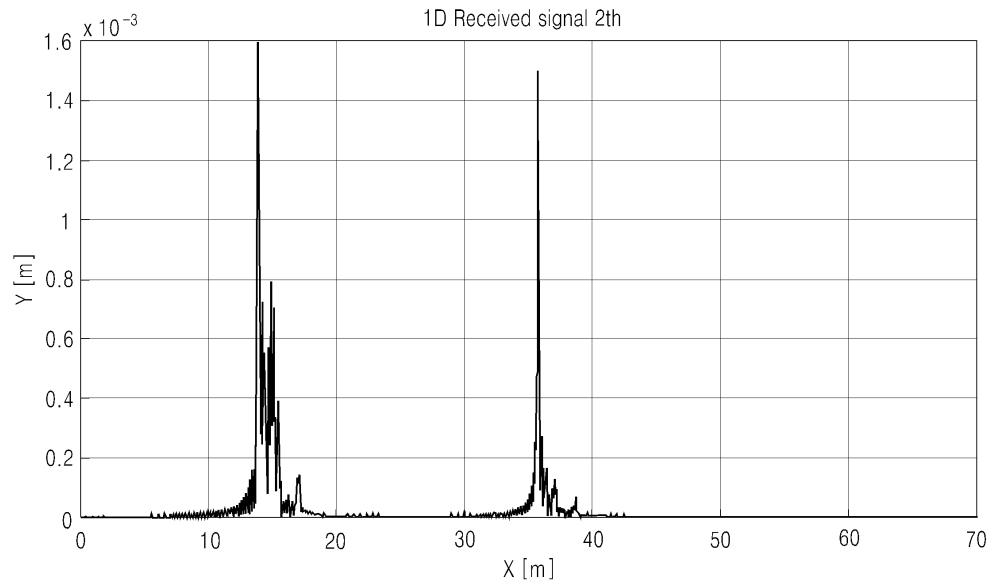
도면9



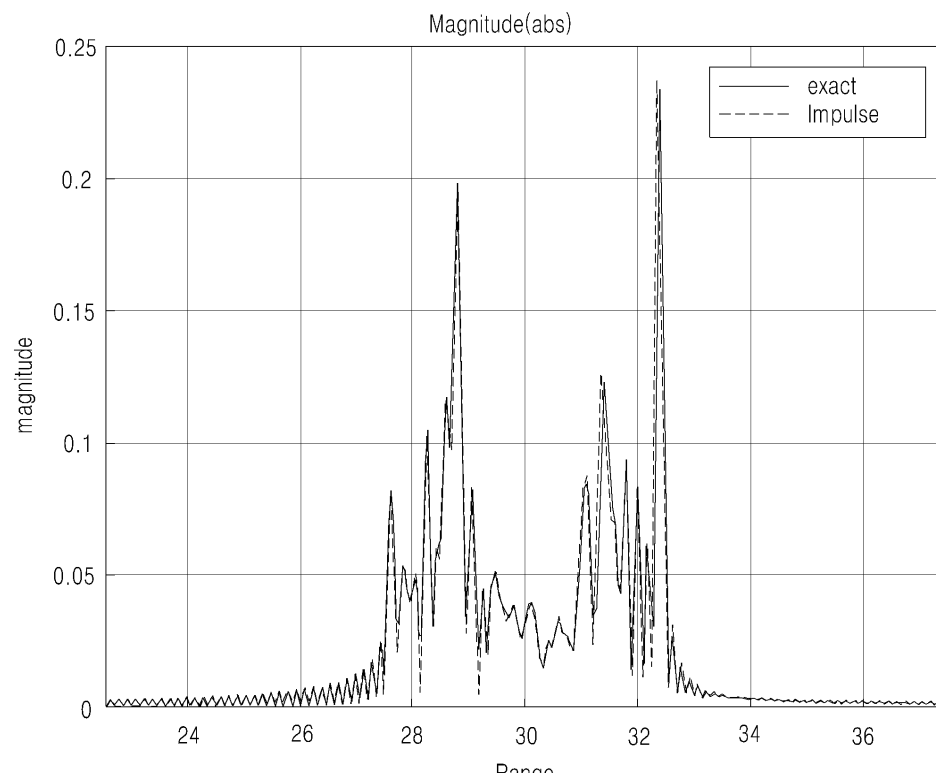
도면10



도면11



도면12



도면13

