



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월12일
(11) 등록번호 10-2076048
(24) 등록일자 2020년02월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 13/02 (2006.01) G01S 13/536 (2006.01)
G01S 13/93 (2020.01) G01S 7/35 (2006.01)

(73) 특허권자
홍익대학교 산학협력단

(52) CPC특허분류
H01Q 13/02 (2013.01)
G01S 13/536 (2013.01)

(72) 발명자
류성준

(21) 출원번호 10-2018-0112096

추호성

(22) 출원일자 2018년09월19일
심사청구일자 2018년09월19일

(56) 선행기술조사문헌

(뒷면에 계속)

KR101306789 B1*

(74) 대리인

KR101872324 B1*

방영석, 강태훈, 나선균

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 2 항

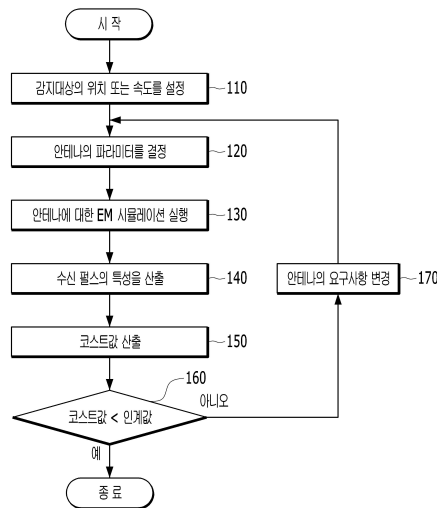
심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 FMCW 레이더를 위한 안테나 설계 방법

(57) 요약

FMCW 레이더를 구성하는 안테나를 설계할 수 있는 안테나 설계 방법이 개시된다. 개시된 설계 방법에 따르면, 안테나의 형상을 결정하는 파라미터를 설정하고, 해당 파라미터에서 안테나의 전기자기적 특성을 시뮬레이션을 통해 산출한다. 산출된 안테나의 전기자기적 특성을 이용하여 안테나를 포함하는 FMCW 레이더의 성능을 평가하고, 평가 결과에 따라 안테나의 파라미터를 재설정하여 다시 절차를 수행할 수 있다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류
G01S 13/931 (2013.01)
G01S 7/35 (2013.01)
- (72) 발명자
변강일

김한중

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1A6A1A03031833
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 대학중점연구소지원사업
연구과제명 메타물질 융합 핵심요소기술 연구
기 여 율 1/1
주관기관 홍익대학교산학협력단
연구기간 2015.09.01 ~ 2024.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

FMCW 레이더에 사용되는 안테나를 설계하는 방법에 있어서,

상기 FMCW 레이더로 감지할 감지 대상의 위치 또는 속도를 설정하는 단계;

상기 안테나에 대한 요구 사양에 따라 상기 안테나의 파라미터를 결정하는 단계;

상기 안테나에 대해 EM(ElectroMagnetic) 시뮬레이션을 수행하여 상기 안테나의 특성을 결정하는 단계;

상기 안테나를 통해 전송된 상기 FMCW 레이더의 전송 펄스가 상기 감지 대상에 반사되어 상기 안테나를 통해 수신된 수신 펄스의 특성을 상기 안테나의 특성을 고려하여 산출하는 단계; 및

상기 수신 펄스의 특성으로부터 코스트값을 산출하고, 상기 산출된 코스트값에 따라 상기 안테나를 상기 FMCW 레이더를 위한 안테나로 선택하는 단계

를 포함하고,

상기 안테나는 혼(Horn) 안테나이고, 상기 안테나의 파라미터는 상기 혼 안테나의 개구의 가로 길이 또는 세로 길이를 포함하고,

상기 안테나에 대한 요구사항은 상기 안테나의 반전력 빔폭 특성(Half-Power Beamwidth)이고,

상기 안테나로 선택하는 단계는,

상기 산출된 코스트값을 미리 결정된 임계값과 비교하고,

상기 산출된 코스트값이 상기 임계값 보다 작은 경우에 상기 안테나를 상기 FMCW 레이더를 위한 안테나로 선택하고,

상기 산출된 코스트값이 상기 임계값과 같거나 큰 경우에

상기 안테나에 대한 요구 사양을 변경하는 단계;

상기 변경된 요구 사양에 따라 상기 안테나의 파라미터를 재결정하는 단계

를 더 포함하고,

상기 감지 대상은 복수이고,

상기 수신 펄스의 특성은 상기 각 감지 대상에 반사된 수신 펄스들의 세기의 평균값 및 상기 수신 펄스들의 세기의 분산값이고,

상기 코스트값은 하기 수학식1에 따라서 산출되는 안테나 설계 방법.

[수학식 1]

$$Cost = c \cdot (\alpha \cdot \sigma - \beta \cdot \mu) + 1$$

여기서, $Cost$ 는 상기 코스트값이고, α , β , c 는 상수이다.

μ 는 상기 수신 펄스들의 세기의 평균값으로 하기 수학식 2에 따라서 산출되고, σ 는 상기 수신 펄스들의 세기의 분산값으로 하기 수학식 3에 따라서 산출됨.

[수학식 2]

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^{N_{target}} A_k}{N_{target}}$$

여기서, N_{target} 는 상기 감지 대상 또는 상기 수신 펄스의 개수이고, k 는 상기 감지 대상 또는 상기 수신 펄스의 인덱스이고, A_k 는 k 번째 수신 펄스의 세기를 나타낸다.

[수학식 3]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{N_{target}} (A_k - \mu)^2}{N_{target}}}$$

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

하기의 실시예들은 FMCW 레이더를 구성하는 안테나를 설계하는 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 EM 시뮬레이션(Electromagnetic Simulation)을 이용하여 안테나 특성을 시뮬레이션 하고, 이를 이용하여 FMCW 레이더의 감

[0001]

지 성능을 추정함으로써, FMCW 레이더의 성능을 유지시키는 설계의 안테나를 선택하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이더는 운전자가 보행자, 차선 및 기타 차량을 인식하는데 도움을 주기 위하여 사용될 수 있다. 특히 FMCW(Frequency-Modulated Continuous Wave) 레이더 시스템은 저비용으로 간단히 구현할 수 있으면서도 혹독한 기상조건에서도 높은 신뢰성을 보여주고 있으므로 자동차와 관련한 여러 애플리케이션에서 널리 사용되고 있다.

[0003] FMCW 레이더 시스템은 대개 RF 장치, 신호처리 모듈 및 안테나로 구성된다. FMCW 레이더 시스템의 성능은 신호 대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)에 크게 영향을 받는다. 따라서, FMCW레이더를 구성하는 안테나의 이득, 방사패턴, 반전력 빔폭 특성(Half-Power Beamwidth)은 송수신되는 신호의 강도를 최대화하기 위해 신중하게 결정되어야만 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 하기의 실시예들은 FMCW 레이더의 성능을 체계적으로 추정하는 것을 목적으로 한다.

[0005] 하기의 실시예들은 교통 환경에서 서로 다른 속도로 이동하는 복수의 타겟을 추적하는 FMCW 레이더를 시뮬레이션하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 예시적 실시예에 따르면, FMCW 레이더에 사용되는 안테나를 설계하는 방법에 있어서, 상기 FMCW 레이더로 감지할 감지 대상의 위치 또는 속도를 설정하는 단계, 상기 안테나에 대한 요구 사양에 따라 상기 안테나의 파라미터를 결정하는 단계, 상기 안테나에 대해 EM(ElectroMagnetic) 시뮬레이션을 수행하여 상기 안테나의 특성을 결정하는 단계, 상기 안테나를 통해 전송된 상기 FMCW 레이더의 전송 펄스가 상기 감지 대상에 반사되어 상기 안테나를 통해 수신된 수신 펄스의 특성을 상기 안테나의 특성을 고려하여 산출하는 단계 및 상기 수신 펄스의 특성으로부터 코스트값을 산출하고, 상기 산출된 코스트값에 따라 상기 안테나를 상기 FMCW 레이더를 위한 안테나로 선택하는 단계를 포함하는 안테나 설계 방법이 개시된다.

[0007] 여기서, 상기 안테나는 혼(Horn) 안테나 이고, 상기 안테나의 파라미터는 상기 혼 안테나의 개구의 가로 길이 또는 세로 길이를 포함할 수 있다.

[0008] 그리고, 상기 안테나에 대한 요구사항은 상기 안테나의 반전력 빔폭 특성(Half-Power Beamwidth)일 수 있다.

[0009] 또한, 상기 안테나의 특성은 상기 안테나의 이득(Gain), 빔패턴(Beam Pattern), 지면 반사(ground reflection) 중에서 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 감지 대상은 복수이고, 상기 수신 펄스의 특성은 상기 각 감지 대상에 반사된 수신 펄스들의 세기의 평균값 및 상기 수신 펄스들의 세기의 분산값일 수 있다.

[0011] 그리고, 상기 코스트값은 하기 수학식1에 따라서 산출될 수 있다.

[0013] [수학식 1]

$$Cost = c \cdot (\alpha \cdot \sigma - \beta \cdot \mu) + 1$$

[0015] 여기서, $Cost$ 는 상기 코스트값이고, α , β , c 는 상수이다.

[0018] μ 는 상기 수신 펄스들의 세기의 평균값으로 하기 수학식 2에 따라서 산출되고, σ 는 상기 수신 펄스들의 세기의 분산값으로 하기 수학식 3에 따라서 산출됨.

[0020] [수학식 2]

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^{N_{target}} A_k}{N_{target}}$$

[0022]

[0024] 여기서, N_{target} 는 상기 감지 대상 또는 상기 수신 펄스의 개수이고, k 는 상기 감지 대상 또는 상기 수신 펄스의 인덱스이고, A_k 는 k 번째 수신 펄스의 세기를 나타낸다.

[0026] [수학식 3]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{N_{target}} (A_k - \mu)^2}{N_{target}}}$$

[0028]

[0030] 또한, 상기 안테나로 선택하는 단계는, 상기 산출된 코스트값을 미리 결정된 임계값과 비교하고, 상기 산출된 코스트값이 상기 임계값 보다 작은 경우에 상기 안테나를 상기 FMCW 레이더를 위한 안테나로 선택할 수 있다.

[0031] 여기서, 상기 산출된 코스트값이 상기 임계값과 같거나 큰 경우에, 상기 안테나에 대한 요구 사양을 변경하는 단계 및 상기 변경된 요구 사양에 따라 상기 안테나의 파라미터를 재결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0032] 하기의 실시예들에 따르면, FMCW 레이더의 성능을 체계적으로 추정할 수 있다.

[0033] 하기의 실시예들은 교통 환경에서 서로 다른 속도로 이동하는 복수의 타겟을 추적하는 FMCW 레이더를 시뮬레이션할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 예시적 실시예에 따른 안테나 설계 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

도 2는 예시적 실시예에 따른 감지 대상의 분포를 도시한 도면이다.

도 3은 예시적 실시예에 따른 혼 안테나의 형상을 도시한 도면이다.

도 4는 예시적 실시예에 따라 처프를 전송하고 수신하는 개념을 도시한 도면이다.

도 5는 예시적 실시예에 따라 복수의 펄스를 이용하여 감지 대상의 위치를 추정하는 개념을 도시한 도면이다.

도 6은 수직 방향 및 수평 방향의 반전력 빔폭에 따른 코스트를 도시한 도면이다.

도 7은 비용함수의 값에 따른 정면 이득의 변화를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0036] 도 1은 예시적 실시예에 따른 안테나 설계 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[0037] 단계(110)에서, 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 감지해야 할 감지 대상의 위치 또는 속도를 설정한다.

[0039] 도 2는 예시적 실시예에 따른 감지 대상의 분포를 도시한 도면이다.

[0040] 도 2에 따르면, 안테나(210)를 설계하기 위하여 9개의 감지 대상(281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289)이 사용될 수 있다. 일실시예에 따르면, 각각의 감지 대상(281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289)은 직경 50mm의 구형이며, 수직 간격(241)은 10m, 수평 간격(222, 223)은 20m, 25m로 결정될 수 있다. 안테

나(210)와 제1 열의 감지 대상(281, 284, 287)간의 거리는 5m일 수 있다.

- [0041] 일측에 따르면, 각각의 행에 있는 감지 대상의 속도는 서로 다르게 설정될 수 있다. 예를 들어, 제1 행에 포함된 감지 대상(281, 282, 283)들은 10m/s의 속도로 이동할 수 있고, 제2 행에 포함된 감지 대상(284, 285, 286)들은 고정될 수 있다(속도 0m/s). 또한, 제3 행에 포함된 감지 대상(287, 287, 289)들은 -10m/s의 속도로 이동할 수 있다.
- [0042] 또한, 안테나(210)가 설치된 높이(270)와 각 감지 대상(281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289)들이 설치된 높이(271)은 모두 1m로 결정될 수 있다.
- [0043] 또한 안테나(210)와 감지 대상(281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289)이 설치된 바닥의 재료는 비유전율(relative dielectric constant)이 7이고, 전도도(conductivity)가 0.08S/m인 콘트리트일 수 있다.
- [0045] 단계(120)에서, 안테나 설계 장치는 안테나에 대한 요구 사양에 따라 안테나의 파라미터를 결정할 수 있다. 안테나에 대한 요구 사양은 안테나의 반전력 빔폭 특성(Half-Power Beamwidth)일 수 있다. 또한, 안테나는 혼(Horn)안테나일 수 있고, 안테나의 파라미터는 혼 안테나의 개구의 가로 길이 또는 세로 길이를 포함할 수 있다.
- [0047] 도 3은 예시적 실시예에 따른 혼 안테나의 형상을 도시한 도면이다.
- [0048] 안테나는 폭이 3mm이고, 높이가 2mm인 직사각형 도파관을 사용할 수 있으며, 안테나의 전체 길이는 74mm일 수 있다.
- [0049] 혼 안테나에 있어 개구의 가로 길이(320)와 개구의 세로 길이(310)는 반전력 빔폭 특성 및 정면에서의 이득(bore-sight gain)을 확보하기 위한 매우 중요한 파라미터이다.
- [0050] 예를 들어, 개구의 세로 길이 ax(310)가 19.2mm에서 4.1mm로 변경되면, 수직 방향의 반전력 빔폭 특성(Half-Power Beamwidth)은 10도에서 50도로 변경될 수 있다. 또한, 개구의 가로길이 ay(320)이 30mm에서 3.8mm로 변경되면 수평 방향의 반전력 빔폭 특성은 20도에서 60도로 변경될 수 있다.
- [0052] 단계(130)에서, 안테나 설계 장치는 파라미터가 결정된 안테나에 대해 EM(ElectroMagnetic) 시뮬레이션을 수행하여 안테나의 특성을 결정한다. 일측에 따르면, 단계(120)에서, 안테나의 구체적인 형상이 결정될 수 있다. 이 경우에, 안테나 설계 장치는 형상이 결정된 안테나에 대해서 EM(ElectroMagnetic) 시뮬레이션을 수행하여 안테나의 특성을 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 안테나의 특성은 안테나의 이득(Gain), 빔패턴(Beam Pattern), 지면 반사(ground reflection) 중에서 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0054] 단계(140)에서, 안테나 설계 장치는 특성이 결정된 안테나를 통해 FMCW 레이더의 전송 펄스가 전송되고, 전송 펄스가 감지 대상에 반사되어 특성이 결정된 안테나를 통해 수신된 수신 펄스의 특성을 산출할 수 있다.
- [0056] 도 4는 예시적 실시예에 따라 처프를 전송하고 수신하는 개념을 도시한 도면이다.
- [0057] 도 4에서, 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 특성이 결정된 안테나를 통해서 제1 처프(411, chirp)를 전송(413)하는 것을 시뮬레이션 한다.. 처프는 시간에 따라 주파수가 변경되는 펄스의 일종으로 FMCW 레이더는 이 처프를 이용하여 감지 대상의 위치를 추정할 수 있다. 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 감지 대상(412)에 반사된 제1 처프를 수신(414)하는 것을 시뮬레이션 할 수 있다.
- [0058] 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 제2 처프(421)를 전송하는 것을 시뮬레이션 할 수 있다. 감지 대상(422)은 처음 위치에서 안테나로부터 멀어지는 방향으로 Δd 만큼 이동할 수 있다. 전송된 제2 처프(421)는 감지 대상(422)에 반사될 수 있다. 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 감지 대상(422)에 반사된 제2 처프를 수신하는 것을 시뮬레이션 할 수 있다.
- [0059] 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 제3 처프(431)를 전송하는 것을 시뮬레이션 할 수 있다. 감지 대상(432)은 처음 위치에서 안테나로부터 멀어지는 방향으로 $2\Delta d$ 만큼 이동할 수 있다. 전송된 제3 처프(431)는 감지 대상(432)에 반사될 수 있다. 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 감지 대상(432)에 반사된 제3 처프를 수신하는 것을 시뮬레이션 할 수 있다.
- [0060] 유사한 방법으로, 안테나 설계 장치는 FMCW 레이더가 제119번째 처프(441)를 전송하고, 감지 대상(442)에 반사된 제119번째 처프를 수신하는 것을 시뮬레이션 할 수 있다.

[0061] 안테나 설계 장치는 전송된 처프와 수신된 처프를 비교하여 감지 대상(412, 422, 432, 442)의 위치 또는 이동 속도 등을 파악할 수 있다.

[0063] 도 5는 예시적 실시예에 따라 복수의 펄스를 이용하여 감지 대상의 위치를 추정하는 개념을 도시한 도면이다.

[0064] 안테나 설계 장치는 전송된 처프(511)와 수신된 처프(512)를 비교하여 감지 대상의 위치 또는 이동 속도 등을 파악할 수 있다. 처프(511, 512)의 주파수는 시간에 따라 일정한 비율로 변경된다. 일측에 따르면, 안테나 설계 장치는 전송된 처프(511)와 수신된 처프(512)의 주파수가 동일한 시간차(513)를 추정할 수 있다. 추정된 시간차(513)는 처프가 안테나로부터 감지 대상까지 왕복에 걸린 시간을 의미하며, 안테나 설계 장치는 추정된 시간차(513)에 기반하여 안테나로부터 감지 대상까지의 거리를 추정할 수 있다. 일측에 따르면, 안테나 설계 장치는 제1 처프(510) 뿐만 아니라, 제2 처프(520), 제3 처프(530) 및 제119번째 처프(540)를 모두 분석하여 안테나로부터 감지 대상까지의 거리를 추정할 수 있다.

[0065] 각 처프의 비트 주파수(Beat Frequency)는 추정된 시간차의 역수이다. 감지 대상이 이동하지 않는다면, 각 처프의 비트 주파수(515, 525, 535, 545)는 동일해야하나, 도 4의 실시예와 같이 감지 대상이 이동한다면, 각 처프의 비트 주파수(515, 525, 535, 545)는 상이할 수 있다. 일측에 따르면, 안테나 설계 장치는 각 처프의 비트 주파수(515, 525, 535, 545)에 기반하여 감지 대상의 이동 속도를 추정할 수 있다.

[0067] 감지 대상의 위치 또는 이동 속도를 추정하는 FMCW 레이더의 성능은 신호대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)에 크게 영향을 받는다. 따라서, 수신된 신호의 신호대 잡음비가 클 수록, 또는 수신 펄스의 세기가 크거나 수신 펄스의 세기가 일정할 수록 FMCW 레이더의 성능이 우수한 것으로 판단할 수 있다.

[0068] 도 2에 도시한 바와 같이 복수의 감지 대상을 감지하는 경우, 단계(140)에서 안테나 설계 장치는 각 감지 대상에 반사되어 수신된 수신 펄스의 세기가 셀수록, 또한, 수신된 수신 펄스의 세기가 일정할 수록 안테나의 성능이 우수한 것으로 판단할 수 있다.

[0069] 일측에 따르면, 안테나 설계 장치는 단계(140)에서, 각 감지 대상에 반사되어 수신된 수신 펄스들의 세기의 평균값 및 수신 펄스들의 세기의 분산값을 수신 펄스의 특성으로 산출할 수 있다.

[0070] 단계(150)에서, 안테나 설계 장치는 수신 펄스의 특성으로부터 코스트값을 산출하고, 산출된 코스트값에 따라 파라미터가 결정된 안테나를 FMCW 레이더를 위한 안테나로 선택할 수 있다.

[0071] 일측에 따르면, 안테나 설계 장치는 하기 수학식 1에 따라서 코스트값을 산출할 수 있다.

[0073] [수학식 1]

$$Cost = c \cdot (\alpha \cdot \sigma - \beta \cdot \mu) + 1$$

[0075]

[0077] 여기서, $Cost$ 는 상기 코스트값이고, α , β , c 는 상수이다. 일측에 따르면, α , β , c 는 각각 0.02, 0.75, 10으로 결정될 수 있다.

[0078] μ 는 상기 수신 펄스들의 세기의 평균값으로 하기 수학식 2에 따라서 산출되고, σ 는 상기 수신 펄스들의 세기의 분산값으로 하기 수학식 3에 따라서 산출됨.

[0080] [수학식 2]

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^{N_{target}} A_k}{N_{target}}$$

[0082]

[0084] 여기서, N_{target} 는 상기 감지 대상 또는 상기 수신 펄스의 개수이고, k 는 상기 감지 대상 또는 상기 수신 펄스의 인덱스이고, A_k 는 k 번째 수신 펄스의 세기를 나타낸다.

[0086] [수학식 3]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{N_{target}} (A_k - \mu)^2}{N_{target}}}$$

- [0088]
- [0090] 단계(160)에서, 안테나 설계 장치는 산출된 코스트값을 미리 결정된 임계값과 비교할 수 있다. 만약 산출된 코스트값이 미리 결정된 임계값 보다 작은 경우에는 해당 안테나를 FMCW 레이더를 위한 안테나로 선택할 수 있다. 일측에 따르면, 미리 결정된 임계값은 '0.5'일 수 있다.
- [0091] 만약, 산출된 코스트값이 미리 결정된 임계값과 같거나 큰 경우에, 안테나 설계 장치는 단계(170)에서 안테나에 대한 요구 사양을 변경할 수 있다. 여기서, 안테나에 대한 요구 사양은 안테나의 반전력 빔폭 특성(Half-Power Beamwidth)일 수 있다.
- [0092] 안테나의 반전력 빔폭 특성과 같은 안테나에 대한 요구 사양이 변경된 경우, 안테나 설계 장치는 단계(120)에서, 변경된 요구 사양에 따라 안테나의 파라미터를 재결정할 수 있다. 안테나 설계 장치는 재결정된 안테나의 파라미터에 대한 EM 시뮬레이션을 수행하여 안테나의 성능을 평가하고, 해당 안테나를 FMCW 레이더를 구성하는 안테나로 사용할지 여부를 다시 결정할 수 있다.
- [0094] 도 6은 수직 방향 및 수평 방향의 반전력 빔폭에 따른 코스트를 도시한 도면이다.
- [0095] 도 6을 참고하면, 수직 방향 반전력 빔폭이 대략 50도, 수평방향 반전력 빔폭이 대략 40도인 경우에 코스트의 최대값(610)은 약 0.82 정도이다. 수직 방향 반전력 빔폭이 대략 10도, 수평방향 반전력 빔폭이 대략 60도인 경우에 코스트는 0.4 정도이며, 이 값이 최소값(620)인 것으로 판단된다..
- [0097] 도 7은 비용함수의 값에 따른 정면 이득의 변화를 도시한 도면이다.
- [0098] 도 7에서 원과 실선으로 표현된 그래프는 최소 코스트인 경우의 안테나 정면 이득(bore-sight gain)을 나타낸 것이고, 삼각형과 실선으로 표현된 그래프는 최대 코스트인 경우의 안테나 정면 이득을 나타낸 것이다. 가로축은 안테나의 동작 주파수 대역을 나타내고, 세로축은 이득을 dBi 값으로 나타낸 것이다.
- [0099] 최소 코스트인 경우의 안테나 정면 이득은 전주파수 대역에 걸쳐 최대 코스트인 경우의 안테나 정면 이득보다 더 큰 것을 알 수 있다.
- [0100] 또한, 도 7에서 원과 점선으로 표현된 그래프는 최소 코스트인 경우의 반전력 빔폭을 나타낸 것이고, 삼각형과 점선으로 표현된 그래프는 최대 코스트인 경우의 반전력 빔폭을 나타낸 것이다.
- [0101] 최소 코스트인 경우의 반전력 빔폭은 전주파수 대역에 걸쳐 최대 코스트인 경우의 반전력 빔폭보다 더 큰 것을 알 수 있다.
- [0103] 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. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0105] 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 다

른 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.

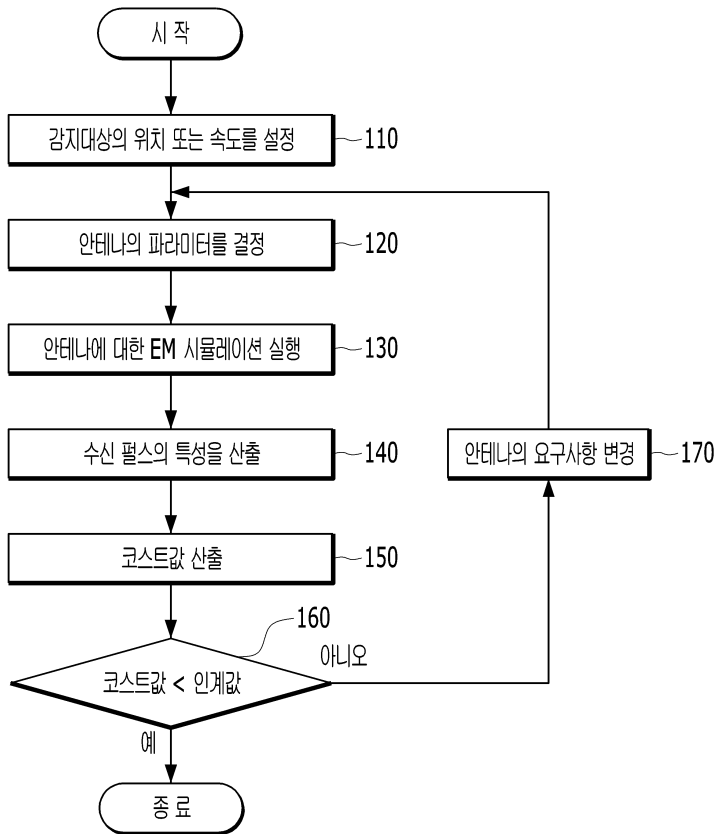
[0106] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

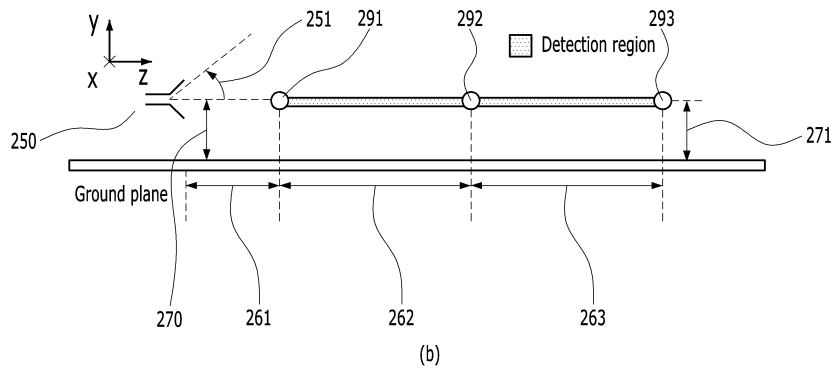
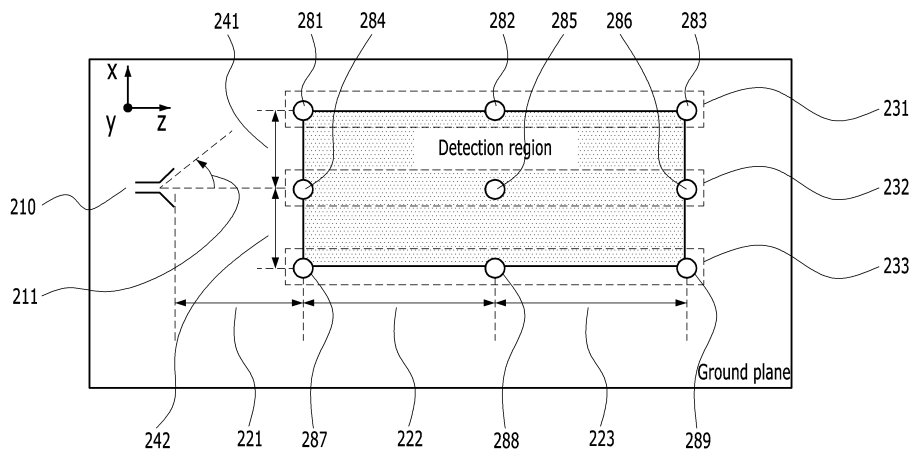
- [0107] 310: 혼 안테나의 개구의 세로 길이
- 311: 어댑터의 높이
- 312: 혼 부분의 길이
- 320: 혼 안테나의 개구의 가로 길이
- 321: 어댑터의 폭

도면

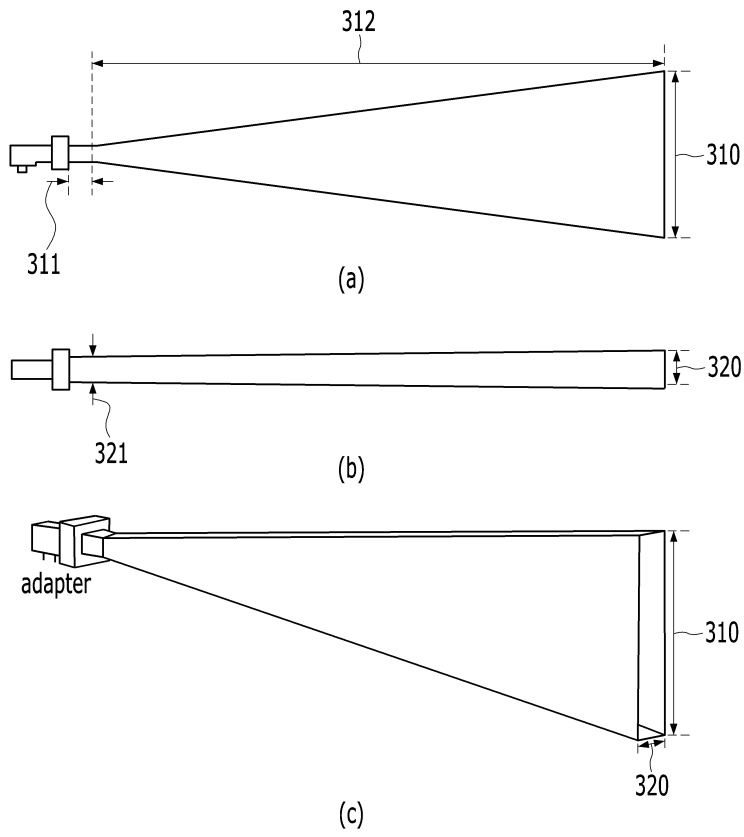
도면1



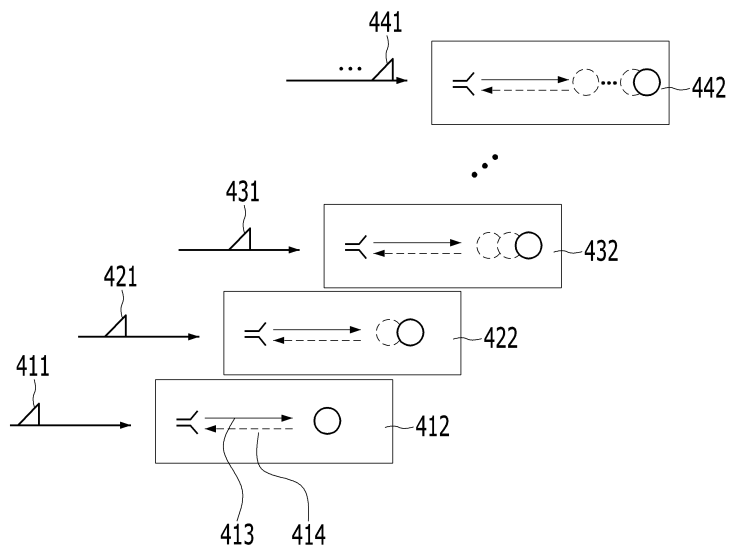
도면2



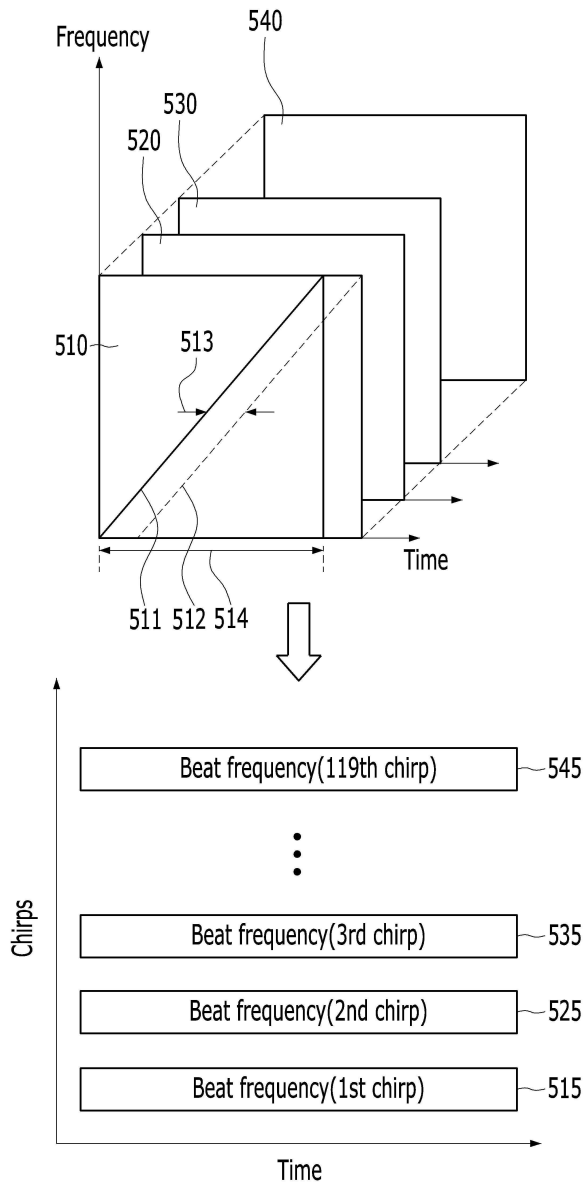
도면3



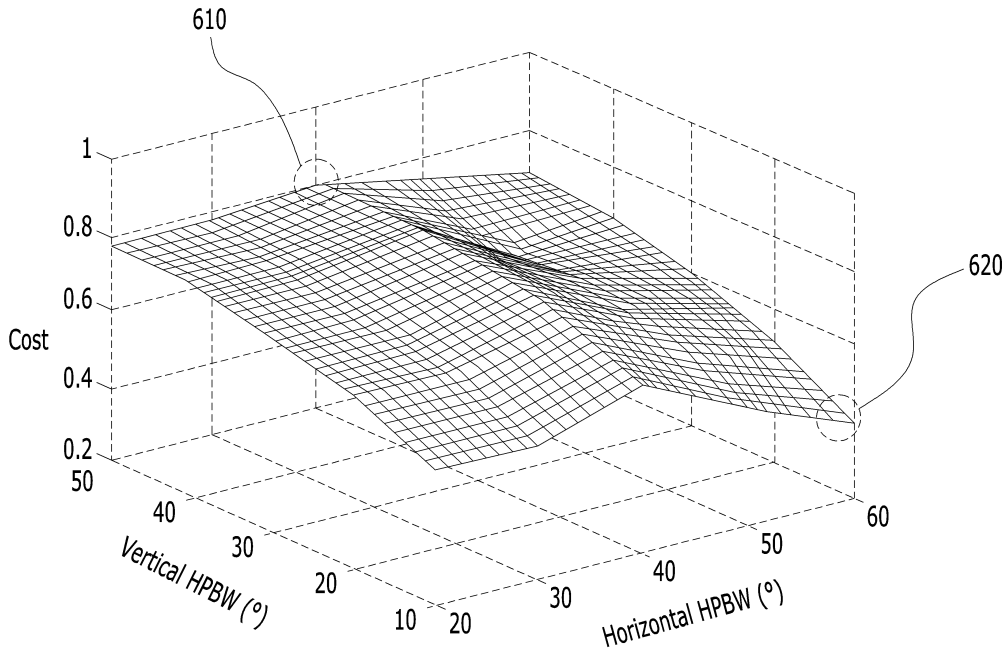
도면4



도면5



도면6



도면7

