



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0074899
(43) 공개일자 2024년05월28일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/185 (2006.01) H04W 36/08 (2009.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H04B 7/18541 (2013.01)
H04B 7/18517 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2024-7015948(분할)</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2019년06월06일
심사청구일자 2024년05월14일</p> <p>(62) 원출원 특허 10-2021-7000300
원출원일자(국제) 2019년06월06일
심사청구일자 2022년03월22일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2024년05월14일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2019/035892</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2019/236924
국제공개일자 2019년12월12일</p> <p>(30) 우선권주장
62/681,552 2018년06월06일 미국(US)
16/432,624 2019년06월05일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
카이메타 코퍼레이션
미국 워싱턴주 (우편번호 98052) 레드몬드 스위트
100 134티에이치 코트 엔이 12277</p> <p>(72) 발명자
브루스, 로타르
미국, 워싱턴 98052, 레드몬드, 스위트 100,
12277 134티에이치 코트 엔이</p> <p>메이슨, 팀
미국, 워싱턴 98052, 레드몬드, 스위트 100,
12277 134티에이치 코트 엔이
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
강철중</p> |
|---|--|

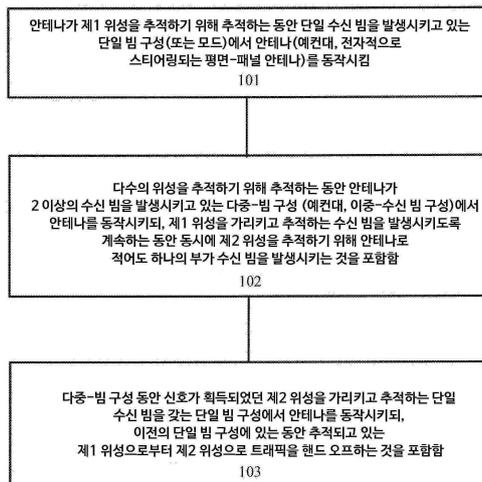
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **빔 분할 핸드 오프 시스템 아키텍처**

(57) 요약

빔 분할 핸드 오프 시스템 아키텍처 및 그를 이용하기 위한 방법이 개시된다. 일 실시 예에 있어서, 방법은: 제1 위성을 추적하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제1 빔을 발생시키는 단계와; 제1 위성을 추적하기 위해 제1 빔을 발생시키는 동안 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제2 빔을 발생시키는 단계; 및 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04W 36/085 (2023.05)

(72) 발명자

터너, 노엘

미국, 워싱턴 98052, 레드몬드, 스위트 100, 12277
134티에이치 코트 엔이

그라스, 루이스

미국, 워싱턴 98052, 레드몬드, 스위트 100, 12277
134티에이치 코트 엔이

샤피에, 압둘레자

미국, 워싱턴 98052, 레드몬드, 스위트 100, 12277
134티에이치 코트 엔이

사제갈, 모셴

미국, 워싱턴 98052, 레드몬드, 스위트 100, 12277
134티에이치 코트 엔이

명세서

청구범위

청구항 1

위성 통신에 이용하기 위한 방법으로, 방법이:

제1 위성과 동시 송수신 통신(full duplex communication)을 하는 단계로서, 동시 송수신 통신이 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 발생된 제1 빔을 이용하는, 단계와;

제1 위성과 동시 송수신 통신을 하면서 제2 위성과 통신을 하는 단계로서, 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제2 빔을 발생시키는 단계와 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제1 위성과 동시 송수신 통신을 하면서 동시에 제2 위성을 추적하도록 제2 위성을 향해 제2 빔을 가리키는 단계를 포함하고, 제1 빔 및 제2 빔의 방향이 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나를 이용하여 2차원에서 전자적으로 제어되는, 단계; 및

제1 위성으로부터 제2 위성으로 이행되는 내내 연결이 유지되도록 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 끊임없이 핸드 오프하는 단계로서, 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나와 제1 위성 사이로부터 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나와 제2 위성 사이의 동시 송수신 통신으로 동시 송수신 통신을 스위칭하는 단계를 포함하는, 단계;를 갖추어 이루어지는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프한 후 제1 빔을 턴 오프하는 단계를 더 갖추어 이루어지는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

제2 위성을 추적하기 위해 분할 빔을 발생시키기 이전에, 제1 빔을 발생시키는 동안 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을 발생시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

주파수가 다른 캐리어 주파수를 가리키기 위해 각각의 제1 및 제2 빔을 발생시키도록 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나의 안테나 개구면 상의 각각의 제1 및 제2 세트의 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트에 적용하기 위한 제1 및 제2 패턴을 발생시키는 단계를 더 포함하고, 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 방법.

청구항 5

위성 통신에 이용하기 위한 안테나로서, 안테나가:

복수의 전자적으로 제어되는 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면; 및

안테나 개구면을 제어하도록 구성된 하나 이상의 프로세서로서,

제1 위성과 동시 송수신 통신(full duplex communication)을 하고, 동시 송수신 통신이 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면으로 발생된 제1 빔을 이용하며;

제1 위성과 동시 송수신 통신을 하면서 제2 위성과 통신을 하되, 하나 이상의 프로세서가 전자적으로 스티어링

되는 평면-패널 안테나 개구면으로 제2 빔을 발생시키고 동시에 제2 위성을 추적하도록 제2 위성을 향해 제2 빔을 가리키며;

제1 위성으로부터 제2 위성으로 이행되는 내내 연결이 유지되도록 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 끊김없이 핸드 오프하고, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면과 제1 위성 사이로부터 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면과 제2 위성 사이에서의 동시 송수신 통신으로 동시 송수신 통신을 스위칭하는 것을 포함하는; 하나 이상의 프로세서;를 구비하여 구성되는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 6

제5항에 있어서,

제1 및 제2 빔이 다른 주파수인 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 7

제5항에 있어서,

하나 이상의 프로세서가 각 제1 및 제2 빔과 연관된 편파 값을 갖는 포인팅 및 추적 정보를 발생시키고 편파 값을 갖는 포인팅 및 추적 정보를 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면에 대해 통신하도록 동작가능 하되, 포인팅 및 추적 정보가 포인팅 각도, 주파수 정보, 및 심볼 레이트 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 8

제7항에 있어서,

주파수가 다른 캐리어 주파수를 가리키기 위해 각각의 제1 및 제2 빔을 발생시키도록 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면 상의 각각의 제1 및 제2 세트의 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트에 적용하기 위한 제1 및 제2 패턴을 발생시키는 패턴 발생 서비스에 포인팅 및 추적 정보를 보내기 위한 안테나 제어 프로세스 모듈을 더 구비하고, 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 9

제8항에 있어서,

제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 수의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 10

제8항에 있어서,

제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 안테나 개구면 상에 임의로 분포되는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 11

제5항에 있어서,

하나 이상의 프로세서가 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프한 후 제1 빔을 턴 오프하도록 동작 가능한 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 12

제5항에 있어서,

하나 이상의 프로세서가 제2 위성을 추적하기 위해, 제2 빔을 발생시키기 이전에, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면을 제어하고 제1 빔을 발생시키는 동안 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을

발생시키도록 동작가능한 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 13

제5항에 있어서,

제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을 이용할 때 제2 빔에 대한 이득이 제1 빔에 대한 이득보다 더 낮은 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 14

제5항에 있어서,

제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을 이용할 때 제2 빔이 제1 빔보다 더 넓은 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 15

제5항에 있어서,

하나 이상의 프로세서가 제2 위성의 예측된 위치에 대해 분할 빔을 가리키도록 동작가능하고, 예측된 위치가 명령된 2-라인 엘리먼트(TLE)를 기초로 하는 것을 특징으로 하는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나.

청구항 16

위성 통신 시스템에서 안테나와 함께 이용하기 위한 방법으로, 안테나가 복수의 전자적으로 제어되는 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면을 갖추고, 방법이:

제1 위성과 동시 송수신 통신을 이용하여, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면으로 발생된 제1 빔을 이용하여 동시 송수신 통신을 하는 단계;

제1 위성과 동시 송수신 통신을 하면서 제2 위성과 통신을 하는 단계로서, 제1 위성과 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면 사이에서 동시 송수신 통신을 하면서 제1 빔을 발생시키는 동안 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면으로 분할 빔을 발생시키는 단계를 포함하는, 단계;

제1 위성과 동시 송수신 통신을 하면서 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 제2 위성을 향해 분할 빔을 가리키는 단계; 및

제1 위성으로부터 제2 위성으로 이행되는 내내 연결이 유지되도록 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 끊김없이 핸드 오프하는 단계로서, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면과 제1 위성 사이로부터 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면과 제2 위성 사이에서의 동시 송수신 통신으로 동시 송수신 통신을 스위칭하는 단계를 포함하는, 단계;를 갖추어 이루어지는 것을 특징으로 하는 위성 통신 시스템에서 안테나와 함께 이용하기 위한 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

제1 및 분할 빔이 다른 주파수인 것을 특징으로 하는 위성 통신 시스템에서 안테나와 함께 이용하기 위한 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

각 제1 및 제2 빔과 연관된 편파 값을 갖는 포인팅 및 추적 정보를 발생시키는 단계와 편파 값을 갖는 포인팅 및 추적 정보를 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면에 제공하는 단계를 더 포함하고, 포인팅 및 추적 정보가 포인팅 각도, 주파수 정보, 및 심볼 레이트 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 위성 통신 시스템에서 안테나와 함께 이용하기 위한 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

안테나 제어 프로세스 모듈에 의해, 패턴 발생 서비스에 포인팅 및 추적 정보를 보내는 단계; 및

패턴 발생 서비스에 의해, 주파수가 다른 캐리어 주파수를 가리키기 위해 각각의 제1 및 분할 빔을 발생시키도록 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면 상의 각각의 제1 및 제2 세트의 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트에 적용하기 위한 제1 및 제2 패턴을 발생시키는 단계로서, 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른, 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위성 통신 시스템에서 안테나와 함께 이용하기 위한 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 수의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 것을 특징으로 하는 위성 통신 시스템에서 안테나와 함께 이용하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 특허 출원은 2018년 6월 6일에 출원된, 발명의 명칭이 "빔 분할 핸드 오프 시스템 아키텍처(BEAM SPLITTING HAND OFF SYSTEMS ARCHITECTURE)"인, 대응하는 가특허 출원 제62/681,552호 및 2019년 6월 5일에 출원된, 발명의 명칭이 "빔 분할 핸드 오프 시스템 아키텍처(BEAM SPLITTING HAND OFF SYSTEMS ARCHITECTURE)"인, 비-가특허 출원 제16/432,624호에 대한 우선권을 주장하고 참조로 통합한다.

[0002] 본 발명의 실시 예는 무선 통신의 분야에 관한 것으로; 특히, 본 발명의 실시 예는 2개의 위성 간에서 통신을 핸드 오프하는 것(handing off)을 용이하게 하기 위해 단일 위성 안테나로 동시에 다수의 빔을 발생시키는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 비정지 위성의 콘스텔레이션(constellation of nonstationary satellites)과의 통신을 계속하기 위해 시도하는 위성 터미널은 해당 위성이 터미널의 시야 내에 있는 동안에만 주어진 위성을 가리킬 수 있다. 위성이 시야를 벗어날 때, 터미널은 최근에 시야로 들어온 다른 위성을 가리켜야만 한다. 언제나 소정의 주어진 위성을 가리키기 위한 단일 빔만에 의하면, RF 연결은 다른 위성으로의 이행(transition) 동안에는 상실될 것이다. 즉, 위성은 시야에 들어오고 있는 중이거나 이미 들어와 있는 새로운 위성과 연결될 수 있도록 그 시야를 벗어나는 위성과의 연결을 차단해야만 할 것이다. 이러한 BBM(break-before-make) 연결은, 포인팅 각도(pointing angles)를 스위칭하기 위한 안테나에 대한 시간, 새로운 위성에 대해 포인팅을 최적화하기 위한 추적 알고리즘에 대한 시간, 새로운 캐리어(carrier)에 대해 록킹(lock)하기 위한 모뎀에 대한 시간, 및 중단 간 연결(end-to-end connection)을 재-수립(re-establish)하기 위한 네트워크에 대한 시간에 의해 야기된, 데이터 중단(data outage)을 초래한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상기한 점을 감안하여 발명된 것으로, 빔 분할 핸드 오프 시스템 아키텍처(beam splitting hand off systems architecture) 및 이를 이용하기 위한 방법이 개시된다.

과제의 해결 수단

[0005] 일 실시 예에 있어서, 방법은: 제1 위성을 추적하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제1 빔을 발생시키는 단계와; 제1 위성을 추적하기 위해 제1 빔을 발생시키는 동안 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제2 빔을 발생시키는 단계; 및 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프하는 단계;를 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0006] 본 발명은 아래에 주어진 상세한 설명 및 본 발명의 다양한 실시 예의 첨부 도면으로부터 보다 완전하게 이해될 것이지만, 특정 실시 예로 본 발명을 제한하도록 취해지지 않아야 하고, 단지 설명 및 이해를 위한 것이다.
 - 도 1은 통신용 위성 안테나를 이용하기 위한 방법의 일 실시 예의 흐름도이다.
 - 도 2는 통신용 위성 안테나를 이용하기 위한 방법의 일 실시 예의 흐름도이다.
 - 도 3은 빔 분할 안테나 시스템(beam splitting antenna system)의 일 실시 예를 예시한다.
 - 도 4는 대안적인 빔 분할 안테나 시스템의 블록도이다.
 - 도 5a는 위성을 추적하고 핸드 오프(hand off)하기 위한 안테나 빔 스위칭 타이밍도이다.
 - 도 5b는 전송(Tx) 빔 분할 및 핸드오프 및 대응하는 타이밍도의 예를 예시한다.
 - 도 6은 원통형으로 급전된 홀로그래픽 방사형 개구면 안테나(cylindrically fed holographic radial aperture antenna)의 일 실시 예의 개략도를 예시한다.
 - 도 7은 접지 평면(ground plane) 및 재구성가능 공진기 층(reconfigurable resonator layer)을 포함하는 하나의 행의 안테나 엘리먼트의 사시도를 예시한다.
 - 도 8a는 튜닝가능 공진기/슬롯(tunable resonator/slot)의 일 실시 예를 예시한다.
 - 도 8b는 물리적 안테나 개구면(physical antenna aperture)의 일 실시 예의 단면도를 예시한다.
 - 도 9a 내지 도 9d는 슬롯 어레이(slotted array)를 생성하기 위한 여러 층의 일 실시 예를 예시한다.
 - 도 10은 원통형으로 급전된 안테나 구조체의 일 실시 예의 측면도를 예시한다.
 - 도 11은 유출 파(outgoing wave)를 갖는 안테나 시스템의 다른 실시 예를 예시한다.
 - 도 12는 안테나 엘리먼트에 대한 매트릭스 구동 회로(matrix drive circuitry)의 배치의 일 실시 예를 예시한다.
 - 도 13은 TFT 패키지의 일 실시 예를 예시한다.
 - 도 14는 동시 송신 및 수신 경로(simultaneous transmit and receive paths)를 갖춘 통신 시스템의 일 실시 예의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0007] 이하의 설명에 있어서, 많은 세부 사항이 본 발명의 보다 철저한 설명을 제공하기 위해 설명된다. 그러나, 당업자에게는 본 발명이 이들 구체적인 세부사항 없이 실행될 수 있다는 것이 명백할 것이다. 다른 경우에 있어서, 본 발명을 모호하게 하는 것을 회피하기 위해, 잘 알려진 구조체 및 장치는 상세하게 보다는 블록도 형태로 도시된다.
- [0008] 본 발명의 실시 예는 비정지 및 정지 위성 konstellation(nonstationary and stationary satellite constellations)을 추적하고 연결이 하나의 위성으로부터 다른 위성으로의 이행 동안 유지되도록 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면 안테나로부터 발생된 2개의 동시 및 독립 빔 사이에서 위성 트래픽(satellite traffic)을 핸드오프(handoff)하기 위한 방법 및 시스템 아키텍처를 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 이는 전송 트래픽(transmit traffic)의 핸드 오프를 포함한다. 본 명세서에 개시된 기술을 이용함으로써, 비-정지, 정지 위성 또는 우주선 사이에서 MBB(make-before-break) 핸드 오프가 가능하게 된다.
- [0009] 여기서 설명된 기술은 이하 설명된 것과 같은 많은 혁신을 포함한다. 예컨대, 일 실시 예에 있어서, konstellation 내에서 2개의 위성을 추적하고 이어 초기 위성으로부터 새로운 이어지는 위성으로 트래픽을 끊임없이 핸드 오프하도록 하나의 전자적으로 스티어링되는 평면 안테나로 2개의 빔이 동시에 발생된다.
- [0010] 일 실시 예에 있어서, 하나의 전자적으로 스티어링되는 안테나는 RF 링크가 기존 위성으로 차단되기 전에 RF 연결이 새로운 위성으로 이루어지는 MBB(make-before-break) 연결을 실행하기 위해 이용된다.
- [0011] 도 1은 통신용 위성 안테나를 이용하기 위한 방법의 일 실시 예의 흐름도이다. 일 실시 예에 있어서, 프로세스

는 하드웨어(예컨대, 회로, 전용 로직, 등), 소프트웨어(예컨대, 칩 상에서 실행되는 소프트웨어), 펌웨어, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있는 처리 로직에 의해 수행된다. 일 실시 예에 있어서, 위성 안테나는 평면-패널 안테나(flat-panel antenna)이다. 다른 실시 예에 있어서, 위성 안테나는 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나이다. 이러한 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나의 예가 이하 더욱 상세히 설명된다.

[0012] 도 1을 참조하면, 프로세스는 안테나가 제1 위성을 추적하기 위해 추적하는 동안 단일 수신 빔을 발생시키고 있는 단일 빔 구성(또는 모드)에서 안테나(예컨대, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나)를 동작시키는 처리 로직에 의해 시작한다(처리 블록 101). 일 실시 예에 있어서, 단일 빔 구성에서 안테나를 동작시키는 것은 빔형성(beamforming)을 위해 전자적으로 스티어링되는 안테나 빔 패턴(electronically steered antenna beam pattern)을 발생시키는 것과, 한 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트(a set of RF radiating antenna elements)(예컨대, 이에 한정되지는 않지만, 예컨대 이하 설명되는 것과 같은, 표면 산란 메타물질 안테나 엘리먼트(surface scattering metamaterial antenna elements))를 갖춘 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나의 안테나 개구면에 대해 빔 패턴을 보내는 것, 및 안테나 패턴을 기초로 RF 방사 안테나 엘리먼트로 수신 빔(receive beam)을 발생시키는 것을 포함한다.

[0013] 이어서, 처리 로직은 다수의 위성을 추적하기 위해 추적하는 동안 안테나가 2 이상의 수신 빔을 발생시키고 있는 다중-빔 구성(multi-beam configuration)(예컨대, 이중-수신 빔 구성)에서 안테나를 동작시키되, 제1 위성을 가리키고 추적하는 수신 빔을 발생시키도록 계속하는 동안 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 안테나로 적어도 하나의 부가 수신 빔을 발생시키는 것을 포함한다(처리 블록 102). 일 실시 예에 있어서, 다중-빔 모드가 이중-빔 모드에 있을 때, 안테나는 2개의 위성을 가리키고 추적하기 위해 2개의 수신 빔을 발생시키고, 여기서 2개의 위성은 이전의 단일-빔 구성 동안 안테나가 가리키고 추적하고 있었던 위성과 안테나가 신호를 획득하고 다중-빔 구성에 있는 동안 제2 빔으로 추적을 시작한 새로운 위성을 포함한다.

[0014] 그 후, 부가 위성을 추적한 후, 처리 로직은 다중-빔 구성 동안 신호가 획득되었던 새로운 위성을 가리키고 추적하는 단일 수신 빔을 갖는 단일 빔 구성에서 안테나를 동작시키도록 되돌아가되, 이전의 단일 빔 구성에 있는 동안 추적되고 있는 위성으로부터 새로운 위성으로 트래픽을 핸드 오프하는 것을 포함한다(처리 블록 103). 일 실시 예에 있어서, 트래픽을 핸드 오프하는 것은 연결이 이전에 추적된 위성으로부터 새로운 위성으로의 이행 내내 유지되도록 끊임없이 수행된다.

[0015] 도 2는 통신용 위성 안테나를 이용하기 위한 방법의 일 실시 예의 흐름도이다. 일 실시 예에 있어서, 프로세스는 하드웨어(예컨대, 회로, 전용 로직, 등), 소프트웨어(예컨대, 칩 상에서 실행되는 소프트웨어), 펌웨어, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있는 처리 로직에 의해 수행된다. 일 실시 예에 있어서, 위성 안테나는 평면-패널 안테나이다. 다른 실시 예에 있어서, 위성 안테나는 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나이다. 이러한 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나의 예가 이하 더욱 상세히 설명된다.

[0016] 도 2를 참조하면, 프로세스는 안테나의 안테나 개구면 상의 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트(예컨대, 이에 한정되지는 않지만, 예컨대 이하 설명되는 것과 같은, 표면 산란 메타물질 안테나 엘리먼트(surface scattering metamaterial antenna elements))를 이용하여 제1 위성을 가리키고 추적하는 단일 수신 빔(single receive beam)을 발생시키기 위해 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나(electronically steered flat-panel antenna)를 제어하는 처리 로직에 의해 시작한다(처리 블록 201). 일 실시 예에 있어서, 처리 로직은 빔형성을 위해 전자적으로 스티어링되는 안테나 패턴을 발생시키는 것과, 한 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 안테나의 안테나 개구면으로 수신 빔 패턴을 보내는 것, 및 패턴을 기초로 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트로 단일 수신 빔을 발생시키는 것에 의해 안테나를 제어한다.

[0017] 제1 위성을 추적하는 동안, 처리 로직은 안테나가 제1 및 제2 수신 빔을 동시에 발생시키고 있는 2개 수신 빔 구성(two-receive beam configuration)으로 안테나를 스위칭하도록 결정한다(처리 블록 202). 일 실시 예에 있어서, 2개 빔 구성으로 안테나를 스위칭하기 위한 이 결정은 안테나가 제1 위성의 시야를 벗어나고 통신을 계속하기 위해 제2 위성을 찾을 필요가 있을 때 이루어진다.

[0018] 2개 수신 빔 구성에 대해 스위칭하기 위한 결정 후, 처리 로직은 제1 위성을 추적하기 위해 제1 빔을 발생시키도록 계속하는 동안 제2 (다른) 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을 발생시키도록 안테나를 제어하고, 여기서 제1 및 제2 수신 빔은 안테나 개구면의 각각의 2세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 이용하여 동시에 발생되고(처리 블록 203), 이어 제2 빔을 이용하여 제2 위성의 신호를 획득한다(처리 블록 204). 이 경우에 있어서, 제1 빔은 제1 위성을 가리키고 추적하는 반면 제2 빔은 제2 위성을 가리키고 있다.

- [0019] 일 실시 예에 있어서, 제1 및 제2 빔은 다른 주파수에 있는 캐리어(carriers)를 가리킨다. 일 실시 예에 있어서, 제1 및 제2 빔은 다른 안테나 이득을 갖고, 여기서 제2 빔에 대한 이득은 제1 빔에 대한 이득보다 더 낮다. 일 실시 예에 있어서, 이는 제2 빔이 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 이용될 때 야기된다. 일 실시 예에 있어서, 제2 빔은 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 이용될 때 제1 빔보다 더 넓다. 일 실시 예에 있어서, 빔은 신호의 정확한 위치에 대해 몇몇 불확실성(uncertainty)이 있을 때 신호를 캡처할 수 있도록 더 넓게 만들어진다. 일 실시 예에 있어서, 빔을 넓히기 위한 양은 신호의 위치에 관한 불확실성의 정도에 따른다. 하나의 예시적인 실시 예에 있어서, 가르키고 추적하는 동안 빔이 2도 미만의 폭이면, 획득을 위한 빔은 (이에 한정되는 것은 아니지만) 약 10도의 폭으로 넓어진다. 이는 단지 예일 뿐이고, 빔은 획득하는 동안 폭이 10도로 제한되지 않음을 유의해야 한다. 그러나, 빔이 너무 넓으면 다른 위성을 포착할 위험이 있다.
- [0020] 일 실시 예에 있어서, 2개의 빔을 동시에 발생시키기 위한 2세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트는 서로 다르지만 안테나의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 일부분이다. 일 실시 예에 있어서, 이중-수신 빔 구성(dual-receive beam configuration)에서 안테나를 동작시킬 때 2개의 빔을 동시에 발생시키기 위한 2세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트는 단일-빔 구성에서 안테나를 동작시킬 때 하나의 빔을 발생시키기 위해 이용되는 RF 방사 안테나 엘리먼트의 일부분, 또는 모두를 포함한다.
- [0021] 일 실시 예에 있어서, 2세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트는 다른 수(예컨대, 제1 빔을 발생시키기 위해 이용되는 안테나 엘리먼트의 75%와 신호 획득 동안 제2 빔을 발생시키기 위해 이용되는 안테나 엘리먼트의 25%)의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 갖는다. 각 빔을 발생시키기 위해 이용되는 엘리먼트의 수는 최소 이득 레벨(minimum gain level)을 위한 위성에 의존한다. 일 실시 예에 있어서, 특정 위성/시나리오에 대해, 10+ dB 신호 대 잡음비 (SNR)가 있을 수 있어서 두 방사 패턴은 그 만큼 오프셋될 수 있다. 그러나, 다른 시나리오에서는 10+ dB보다 크거나 작은 차이가 충분할 수 있다.
- [0022] 일 실시 예에 있어서, 안테나 개구면은 제2 빔으로 새로운 위성의 신호 획득에 이용하기 위해 전용된 한 세트의 RF 안테나 엘리먼트를 포함한다.
- [0023] 일 실시 예에 있어서, 제2 및 제3 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트는 피드 파(feed wave)에 대한 중앙 피드(central feed) 주위의 링에 있고, 더욱이 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 각 링은 제3 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트에서 RF 방사 안테나 엘리먼트의 링 사이에 있다. 일 실시 예에 있어서, 제2 및 제3 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트는 피드 파에 대한 중앙 피드 주위의 링에 있고, 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트는 제3 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 링과 비교하여 중앙 피드에 가장 가까운 링에 있다. 링의 예가 이하 더욱 상세히 설명된다. 예컨대, 도 6에 있어서, 모든 홀수 또는 짝수 링은 제2 세트의 RF 방사 엘리먼트에 대해 이용되는 반면, 다른 링은 제3 세트의 RF 방사 엘리먼트에 대해 이용된다. 마찬가지로, 도 6에 있어서, 원통형 피드(cylindrical feed)에 가장 가까운 링의 세트는 제2 세트의 RF 방사 엘리먼트에 대해 이용되는 반면, 다른 링은 제3 세트의 RF 방사 엘리먼트에 대해 이용된다.
- [0024] 일 실시 예에 있어서, 제2 수신 빔을 가리키기 위해 RF 방사 엘리먼트에 적용되는 제2 패턴은 제2 위성의 예측된 위치(predicted location)를 가리킨다. 일 실시 예에 있어서, 예측된 위치는 명령된 2-라인 엘리먼트(TLE; two-line elements)를 기초로 한다.
- [0025] 제2 위성의 신호 획득 후, 처리 로직은 안테나가 각각의 제1 및 제2 위성을 추적하도록 동시에 제1 및 제2 수신 빔을 발생시키고 있는 이중-수신 빔 구성(dual-receive beam configuration)(모드)에서 동작하도록 안테나를 제어한다(처리 블록 205). 일 실시 예에 있어서, 이중-수신 빔 모드에 있을 때, 안테나는 2개의 위성을 동시에 가리키고 추적하기 위해 2개의 수신 빔을 발생시키고, 여기서 2개의 위성은 안테나가 제2 위성의 신호 획득 이전에 단일-빔 구성 동안 가리키고 추적하고 있었던 위성과, 안테나가 다중-빔 구성에 있는 동안 신호를 획득하고 추적을 시작한 제2 위성을 포함한다.
- [0026] 그 후, 제2 위성의 추적이 시작된 후, 처리 로직은 제2 위성을 가리키고 추적하는 단일 수신 빔을 갖는 단일-빔 구성에서 안테나를 동작시키도록 되돌아가되, 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프하는 것을 포함한다(처리 블록 206). 일 실시 예에 있어서, 트래픽을 핸드 오프하는 것은 제1 위성으로부터 제2 위성으로의 이행 내내 연결이 유지되도록 끊김없이 수행된다. 일 실시 예에 있어서, 제1 위성과 제2 위성 간에서 트래픽을 핸드 오프하는 것은 위성 사이에서 트래픽을 스위칭하는 잘 알려진 방식으로 야기된다.
- [0027] 위에서 설명된 기술은 위성 통신에 이용되는 안테나에 의해 수행된다. 일 실시 예에 있어서, 안테나는 복수의 전자적으로 제어되는 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트(예컨대, 아래에서 더욱 상세히 설명되는 것과 같은

표면 산란 메타물질 안테나 엘리먼트 또는 공진기)를 갖는 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면, 및 안테나 개구면이 제1 위성을 추적하기 위해 안테나 개구면으로 제1 빔을 발생시키고, 제1 빔을 발생시키면서 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 안테나 개구면으로 제2 빔을 발생시키며, 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드오프하도록 안테나 개구면을 제어하기 위해 안테나 개구면에 결합된 하나 이상의 프로세서를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 프로세서는 제1 위성으로부터 제2 위성으로의 이행 내내 연결이 유지되도록 제1 위성 과 제2 위성 사이에서 끊임없이 트래픽을 핸드오프한다.

[0028] 일 실시 예에 있어서, 제2 위성을 추적하기 위해 제2 빔을 발생시키기 이전에, 프로세서는 제1 빔을 발생시키는 동안 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을 발생시키도록 안테나 개구면을 제어한다. 일 실시 예에 있어서, 프로세서는, 주파수가 다른 캐리어를 가리키기 위해 각각의 제1 및 제2 빔을 발생시키도록 안테나 개구면의 각각의 제1 및 제2 세트의 무선-주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트의 제1 및 제2 세트에 적용하기 위한 제1 및 제2 패턴을 발생시킨다.

[0029] 도 3은 두 위성 사이에서 통신을 핸드오프하는 것(handing off)을 용이하게 하기 위해 동시에 하나의 수신 빔 또는 2개의 수신 빔을 발생시킬 수 있는 위성 안테나 아키텍처의 예이다.

[0030] 도 3을 참조하면, 호스트 프로세서(302; host processor)는 위성 위치(예컨대, 위도와 경도) 및 편파 정보(polarization information)를 수신하고, 이들 입력에 응답하여, 안테나 시스템 모듈(ASM; antenna system module)(301)의 안테나 개구면의 안테나 엘리먼트에 제공되어 제어하는 포인팅 및 추적 정보(pointing and tracking information)를 발생시키는 것에 의해 안테나 수신 포인팅(antenna receive pointing)을 수행한다. RF 방사 안테나 엘리먼트(예컨대, 표면 산란 안테나 엘리먼트 또는 공진기)를 갖춘 이러한 안테나 개구면의 예가 이하 더욱 상세히 설명된다. 일 실시 예에 있어서, 포인팅 및 추적 정보는 여기서 설명된 바와 같은 RF 방사 안테나 엘리먼트를 제어하는데 이용되는 전자적으로 제어되는 안테나 파 패턴(electronically controlled antenna wave patterns)과 연관된다.

[0031] 일 실시 예에 있어서, 포인팅 및 추적 정보는 포인팅 각도(pointing angle)(예컨대, 세타(theta), 파이(phi)), 주파수 정보 및 심볼 레이트 정보(symbol rate information)를 포함한다. 세타 범위는 [0,90]도일 수 있고, 파이 범위는 [0,360] 도일 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 호스트 프로세서(302)는 또한 ASM(301)의 안테나 개구면에 제공되는 편파 값(polarization values)을 발생시킨다. 편파 값은 [0,360]도로부터의 범위일 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 편파 값은 당 업계에 잘 알려진 방식으로 호스트 프로세서(302)에 의해 발생된다.

[0032] ASM(301)의 안테나 개구면의 수신부는 위성으로부터 RF 신호를 획득하고 이를 모뎀(303)에 제공하도록 빔을 생성하기 위해 새로운 포인팅 각도를 이용한다. 일 실시 예에 있어서, 포인팅 정보의 하나의 세트만이 호스트 프로세서(302)에 의해 ASM(301)으로 보내질 때, ASM(301)의 안테나 개구면은 (전송을 위해 이용된 것과는 반대로) 수신 전송(receive transmissions)을 위해 지정된 모든 RF 방사 안테나 엘리먼트를 이용하여 하나의 수신 빔을 발생시키고 수신 빔은 위성으로부터 RF 신호를 획득하기 위해 이용된다.

[0033] 수신된 RF 신호에 응답하여, 모뎀(303)은 수신되는 Rx 신호와 관련하여 수신 메트릭(receive metrics)(예컨대, SNR, C/N, 등)을 발생시킨다. 일 실시 예에 있어서, 수신 메트릭은 신호가 당 업계에 잘 알려진 방식으로 하나 이상의 소정의 기준(예컨대, 소정의 임계 값보다 큰 SNR 또는 C/N)에 부합하는가의 여부를 기초로 위성 신호가 발견되었는지의 여부를 나타낸다.

[0034] 일 실시 예에 있어서, 호스트 프로세서(302)는 ASM(301)의 안테나 개구면에 포인팅 및 추적 정보의 2세트를 제공하고, 포인팅 및 추적 정보의 각 세트는, ASM(301)이 빔 1 및 2를 발생시킬 수 있도록 하기 위해, ASM(301)의 안테나 개구면의 안테나 엘리먼트의 다른 세트를 제어하기 위한 것이다. 즉, 호스트 프로세서(302)는 ASM(301)의 안테나 개구면의 안테나 엘리먼트의 다른 세트를 이용하여 동시에 2개의 수신 빔을 발생시키기 위해 포인팅 및 추적 정보의 2세트를 ASM(301)에 보낸다. 일 실시 예에 있어서, 2개의 수신 빔은 한 세트의 안테나 엘리먼트를 (예컨대, 안테나 엘리먼트의 모든 다른 링, 또는 링 또는 분포의 모든 다른 안테나 엘리먼트, 또는 랜덤하게 분포된) 2개의 그룹으로 분할하는 것 및 해당 엘리먼트 형태의 동적 대역폭(dynamic bandwidth) 내에서 동일한 주파수 또는 다른 주파수로 2개의 독립적 빔을 형성하는 것에 의해 발생된다. 이는 다른 세타 또는 동일한 세타에 있을 수 있다.

[0035] 일 실시 예에 있어서, 전자적으로 스티어링되는 안테나 패턴을 발생시키기 위해, 호스트 프로세서(302)는 목표 위성의 추적을 시작하도록 ASM(301) 상의 안테나 제어 프로세스(ACP; antenna control process) 모듈에 명령을 보내고, 정보에 응답하여, ACP 모듈은 셋업 정보(setup information)를 보내고 서비스에 대해 포인팅 벡터

(pointing vectors)를 연속적으로 계산하여 보낸다. 일 실시 예에 있어서, ACP 모듈은 셋업 정보로서 ASM(301)에서 안테나 개구면에 대한 편파 값과 동작 주파수(예컨대, f_1 , f_2)로 구성된 셋업 및 포인팅 정보(setup and pointing information)와, 포인팅 정보로서 세타, 파이 및 선형 편파 각도(LPA; linear polarization angle)를 갖춘 포인팅 벡터를 패턴 발생 서비스(pattern generation service)에 보낸다.

[0036] 셋업 및 포인팅 정보에 응답하여, 서비스는 2개의 수신 빔을 형성하기 위해 안테나 개구면의 안테나 엘리먼트(예컨대, RF 방사 안테나 엘리먼트(예컨대, 메타물질 산란 안테나 엘리먼트(metamaterial scattering antenna elements)))를 제어하는 전자적으로 스티어링되는 복수의 안테나 패턴을 제공한다. 일 실시 예에 있어서, 이 서비스는 ASM(301)의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 서비스를 포함한다. 다른 실시 예에 있어서, 이 서비스는 ASM(301)의 하드웨어를 포함한다.

[0037] 일 실시 예에 있어서, 패턴 발생 서비스는 패턴에 대응하는 FPGA로 빔형성 파라미터(beamforming parameters)를 로드한다. 응답에 있어서, FPGA는 (각 패턴에 대한) 디지털-아날로그(DAC) 값의 형태로 전자적으로 스티어링되는 안테나의 안테나 엘리먼트에 패턴을 출력한다. 특히, 안테나 개구면의 각 안테나 엘리먼트에 대한 DAC 값은 패턴 발생 서비스에 의해 제공된 빔형성 파라미터를 이용하여 FPGA에 의해 계산된다. 이어 FPGA는 계산된 패턴을 구동하기 위해 안테나 엘리먼트에 제어 신호를 출력한다. 일 실시 예에 있어서, DAC 값은 빔을 발생시키기 위해 안테나 개구면(도시되지 않았음)의 안테나 엘리먼트를 제어하기 위해 박막 트랜지스터(TFT)를 제어한다. TFT 및 그들 제어의 예가 이하 더욱 상세히 설명된다.

[0038] 각 2개의 빔, 빔 1 및 빔 2가 ASM(301)의 패턴 발생 서비스에 의해 발생된 패턴에 응답하여 형성된 후, ASM(301) 상의 수신기는 각 수신 빔의 이용으로부터 되돌아오는 신호를 수신하고 이를 다이플렉서(305; diplexer)에 제공한다. 다이플렉서(305)로부터, 신호는 LNB(Low Noise Block)(306)에 의해 처리되고, 이는 당 업계에 잘 알려진 방식으로 잡음 필터링 기능(noise filtering function)과 다운 컨버전 및 증폭 기능(down conversion and amplification function)을 수행한다. 도 3에 있어서, 일 실시 예에 있어서, 2개의 빔으로부터의 신호는 주파수가 다름에 따라, LNB(306)는 동시에 양 주파수를 커버함을 유의해야 한다. 일 실시 예에 있어서, LNB(306)는 실외 유닛(ODU; out-door unit)에 있다. 다른 실시 예에 있어서, LNB(306)는 안테나 장치에 통합된다.

[0039] LNB(306)에 의한 신호 처리 후, 신호는 LNB(306)로부터 출력된 수신 신호로부터의 에너지를 Rx 전력 분배기(343; power divider) 및 (신호(331)로서) 모뎀(303)에 결합하는 방향성 커플러(344; directional coupler)로 보내진다. 일 실시 예에 있어서, 방향성 커플러(344)는 10dB 방향성 커플러이고; 그러나 다른 커플러가 이용될 수 있다.

[0040] Rx 전력 분배기(343)는 방향성 커플러(344)로부터 수신된 신호를 2개의 신호로 분할하고 하나의 신호를 추적 수신기(341; tracking receiver)로 보내고 다른 신호를 추적 수신기(342)로 보낸다. 일 실시 예에 있어서, 신호는 빔 1과 연관된 신호가 추적 수신기(341 및 342) 중 하나로 보내지는 반면, 빔 2와 연관된 신호는 추적 수신기(341 및 342) 중 다른 것으로 보내지도록 주파수를 기초로 분할된다. 안테나가 단일 빔 모드(single-beam mode)에서 동작하고 하나의 수신 빔만이 발생하면, Rx 전력 분배기(343)는 하나의 신호를 추적 수신기(341 또는 342) 중 하나에만 제공하고 다른 하나에는 신호를 제공하지 않는다. 일 실시 예에 있어서, Rx 전력 분배기는 다이플렉서이다. 대안적으로, Rx 전력 분배기(343)는 전력 분할기(power splitter) 또는 주파수 조정가능 필터(frequency adjustable filter)를 포함한다.

[0041] 신호(331)에 응답하여, 모뎀(303)은 당 업계에서 잘 알려진 방식으로 신호(331)를 처리한다. 보다 구체적으로, 모뎀(303)은 방향성 커플러(344)로부터 출력된 수신 신호를 디지털 형식으로 변환하기 위해 아날로그-디지털 변환기(ADC; analog-to-digital converter)를 포함한다. 디지털 형식으로 변환되면, 신호는 수신된 파에 대해 인코딩된 데이터를 획득하기 위해 복조기에 의해 복조되고 디코더에 의해 디코딩된다. 디코딩된 데이터는 이를 그 목적지(예컨대, 컴퓨터 시스템)로 보내는 컨트롤러로 보내진다.

[0042] 모뎀(303)은 또한 전송될 데이터를 인코딩하는 인코더를 포함한다. 인코딩된 데이터는 변조기에 의해 변조되고, 이어 아날로그 신호(332)를 발생시키기 위해 디지털-아날로그 변환기(DAC)(도시되지 않았음)에 의해 아날로그로 변환된다. 이어 아날로그 신호(332)가 BUC(block upconverter)(304)에 의해 필터링되고 다이플렉서(305) 중 하나의 포트에 제공된다. 일 실시 예에 있어서, BUC(304)는 실외 장치(ODU)에 있다. 당 업계에서 잘 알려진 방식으로 동작하는 다이플렉서(305)는 전송을 위해 ASM(301)에 전송 신호(332)를 제공한다.

[0043] 일 실시 예에 있어서, 그 동작을 지원하기 위해 모뎀(303)은 중간 주파수에서 신호를 전송 및 수신하는 중간 주

과수(IF) 트랜시버(310; intermediate frequency(IF) transceiver), 디지털 시스템에 대한 데이터를 검색하기 위해 다운-변환된 디지털 신호를 처리하는 디지털 베이스밴드 프로세서(311; digital baseband processor), 변조, 복조 및 그 다른 기능을 수행하기 위해 모뎀에 의해 이용된 파라미터, 데이터 테이블, 및 다른 정보를 저장하는 메모리(312), 모뎀(303)의 동작의 클럭킹(clocking)을 관리하기 위한 클럭 관리 유닛(313; clock management unit), 및 모뎀(303)의 전력 소비를 관리하기 위한 전력 관리 유닛(314; power management unit)을 포함한다. 이들 유닛은 달리 특정되지 않는 한 당 업계에 잘 알려진 방식으로 동작한다.

[0044] 동작에 있어서, 일 실시 예에 있어서, 하나의 위성이 터미널 시야를 벗어나도록 시작함에 따라, ASM(301)의 안테나 개구면은 단일 빔 구성에서 2개의 빔으로 변경되고 제2 빔과 다음 위성과의 연결 설정을 시작하도록 제어된다. 일 실시 예에 있어서, 제2 빔은 단지 다음 위성의 위치를 찾아 연결하기 위한 것으로 다량의 데이터를 전송하지는 않고, 따라서 1차 빔에 대한 제2 빔의 이득이 더 낮아서 위성 터미널의 데이터 전송 레이트(data transmission rates)에 대한 영향을 줄이고 잠재적으로 최소화할 수 있다.

[0045] 일 실시 예에 있어서, 2개의 빔이 위성에 역세스하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링된 평면 안테나와 동시에 발생되고, 이어 제1 빔으로부터 제2 빔으로 트래픽의 핸드오프가 끊김없이 일어나는 반면, 제1 빔과 제2 빔은 동일한 위성을 가리키고 있지만, 별개의 주파수(distinct frequencies)에 대해 위성 캐리어(satellite carriers)를 역세스하고 있다. 이에 대한 예가 도 4에 도시된다.

[0046] 도 4를 참조하면, 호스트 프로세서(401)는 포인팅 및 추적 정보(400; pointing and tracking information)를 발생시키고 이를 하나 또는 2개의 수신 빔을 위해 ASM(301)으로 보낸다. 일 실시 예에 있어서, 포인팅 및 추적 정보(400)는 세타(예컨대, Theta1), 파이(예컨대, Phi1), 주파수(예컨대, freq1, freq2), 및 심볼 레이트(예컨대, SR1) 정보를 포함한다. 이는 수신된 빔 1 및 2와 연관된 수신 신호와 연관된 SINR 값(예컨대, SINR1, SINR2) 또는 RSSI(Received Signal Strength Indicator)(예컨대, RSSI1, RSSI2)와 같은 신호 품질 정보 또는 메트릭에 대한 응답일 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 이는 안테나 빔이 위성을 추적하고 있음을 나타내는 물리적 계층 동기화 신호(physical layer synchronization signals)(예컨대, PLSynch1, PLSynch2)에 대한 응답이다. 일 실시 예에 있어서, 신호 품질 정보 또는 메트릭 및 동기화 신호는 모뎀(303)으로부터 수신된다.

[0047] 빔 1 및 2를 이용하면, ASM(301)의 안테나 개구면은 하나 또는 2개의 위성으로부터 신호를 수신한다. 수신된 신호는, 위에서 논의된 바와 같이 동작하는, 다이플렉서(305)로 보내지고 이어 LNB(306)로 보내진다. LNB(306)로부터, 신호는 수신된 신호를 추적 수신 신호(tracking receive signal)(Rx1)(431) 및 추적 수신 신호(Rx2)(432)로 분할하는 2방향 전력 분배기(430; 2-way power divider)로 보내진다. 일 실시 예에 있어서, 추적 수신 신호(Rx1)(431) 및 추적 수신 신호(Rx2)(432)는 주파수 선택이 야기되는 모뎀(303) 내부의 RF 튜너(RF tuner)에서 종료된다. 이 경우, 전력 분배기(430)는 단순한 전력 분할기(simple power splitter)이다. 다른 실시 예에 있어서, 전력 분배기(430)는 추적 수신 신호(Rx1)(431) 및 추적 수신 신호(Rx2)(432)를 생산하도록 유입 신호(incoming signal)를 필터링하기 위해 대역통과 필터(bandpass filter)로서 동작한다. 이들 신호는 모뎀(303)으로 보내지고 상기한 바와 같이 처리된다.

[0048] 도 4에는 도시되지 않았지만, 일 실시 예에 있어서, 제2 분할기/전력 분배기가 LNB(306) 앞에 배치되고 Rx1과 Rx2 사이에서 분할하도록 포함된다.

[0049] 일 실시 예에 있어서, 제2 빔은 전자적으로 스티어링되는 평면 안테나로 발생되고 2-라인 엘리먼트(TLE)에 의해 제공된 새로운 위성 위치의 추정을 기초로 가리켜지며, 이는 주어진 시점에 대해 지구 궤도를 도는 물체(Earth-orbiting object)의 궤도 엘리먼트의 리스트이고, 이어 제2 위성 위치의 추정은 최적화를 위해 모뎀 신호 피드백(modem signal feedback)을 이용하여 개선된다.

[0050] 일 실시 예에 있어서, 비동일 빔 분할(unequal beam split)이 발생되고, 그에 의해, 하나의 안테나가 다른 이득(예컨대, HTS(High-Throughput Satellites), 등)에 대해 대략 10dB만큼 다른 이득을 갖는 2개의 빔을 생산하고, 따라서 원래 빔이 데이터 통신을 유지하고 제1 위성을 추적하는 한편, 제2의 더 낮은 이득 빔은 새로운 유입 위성(new incoming satellite)을 향하는 빔 포인팅을 최적화하는데 이용된다.

[0051] 일 실시 예에 있어서, 상기 실시 예에서 이용된 안테나는 수신 전용 개구면(receive-only aperture)보다는 동시 전송 및 수신 기능을 지원하는 이중 개구면일 수 있고, 그에 의해 수신 트래픽의 핸드오프뿐만 아니라 전송 트래픽의 핸드 오프를 제공한다.

[0052] 일 실시 예에 있어서, 전송 트래픽의 핸드오프는 수신 트래픽을 위해 이용된 위성으로부터 2개의 별개의 위성에 대해 야기되고, 예컨대 전송 위성과 수신 위성이 반드시 동일할 필요는 없다.

- [0053] 여기에 개시된 기술은 예컨대, 이에 한정되는 것은 아니지만, GEO(geostationary), MEO(medium earth orbit), LEO(low earth orbit), 소정의 비정지 및 정지 위성 콘스텔레이션 뿐만 아니라 빔을 스티어링하기 위해 움직이는 기계적 부품을 필요로 하지 않는 전자적으로 스티어링된 안테나 시스템을 이용하여 구현된 추적 성능을 갖는 여러 우주선에 적용될 수 있다.
- [0054] 예컨대, 하나의 LEO 콘스텔레이션에 있어서, 위성은 예컨대 4분 정도의 짧은 시간 동안 지상 터미널의 시야에 있고, 모든 지나가는 위성은 다른 유입 위성에 의해 대체되며, 따라서 위성 연결을 위한 중첩이 있게 된다. 시간의 함수로서 LEO 위성 위치는 전형적으로 2-라인 엘리먼트인, TLE를 매개로 알려지고, 위성 연결 동안 지상 터미널에 대해 통신된다. 위성 핸드오프의 순간이 접근됨에 따라, 지상 터미널은 제2 안테나 빔을 생성하고 유입 위성에 대해 TLE에 의해 특정된 방향으로 해당 빔을 가리키게 하여, 유출 위성이 더 이상 시야에 있지 않거나 전에 그렇게 하고, 그에 의해 MBB 성능(make-before-break capability)을 제공한다. 일 실시 예에 있어서, 지상 터미널은 제2 빔으로 새로운 유입 LEO 위성을 동시에 획득하는 동안 제1 LEO 위성을 가리키고 있는 제1 빔으로부터 사용자 트래픽을 추적하고 전달할 수 있으며, 그 후 제1 빔으로부터 제2 빔으로 트래픽의 핸드오프를 끊임없이 관리하고 이어 제1 빔을 턴 오프하며, 그에 의해 그 이용자에게 지속적인 서비스를 제공한다.
- [0055] 본 발명의 실시 예는 연속적인 위성 연결을 제공한다. 일 실시 예에 있어서, 빔 분할의 목적은 위성 핸드오프 사이에서 연결이 중단되는 시간의 양을 감소시키고, 잠재적으로는 제거하기 위한 것이다. 이들 핸드-오프는 LEO 위성이 궤도를 돌면서 반복적으로 야기되므로, 연결의 끊김이 줄어들게 됨에 따라 사용자 경험이 개선된다.
- [0056] 도 5a는 하나의 수신 빔이 2개의 수신 빔으로 분할되는 프로세스의 일 실시 예의 타이밍도이다. 원래 빔(Beam 1)(501)은, FL로도 알려진, 포워드 링크 데이터(Forward Link data)에 대해 이용되는 반면, 분할 빔 기간(502)의 분할 빔, Beam 2는 유입 LEO 위성을 추적하는데 이용된다. FL은 (HUB로도 알려진) GN(Ground Network)으로부터 시작되어 터미널에서 종료되는 신호를 언급한다. 일 실시 예에 있어서, 2개의 빔은 동일한 안테나 이득을 갖지 않는다. 일 실시 예에 있어서, 제2 빔, Beam 2에는 충분한 안테나 이득이 주어져서 터미널 Rx 모델은 유입 위성을 획득하기 위해 분할 빔 신호를 이용할 수 있다. 유입 위성이 획득되면, FL 핸드오프가 일어난다. 일 실시 예에 있어서, FL 데이터 용량은 수신된 신호 강도(예컨대, 신호 대 잡음비(SNR))에 의해 제한되고 GN에 의해 결정된다. 빔 분할 기간(502) 동안, 트래픽 베어링 빔(traffic bearing beam)이, 도 5a에서 압축 모드(compressed mode)로서 도시된, 정상보다 낮은 안테나 이득을 가질 것이기 때문에 데이터 용량은 낮아지게 된다. 압축 모드는 빔을 분할하는 것에 기인하여 감소된 MODCOD(reduced modulation and coding scheme)(예컨대, MCS), 즉 유입 위성을 추적하고 연결하기에 충분히 긴, 감소된 안테나 이득을 나타낸다. 분할 빔 기간(502)이 완료되면, 트래픽 베어링 빔(예컨대, 앞으로 나아가는 Beam 2)은 풀 안테나 이득(full antenna gain)으로 되돌아갈 수 있다.
- [0057] 일 실시 예에 있어서, 여기서 설명된 기술은 또한 FL이 핸드 오프되는 즉시 수립되는 역방향 링크(reverse link), RL, 연결로 확장된다. 즉, FL 핸드오프가 위에서 논의되었음에도 불구하고, RL 핸드오프 또한 안테나 이중 성능(antenna duplex capabilities)에 기인하여 야기된다. 도 5b는 전송(Tx) 빔 분할 및 핸드오프 및 대응하는 타이밍도의 예를 예시한다. 도 5b를 참조하면, 수신(Rx) 빔 분할과 동일한 위성 또는 빔에 대해 Tx 빔 분할이 반드시 야기되는 것은 아니다. 그러나 이는 매우 동일한 위성 또는 빔일 수 있다.
- [0058] **안테나 실시 예의 예**
- [0059] 상기 개시된 기술은 평면 패널 안테나(flat panel antennas)와 함께 이용될 수 있다. 이러한 평면 패널 안테나의 실시 예가 개시된다. 평면 패널 안테나는 안테나 개구면 상에서 안테나 엘리먼트의 하나 이상의 어레이를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트는 액정 셀(liquid crystal cells)을 구비한다. 일 실시 예에 있어서, 평면 패널 안테나는 행 및 열로 배치되지 않은 각각의 안테나 엘리먼트를 고유하게 어드레싱하고 구동하기 위해 매트릭스 구동 회로를 포함하는 원통형 급전 안테나(cylindrically fed antenna)이다. 일 실시 예에 있어서, 엘리먼트는 링으로 배치된다.
- [0060] 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트의 하나 이상의 어레이를 갖춘 안테나 개구면은 함께 결합된 다수 세그먼트로 구성된다. 함께 결합될 때, 세그먼트의 결합은 안테나 엘리먼트의 폐쇄된 동심 링(closed concentric rings)을 형성한다. 일 실시 예에 있어서, 동심 링은 안테나 피드에 대해 동심(concentric)이다.
- [0061] **안테나 시스템의 예**
- [0062] 일 실시 예에 있어서, 평면 패널 안테나는 메타물질 안테나 시스템(metamaterial antenna system)의 일부이다. 통신 위성 지구국을 위한 메타물질 안테나 시스템의 실시 예가 개시된다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템

은 민간 상업 위성 통신용 Ka-대역 주파수 또는 Ku-대역 주파수를 이용하여 동작하는 모바일 플랫폼(예컨대, 항공, 해상, 육상 등)에서 동작하는 위성 지구국(ES: earth station)의 구성요소 또는 서브시스템이다. 안테나 시스템의 실시 예는 또한 모바일 플랫폼 상에 있지 않은 지구국(예컨대, 고정 또는 운송가능한 지구국)에서 이용될 수 있음을 주지해야 한다.

[0063] 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은 개별 안테나를 통해 송신 및 수신 빔을 형성 및 스티어링하기 위해 표면 산란 메타물질 기술을 이용한다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은 (예컨대, 위상 어레이 안테나(phased array antennas)와 같이) 빔을 전기적으로 형성하고 스티어링하기 위해 디지털 신호 처리를 채택하는 안테나 시스템과는 달리 아날로그 시스템이다.

[0064] 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은 3개의 기능적 서브시스템으로 구성된다: (1) 원통형 파 급전 구조(cylindrical wave feed architecture)로 구성된 도파관 구조체(wave guiding structure); (2) 안테나 엘리먼트의 일부인 파 산란 메타물질 단위 셀(wave scattering metamaterial unit cells)의 어레이; 및 (3) 홀로그래픽 원리를 이용하여 메타물질 산란 엘리먼트로부터 조정가능한 방사선 필드(빔)의 형성을 명령하기 위한 제어 구조체.

[0065] **안테나 엘리먼트**

[0066] 도 6은 원통형으로 급전된 홀로그래픽 방사형 개구면 안테나의 일 실시 예의 개략도를 예시한다. 도 6을 참조하면, 안테나 개구면은 원통형 급전 안테나의 입력 피드(602; input feed) 주위에서 동심 링으로 배치되는 안테나 엘리먼트(603)의 하나 이상의 어레이(601)를 갖는다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트(603)는 RF 에너지를 방사하는 무선 주파수(RF) 공진기이다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트(603)는 안테나 개구면의 전체 표면 상에서 인터리브(interleaved) 및 분포(distributed)되는 Rx 및 Tx 아이리스(irises) 양쪽을 구비한다. 이러한 Rx 및 Tx 아이리스, 또는 슬롯은 각 세트가 개별적으로 동시에 제어된 대역을 위한 3개 이상의 세트의 그룹으로 될 수 있다. 아이리스를 갖는 이러한 안테나 엘리먼트의 예는 이하 더욱 상세히 개시된다. 여기에 개시된 RF 공진기는 원통형 피드(cylindrical feed)를 포함하지 않는 안테나에 이용될 수 있음을 주목해야 한다.

[0067] 일 실시 예에 있어서, 안테나는 입력 피드(602; input feed)를 통해 원통형 파 피드(cylindrical wave feed)를 제공하기 위해 이용되는 동축 피드(coaxial feed)를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 원통형 파 피드 구조는 피드 지점으로부터 원통형 방식으로 바깥쪽으로 확산하는 여기(excitation)로 중심점으로부터 안테나를 급전한다. 즉, 원통형 급전 안테나는 바깥쪽으로 진행되는 동심 피드 파(outward travelling concentric feed wave)를 생성한다. 그럼에도 불구하고, 원통형 피드 주위의 원통형 피드 안테나의 형상은 원형, 정사각형 또는 소정의 형상일 수 있다. 다른 실시 예에 있어서, 원통형 급전 안테나는 안쪽으로 진행되는 피드 파(inward travelling feed wave)를 생성한다. 이러한 경우에, 피드 파는 가장 자연스럽게 원형 구조체로부터 도래한다.

[0068] 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트(603)는 아이리스를 포함하고, 도 6의 개구면 안테나는 튜닝가능한 액정(LC) 물질을 통해 아이리스를 방사하기 위해 원통형 피드 파로부터 여기(excitation)를 이용하여 향상화된 메인 빔을 발생시키는데 이용된다. 일 실시 예에 있어서, 안테나는 원하는 스캔 각도에서 수평 또는 수직 편파 전계(horizontally or vertically polarized electric field)를 방사하도록 여기될 수 있다.

[0069] 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트는 패치 안테나의 그룹을 구비한다. 이 패치 안테나의 그룹은 산란 메타물질 엘리먼트의 어레이를 구비한다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템의 각 산란 엘리먼트는 하부 도전체(lower conductor), 유전체 기판(dielectric substrate), 및 상부 도전체에서 에칭되거나 그에 대해 증착되는 상보 전기 유도-용량성 공진기(complementary electric inductive-capacitive resonator)("상보 전기 LC" 또는 "CELC")를 내장하는 상부 도전체(upper conductor)로 구성되는 단위 셀의 일부분이다. 당업자에 의해 이해되어지는 바와 같이, CELC의 맥락에서 LC는 액정과 달리 인덕턴스-캐패시턴스(inductance-capacitance)를 지칭한다.

[0070] 일 실시 예에 있어서, 액정(LC)은 산란 엘리먼트 주위의 갭에 배치된다. 이 LC는 상기한 직접 구동 실시 예에 의해 구동된다. 일 실시 예에 있어서, 액정은 각 단위 셀로 캡슐화되고, 슬롯과 관련된 하부 도전체를 그 패치와 관련된 상부 도전체로부터 분리한다. 액정은 액정을 구비하는 분자의 배향의 함수인 유전율(permittivity)을 가지며, 분자의 배향(및 따라서 유전율)은 액정을 가로지르는 바이어스 전압을 조정하는 것에 의해 제어될 수 있다. 이 특성을 이용하면, 일 실시 예에 있어서, 액정은 유도 파(guided wave)로부터 CELC로 에너지의 송신을 위한 온/오프 스위치를 통합한다. 스위치가 온될 때, CELC는 전기적으로 작은 다이폴 안테나(dipole antenna)와 같은 전자기 파(electromagnetic wave)를 방출한다. 여기서의 교시는 에너지 전달과 관련하여 이진 방식(binary

fashion)으로 동작하는 액정을 갖춘 것으로 제한되지는 않는다.

- [0071] 일 실시 예에 있어서, 이 안테나 시스템의 피드 형상은 안테나 엘리먼트가 파 피드(wave feed)에서 파의 벡터에 대해 45도(45°) 각도로 위치되도록 할 수 있다. 다른 위치(예컨대, 40° 각도)가 이용될 수 있음을 주지해야 한다. 엘리먼트의 이러한 위치는 엘리먼트에 의해 수신되거나 엘리먼트로부터 송신/방사되는 자유 공간파(free space wave)의 제어를 가능하게 한다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트는 안테나의 동작 주파수의 자유-공간 파장(free-space wavelength)보다 작은 엘리먼트간 공간(inter-element spacing)으로 배열된다. 예컨대, 파장 당 4개의 산란 엘리먼트가 있다면, 30GHz 송신 안테나에서의 엘리먼트는 약 2.5mm이다(즉, 30GHz의 10mm 자유 공간 파장의 1/4).
- [0072] 일 실시 예에 있어서, 엘리먼트의 2개의 세트는 서로 직교하고 동일한 튜닝 상태로 제어되면 동일한 진폭 여기(equal amplitude excitation)를 갖는다. 피드 파 여기에 대해 +/-45도 회전하면 원하는 특징을 한 번에 달성할 수 있다. 한 세트를 0도 회전시키고 다른 하나를 90도 회전시키면 수직 목표는 달성되지만, 동일한 진폭 여기 목표는 달성되지 않는다. 2개의 축으로부터 단일 구조체로 안테나 엘리먼트의 어레이를 피딩(feeding)할 때 0도 및 90도가 격리(isolation)를 달성하는데 이용될 수 있다.
- [0073] 각 단위 셀로부터 방사되는 전력의 양은 컨트롤러를 이용하여 패치(LC 채널을 가로지르는 전위)에 전압을 인가하는 것에 의해 제어된다. 각 패치에 대한 트레이스(traces)는 패치 안테나에 전압을 제공하는데 이용된다. 전압은 캐패시턴스를 튜닝 또는 디튜닝하기 위해 이용되고, 따라서 빔 형성을 유발하기 위한 개별 엘리먼트의 공명 주파수(resonance frequency)이다. 요구되는 전압은 이용되는 액정 혼합물(liquid crystal mixture)에 의존한다. 액정 혼합물의 전압 튜닝 특성은 액정이 전압 및 포화 전압에 의해 영향을 받기 시작하는 임계 전압에 의해 주로 설명되고, 이 보다 높은 전압의 증가는 액정에서 큰 튜닝을 야기시키지 않는다. 이들 두 가지 특징 파라미터는 여러 액정 혼합물에 대해 변할 수 있다.
- [0074] 일 실시 예에 있어서, 위에서 논의된 바와 같이, 매트릭스 드라이브(matrix drive)는 각 셀에 대한 별도의 연결을 갖는 것 없이 모든 다른 셀로부터 개별적으로 각 셀을 구동하기 위해 (직접 구동) 패치에 전압을 인가하는데 이용된다. 엘리먼트의 높은 밀도 때문에, 매트릭스 드라이브는 각 셀을 개별적으로 처리하는데 효율적인 방법이다.
- [0075] 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템의 제어 구조체는 2개의 주요 구성요소를 갖는다: 안테나 시스템을 위한 구동 전자기기(drive electronics)를 포함하는 안테나 어레이 컨트롤러는 (여기서 설명된 바와 같은 표면 산란 안테나 엘리먼트의) 파 산란 구조체(wave scattering structure) 아래에 있는 한편, 매트릭스 구동 스위칭 어레이(matrix drive switching array)는 방사를 방해하지 않는 방식으로 방사 RF 어레이(radiating RF array) 전체에 걸쳐 산재된다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템을 위한 구동 전자기기는 해당 엘리먼트에 대한 AC 바이어스 신호의 진폭 또는 듀티 사이클을 조정하는 것에 의해 각 산란 엘리먼트에 대한 바이어스 전압을 조정하는 상업용 텔레비전 기기에 이용되는 상용 기성품 LCD 제어기기를 구비한다.
- [0076] 일 실시 예에 있어서, 안테나 어레이 컨트롤러는 또한 소프트웨어를 실행하는 마이크로프로세서를 포함한다. 제어 구조체는 프로세서에 위치(location) 및 방위(orientation) 정보를 제공하기 위해 센서(예컨대, GPS 수신기, 3축 나침반, 3축 가속도계, 3축 자이로, 3축 자력계 등)를 통합할 수 있다. 위치 및 방위 정보는 지구국의 다른 시스템 및/또는 안테나 시스템의 일부가 아닐 수 있는 다른 시스템에 의해 프로세서에 제공될 수 있다.
- [0077] 특히, 안테나 어레이 컨트롤러는 동작 주파수에서 어느 위상 및 진폭 레벨로 어느 엘리먼트가 턴 오프되고 이들 엘리먼트가 턴 온되는지를 제어한다. 엘리먼트는 전압 인가에 의해 주파수 동작에 대해 선택적으로 디튜닝된다(detuned).
- [0078] 송신을 위해, 컨트롤러는 변조 또는 제어 패턴을 생성하기 위해 RF 패치에 전압 신호의 어레이를 공급한다. 제어 패턴은 엘리먼트가 다른 상태로 튜닝되도록 한다. 일 실시 예에 있어서, 다중상태 제어는 다양한 엘리먼트가 다양한 레벨로 턴 온 및 오프되는데 이용되고, 구형파(즉, 정현파 회색 음영 변조 패턴(sinusoid gray shade modulation pattern))와는 대조적으로 정현파 제어 패턴(sinusoidal control pattern)과 더 유사하다. 일 실시 예에 있어서, 몇몇 엘리먼트가 방사되고 몇몇은 그렇지 않기 보다는, 몇몇 엘리먼트는 다른 엘리먼트보다 더 강하게 방사된다. 가변 방사(Variable radiation)는, 변하는 양에 대해 액정 유전율을 조정하는, 특정 전압 레벨을 인가하는 것에 의해 달성되고, 그에 의해 엘리먼트를 가변적으로 디튜닝하고 몇몇 엘리먼트는 다른 엘리먼트보다 더 많이 방사하도록 한다.
- [0079] 엘리먼트의 메타물질 어레이에 의한 집중 빔(focused beam)의 발생은 보강 및 상쇄 간섭의 현상에 의해 설명될

수 있다. 개별 전자기파는 자유 공간에서 만날 때 동일한 위상을 갖으면 합산되고(보강 간섭(constructive interference)), 자유 공간에서 만날 때 반대 위상에 있으면 서로 상쇄된다(상쇄 간섭(destructive interference)). 각 연속 슬롯이 유도 파(guided wave)의 여기 지점과 다른 거리에 위치하도록 슬롯형 안테나(slotted antenna)의 슬롯이 배치되면, 해당 엘리먼트로부터의 산란파(scattered wave)는 이전 슬롯의 산란파와 다른 위상을 가질 것이다. 슬롯이 유도 파장(guided wavelength)의 1/4로 공간지워져 떨어지면, 각 슬롯은 이전 슬롯으로부터 1/4 위상 지연으로 파를 산란시킬 것이다.

[0080] 어레이를 이용하면, 발생될 수 있는 보강 및 상쇄 간섭의 패턴의 수가 증가될 수 있어 빔은 홀로그래피의 원리를 이용하여 안테나 어레이의 보어 사이트(bore sight)로부터 플러스 또는 마이너스 90도(90°)의 소정 방향으로 이론적으로 가리킬 수 있다. 따라서, 어느 메타물질 단위 셀이 턴 온 또는 오프되는지를 제어하는 것에 의해(즉, 어느 셀이 턴 온되고 어느 셀이 턴 오프되는지의 패턴을 변경하는 것에 의해), 보강 및 상쇄 간섭의 여러 패턴이 발생될 수 있고, 안테나는 메인 빔의 방향을 변경시킬 수 있다. 단위 셀을 턴 온 및 오프하는데 요구되는 시간은 빔이 한 위치에서 다른 위치로 스위칭될 수 있는 속도를 좌우한다.

[0081] 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은 업링크 안테나(uplink antenna)를 위한 하나의 스티어링가능 빔(steerable beam) 및 다운링크 안테나를 위한 하나의 스티어링가능 빔을 발생시킨다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은 빔을 수신하고 위성으로부터 신호를 디코딩하며 위성을 직접 향하게 되는 송신 빔을 형성하기 위해 메타물질 기술을 이용한다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은(예컨대, 위상 어레이 안테나와 같이) 빔을 전기적으로 형성하고 스티어링하기 위해 디지털 신호 처리를 채택하는 안테나 시스템과는 달리 아날로그 시스템이다. 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은, 특히 종래의 위성 접시 수신기(satellite dish receivers)와 비교할 때, 평면이고 비교적 낮은 프로파일인 "표면(surface)" 안테나로 고려된다.

[0082] 도 7은 접지 평면(ground plane) 및 재구성가능 공진기 층(reconfigurable resonator layer)을 포함하는 안테나 엘리먼트의 하나의 행의 사시도를 예시한다. 재구성 가능한 공진기 층(1230)은 튜닝가능 슬롯(1210; tunable slots)의 어레이를 포함한다. 튜닝가능 슬롯(1210)의 어레이는 원하는 방향으로 안테나가 향하도록 구성될 수 있다. 각 튜닝가능 슬롯은 액정을 가로지르는 전압을 변화시키는 것에 의해 튜닝/조정될 수 있다.

[0083] 제어 모듈, 또는 컨트롤러(1280)는 도 8a에서 액정을 가로지르는 전압을 변경시키는 것에 의해 튜닝가능 슬롯(1210)의 어레이를 변조하기 위해 재구성가능 공진기 층(1230)에 결합된다. 제어 모듈(1280)은 "FPGA"(Field Programmable Gate Array), 마이크로프로세서, 컨트롤러, SoC(System-on-a-Chip), 또는 다른 처리 로직을 포함할 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 제어 모듈(1280)은 튜닝가능 슬롯(1210)의 어레이를 구동하기 위한 논리 회로(예컨대, 멀티플렉서(multiplexer))를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 제어 모듈(1280)은 홀로그래픽 회절 패턴(holographic diffraction pattern)이 튜닝가능 슬롯(1210)의 어레이 상에서 구동되어지도록 하기 위한 사양을 포함하는 데이터를 수신한다. 홀로그래픽 회절 패턴은 홀로그래픽 회절 패턴이 통신을 위해 적절한 방향으로 다운링크 빔(및 안테나 시스템이 송신을 수행하면 업링크 빔)을 스티어링하기 위해 안테나와 위성 사이의 공간적 관계에 응답하여 발생될 수 있다. 각 도면에 도시되지는 않았음에도 불구하고, 제어 모듈(1280)과 유사한 제어 모듈이 본 개시의 도면에 기술된 튜닝가능 슬롯의 각 어레이를 구동할 수 있다.

[0084] 무선 주파수(Radio Frequency)("RF") 홀로그래피는 또한 RF 참조 빔(RF reference beam)이 RF 홀로그래픽 회절 패턴에 직면할 때 원하는 RF 빔이 발생될 수 있는 유사한 기술을 이용하는 것이 가능하다. 위성 통신의 경우, 참조 빔은, 피드 파(1205; feed wave)(몇몇 실시 예에서 대략 20GHz)와 같은, 피드 파의 형태이다. (송신 또는 수신 목적을 위해) 피드 파를 방사 빔(radiated beam)으로 변환시키기 위해, 간섭 패턴이 원하는 RF 빔(대상 빔(object beam))과 피드 파(참조 빔(reference beam)) 사이에서 계산된다. 간섭 패턴은 피드 파가(원하는 형상 및 방향을 갖춘) 원하는 RF 빔으로 "스티어링(steered)"되도록 회절 패턴으로서 튜닝가능 슬롯(1210)의 어레이 상에서 구동된다. 즉, 홀로그래픽 회절 패턴에 직면하는 피드 파는 대상 빔을 "재구성(reconstructs)"하고, 이는 통신 시스템의 설계 요구사항에 따라 형성된다. 홀로그래픽 회절 패턴은 각 엘리먼트의 여기를 포함하고, 도 8a에서의 파동 식으로서 W_{in} 및 유출 파에 대한 파동 식으로서 W_{out} 를 갖는, $W_{hologram} = W_{in}^* W_{out}$ 에 의해 계산된다.

[0085] 도 8a는 튜닝가능 공진기/슬롯(1210)의 일 실시 예를 예시한다. 튜닝가능 슬롯(1210)은 아이리스/슬롯(1212), 방사 패치(1211; radiating patch), 및 아이리스(1212)와 패치(1211) 사이에 배치된 액정(1213)을 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 방사 패치(1211)는 아이리스(1212)와 공동-위치된다.

[0086] 도 8b는 물리적 안테나 개구면의 일 실시 예의 단면도를 예시한다. 안테나 개구면은 접지 평면(1245), 및 재구

성가능 공진기 층(1230)에 포함되는 아이리스 층(1233) 내의 금속 층(1236)을 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 도 8b의 안테나 개구면은 도 8a의 복수의 튜닝가능 공진기/슬롯(1210)을 포함한다. 아이리스/슬롯(1212)은 금속 층(1236)의 개구부(openings)에 의해 정의된다. 도 8a의 피드 파(1205)와 같은, 피드 파는 위성 통신 채널과 호환되는 마이크로파 주파수(microwave frequency)를 가질 수 있다. 피드 파는 접지 평면(1245)과 공진기 층(1230) 사이에서 전파된다.

[0087] 재구성가능 공진기 층(1230)은 또한 가스켓 층(1232; gasket layer) 및 패치 층(1231)을 포함한다. 가스켓 층(1232)은 패치 층(1231)과 아이리스 층(1233) 사이에 배치된다. 일 실시 예에 있어서, 스페이서는 가스켓 층(1232)을 대체할 수 있음을 주지해야 한다. 일 실시 예에 있어서, 아이리스 층(1233)은 금속 층(1236)으로서 구리 층을 포함하는 인쇄 회로 기판("PCB")이다. 일 실시 예에 있어서, 아이리스 층(1233)은 유리이다. 아이리스 층(1233)은 다른 형태의 기판일 수 있다.

[0088] 개구부가 슬롯(1212)을 형성하기 위해 구리 층에서 예칭될 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 아이리스 층(1233)은 도 8b의 다른 구조체(예컨대, 도파관)에 도전성 본딩 층(conductive bonding layer)에 의해 도전적으로 결합된다. 일 실시 예에 있어서, 아이리스 층은 도전성 본딩 층에 의해 도전적으로 결합되지 않고 대신 비-도전성 본딩 층(non-conducting bonding layer)과 인터페이스된다.

[0089] 패치 층(1231)이 또한 방사 패치(1121)로서 금속을 포함하는 PCB일 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 가스켓 층(1232)은 금속 층(1236)과 패치(1211) 사이의 치수를 정의하기 위해 기계적 스탠드오프(mechanical standoff)를 제공하는 스페이서(1239; spacers)를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 스페이서는 75 마이크론이지만, 다른 크기가 이용될 수 있다(예컨대, 3-200mm). 상기한 바와 같이, 일 실시 예에 있어서, 도 8b의 안테나 개구면은, 예컨대 튜닝가능 공진기/슬롯(1210)이 도 8a의 패치(1211), 액정(1213), 및 아이리스(1212)를 포함하는 것과 같은, 다수의 튜닝가능 공진기/슬롯을 포함한다. 액정(1213)용 챔버는 스페이서(1239), 아이리스 층(1233) 및 금속 층(1236)에 의해 정의된다. 챔버가 액정으로 채워질 때, 패치 층(1231)은 공진기 층(1230) 내에 액정을 밀봉하기 위해 스페이서(1239) 상에 적층될 수 있다.

[0090] 패치 층(1231)과 아이리스 층(1233) 사이의 전압은 패치와 슬롯(예컨대, 튜닝가능 공진기/슬롯(1210)) 사이의 갭에서 액정을 튜닝하기 위해 변조될 수 있다. 액정(1213)을 가로지르는 전압을 조정하는 것은 슬롯(예컨대, 튜닝가능 공진기/슬롯(1210))의 캐패시턴스를 변화시킨다. 따라서, 캐패시턴스를 변경시키는 것에 의해 슬롯(예컨대, 튜닝가능 공진기/슬롯(1210))의 리액턴스가 변경될 수 있다. 슬롯(1210)의 공진 주파수는 또한 식

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

에 따라 변하고, 여기서, f 는 슬롯(1210)의 공진 주파수, L 및 C는 각각 슬롯(1210)의 인덕턴스 및 캐패시턴스이다. 슬롯(1210)의 공진 주파수는 도파관을 통해 전파되는 피드 파(1205)로부터 방사된 에너지에 영향을 미친다. 예컨대, 피드 파(1205)가 20GHz이면, 슬롯(1210)이 피드 파(1205)로부터 실질적으로 결합하는 에너지가 없도록 슬롯(1210)의 공진 주파수는 (캐패시턴스를 변경시키는 것에 의해) 17GHz로 조정될 수 있다. 또는, 슬롯(1210)의 공진 주파수는 슬롯(1210)이 피드 파(1205)로부터 에너지를 결합하고 해당 에너지를 자유 공간으로 방사하도록 20GHz로 조정될 수 있다. 주어진 예가 이진(완전히 방사 또는 전혀 방사하지 않음)의, 리액턴스의 풀 그레이 스케일 제어(full gray scale control)임에도 불구하고, 따라서 슬롯(1210)의 공진 주파수는 다중 값 범위에 걸쳐 전압 변동(voltage variance)으로 가능하다. 따라서, 상세한 홀로그래픽 회절 패턴이 튜닝가능 슬롯의 어레이에 의해 형성될 수 있도록 각 슬롯(1210)으로부터 방사된 에너지는 미세하게 제어될 수 있다.

[0091] 일 실시 예에 있어서, 행에서의 튜닝가능 슬롯은 $\lambda/5$ 만큼 서로로부터 공간지워진다. 다른 공간(spacings)이 이용될 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 행에서의 각 튜닝가능 슬롯은 $\lambda/2$ 만큼 인접하는 행의 가장 가까운 튜닝가능 슬롯으로부터 공간지워지고, 따라서 다른 행에서 공통으로 배향된 튜닝가능 슬롯은 $\lambda/4$ 만큼 공간지워지지만, 다른 공간이 가능하다(예컨대, $\lambda/5$, $\lambda/6.3$). 다른 실시 예에 있어서, 행의 각 튜닝가능 슬롯은 $\lambda/3$ 만큼 인접하는 행에서 가장 가까운 튜닝가능 슬롯으로부터 공간지워진다.

[0092] 실시 예는, 2014년 11월 21일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "스티어링가능 원통형 급전 홀로그래픽 안테나로부터의 동적 편파 및 커플링 제어(Dynamic Polarization and Coupling Control from a Steerable Cylindrically Fed Holographic Antenna)"인 미국 특허 출원 제14/550,178호와, 2015년 1월 30일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "재구성가능 안테나를 위한 리지드 도파관 피드 구조체(Ridged Waveguide Feed Structures for Reconfigurable Antenna)"인 미국 특허 출원 제14/610,502호와 같은, 재구성가능 메타물질 기술을 이용한다.

- [0093] 도 9a 내지 도 9d는 슬롯형 어레이를 생성하기 위한 여러 층의 일 실시 예를 예시한다. 안테나 어레이는, 도 1a에 도시된 예시적 링과 같은, 링에 위치되는 안테나 엘리먼트를 포함한다. 본 예에 있어서, 안테나 어레이는 2가지 다른 형태의 주파수 대역에 대해 이용되는 2가지 다른 형태의 안테나 엘리먼트를 갖음을 유지해야 한다.
- [0094] 도 9a는 슬롯에 대응하는 위치를 갖는 제1 아이리스 보드 층(first iris board layer)의 일부분을 예시한다. 도 9a를 참조하면, 원은 아이리스 기관의 바닥 층에서 금속화(metallization)의 개방 영역/슬롯(open areas/slots)이고, 피드(피드 파)에 대한 엘리먼트의 결합을 제어하기 위한 것이다. 본 층은 선택적 층이고 모든 설계에는 이용되지 않음을 유지해야 한다. 도 9b는 슬롯을 포함하는 제2 아이리스 보드 층의 일부분을 예시한다. 도 9c는 제2 아이리스 보드 층의 일부분에 걸치는 패치를 예시한다. 도 9d는 슬롯형 어레이의 일부분의 상면도를 예시한다.
- [0095] 도 10은 원통형 급전 안테나 구조체(cylindrically fed antenna structure)의 일 실시 예의 측면도를 예시한다. 안테나는 이중 층 피드 구조체(double layer feed structure)(즉, 피드 구조체의 2개의 층)를 이용하여 안쪽으로 향하는 진행 파(inwardly travelling wave)를 발생시킨다. 일 실시 예에 있어서, 안테나는 원형 외부 형상(circular outer shape)을 포함하지만, 이는 요구되는 것은 아니다. 즉, 비-원형 내향 진행 구조체(non-circular inward travelling structures)가 이용될 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 도 10의 안테나 구조체는, 예컨대, 2014년 11월 21일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "스티어링가능 원통형 급전 홀로그래픽 안테나로부터의 동적 편파 및 커플링 제어"인 미국 공개공보 제2015/0236412호에 기술된 바와 같은, 동축 피드(coaxial feed)를 포함한다.
- [0096] 도 10을 참조하면, 동축 핀(1601; coaxial pin)은 안테나의 더 낮은 레벨에 대해 필드(field)를 여기시키는데 이용된다. 일 실시 예에 있어서, 동축 핀(1601)은 용이하게 이용가능한 50Ω 동축 핀이다. 동축 핀(1601)은 접지 평면(1602)을 도전하는 안테나 구조체의 바닥에 결합(예컨대, 볼트 고정)된다.
- [0097] 도전성 접지 평면(1602)과는 별도로, 내부 도전체인, 삽입 도전체(1603; interstitial conductor)가 있다. 일 실시 예에 있어서, 도전성 접지 평면(1602; conducting ground plane)과 삽입 도전체(1603; interstitial conductor)는 서로 평행하다. 일 실시 예에 있어서, 접지 평면(1602)과 삽입 도전체(1603) 사이의 거리는 0.1-0.15"이다. 다른 실시 예에 있어서, 이 거리는 $\lambda/2$ 일 수 있고, 여기서 λ 는 동작 주파수에서 진행파의 파장이다.
- [0098] 접지 평면(1602)은 스페이서(1604)를 매개로 삽입 도전체(1603)로부터 분리된다. 일 실시 예에 있어서, 스페이서(1604)는 발포체(foam) 또는 공기와 같은 스페이서(air-like spacer)이다. 일 실시 예에 있어서, 스페이서(1604)는 플라스틱 스페이서(plastic spacer)를 포함한다.
- [0099] 삽입 도전체(1603)의 상부에는 유전층(1605; dielectric layer)이 있다. 일 실시 예에 있어서, 유전체 층(1605)은 플라스틱이다. 유전체 층(1605)의 목적은 자유 공간 속도에 비해 진행파를 늦추는 것이다. 일 실시 예에 있어서, 유전체 층(1605)은 자유 공간에 비해 진행파를 30% 만큼 느리게 한다. 일 실시 예에 있어서, 빔 형성을 위해 적절한 굴절률의 범위는 1.2-1.8이고, 여기서 자유 공간은 1과 동일한 굴절률을 정의에 의해 갖는다. 예컨대 플라스틱과 같은 다른 유전체 스페이서 물질이 이 효과를 달성하기 위해 이용될 수 있다. 플라스틱 이외의 물질은 원하는 파 지연 효과를 달성하는 한 이용될 수 있다. 대안적으로, 분포 구조체를 갖는 물질이, 예컨대 기계 가공 또는 리소그래피로 정의될 수 있는 주기적인 서브-파장 금속 구조체(periodic sub-wavelength metallic structures)와 같은, 유전체(1605)로서 이용될 수 있다.
- [0100] RF-어레이(1606)는 유전체(1605)의 상부에 있다. 일 실시 예에 있어서, 삽입 도전체(1603)와 RF-어레이(1606) 사이의 거리는 0.1-0.15"이다. 다른 실시 예에 있어서, 이 거리는 $\lambda_{\text{eff}}/2$ 일 수 있고, 여기서 λ_{eff} 는 설계 주파수에서 매체의 유효 파장(effective wavelength)이다.
- [0101] 안테나는 측면(1607 및 1608)을 포함한다. 측면(1607 및 1608)은 동축 핀(1601)으로부터의 진행파 피드가 삽입 도전체(1603) 아래의 영역(스페이서 층)으로부터 반사를 통해 삽입 도전체(1603) 위의 영역(유전체 층)으로 전파되어지도록 하기 위해 각도지워져 있다. 일 실시 예에 있어서, 측면(1607 및 1608)의 각도는 45° 각도이다. 대안적인 실시 예에 있어서, 측면(1607 및 1608)은 반사를 달성하기 위해 연속 반경(continuous radius)으로 대체될 수 있다. 도 10은 45도의 각도를 갖는 각이진 측면을 도시하고, 하위 레벨 피드(lower level feed)로부터 상위 레벨 피드(upper level feed)로 신호 송신을 달성하는 다른 각도가 이용될 수 있다. 즉, 하위 피드에서 유효 파장이 일반적으로 상위 피드와는 다르게 될 것임을 고려하면, 이상적인 45° 각도로부터의 몇몇 편차는 하위에서 상위 피드 레벨까지의 송신을 돕는데 이용될 수 있다. 예컨대, 다른 실시 예에 있어서, 45° 각도는 단일

스텝으로 대체된다. 안테나의 일단 상의 스텝은 유전체 층, 삽입 도전체, 및 스페이서 층 주위로 간다. 동일한 두 스텝이 이들 층의 타단에 있다.

- [0102] 동작에 있어서, 피드 파가 동축 핀(1601)으로부터 공급될 때, 파는 접지 평면(1602)과 삽입 도전체(1603) 사이의 영역에서 동축 핀(1601)으로부터 동심적으로 배향되어 진행한다. 동심적 유출 파는 측면(1607 및 1608)에 의해 반사되고 삽입 도전체(1603)와 RF 어레이(1606) 사이의 영역에서 안쪽으로 진행한다. 원형 둘레(circular perimeter)의 에지로부터의 반사는 파가 동 위상을 유지하도록 한다(즉, 이는 동-위상 반사이다(in-phase reflection)). 진행 파는 유전체 층(1605)에 의해 느려진다. 이 시점에서, 진행 파는 원하는 산란을 얻기 위해 RF 어레이(1606)에서 엘리먼트와 상호작용하고 여기하는 것을 시작한다.
- [0103] 진행파를 종료시키기 위해, 말단(1609)이 안테나의 기하학적 중심에서 안테나에 포함된다. 일 실시 예에 있어서, 말단(1609)은 핀 말단(예컨대, 50Ω 핀)을 구비한다. 다른 실시 예에 있어서, 말단(1609)은 안테나의 피드 구조체를 통해 되돌아오는 이용되지 않은 에너지의 반사를 방지하기 위해 이용되지 않은 에너지를 종료하는 RF 흡수기(RF absorber)를 구비한다. 이들은 RF 어레이(1606)의 상부에서 이용될 수 있다.
- [0104] 도 11은 유출 파를 갖는 안테나 시스템의 다른 실시 예를 예시한다. 도 11을 참조하면, 2개의 접지 평면(1610 및 1611)은 접지 평면 사이에서 유전체 층(1612)(예컨대, 플라스틱 층 등)과 서로 실질적으로 평행하다. RF 흡수기(1619)(예컨대, 저항기)는 2개의 접지 평면(1610 및 1611)을 함께 결합시킨다. 동축 핀(1615)(예컨대, 50Ω)이 안테나에 공급된다. RF 어레이(1616)는 유전체 층(1612) 및 접지 평면(1611)의 상부에 있다.
- [0105] 동작에 있어서, 피드 파는 동축 핀(1615)을 통해 공급되고 동심으로 바깥쪽으로 진행하고 RF 어레이(1616)의 엘리먼트와 상호작용한다.
- [0106] 도 10 및 도 11의 양쪽 안테나에서 원통형 피드는 안테나의 서비스 각도를 향상시킨다. 안테나 시스템의 플러스 또는 마이너스 45도 방위각 ($\pm 45^\circ$ Az) 및 플러스 또는 마이너스 25도 고도($\pm 25^\circ$ E1)의 서비스 각도 대신, 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템은 모든 방향에서의 보어 사이트로부터 75도(75°)의 서비스 각도를 갖는다. 많은 개별 방사기로 구성된 소정의 빔 형성 안테나와 같이, 전체 안테나 이득은 구성요소 엘리먼트의 이득에 의존하고, 그들 자체는 각도 의존적(angle-dependent)이다. 공통 방사 엘리먼트를 이용할 때, 빔이 보어 사이트를 더 벗어나 향하게 됨에 따라 전체 안테나 이득이 감소한다. 보어 사이트를 벗어나는 75도에서, 약 6dB의 상당한 이득 저하가 예상된다.
- [0107] 원통형 피드를 갖춘 안테나의 실시 예는 하나 이상의 문제를 해결한다. 이들은 회사 분배기 네트워크(corporate divider network)로 급전된 안테나에 비해 피드 구조체를 획기적으로 단순화하여 전체 요구되는 안테나 및 안테나 피드 체적(antenna feed volume)을 감소시키는 것과; 더 거친 제어기기(coarser controls)로 높은 빔 성능을 유지하는 것에 의해 제조 및 제어 에러에 대한 민감도 감소시키는 것 (완전히 이진 제어까지 확장); 원통형으로 배향된 피드 파가 원거리 필드에서 공간적으로 다양한 측면 로브(diverse side lobes)를 초래하기 때문에 직선형 피드(rectilinear feeds)와 비교하여 더 유리한 측면 로브 패턴을 부여하는 것; 및 편파기(polarizer)를 필요로 하지 않으면서 좌측 원편파, 우측 원편파 및 선형 편파를 허용하는 것을 포함하는 동적으로 되는 편파를 허용하는 것;을 포함한다.
- [0108] **파 산란 엘리먼트의 어레이**
- [0109] 도 10의 RF 어레이(1606) 및 도 11의 RF 어레이(1616)는 방사기(radiators)로서 작용하는 패치 안테나의 그룹(즉, 산란기(scatterers))을 포함하는 파 산란 서브시스템(wave scattering subsystem)을 포함한다. 이 패치 안테나의 그룹은 산란 메타물질 엘리먼트의 어레이를 구비한다.
- [0110] 일 실시 예에 있어서, 안테나 시스템의 각 산란 엘리먼트는 하부 도전체(lower conductor), 유전체 기판(dielectric substrate), 및 상부 도전체에서 예칭되거나 그에 대해 증착되는 상보 전기 유도-용량성 공진기(complementary electric inductive-capacitive resonator)("상보 전기 LC" 또는 "CELC")를 내장하는 상부 도전체(upper conductor)로 구성되는 단위 셀의 일부분이다.
- [0111] 일 실시 예에 있어서, 액정(LC)은 산란 엘리먼트 주위의 갭에 주입된다. 액정은 각 단위 셀로 캡슐화되고, 그 패치와 관련된 상부 도전체로부터 슬롯과 관련된 하부 도전체를 분리한다. 액정은 액정을 구비하는 분자의 배향의 함수인 유전율을 갖고, 분자의 배향 (및 따라서 유전율)은 액정을 가로지르는 바이어스 전압을 조정하는 것에 의해 제어될 수 있다. 이 특성을 이용하여 액정은 유도 파로부터 CELC로 에너지를 송신하기 위한 온/오프 스위치 위치로서 작용한다. 스위치 온될 때, CELC는 전기적으로 작은 다이폴 안테나와 같은 전자기파를 방출한다.

- [0112] LC의 두께를 제어하면 빔 스위칭 속도가 증가한다. 하부 도전체와 상부 도전체 사이의 갭(액정의 두께)의 50 퍼센트(50%) 감소는 속도에서 4배의 증가를 초래한다. 다른 실시 예에 있어서, 액정의 두께는 대략 14 밀리초(14ms)의 빔 스위칭 속도를 초래한다. 일 실시 예에 있어서, LC는 7 밀리초(7ms) 요건에 부합될 수 있도록 응답성(responsiveness)을 향상시키기 위해 당 업계에서 공지된 방식으로 도핑된다.
- [0113] CELC 엘리먼트는 CELC 엘리먼트의 평면에 평행하게 적용되고 CELC 갭 보완물(complement)에 수직으로 적용되는 자계(magnetic field)에 응답한다. 전압이 메타물질 산란 단위 셀에서 액정에 인가되면, 유도 파의 자계 성분이 CELC의 자기 여기(magnetic excitation)를 유도하고, 결국 유도 파와 동일한 주파수로 전자기 파를 발생시킨다.
- [0114] 단일 CELC에 의해 발생된 전자기 파의 위상은 유도 파의 벡터 상에서 CELC의 위치에 의해 선택될 수 있다. 각 셀은 CELC와 평행하는 유도 파로 동 위상의 파를 발생시킨다. CELC는 파장보다 작기 때문에, 출력 파는 CELC 아래를 지나감에 따라 유도 파의 위상과 동일한 위상을 갖는다.
- [0115] 일 실시 예에 있어서, 이 안테나 시스템의 원통형 피드 기하학적 구조는 CELC 엘리먼트가 파 피드에서 파의 벡터에 대해 45도(45°) 각도로 위치될 수 있도록 한다. 엘리먼트의 이러한 위치는 엘리먼트로부터 발생되거나 엘리먼트에 의해 수신된 자유 공간 파의 편파(polarization)의 제어를 가능하게 한다. 일 실시 예에 있어서, CELC는 안테나의 동작 주파수의 자유 공간 파장보다 작은 엘리먼트간 공간(inter-element spacing)으로 배열된다. 예컨대, 파장 당 4개의 산란 엘리먼트가 있다면, 30GHz 송신 안테나에서의 엘리먼트는 약 2.5mm이다(즉, 30GHz의 10mm 자유 공간 파장의 1/4).
- [0116] 일 실시 예에 있어서, CELC는 2개의 사이에서 액정을 갖는 슬롯에 걸쳐 공동-위치된 패치를 포함하는 패치 안테나로 구현된다. 이와 관련하여, 메타물질 안테나는 슬롯형(산란) 도파관(slotted (scattering) wave guide)과 같이 작용한다. 슬롯형 도파관에 따르면, 출력 파의 위상은 유도 파와 관련된 슬롯의 위치에 의존한다.
- [0117] **셀 배치**
- [0118] 일 실시 예에 있어서, 안테나 엘리먼트는 시스템적 매트릭스 구동 회로(systematic matrix drive circuit)를 허용하는 방식으로 원통형 피드 안테나 개구면 상에 배치된다. 셀의 배치는 매트릭스 구동을 위한 트랜지스터의 배치를 포함한다. 도 12는 안테나 엘리먼트에 대한 매트릭스 구동 회로의 배치의 일 실시 예를 예시한다. 도 12를 참조하면, 행 컨트롤러(1701; row controller)는 각각 행 선택 신호(row select signals)(Row1 및 Row2)를 매개로 트랜지스터(1711 및 1712)에 결합되고, 열 컨트롤러(1702; column controller)는 열 선택 신호(column select signal)(Colum1)를 매개로 트랜지스터(1711 및 1712)에 결합된다. 트랜지스터(1711)는 또한 패치(1723)에 대한 연결을 매개로 안테나 엘리먼트(1721)에 결합되는 한편, 트랜지스터(1712)는 패치(1732)에 대한 연결을 매개로 안테나 엘리먼트(1722)에 결합된다.
- [0119] 비-균일 그리드(non-regular grid)로 배치된 단위 셀을 갖는 원통형 피드 안테나 상의 매트릭스 구동 회로를 실현하기 위한 초기 접근법에 있어서, 2가지 단계가 수행된다. 첫 번째 단계에서, 셀이 동심원 링 상에 배치되고, 각 셀은 셀 옆에 배치되고 각 셀을 개별적으로 구동하기 위한 스위치로서 작용하는 트랜지스터에 연결된다. 두 번째 단계에서, 매트릭스 구동 회로는 매트릭스 구동 접근법이 요구하는 바와 같이 모든 트랜지스터를 고유 어드레스(unique address)와 연결하기 위해 구축된다. 매트릭스 구동 회로는 (LCD와 유사한) 행 및 열 트레이스(row and column traces)에 의해 구축되지만 셀은 링에 배치되기 때문에, 각 트랜지스터에 대해 고유 어드레스를 할당하는 시스템적 방법은 없다. 이 매핑 문제는 모든 트랜지스터를 포괄하기 위해 매우 복잡한 회로를 초래하고 라우팅(routing)을 달성하기 위해 물리적 트레이스 수에서의 상당한 증가로 이어진다. 셀의 고 밀도 때문에, 이러한 트레이스는 커플링 효과에 기인하여 안테나의 RF 성능을 방해한다. 또한, 트레이스의 복잡성과 높은 패킹 밀도에 기인하여, 트레이스의 라우팅이 상업적으로 이용가능한 레이아웃 도구에 의해서는 달성될 수 없다.
- [0120] 일 실시 예에 있어서, 매트릭스 구동 회로는 셀 및 트랜지스터가 배치되기 전에 미리 정의된다. 이는 각 고유 어드레스로 모든 셀을 구동하는데 필요한 트레이스의 최소 수를 확실하게 한다. 이 전략은 구동 회로의 복잡성을 줄이고 라우팅을 단순화하여 안테나의 RF 성능을 실질적으로 향상시킨다.
- [0121] 특히, 하나의 접근법에서, 첫 번째 단계에서, 셀은 각 셀의 고유 어드레스를 설명하는 행과 열로 구성된 규칙적인 직사각형 그리드(regular rectangular grid) 상에 배치된다. 두 번째 단계에서, 셀은 첫 번째 단계에서 정의된 바와 같이 행과 열에 대해 그들의 어드레스와 연결을 유지하는 동안 동심원으로 그룹화되어 변환된다. 이 변환의 목표는 링 상에 셀을 놓을뿐만 아니라 셀 사이의 거리 및 전체 개구면에 걸쳐 일정한 링 사이의 거리를 유지하는 것이다. 이 목표를 달성하기 위해, 셀을 그룹화하기 위한 몇 가지 방법이 있다.

- [0122] 일 실시 예에 있어서, TFT 패키지는 매트릭스 드라이브의 배치 및 고유 어드레싱을 가능하게 하는데 이용된다. 도 13은 TFT 패키지의 일 실시 예를 예시한다. 도 13을 참조하면, 입력 및 출력 포트를 갖는 TFT 및 홀드 캐패시터(1803; hold capacitor)가 도시된다. 행과 열을 이용하여 TFT를 함께 연결하기 위해 트레이스(1801)에 연결된 2개의 입력 포트와 트레이스(1802)에 연결된 2개의 출력 포트가 있다. 일 실시 예에 있어서, 행 및 열 트레이스는 행 및 열 트레이스 사이의 결합을 감소시키고, 그리고 잠재적으로 최소화하기 위해 90 ° 각도로 교차한다. 일 실시 예에 있어서, 행 및 열 트레이스는 다른 층 상에 있다
- [0123] **동시 송수신(Full Duplex) 통신 시스템의 예**
- [0124] 다른 실시 예에 있어서, 결합된 안테나 개구면은 동시 송수신 통신 시스템(full duplex communication system)에서 이용된다. 도 14는 동시 송신 및 수신 경로를 갖춘 통신 시스템의 실시 예의 블록도이다. 하나의 송신 경로 및 하나의 수신 경로 만이 도시되어 있지만, 통신 시스템은 하나 이상의 송신 경로 및/또는 하나 이상의 수신 경로를 포함할 수 있다.
- [0125] 도 14를 참조하면, 안테나(1401)는 상기한 바와 같이 다른 주파수에서 동시에 송신 및 수신하도록 독립적으로 동작가능한 2개의 공간적으로 인터리브된(interleaved) 안테나 어레이(spatially interleaved antenna arrays)를 포함한다. 일 실시 예에 있어서, 안테나(1401)는 다이플렉서(1445; diplexer)에 연결된다. 커플링은 하나 이상의 피딩 네트워크(feeding networks)에 의해 이루어질 수 있다. 일 실시 예에 있어서, 방사형 피드 안테나(radial feed antenna)의 경우, 다이플렉서(1445)는 두 신호를 결합하고, 안테나(1401)와 다이플렉서(1445) 사이의 연결은 양쪽 주파수를 반송할 수 있는 단일 광대역 피딩 네트워크(single broad-band feeding network)이다.
- [0126] 다이플렉서(1445)는 저잡음 블록 다운 컨버터(LNBs; low noise block down converter)(1427)에 연결되고, 이는 당 업계에서 공지된 방식으로 잡음 필터링 기능(noise filtering function) 및 다운 변환 및 증폭 기능(down conversion and amplification function)을 수행한다. 일 실시 예에 있어서, LNB(1427)는 실외 유닛(ODU; outdoor unit)에 있다. 다른 실시 예에 있어서, LNB(1427)는 안테나 장치에 통합된다. LNB(1427)는 컴퓨팅 시스템(1440) (예컨대, 컴퓨터 시스템, 모뎀 등)에 결합되는 모뎀(1460)에 결합된다.
- [0127] 모뎀(1460)은 다이플렉서(1445)로부터 출력된 수신된 신호를 디지털 포맷으로 변환시키기 위해 LNB(1427)에 결합되는 아날로그-디지털 변환기(ADC; analog-to-digital converter)(1422)를 포함한다. 일단 디지털 포맷으로 변환되면, 신호는 복조기(1423)에 의해 복조되고 수신된 파 상에서 인코딩된 데이터를 얻기 위해 디코더(1424)에 의해 디코딩된다. 디코딩된 데이터는 이어 이를 컴퓨팅 시스템(1440)으로 전송하는 컨트롤러(1425)로 전송된다.
- [0128] 모뎀(1460)은 또한 컴퓨팅 시스템(1440)으로부터 송신될 데이터를 인코딩하는 인코더(1430)를 포함한다. 인코딩된 데이터는 변조기(1431)에 의해 변조되고, 이어 DAC(digital-to-analog converter)(1432)에 의해 아날로그로 변환된다. 이어, 아날로그 신호는 BUC(업-컨버트 및 고역 증폭기; up-convert and high pass amplifier)(1433)에 의해 필터링되고 다이플렉서(1445)의 하나의 포트에 제공된다. 일 실시 예에 있어서, BUC(1433)는 실외 유닛(ODU)에 있다.
- [0129] 당 업계에서 공지된 방식으로 동작하는 다이플렉서(1445)는 송신을 위해 송신 신호를 안테나(1401)에 제공한다. 컨트롤러(1450)는 안테나(1401)를 제어하고, 단일 결합된 물리적 개구면 상에서 안테나 엘리먼트의 2개의 어레이를 포함한다. 통신 시스템은 상기한 결합기/조정기(combiner/arbitrator)를 포함하도록 변형될 것이다. 이러한 경우, 결합기/조정기는 모뎀 이후 그러나 BUC 및 LNB 이전에 있다. 도 14에 도시된 동시 송수신 통신 시스템은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 인터넷 통신, (소프트웨어 업데이트를 포함하는) 차량 통신 등을 포함하는 다수의 어플리케이션을 갖는다는 점을 주지해야 한다. 여기에 개시된 다수의 예시적 실시 예가 있다.
- [0130] 예 1은 제1 위성을 추적하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제1 빔을 발생시키는 단계와; 제1 위성을 추적하기 위해 제1 빔을 발생시키는 동안 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 단일의 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나로 제2 빔을 발생시키는 단계; 및 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프하는 단계;를 갖추어 이루어지는 방법이다.
- [0131] 예 2는 트래픽을 핸드 오프하는 단계가 제1 위성으로부터 제2 위성으로 이행되는 내내 연결이 유지되도록 끊김 없이 수행되는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 1의 방법이다.
- [0132] 예 3은 제2 위성을 추적하기 위해 제2 빔을 발생시키기 이전에, 제1 빔을 발생시키는 동안 제2 위성으로부터 신

호를 획득하기 위해 제2 빔을 발생시키는 단계를 선택적으로 포함할 수 있는 예 1의 방법이다.

- [0133] 예 4는 주파수가 다른 캐리어 주파수를 가리키기 위해 각각의 제1 및 제2 빔을 발생시키도록 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나의 안테나 개구면 상의 각각의 제1 및 제2 세트의 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트에 적용하기 위한 제1 및 제2 패턴을 발생시키는 단계로서, 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른, 단계를 선택적으로 포함할 수 있는 예 3의 방법이다.
- [0134] 예 5는 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 수의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 4의 방법이다.
- [0135] 예 6은 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 안테나 개구면 상에 임의로 분포되는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 4의 방법이다.
- [0136] 예 7은 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 파에 대한 중앙 피드 주위의 링에 있고, 더욱이 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 각 링이 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 링 사이에 있는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 4의 방법이다.
- [0137] 예 8은 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 파에 대한 중앙 피드 주위의 링에 있고, 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 링과 비교하여 중앙 피드에 가장 가까운 링에 있는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 4의 방법이다.
- [0138] 예 9는 제2 빔이 제2 위성의 예측된 위치를 가리키는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 3의 방법이다.
- [0139] 예 10은 예측된 위치가 명령된 2-라인 엘리먼트(TLE)를 기초로 하는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 1의 방법이다.
- [0140] 예 11은 제1 및 제2 빔을 발생시키는 단계가 다른 안테나 이득을 갖고, 제2 빔이 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 이용될 때 제2 빔에 대한 이득이 제1 빔에 대한 이득보다 낮은 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 1의 방법이다.
- [0141] 예 12는 제2 빔이 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 이용될 때 제1 빔보다 넓은 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 3의 방법이다.
- [0142] 예 13은 제1 위성을 추적하기 위해 제1 빔을 발생시키는 단계 이전에, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나가 단일 빔을 발생시키는 단일 빔 구성에서 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나를 동작시키는 단계로서, 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나의 안테나 개구면 상의 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 이용하여 제2 위성을 추적하기 위해 제3 빔을 발생시키는 단계를 포함하고, 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 제1 빔을 발생시키기 위한 안테나 개구면 상의 제2 세트의 RF 방사 엘리먼트의 RF 방사 엘리먼트 및 제2 빔을 발생시키기 위한 안테나 개구면 상의 제3 세트의 RF 방사 엘리먼트의 RF 방사 엘리먼트를 포함하는, 단계; 및 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나가 제1 및 제2 빔을 발생시키는 2-빔 구성에 대해 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나를 스위칭하도록 결정하는 단계;를 선택적으로 포함할 수 있는 예 1의 방법이다.
- [0143] 예 14는 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 제2 및 제3 세트의 RF 방사 엘리먼트를 포함하는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 13의 방법이다.
- [0144] 예 15는 위성 통신에 이용하기 위한 안테나로서, 안테나가: 복수의 전자적으로 제어되는 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 전자적으로 스티어링되는 평면-패널 안테나 개구면; 및 제1 위성을 추적하기 위해 안테나 개구면으로 제1 빔을 발생시키도록 안테나 개구면을 제어하고, 제1 위성을 추적하기 위해 제1 빔을 발생시키는 동안 동시에 제2 위성을 추적하기 위해 안테나 개구면으로 제2 빔을 발생시키고, 제1 위성으로부터 제2 위성으로 트래픽을 핸드 오프하도록 안테나 개구면에 결합된 하나 이상의 프로세서;를 구비하여 구성된다.
- [0145] 예 16은 하나 이상의 프로세서가 제1 위성으로부터 제2 위성으로 이행하는 내내 연결이 유지되도록 제1 위성과 제2 위성 사이에서 끊임없이 트래픽을 핸드 오프하도록 동작가능한 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 15의 방법이다.
- [0146] 예 17은 제2 위성을 추적하기 위해 제2 빔을 발생시키는 것 이전에, 하나 이상의 프로세서가 제1 빔을 발생시키는 동안 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 제2 빔을 발생시키도록 안테나 개구면을 제어하는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 15의 방법이다.

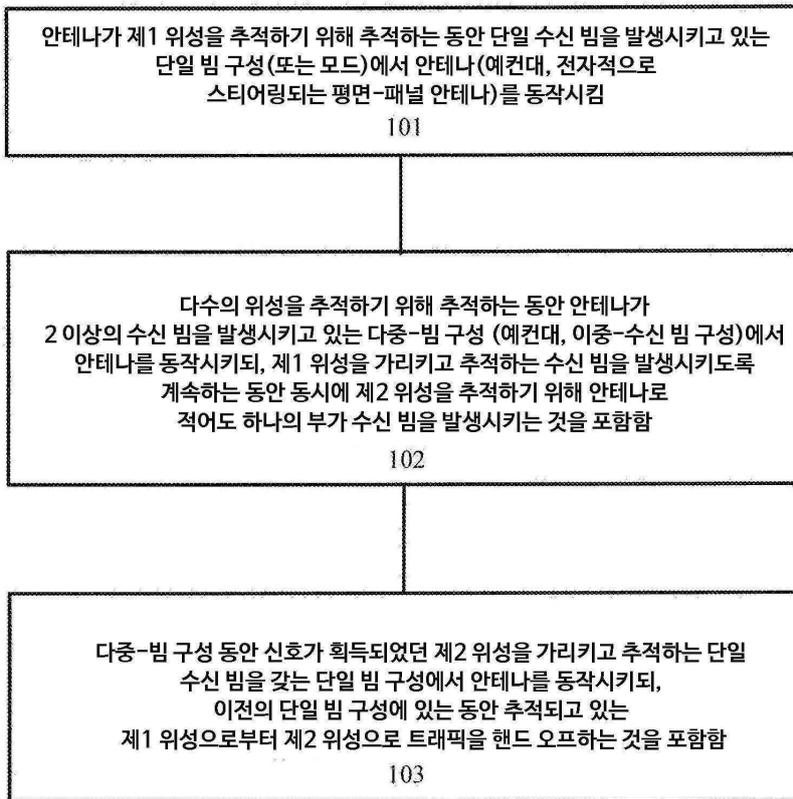
- [0147] 예 18은 하나 이상의 프로세서가 주파수가 다른 캐리어 주파수를 가리키기 위해 각각의 제1 및 제2 빔을 발생시키도록 안테나 개구면의 각각의 제1 및 제2 세트의 무선 주파수(RF) 방사 안테나 엘리먼트의 제1 및 제2 세트에 적용하기 위한 제1 및 제2 패턴을 발생시키도록 동작가능하고, 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 17의 방법이다.
- [0148] 예 19는 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 다른 수의 RF 방사 안테나 엘리먼트를 갖는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 18의 방법이다.
- [0149] 예 20은 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 궤에 대한 중앙 피드 주위의 링에 있고, 더욱이 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 각 링이 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 링 사이에 있는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 18의 방법이다.
- [0150] 예 21은 제1 및 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 궤에 대한 중앙 피드 주위의 링에 있고, 제1 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트가 제2 세트의 RF 방사 안테나 엘리먼트의 링과 비교하여 중앙 피드에 가장 가까운 링에 있는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 18의 방법이다.
- [0151] 예 22는 제2 빔이 제2 위성의 예측된 위치를 가리키는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 15의 방법이다.
- [0152] 예 23은 예측된 위치가 명령된 2-라인 엘리먼트(TLE)를 기초로 하는 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 22의 방법이다.
- [0153] 예 24는 제1 및 제2 빔이 다른 안테나 이득을 갖고, 제2 빔이 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 이용될 때 제2 빔에 대한 이득이 제1 빔에 대한 이득보다 낮은 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 17의 방법이다.
- [0154] 예 25는 제2 빔이 제2 위성으로부터 신호를 획득하기 위해 이용될 때 제1 빔보다 넓은 것을 선택적으로 포함할 수 있는 예 15의 방법이다.
- [0155] 상기 상세한 설명의 몇몇 부분은 컴퓨터 메모리 내의 데이터 비트에 대한 연산의 알고리즘 및 상징적 표현의 면에서 제공된다. 이들 알고리즘적 설명 및 표현은 데이터 처리 분야의 당업자가 자신의 작업의 내용을 다른 당업자에게 가장 효과적으로 전달하기 위해 이용하는 수단이다. 여기서 알고리즘은 일반적으로 원하는 결과를 도출하는 일관된 단계의 시퀀스로 되도록 생각된다. 이 단계는 물리량의 물리적 조작을 요구하는 단계이다. 일반적으로, 반드시 그런 것은 아니지만, 이들 양은 저장, 전달, 결합, 비교 및 달리 조작될 수 있는 전기 또는 자기 신호의 형태를 취한다. 이들 신호를 비트, 값, 엘리먼트, 심볼, 문자, 용어, 숫자 등으로 지칭하는 것이 주로 일반적인 이용의 이유로 때때로 편리한 것으로 입증되었다.
- [0156] 그러나, 모든 이들 용어 및 유사한 용어는 모두 적절한 물리량과 관련되어야 하고 단지 이들 양에 적용되는 편리한 라벨일 뿐이라는 것을 명심해야 한다. 다음 논의에서 명확하게 달리 명시되지 않는 한, 설명 전반에 걸쳐, "처리" 또는 "컴퓨팅" 또는 "계산" 또는 "결정" 또는 "디스플레이" 등과 같은 용어를 이용하는 논의는, 컴퓨터 시스템의 레지스터 및 메모리 내에서 물리적(전자적) 양으로 표현된 데이터를 컴퓨터 시스템 메모리 또는 레지스터 또는 다른 이러한 정보 저장, 전송 또는 디스플레이 장치 내에서 물리적 양으로서 유사하게 표현된 다른 데이터로 조작하고 변환하는, 컴퓨터 시스템 또는 유사한 전자 컴퓨팅 장치의 행위 및 프로세스를 언급함이 인정된다.
- [0157] 본 발명은 또한 여기서 동작을 수행하기 위한 장치에 관한 것이다. 본 장치는 필요한 목적을 위해 특별히 구성될 수 있거나, 컴퓨터에 저장된 컴퓨터 프로그램에 의해 선택적으로 활성화되거나 재구성된 범용 컴퓨터를 포함할 수 있다. 이러한 컴퓨터 프로그램은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 플로피 디스크, 광학 디스크, CD-ROM 및 자기 광학 디스크를 포함하는 소정 형태의 디스크, ROM, RAM, EPROM, EEPROM, 자기 또는 광학 카드, 또는 전자적 명령을 저장하는데 적합하고, 각각 컴퓨터 시스템 버스에 결합된 소정 형태의 매체와 같은, 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장될 수 있다.
- [0158] 여기서 제시된 알고리즘 및 디스플레이는 본질적으로 소정의 특정 컴퓨터 또는 다른 장치와 관련이 없다. 다양한 범용 시스템이 여기서의 교시에 따라 프로그램과 함께 이용될 수 있거나, 필요한 방법 단계를 수행하기 위해 더욱 전문화된 장치를 구성하는데 편리함을 입증할 수 있다. 이들 다양한 시스템에 대해 필요한 구조는 이하 설명으로부터 나타날 것이다. 더욱이, 본 발명은 소정의 특정 프로그래밍 언어를 참조하여 설명되지는 않는다. 다양한 프로그래밍 언어는 여기서 설명된 바와 같이 본 발명의 교시를 구현하기 위해 이용될 수 있음이 이해될 것이다.
- [0159] 기계-판독가능 매체는 기계(예컨대, 컴퓨터)에 의해 판독가능한 형태로 정보를 저장하거나 전송하기 위한 소정

의 메카니즘을 포함한다. 예컨대, 기계-관독가능 매체는 ROM; RAM; 자기 디스크 저장 매체; 광학 저장 매체; 플래시 메모리 장치; 등을 포함한다.

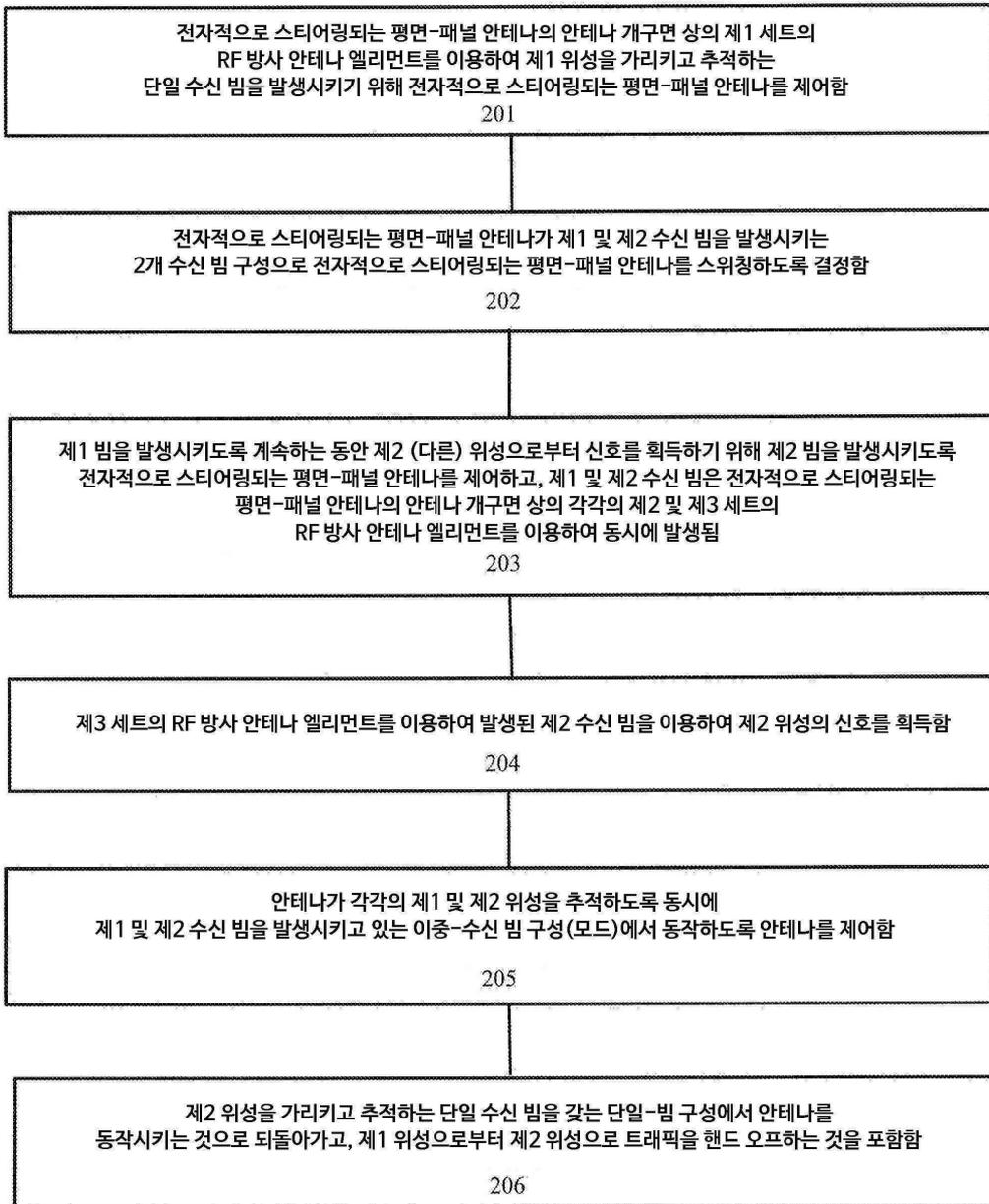
[0160] 본 발명의 많은 변경 및 수정은 상기한 설명을 읽은 후 당업자에게 의심의 여지가 없는 반면, 예시로서 도시되고 설명된 소정의 특정 실시 예는 제한적인 것으로 간주되도록 의도되지 않음을 이해해야 한다. 따라서, 다양한 실시 예의 세부 사항에 대한 참조는 그 자체가 본 발명에 필수적인 것으로 고려되는 특징만을 인용하는 청구항의 범위를 제한하려는 것은 아니다.

도면

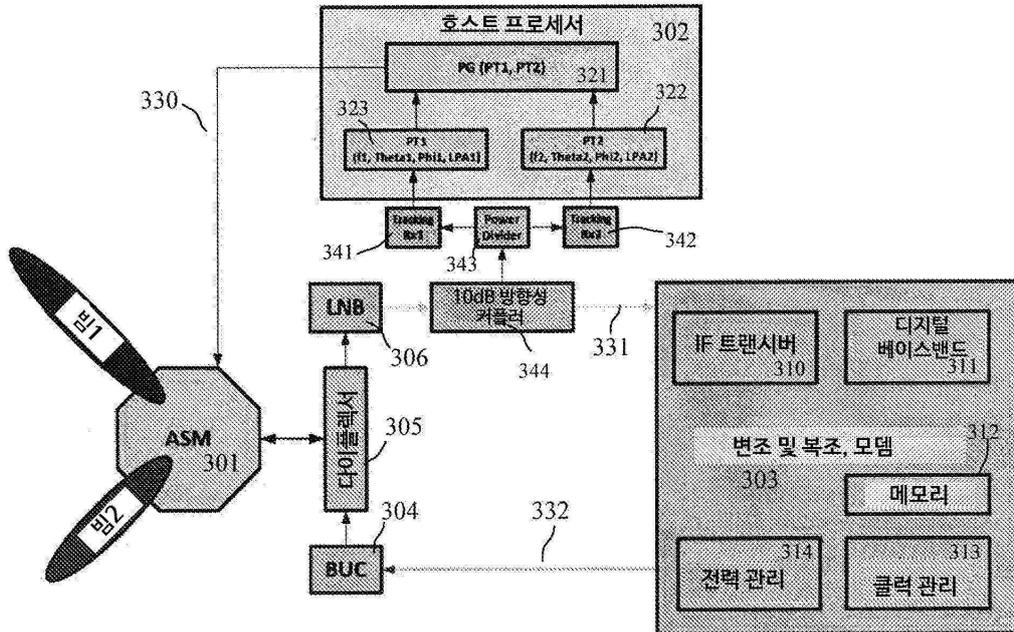
도면1



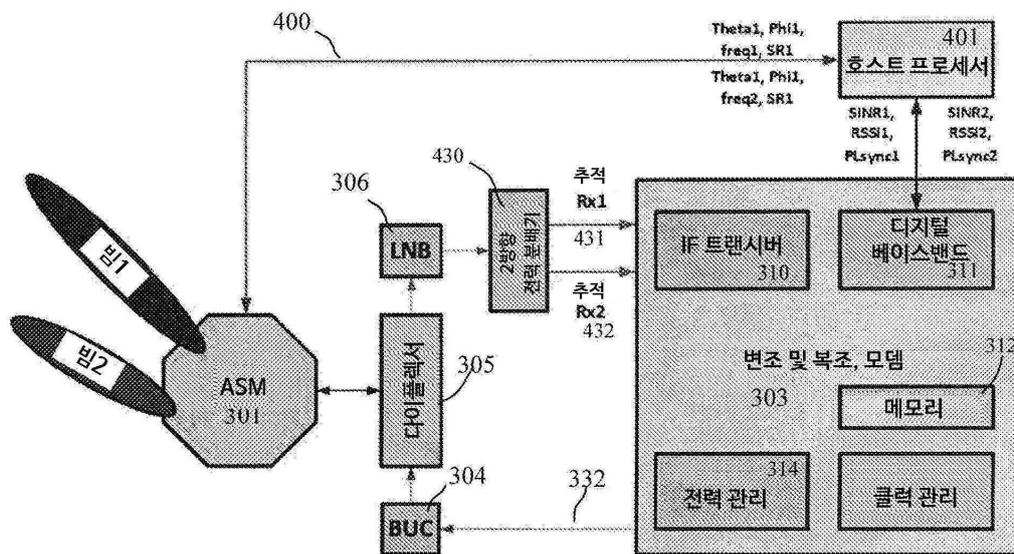
도면2



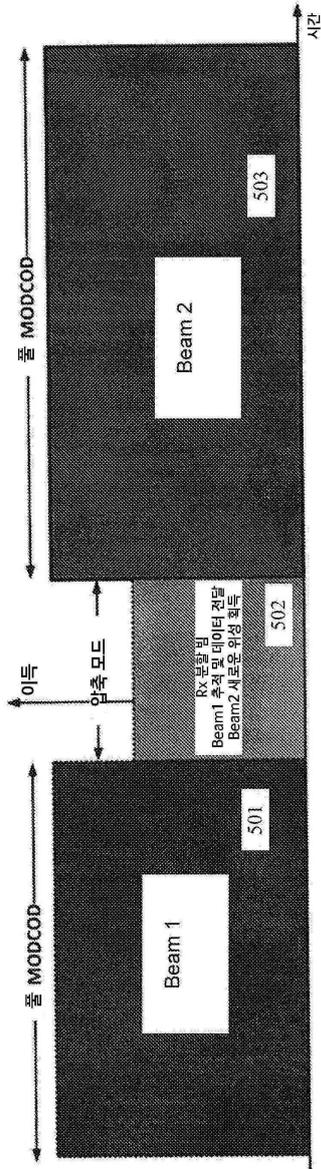
도면3



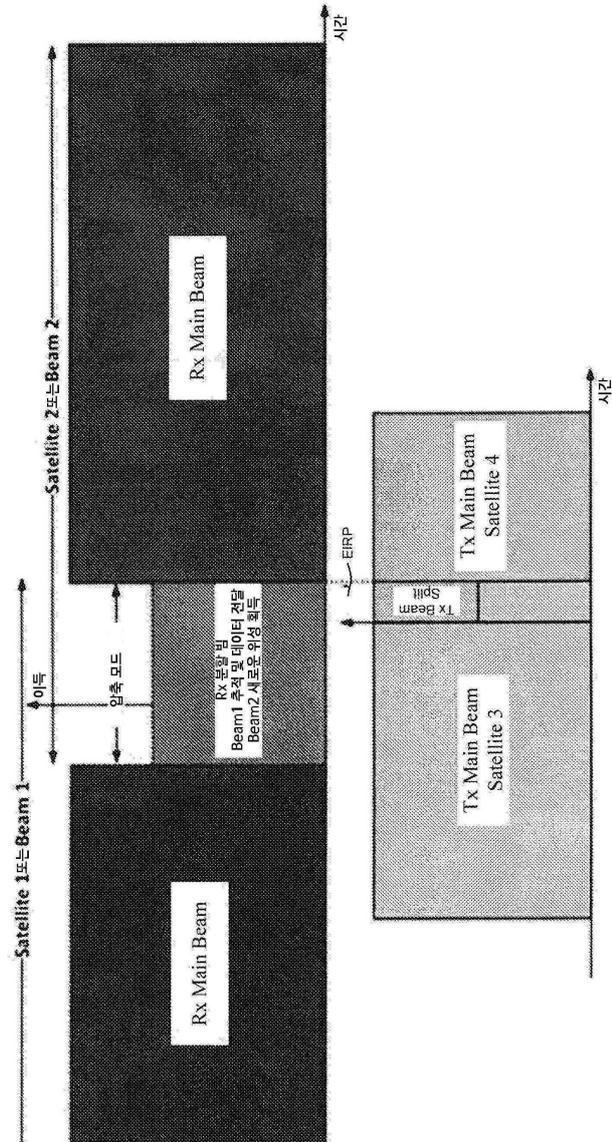
도면4



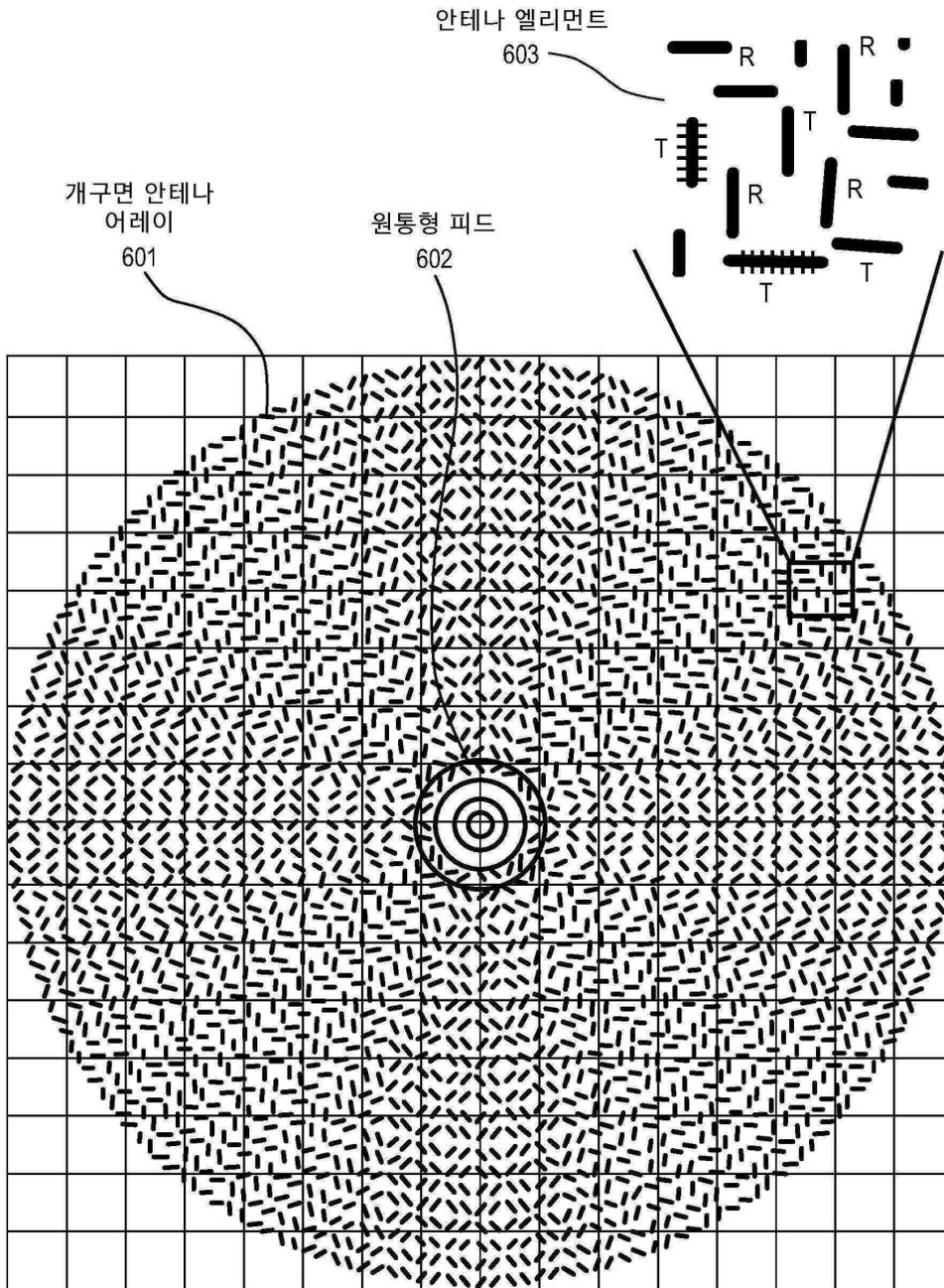
도면5a



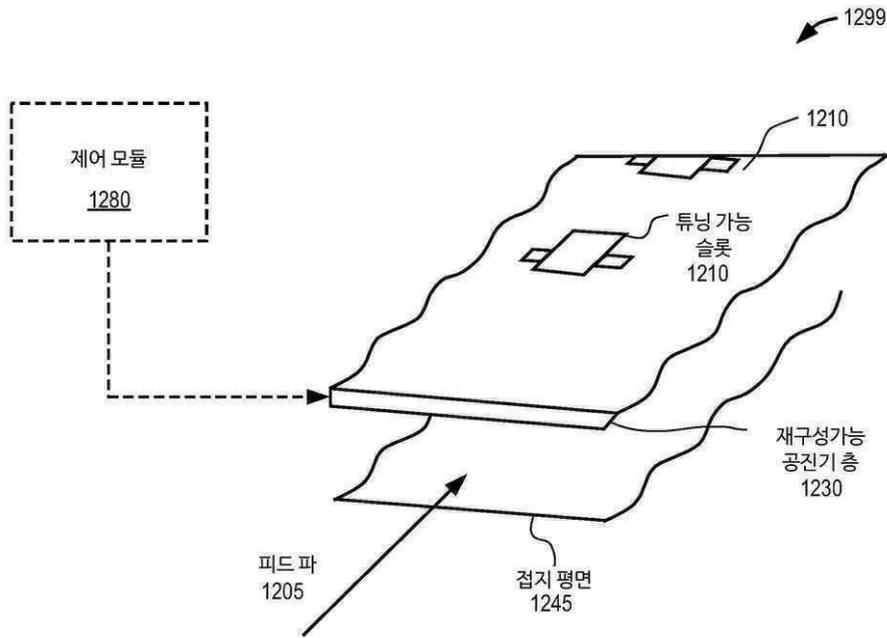
도면5b



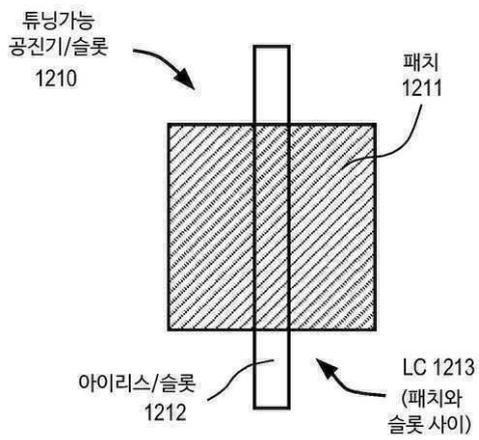
도면6



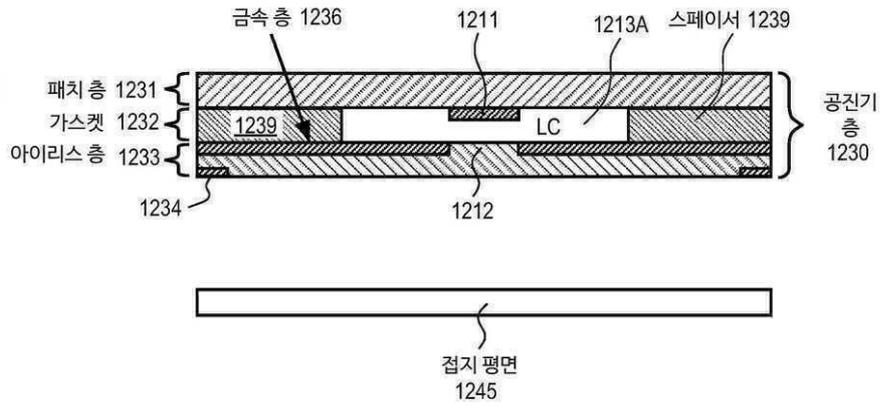
도면7



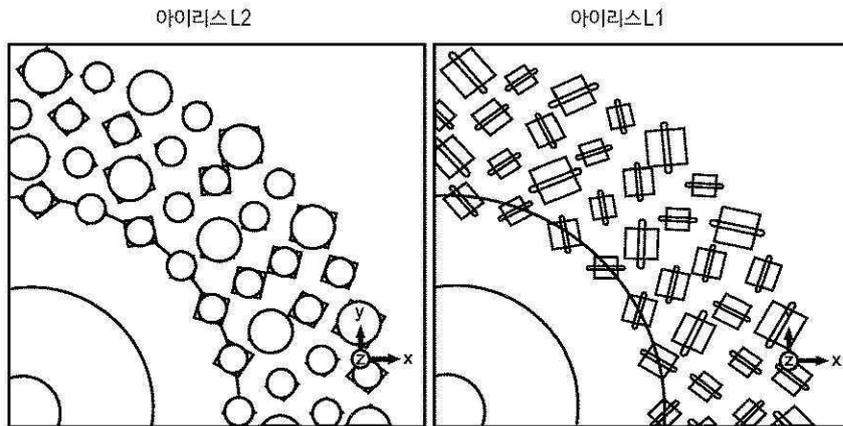
도면8a



도면8b

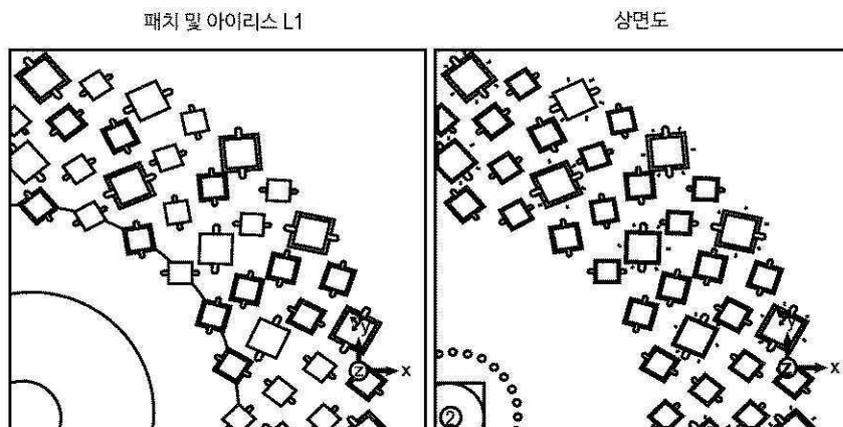


도면9



도 9a

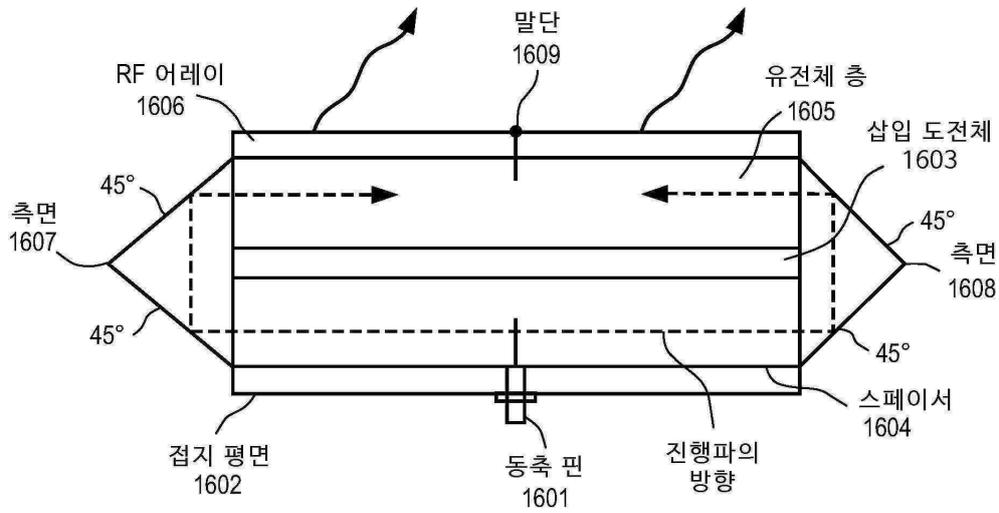
도 9b



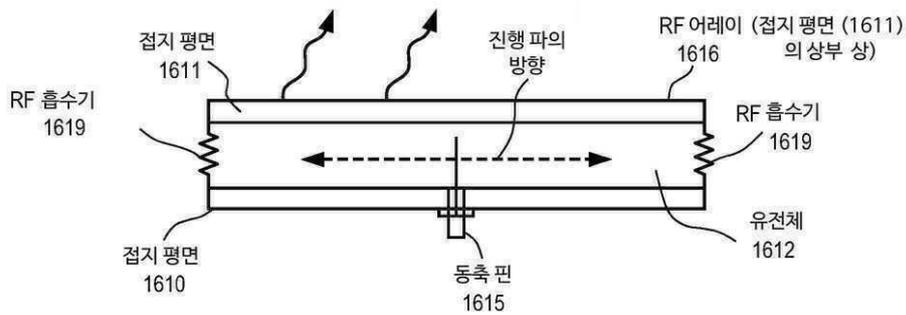
도 9c

도 9d

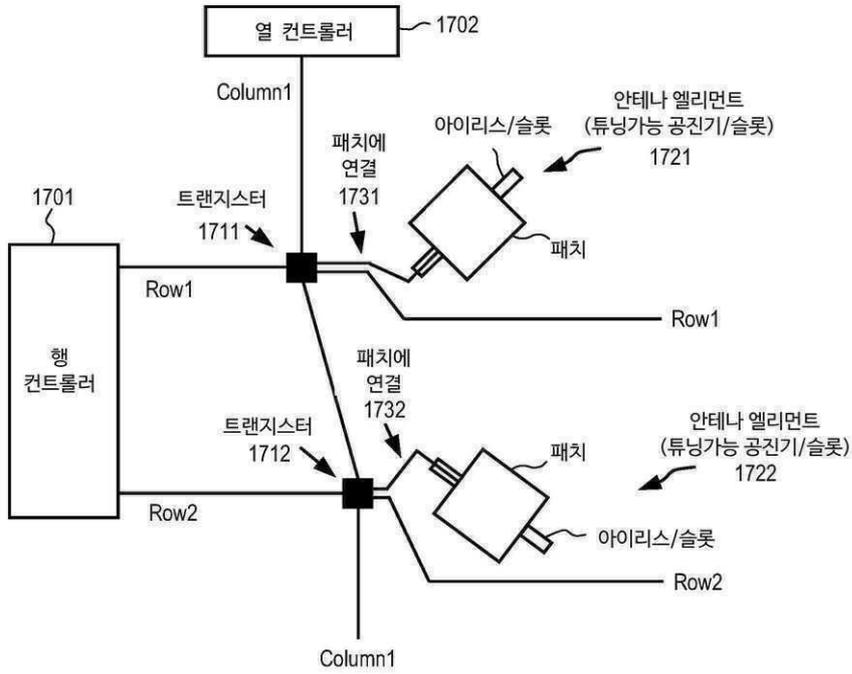
도면10



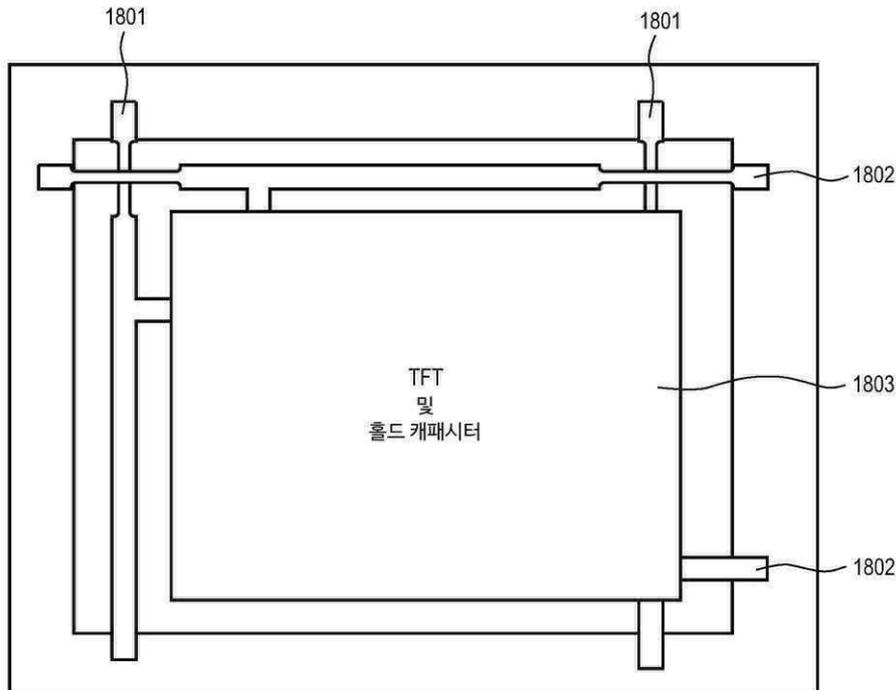
도면11



도면12



도면13



도면14

