



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0017762  
(43) 공개일자 2023년02월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01S 5/10 (2006.01) G01S 5/02 (2010.01)  
G01S 5/12 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G01S 5/10 (2013.01)  
G01S 5/0221 (2020.05)
- (21) 출원번호 10-2022-7035251
- (22) 출원일자(국제) 2021년02월28일  
심사청구일자 2022년10월11일
- (85) 번역문제출일자 2022년10월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2021/051666
- (87) 국제공개번호 WO 2021/181190  
국제공개일자 2021년09월16일
- (30) 우선권주장  
16/814,356 2020년03월10일 미국(US)
- (71) 출원인  
디옥 로케이션 테크놀로지스 리미티드  
이스라엘 6744252 텔 아비브 예후다 앤드 노아 모  
세 스트리트 13
- (72) 발명자  
쉬팍, 예란  
이스라엘, 6226503 텔아비브, 파인레스 스트리트  
5
- (74) 대리인  
특허법인성암

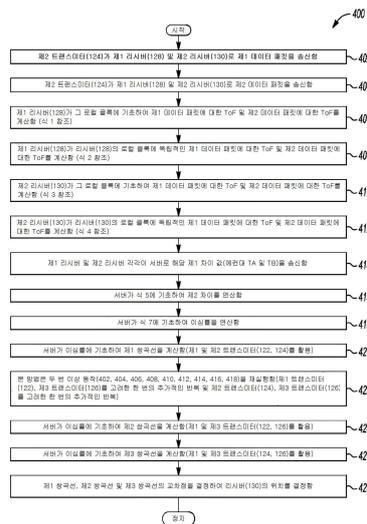
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **하나 이상의 리시버 및 트랜스미터에 대한 TOF를 결정하기 위한 시스템, 장치, 및/또는 방법**

(57) 요약

적어도 하나의 실시예에서, 무선 통신을 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 제1 트랜스미터 및 제1 모바일 디바이스를 포함한다. 제1 모바일 디바이스는 제1 트랜스미터를 포함하고, 제1 무선 신호 및 제 2 무선 신호를 수신하고 제1 모바일 디바이스와 연관된 제1 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하도록 프로그래밍된다. 제1 모바일 디바이스는 제1 TOA(Time of Arrival) 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고 제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 더 프로그래밍된다(406). 제1 모바일 디바이스는 제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 획득하도록 더 프로그래밍된다(408).

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류  
*G01S 5/12* (2021.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 통신을 위한 시스템으로서,

시스템은

제1 트랜스미터; 및

제1 트랜스미터를 포함하는 제1 모바일 디바이스를 포함하고,

제1 모바일 디바이스는

제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고;

제1 모바일 디바이스와 연관된 제1 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하며;

제1 TOA(Time of Arrival) 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고;

제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하며;

제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 획득하도록 프로그래밍되는 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

제2 모바일 디바이스를 더 포함하고,

제2 모바일 디바이스는

제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고;

제2 모바일 디바이스와 연관된 제2 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하도록 프로그래밍되며,

제2 내부 클럭은 제1 모바일 디바이스의 제1 내부 클럭과 다른 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

제2 모바일 디바이스는 제3 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고 제4 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 더 프로그래밍되는 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

제2 모바일 디바이스는 제2 내부 클럭과 독립적인 제2 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제3 TOA 신호와 제4 TOA 신호 사이의 차를 획득하도록 더 프로그래밍되는 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

제1 모바일 디바이스로부터 제1 차이 TOA 신호를 수신하고 제2 모바일 디바이스로부터 제2 차이 TOA 신호를 수신하고;

제1 차이 TOA 신호와 제2 차이 TOA 신호 사이의 차를 획득하여 최종 차이 신호를 제공하도록 프로그래밍된 서버

를 더 포함하는 시스템.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

서버는 적어도 최종 차이 신호 및 적어도 제2 모바일 디바이스, 제1 트랜스미터, 및 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 평면에서 복수의 쌍곡선을 생성하도록 더 프로그래밍되는 시스템.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

서버는 복수의 쌍곡선에 의해 형성된 교차점에 기초하여 제1 모바일 디바이스의 위치를 식별하도록 더 프로그래밍되는 시스템.

**청구항 8**

제5항에 있어서,

서버는 적어도 최종 차이 신호 및 적어도 제1 모바일 디바이스, 제2 모바일 디바이스, 및 제2 트랜스미터의 위치에 기초하여 평면에서 복수의 쌍곡선을 생성하도록 더 프로그래밍되는 시스템.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

서버는 복수의 쌍곡선에 의해 형성된 교차점에 기초하여 제1 트랜스미터의 위치를 결정하도록 더 프로그래밍되는 시스템.

**청구항 10**

무선 통신을 위한 방법으로서,

제1 모바일 디바이스에서, 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하는 단계;

제1 모바일 디바이스와 연관된 제1 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 상기 제2 무선 신호를 처리하는 단계;

제1 TOA(Time of Arrival) 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하는 단계;

제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하는 단계; 및

제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 획득하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

제2 모바일 디바이스에서, 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하는 단계; 및

제2 모바일 디바이스와 연관된 제2 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하는 단계를 더 포함하고,

제2 내부 클럭은 제1 모바일 디바이스의 제1 내부 클럭과 다른 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

제3 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하는 단계; 및

제4 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

제2 내부 클럭과 독립적인 제2 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제3 TOA 신호와 제4 TOA 신호 사이의 차이를 획득하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

서버에서, 제1 모바일 디바이스로부터 제1 차이 TOA 신호를 수신하고 제2 모바일 디바이스로부터 제2 차이 TOA 신호를 수신하는 단계; 및

최종 차이 신호를 제공하기 위해 제1 차이 TOA 신호와 제2 차이 TOA 신호 사이의 차이를 획득하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

적어도 최종 차이 신호 및 적어도 제2 모바일 디바이스, 제1 트랜스미터, 및 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 평면에서 복수의 쌍곡선을 생성하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

서버에서, 복수의 쌍곡선에 의해 형성된 교차점에 기초하여 제1 모바일 디바이스의 위치를 식별하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 17**

제14항에 있어서,

적어도 최종 차이 신호 및 적어도 제1 모바일 디바이스, 제2 모바일 디바이스, 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 평면에서 복수의 쌍곡선을 생성하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

복수의 쌍곡선에 의해 형성된 교차점에 기초하여 제1 트랜스미터의 위치를 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 19**

제10항에 있어서,

제1 모바일 디바이스에서 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호의 TOA를 결정하기 위해 분산 대략 도착 시간 추정, 분산 정밀 도착 시간 추정, 또는 연속 정밀 도착 시간 추정 중 적어도 하나를 채용하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 20**

무선 통신을 위해 프로그래밍된 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 구현된 컴퓨터 프로그램 제품으로서,

제1 모바일 디바이스에서, 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고;

제1 모바일 디바이스와 연관된 제1 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하며;

제1 TOA(Time of Arrival) 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고;

제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하며;

제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 획득하기 위한 명령을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품.

**청구항 21**

무선 통신을 위한 시스템으로서,

제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고; 제1 TOA(Time of Arrival) 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하며; 제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 프로그래밍되는 제1 모바일 디바이스;

제3 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고; 제4 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 프로그래밍되는 제2 모바일 디바이스; 및

제1 모바일 디바이스로부터 제1 TOA 신호 및 제2 TOA 신호에 대응되는 제1 정보를 수신하고; 제2 모바일 디바이스로부터 제3 TOA 신호 및 제4 TOA 신호에 대응되는 제2 정보를 수신하며; 적어도 제1 정보 및 제2 정보와 적어도 제2 모바일 디바이스, 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 제1 모바일 디바이스의 위치, 및 적어도 제1 정보 및 제2 정보와 적어도 제1 모바일 디바이스, 제2 모바일 디바이스 및 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 제1 트랜스미터의 위치 중 적어도 하나를 식별하도록 프로그래밍되는 서버를 포함하는 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 명세서에 개시된 양상들은 일반적으로 무선 통신을 제공하기 위한 시스템, 장치, 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 명세서에 개시된 실시예는 또한 일반적으로 모바일 트랜스미터에 대한 사이클릭 딜레이 다이버시티 TOF(cyclic delay diversity time of flight)를 결정하도록 구성된 하나 이상의 모바일 디바이스에 관한 것이다. 이러한 양상 및 기타 양상은 본 명세서에서 더 자세히 논의될 것이다.

**배경 기술**

[0002] Seth 등의 미국 공개 번호 2017/0367065 ("Seth")는 네트워크 아키텍처에서 무선 노드의 위치를 결정하기 위한 시스템 및 방법을 개시한다. 일례에서, 비동기식 시스템은 제1 패킷을 갖는 제1 RF 신호를 포함하는 무선 네트워크 아키텍처에서 통신을 송신 및 수신하기 위한 RF 회로 및 하나 이상의 처리 유닛을 갖는 무선 디바이스를 갖는 제1 무선 노드를 포함한다. 시스템은 또한 제2 패킷을 갖는 제2 RF 신호를 포함하는 무선 네트워크 아키텍처에서 제1 무선 노드와 양방향 통신을 가능하게 하는 트랜스미터 및 리시버를 갖는 무선 디바이스를 갖는 제2 무선 노드를 포함한다. 제1 무선 노드의 하나 이상의 처리 유닛은 제1 및 제2 패킷의 대략적인 비행 시간 추정치 및 제1 및 제2 무선 노드의 채널 정보를 사용하여 비행 시간의 정밀한 시간 추정치를 결정하기 위한 명령을 실행하도록 구성된다.

[0003] Schleifer 등의 미국 특허 번호 6,587,811("Schleifer")는 디지털 지연 라인에서 개별 지연 단계의 실제 지연 값을 확인하는 데 유용한 테스트 신호를 생성하는 회로를 개시한다. 일반적으로, 지연 라인의 누적 지연은 지연 라인의 시작 부분에 고정된 영점을 갖는 시간의 창을 정의한다. 연속적인 지연 단계는 전체 시간 창 내에서 연속적인 시간 빈(time bins)에 대응된다. 테스트 신호는 테스트 사이클을 시작하는 데 사용되는 기준 신호에 대해 알려진 선형 속도로 이동한다. 기준 신호는 테스트 신호의 샘플링을 시간 창을 시작 부분과 동기화한다. 테스트 신호의 샘플은 연속적인 지연 단계에서 실제 시간 지연에 의해 결정된 샘플 지점에서 취해진다. 시간 창에 걸쳐 관찰된 테스트 신호 에지의 분포는 지연 라인의 실제 지연 간격을 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0004] Gumbmann 등에 대한 독일 공보 DE102017101854A1("Gumbmann")은 펄스 레이더 신호가 방출되어 검사 대상에 충돌하는 가먼트 반사(garment reflections) 감지 방법을 제공한다. 펄스 레이더 신호는 중심 주파수가 다른 적어도 두 개의 신호 펄스를 포함한다. 펄스 레이더 신호의 반사 스펙트럼이 감지되고 평가된다. 또한, 클로딩 반사(clothing reflections)를 감지하기 위한 장치가 설명된다.

[0005] Joshi 등에 대한 미국 공개 번호 2017/0090026("Joshi")은 무선 주파수 신호를 사용하는 모션 추적 장치에 대한

기술을 개시한다. 모션 추적 장치는 WiFi와 같은 무선 주파수 신호를 사용하여 움직이는 물체를 식별하고 모션을 추적한다. 다중 WiFi 백스캐터 신호를 측정하고 움직이는 물체에 해당하는 백스캐터 신호를 식별할 수 있는 방법 및 장치가 정의된다. 또한, 미리 정의된 시간 기간 동안 복수의 움직이는 물체의 모션이 감지되고 추적될 수 있다.

**발명의 내용**

[0006] 적어도 하나의 실시예에서, 무선 통신을 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 제1 트랜스미터 및 제1 모바일 디바이스를 포함한다. 제1 모바일 디바이스는 제1 트랜스미터를 포함하고, 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고 제1 모바일 디바이스와 연관된 제1 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하도록 프로그래밍된다. 제1 모바일 디바이스는 제1 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고 제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 더 프로그래밍된다. 제1 모바일 디바이스는 제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 획득하도록 더 프로그래밍된다.

[0007] 적어도 다른 실시예에서, 무선 통신을 위한 방법이 제공된다. 방법은 제1 모바일에서 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하는 단계, 및 제1 모바일 디바이스와 연관된 제1 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하는 단계를 포함한다. 방법은 제1 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하는 단계 및 제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하는 단계를 더 포함한다. 방법은 제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 획득하는 단계를 더 포함한다.

[0008] 적어도 또 다른 실시예에서, 무선 통신을 위해 프로그래밍된 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 구현된 컴퓨터 프로그램 제품이 제공된다. 컴퓨터 프로그램 제품은 제1 모바일에서 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고 제1 모바일 장치와 연관된 내부 클럭에 기초하여 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 처리하기 위한 명령을 포함한다. 컴퓨터 프로그램 제품은 제1 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고 제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하기 위한 명령을 포함한다. 컴퓨터 프로그램 제품은 제1 내부 클럭과 독립적인 제1 차이 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 TOA 신호와 제2 TOA 신호 사이의 차이를 얻기 위한 명령을 포함한다.

[0009] 적어도 또 다른 실시예에서, 무선 통신을 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 제1 모바일 디바이스, 제2 모바일 디바이스 및 서버를 포함한다. 제1 모바일 디바이스는 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터로부터 각각 제1 무선 신호 및 제2 무선 신호를 수신하고 제1 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하도록 프로그래밍된다. 제1 모바일 디바이스는 제2 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 더 프로그래밍된다. 제2 모바일 디바이스는 제3 TOA 신호를 제공하기 위해 제1 무선 신호의 TOA를 결정하고 제4 TOA 신호를 제공하기 위해 제2 무선 신호의 TOA를 결정하도록 프로그래밍된다. 서버는 제1 모바일 디바이스로부터 제1 TOA 신호 및 제2 TOA 신호에 대응되는 제1 정보를 수신하고 제2 모바일 디바이스로부터 제3 TOA 신호 및 제4 TOA 신호에 대응되는 제2 정보를 수신하도록 프로그래밍된다. 서버는 적어도 제1 정보 및 제2 정보와 적어도 제2 모바일 디바이스, 제1 트랜스미터 및 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 제1 모바일 디바이스의 위치를 식별하도록 더 프로그래밍된다. 서버는 적어도 제1 정보 및 제2 정보와 적어도 제1 모바일 디바이스, 제2 모바일 디바이스 및 제2 트랜스미터의 알려진 위치에 기초하여 제1 트랜스미터의 위치를 식별하도록 더 프로그래밍된다.

[0010] 본 개시 내용의 실시예는 첨부된 청구범위에서 구체적으로 지적된다. 그러나, 다양한 실시예의 다른 특징은 첨부 도면과 함께 다음의 상세한 설명을 참조함으로써 보다 명백해질 것이고 가장 잘 이해될 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0011] 도 1은 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 예를 도시한다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 도 1의 무선 통신 시스템에서 구현될 수 있는 장치를 도시한다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 액세스 포인트들에 대한 모바일 디바이스들 중 임의의 하나의 위치를 결정하기 위한 제1 시스템을 일반적으로 도시한다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 도착 시간을 결정하기 위한 제1 시스템과 관련된 다른 양상을 일반적으로 도시한다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 복수의 쌍곡선과 관련된 리시버의 위치를 일반적으로 도시한다.

도 6은 일 실시예에 따른 리시버의 위치를 결정하기 위한 방법을 도시한다.

도 7은 일 실시예에 따른 모바일 디바이스에 대한 트랜스미터들 중 임의의 하나의 위치를 결정하기 위한 제2 시스템을 도시한다.

도 8은 사이클릭 딜레이 다이버시티를 갖는 주어진 트랜스미터에서의 2-안테나 구현을 도시한다.

도 9는 주어진 트랜스미터에서의 단일 안테나 구현을 도시한다.

도 10은 일 실시예에 따른 대략적인 검출 및 정밀한 검출을 수행하는 것과 관련된 적어도 하나의 양상을 도시한다.

도 11 및 12는 일 실시예에 따른 정확한 시간 검출 방식과 연관된 TOF(Time of Flight) 값 및 DoD(Direction of Departure) 각도에 대한 2개의 임의의 시나리오를 도시한다.

도 13은 일 실시예에 따른 리시버들 중 하나 이상에서 수신된 신호의 도착 시간의 정밀한 결정을 수행하기 위해 보간을 수행하는 방법을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 필요에 따라, 본 발명의 상세한 실시예가 개시되지만, 개시된 실시예는 다양하고 대안적인 형태로 구현될 수 있는 본 발명의 예시일 뿐인 것으로 이해되어야 한다. 도면이 반드시 비례하는 것은 아니며, 일부 구성은 특정 구성요소의 세부 사항을 나타내기 위해 과장되거나 최소화될 수 있다. 따라서, 개시되는 구체적인 구조적 및 기능적 세부 사항은 제한적인 것으로 해석되어서는 안 되며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 다양하게 채용할 수 있도록 교시하기 위한 대표적인 기초로 해석되어야 한다.

[0013] 본 명세서에 개시된 적어도 하나의 컨트롤러는 다양한 마이크로프로세서, 집적 회로, 메모리 디바이스(예를 들어, FLASH, RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Electrically Programmable Read Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), 또는 그 다른 적절한 변형), 및 본 명세서에 개시된 동작(들)을 수행하기 위해 서로 협력하는 소프트웨어를 포함할 수 있는 것으로 간주된다. 또한, 본 명세서에 개시된 바와 같은 적어도 하나의 컨트롤러는 개시된 바와 같은 임의의 수의 기능을 수행하도록 프로그래밍된 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 구현된 컴퓨터 프로그램을 실행하기 위해 하나 이상의 마이크로프로세서를 이용한다. 또한, 제공된 컨트롤러(들)는 하우징 및 하우징 내에 위치된 다양한 수의 마이크로프로세서, 집적 회로 및 메모리 디바이스(예를 들어, FLASH, RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Electrically Programmable Read Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)를 포함한다. 개시된 컨트롤러(들)는 또한 논의되는 바와 같은 다른 하드웨어 기반 장치로부터 데이터를 각각 수신 및 송신하기 위한 하드웨어 기반 입력 및 출력을 포함한다.

[0014] 본 명세서에 개시된 양상은 일반적으로 ToF(Time of Flight) 원칙에 기반하여 Wi-Fi 및/또는 하나의 LTE(Long-Term Evolution)(5G 포함) 등의 다양한 무선 통신 프로토콜로부터 무선 센서(예를 들어, 모바일 디바이스, 위치 태그) 또는 무선 액세스 포인트로부터 신호를 수신하는 다른 적절한 장치(예를 들어, 트랜스미터)의 위치를 정확하게 예측하기 위한 장치(또는 리시버 디바이스), 시스템 및/또는 방법을 제공할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 개시된 리시버 디바이스는 수동 리시버일 수 있고, 전송한 무선 통신 프로토콜을 통해 수동 리시버의 정보를 송신하는 트랜스미터는 통신 제공을 목적으로 설계, 제조 및 배포된 액세스 포인트 및/또는 모바일 디바이스일 수 있다. 트랜스미터는 하드웨어 및 소프트웨어를 통해 형성되는 수정되지 않은 디바이스일 수 있다. 일반적으로, 개시된 리시버 디바이스는 쌍으로 작동할 수 있으며, 각각을 예를 들어, 서로 다른 채널에서, 그리고 예를 들어, (제한적인 것은 아니나, (1) 양 프로토콜이 WiFi인 것, (2) 한 프로토콜은 WiFi이고 다른 것은 LTE인 것과 같이) 서로 다른 프로토콜을 사용하여 트랜스미터 쌍으로부터 패킷을 수신하도록 요구된다. 리시버 디바이스는 잠재적으로 품질이 좋지 않더라도 백홀 연결이 필요할 수 있다. 60 cm의 목표 정확도는 빛의 속도와 불량한 엔드 포인트 클럭 허용 오차(예를 들어, 일반적으로  $10^{-4}$ )가 주어지면 일반적인 채널(예를 들어, 20MHz)의 큰 역상관 시간을 초과할 수 있다. 개시된 리시버 디바이스는, (1) 클럭 스쿠 및/또는 클럭 드리프트를 모두 극복할 수 있는 고유한 전파 시간 측정 방식, (2) 시간 및 주파수가 적절할 수 있는 대략적인 및/또는 정밀한 구현의 도착 시간 추정을 제공하나, 이에 제한되는 것은 아니다. 아래에 언급된 양상들은 WiFi 용어에 기초할 수 있지만, 설명된 개시 내용은 5G를 포함하는 LTE에도 적용될 수 있는 것으로 고려된다.

[0015] 도 1은 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템(100)의 예를 도시한다. 예를 들어, 도 1은 다수의 액세스 포인트

(122, 124, 126)가 종종 서로 독립적으로 상이한 WLAN(Wireless Local Area Network) 또는 LTE 소유자에 의해 배치되는 실내 또는 도시 환경(102)을 도시할 수 있다. 액세스 포인트(122, 124, 126)의 수는 변할 수 있는 것으로 인식된다. 액세스 포인트(122, 124, 126)로부터의 신호는 환경 내에서 자유롭게 이동할 수 있는 사용자(132)에 의해 작동되는 모바일 디바이스(128, 130)에 의해 수신될 수 있다. 다시, 예시된 환경 내의 모바일 디바이스(128, 130)의 수가 변할 수 있는 것으로 인식된다. 도 1에 명시적으로 도시되어 있지는 않지만, 모바일 디바이스(128)는 셀룰러 폰, 태블릿, 랩탑 등 중 임의의 하나 이상에 대응될 수 있는 것으로 인식된다. 모바일 디바이스(128)는 또한 물체(129)에 대한 부착을 위해 배열된 무선 트랜스시버를 포함하는 위치 태그(131)에 대응될 수 있는 것으로 인식된다. 예를 들어, 물체(129)는 여성용 핸드백(또는 지갑)에 대응될 수 있고 위치 태그(131)는 핸드백(129)의 위치를 나타내는 정보를 제공할 수 있다. 위치 태그(131)는 물체의 위치에 대응되는 정보를 하나 이상의 액세스 포인트(122, 124, 126) 및/또는 적어도 하나의 서버(140)로 송신할 수 있다. 각각의 모바일 디바이스(128, 130)는 일반적으로 환경의 다양한 액세스 포인트(122, 124, 126)와 무선 통신을 가능하게 하기 위한 MODEM 또는 다른 장치를 포함한다.

[0016] 예를 들어, 시스템(100)의 액세스 포인트(122, 124, 126)가 802.11n 표준(예를 들어, WiFi 기반 표준)과 호환된다고 가정하면, 각 액세스 포인트(122, 124, 126)는 2개 이상의 안테나(135)를 포함할 수 있다. 모바일 디바이스(128, 130) 각각은 액세스 포인트(122, 124, 126)와 통신하기 위한 단일 무지향성 안테나(136)를 갖는 것으로 가정될 수 있다. 일반적으로, 모바일 디바이스(128, 130)는 각각의 액세스 포인트(122, 124, 126) 중 임의의 하나 이상의 위치를 결정하기 위해 안테나(135)로부터 수신된 신호를 처리할 수 있다. 추가적으로, 모바일 디바이스(128, 130)는 액세스 포인트(122, 124, 126)에 대한 그들의 위치를 결정하기 위해 쌍으로 작동할 수 있다.

[0017] 모바일 장치(128, 130)는 인터넷 통신을 위해 액세스 포인트(122, 124, 126) 중 임의의 하나 이상과 연관할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 모바일 디바이스(128, 130)는 셀룰러 네트워크 또는 다른 연결을 통해 인터넷에 접근할 수 있다. 임의의 경우에, 모바일 디바이스(128, 130)는 네트워크(139)를 통해 매핑 서버(140)에 액세스 포인트 식별 및/또는 하나 이상의 액세스 포인트(122, 124, 126)의 위치를 전달할 수 있다.

[0018] 일례로, 모바일 디바이스(128, 130)는 그들의 현재 위치 좌표들을 액세스 포인트(122, 124, 126) 및 매핑 서버(140)(또는 기지국(미도시))에 전달할 수 있으며, 이는 서버(140)에 의해 제공된 기지국(미도시) 또는 액세스 포인트(122, 124, 126)로부터 송신된 신호를 기반으로 아래에서 더 자세히 설명될 도착 시간 구현으로부터 도출된다. 이러한 정보는 모바일 디바이스(128, 130)의 하드웨어에서 실행되는 적절한 응용 프로그램("app")에 의해 자체적으로 또는 자동으로 수집되고 보고될 수 있다. 서버(140)는 일반적으로 프로그래밍 가능한 프로세서(142) 및 메모리(144)를 포함하는 범용 컴퓨터를 포함한다. 설명된 서버(140)의 기능은 일반적으로 광학, 자기 또는 전자 메모리 매체와 같은 유형의 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장될 수 있는 프로세서(142)에서 실행되는 소프트웨어로 구현된다.

[0019] 모바일 장치(128, 130)에 의해 네트워크(139)를 통해 통신된 위치 좌표에 기초하여, 프로세서(142)는 메모리(144)에서 액세스 포인트 위치 및 방향의 맵을 구축할 수 있다. 더 많은 수의 모바일 디바이스(128, 130)가 사용됨에 따라, 이러한 모바일 디바이스(128, 130)는 정보를 서버(140)에 전달할 수 있다. 이 경우, 맵은 시드 정보의 초기 기반에서 부트스트래핑하는 프로세스에 의해 액세스 포인트 데이터의 지리적 범위와 정확도를 모두 증가시킬 수 있다. 맵에 기초하여, 서버(140)는 또한 임의의 주어진 시간에 모바일 디바이스(128, 130)에 의해 수신된 액세스 포인트 신호에 기초하여 각각의 모바일 디바이스(128, 130)에서 실행될 때 애플리케이션 프로그램을 통해 사용자(132)에게 위치 및 내비게이션 정보를 제공할 수 있다.

[0020] 위에서 언급된 도착 시간 구현의 활용을 통해, 시스템(100)은 3개의 트랜스미터의 위치가 알려져 있는 경우 알려지지 않은 리시버의 위치를 결정(예를 들어, 위치 태그(129)를 포함하는 모바일 디바이스(128, 130)의 위치를 결정)할 수 있다(예를 들어, 트랜스미터는 2개의 고정 액세스 포인트(122, 124, 126)(또는 기지국) 및 모바일 디바이스(128)(또는 위치 태그(129))와 같이 고정될 수도 있고 아닐 수도 있는 리시버에 대응될 수 있다). 유사하게, 다른 예에서, 시스템(100)은 도착 시간을 이용하여 미지의 트랜스미터의 위치를 결정할 수 있다. 두 모바일 디바이스(128, 130)의 위치 및 액세스 포인트(122, 124, 126)와 같은 두 고정 트랜스미터의 위치가 알려진 경우, 시스템은 다른 액세스 포인트(122, 124, 126) 또는 다른 모바일 디바이스(128, 130)에 대응될 수 있는 알려지지 않은 트랜스미터의 위치를 결정할 수 있다.

[0021] 도 2는 일 실시예에 따라 위치 태그를 제공하기 위해 도 1의 무선 통신 시스템(100)에서 구현될 수 있는 장치(200)를 도시한다. 설명의 목적을 위해, 액세스 포인트(122)가 제1 통신 네트워크(예를 들어, WIFI 네트워크 A, 채널 1 @ 2.4 GHz)를 통해 모바일 디바이스(128)(또는 130 (위치 태그(129) 포함))(이하 간결함을 위해 "12

8")와 통신할 수 있고, 액세스 포인트(124a 및 124b)가 제2 통신 네트워크(예를 들어, WIFI 네트워크 B @ 채널 6 @ 2.4 GHz)를 통해 모바일 디바이스(128)와 통신할 수 있으며, 액세스 포인트(126a)가 제3 통신 네트워크(예를 들어, FTE 네트워크 A @ 1.9 GHz)를 통해 모바일 디바이스(128)와 통신할 수 있고, 액세스 포인트(126b)가 제4 통신 네트워크(예를 들어, LTE 네트워크 B @ 1.9 GHz)를 통해 모바일 장치(128)와 통신할 수 있다고 가정될 수 있다.

[0022] 모바일 디바이스(128)는 일반적으로 모뎀(201)(또는 모뎀 칩(예를 들어, IC(Integrated Chip) 등))을 포함한다. 모뎀(201)은 일반적으로 액세스 포인트(122, 124, 126)로부터 수신된 아날로그 정보를 디지털 정보로 변환하는 것을 용이하게 한다. 모뎀(201)은 트랜스미터(202), 다운컨버터(204), 아날로그-디지털 컨버터(206), 메모리(208), 및 적어도 하나의 중앙 처리 장치(CPU)(또는 적어도 하나의 컨트롤러)(210)를 포함한다. 전용 모뎀 칩(212)(또는 서브 모뎀)은 또한 모뎀(201)에 제공될 수 있다. 이 경우, 전용 모뎀 칩(212)은, 예를 들어, 다양한 LTE 기반 네트워크 또는 연관된 액세스 포인트와의 통신을 가능하게 하는 LTE 기반 모뎀에 대응될 수 있다. 버스(213)는 ADC(206), 메모리(208), 컨트롤러(210), 및 제1 모뎀(212) 사이의 데이터 송신을 용이하게 한다.

[0023] 모뎀(201)은 일반적으로 통신, 예를 들어 임의의 수의 통신 네트워크(예를 들어, WiFi 및 LTE 기반 네트워크)를 용이하게 하는 것으로 인식된다. 일반적으로, 모바일 디바이스(128)는 도 2에 도시된 추가적인 양상들과 함께 컨트롤러(210)를 활용하여 아래에서 언급되는 임의의 하나 이상의 도면과 관련하여 더 상세히 설명될 도착 시간 구현을 수행할 수 있다. 마찬가지로, 컨트롤러(210)는 컨트롤러(210) 및 도 2에 예시된 추가 양상을 활용하여 아래에서 언급되는 임의의 하나 이상의 도면에 개시된 추가 양상을 수행할 수 있다.

[0024] **전파 시간 측정 방식**

[0025] **리시버 위치 결정**

[0026] 도 3은 일반적으로 일 실시예에 따라 액세스 포인트(122, 124, 126)에 대한 모바일 디바이스(128 또는 130) 중 어느 하나의 위치를 결정하기 위한 제1 시스템(300)을 도시한다. 제1 시스템(300)으로 식별된 예에서, 액세스 포인트(122, 124, 126)는 일반적으로 트랜스미터(122, 124, 126)로서 정의될 수 있고 모바일 디바이스(128, 130)는 일반적으로 리시버(128, 130)로서 정의될 수 있다. 리시버(128 또는 130)의 위치 및 트랜스미터(122, 124, 126)의 위치는 다른 리시버(128 또는 130)의 위치를 결정하기 전에 알려져 있다. 모바일 디바이스(128, 130)는 각 모바일 디바이스(128, 130)가 그 대응 위치를 결정하도록 쌍으로 협력한다. 모바일 디바이스(128, 130)는 이러한 디바이스(128, 130)가 액세스 포인트(122, 124, 126)로부터의 송신에 기초하여 각각의 위치를 단순히 결정할 수 있고 모바일 디바이스(128, 130)가 각각의 위치를 결정하기 위해 액세스 포인트(122, 124, 126)로 데이터를 송신할 필요가 없다는 점에서 수동적일 수 있는 것으로 인식된다.

[0027] 트랜스미터(122, 124, 126)(예를 들어, 액세스 포인트(122, 124, 126)) 및 리시버(예를 들어, 모바일 디바이스(128, 130))는 자율적이고 부정확한 클럭을 사용할 수 있다. 다시 말해서, 트랜스미터(122, 124, 126) 및 리시버(128, 130) 각각은 상이한 클럭(또는 클럭 사이클)에서 동작하는 컨트롤러(210)를 사용한다. 부정확한 클럭을 극복하기 위해, 리시버(128, 130)는 각각의 리시버(128, 130)가 트랜스미터(122)로부터 제1 패킷(예를 들어, PCK1)을 수신하고 트랜스미터(124)로부터 제2 패킷(예를 들어, PCK2)을 수신하도록 쌍으로 작동한다. 리시버(128, 130)는 그러한 리시버(128, 130)가 제1 패킷(PCK1)을 수신한 직후에 제2 패킷(PCK2)을 수신하는 것으로 인식된다. 다음 설명은 정보를 송신하는 한 쌍의 트랜스미터를 사용한다. 도 3에서, 총 3개의 트랜스미터(122, 124, 126)가 도시되어 있다. 따라서, 아래의 프로세스는 트랜스미터의 각 쌍(예를 들어, 제1 쌍의 트랜스미터(122, 124), 제2 쌍의 트랜스미터(122, 126) 및 제3 쌍의 트랜스미터(124, 126))에 대해 사용된다. 이는 도 6과 관련하여 더 자세히 논의될 것이다.

[0028] 리시버(128)는 다음에 기초하여 고유의 내부 클럭을 이용하여 제1 패킷(PCK1) 및 제2 패킷(PCK2)의 도착 시간을 추정한다.

[0029] PCK1 및 PCK2에 대해 각각  $t_{pck1} + \frac{D_{1A}}{c} + t_A$  및  $t_{pck2} + \frac{D_{2A}}{c} + t_A$ . (식 1).

[0030] 리시버(128)는 다음에 기초하여 제1 패킷(PCK1)과 제2 패킷(PCK2) 사이의 제1 도착 시간 차이(예를 들어, 제1 차이)를 계산(또는 결정)한다.

[0031] 리시버(128)에 대한 로컬 리시버 클럭( $t_A$ )에 독립적인  $\Delta t_A = t_{pck2} - t_{pck1} + \frac{D_{2A}-D_{1A}}{c}$ , 여기서  $c$ 는 빛의 속도에 해당. (식 2).

[0032] 유사하게, 리시버(130)는 다음에 기초하여 고유의 내부 클럭을 이용하여 동일한 제1 패킷(PCK1) 및 동일한 제2 패킷(PCK2)의 도착 시간을 추정한다.

[0033] PCK1 및 PCK 2에 대해 각각  $t_{pck1} + \frac{D_{1B}}{c} + t_B$  and  $t_{pck2} + \frac{D_{2B}}{c} + t_B$ . (식 3)

[0034] 리시버(130)는 다음에 기초하여 제1 패킷(PCK1)과 제2 패킷(PCK2) 사이의 도착 시간의 차이(예를 들어, 제2 차이)를 계산(또는 결정)한다.

[0035] 리시버(130)에 대한 로컬 리시버 클럭에 독립적인  $T_B(or \Delta t_B) = t_{pck2} - t_{pck1} + \frac{D_{2B}-D_{1B}}{c}$ . (식 4).

[0036] 따라서 제1 차이와 제2 차이의 최종 차이는 다음과 같이 구해질 수 있다.

[0037]  $\Delta t_{BA} = \Delta t_B - \Delta t_A = \frac{(D_{2B}-D_{1B})-(D_{2A}-D_{1A})}{c}$  (식 5).

[0038] 도 4는 일 실시예에 따라 도착 시간을 결정하기 위한 제1 시스템(300)과 관련된 다른 양상을 일반적으로 도시한다. 도 4는 리시버(130)가 트랜스미터(122)와 트랜스미터(124) 사이의 중간인 위치에 위치되는 것을 예시한다. 일반적으로, 리시버(128, 130)에 의해 결정된 제2 차이(식 5 참조)는 트랜스미터(122, 124)로부터 리시버(130)로의 전파 지연이 유사하기 때문에(예를 들어,  $D_{1A} = D_{2A}$ ), 일반적으로 송신된 제1 및 제2 패킷(예를 들어, PCK1 및 PCK2) 사이의 시간 차이와 동일하다. 도 3에 도시된 실시예는 일반적인 경우이고, 도 4에 도시된 실시예는 특정 경우에 해당하는 것으로 간주된다.

[0039] 리시버(128)는 송신된 제1 및 제2 패킷(예를 들어, PCK1 및 PCK2) 사이의 시간 차이에 대응되는 정보를 리시버(130) 및/또는 서버(140)로 송신한다. 일례로, 리시버(128)는 잠재적으로 낮은 품질의 네트워크를 통해 이러한 정보를 리시버(130)에 송신한다. 다시 말해서, 리시버(128, 130)는 예측할 수 없는 높은 대기 시간을 가질 수 있는 백홀을 통해 각자의 판독 값을 공유한다. 일반적으로, 제1 시스템(300)이 의도한 대로 동작하기 위해서는 백홀로부터의 통상적인 요구 사항을 벗어나지 않을 수 있다. 예를 들어, NB-IoT(Narrowband Internet of Things) 또는 LTE(Long-Evolution) 데이터 네트워크는 제1 시스템(300)에서 잘 동작할 수 있다. 리시버(130)는 그 측정 시간 차이로부터 리시버(128)에 의해 보고된 바와 같은 트랜스미터(122, 124)에 의해 각각 송신된 PCK1 과 PCK2 사이의 시간 차이를 뺀다. 요약하면, 리시버(128, 130)에 의해 수행된 제1 차이와 제2 차이는 리시버(128, 130)에서 알려지지 않은 로컬 클럭 스큐를 제거한다. 제3 차이(또는 차이의 차이)는 트랜스미터(122, 124) 간의 알려지지 않은 클럭 스큐를 제거한다. 나머지는 전파 지연에만 비례한다.

[0040] 일반적으로, 트랜스미터(122, 124)와 리시버(128)의 위치가 알려져 있어,  $D_{2A} - D_{1A}$  및  $D_{Tra} = D_{21}$ 이 알려진 경우, 리시버(128)는  $\Delta t_A$ (예를 들어, 트랜스미터(124 및 126)로부터 송신되고 리시버(128)에서 수신된 제1 패킷(PCK1)과 제2 패킷(PCK2) 사이의 시간 차이)를 리시버(130) 또는 리시버(130)로 판독 값을 포워딩하는 서버(140)로 송신한다. 리시버(130)는  $\Delta t_B$ (예를 들어, 트랜스미터(122 및 124)로부터 송신되고 리시버(130)에서 수신된 제1 패킷(PCK1)과 제2 패킷(PCK2) 사이의 시간 차이)를 측정하고 식 5에 따라 다음을 계산한다.

[0041]  $\Delta D_B = D_{2B}-D_{1B} = c(\Delta t_A - \Delta t_B) + (D_{2A}-D_{1A})$  (식 6)

[0042] 도 5는 일반적으로 리시버(130)의 위치가 다음의 이심률을 갖는 트랜스미터(124) 및 트랜스미터(126)에서 초점을 갖는 단일 쌍곡선상의 포인트일 수 있음을 도시한다.

[0043]  $e = \frac{D_{Tra}}{\Delta D_B}$  (식 7)

[0044] 여기서  $D_{Tra}$ 는 트랜스미터(124, 126)와 리시버(128)의 위치가 알려져 있기 때문에 트랜스미터(124, 126) 사이의 거리(초점)이다.

[0045] 일반적으로, 도 5는 단일 지점을 교차하는 3개의 쌍곡선을 식별하는 것을 묘사한다. 각각의 쌍곡선은 트랜스미터(예를 들어, 트랜스미터(122, 124); 트랜스미터(122, 126) 및 트랜스미터(124, 126)) 및 리시버(128) 쌍과 연관된 위치 정보와 연관된다. 쌍곡선 및 트랜스미터 쌍은 아래에서 더 자세히 논의될 것이다.

[0046] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 리시버(130)의 위치를 결정하기 위한 방법(400)을 도시한다. 방법(400)은 일반적으로 위에서 언급한 바와 같이 도 3 내지 5에 설명된 기술을 사용한다. 방법(400)과 관련하여, 트랜스미터(122, 124, 126) 및 리시버(128)의 위치는 서버(140)에 알려져 있다. 방법(400)은 리시버(130)의 위치를 결

정하기 위해 트랜스미터(122, 124, 126) 및 리시버(128)의 위치를 이용한다.

- [0047] 동작(402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416 및 418)과 관련하여, 방법(400)은 제1 쌍곡선을 결정하기 위해 2개의 트랜스미터(122, 124) 및 리시버(128)에 대한 위치 정보를 이용한다. 앞서 언급한 동작(402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416)은 동일한 리시버(128)를 사용하여 다음 트랜스미터 쌍(122, 126 및 124, 126)에 대한 위치 정보를 고려하기 위해 두 번 더 재실행된다.
- [0048] 동작(402)에서, 제1 트랜스미터(122)는 제1 패킷의 데이터(예를 들어, WiFi 기반 신호)를 제1 리시버(128) 및 제2 리시버(130)로 송신한다.
- [0049] 동작(404)에서, 제2 트랜스미터(124)는 제2 패킷의 데이터(예를 들어, WiFi 기반 신호)를 제1 리시버(128) 및 제2 리시버(130)로 송신한다.
- [0050] 동작(406)에서, 제1 리시버(128)는 고유의 로컬 클록에 기초하여 제1 패킷의 데이터에 대한 도착 시간 및 제2 패킷의 데이터에 대한 도착 시간을 계산한다(위의 식 1 참조).
- [0051] 동작(408)에서, 제1 리시버(128)는 리시버(128)의 로컬 클록과 독립적인 제1 패킷의 데이터에 대한 도착 시간과 제2 패킷의 데이터에 대한 도착 시간의 제1 차이를 계산한다(식 2 참조).
- [0052] 동작(410)에서, 제2 리시버(130)는 고유의 로컬 클록에 기초하여 제1 패킷의 데이터에 대한 도착 시간 및 제2 패킷의 데이터에 대한 도착 시간을 계산한다(위의 식 3 참조).
- [0053] 동작(412)에서, 제2 리시버(130)는 리시버(130)의 로컬 클록과 무관한 제1 패킷의 데이터의 도착 시간과 제2 패킷의 데이터의 도착 시간의 제1 차이를 계산한다(식 4 참조).
- [0054] 동작(414)에서, 제1 리시버(128) 및 제2 리시버(130) 각각은 대응되는 제1 차이 값을 서버(140)로 송신한다. 제1 리시버(128)는 대안적으로 대응되는 제1 차이 값을 제2 리시버(130)로 송신할 수 있는 것으로 인식된다.
- [0055] 동작(416)에서, 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 식 5에 기초하여 제2 차이를 계산한다.
- [0056] 동작(418)에서, 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 식 7에 기초하여 이심률을 계산한다.
- [0057] 동작(420)에서, 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 동작(418)에서 결정된 이심률 및 트랜스미터(122, 124)의 위치, 쌍곡선의 궤적에 기초하여 제1 쌍곡선(401)(도 5 참조)을 계산한다. 일반적으로, 제1 쌍곡선을 결정하려면, 트랜스미터(122 및 124)의 위치(궤적) 외에 이심률을 알아야 한다. 위에서 언급한 바와 같이, 트랜스미터(122 및 124)의 위치가 알려져 있다. 따라서, 트랜스미터(122, 124) 사이의 궤적 및 거리를 결정하고 e를 계산하는 것이 가능하다.
- [0058] 동작(422)에서, 방법(400)은 동작(402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418)을 두 번 더 재실행한다. 위에서 언급한 바와 같이, 방법(400)이 처음 실행되었을 때, 트랜스미터(122, 124)의 위치에 대응되는 정보가 이용되었다. 그러나, 트랜스미터(130)의 위치를 결정하기 위해서는 모든 트랜스미터 쌍을 조사할 필요가 있다. 따라서, 두 번째 동작(402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418)이 실행되고, 트랜스미터(122, 126)의 위치에 대응되는 정보가 사용된다. 또한, 세 번째 동작(402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418)이 실행되면, 트랜스미터(124, 126)의 위치에 대응하는 정보가 사용된다.
- [0059] 동작(424)에서, 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 동작(418)에서 결정된 이심률 및 트랜스미터(122, 126) 사이의 거리에 기초하여 제2 쌍곡선(403)(도 5 참조)을 계산한다.
- [0060] 동작(426)에서, 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 동작(418)에서 결정된 이심률 및 트랜스미터(124, 126) 사이의 거리에 기초하여 제3 쌍곡선(405)(도 5 참조)을 계산한다.
- [0061] 동작(428)에서, 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 제1 쌍곡선(401), 제2 쌍곡선(403) 및 제3 쌍곡선(405)이 교차하는 지점(또는 교차점)에 대응되는 위치(407)를 결정(또는 위치 확인)한다. 서버(140)는 위치(407)를 제2 리시버(130)의 위치로 식별한다.
- [0062] 전술한 방안은 위에서 언급한 바와 같이 부정확한 WiFi 클록을 견디거나 생존할 수 있는 능력이 있는 TDOA(Hyperbolic Navigation Time Difference of Arrival) 제품군의 일부일 수 있다. 각 측정은 위에서 설명한 대로 해당 곡선 또는 쌍곡선을 제공할 수 있다. 이러한 세 가지 측정은 특유한 방안을 제공한다. 궤적으로 위에서 참조한 동일한 트랜스미터 위치(궤적)에서 시작하는 직선을 정의할 수 있는 간섭계와 같은 기타 기술이 위의 쌍곡선 및 간섭계 선과 교차하도록 사용될 수 있고 알려지지 않은 리시버(및 이중 정상도에서 아래에서 논의되

는 바와 같이 알려지지 않은 트랜스미터)에 대한 강력한 위치 추정을 제공할 수 있다.

[0063] **트랜스미터의 위치 결정**

[0064] 도 7은 일반적으로 일 실시예에 따라 리시버(128, 130, 131)에 대한 트랜스미터(122 또는 124) 중 어느 하나의 위치를 결정하기 위한 제2 시스템(450)을 도시한다. 예시를 위해, 트랜스미터(124) 및 리시버(128, 130, 131)의 위치가 알려져 있다. 따라서, 트랜스미터(122)의 위치를 결정하는 것이 필요하다.

[0065] 도 5 및 6과 관련하여 설명된 바와 같은 제1 시스템(300)과 관련하여 적용된 유사한 분석이 도 7에 적용될 수 있다. 그러나, 제1 시스템(300)에 기재된 바와 같은 제1 리시버(128) 및 트랜스미터(122, 124, 126)의 알려진 위치에 기초하여 제2 리시버(130)의 위치를 결정하는 대신, 제2 시스템(450)은 제2 트랜스미터(122), 제1 리시버(128), 제2 리시버(130) 및 제3 리시버(131)의 알려진 위치에 기초하여 제1 트랜스미터(122)의 위치를 결정한다. 도 7은 제2 트랜스미터(124)에 대한 제1 트랜스미터(122), 제1 리시버(128), 제2 리시버(130), 및 제3 리시버(131)의 공간적 배치를 도시한다. 도 5 및 도 6과 관련하여 설명된 바와 같은 개시 및 다양한 식은 제1 트랜스미터(122)의 위치가 도 5의 다양한 리시버(128, 130)는 도 7의 트랜스미터(122, 124)로 대체되고 도 5의 트랜스미터(122, 124, 126)는 도 7의 리시버(128, 130, 131)로 대체되어 결정되는 방식에도 적용된다.

[0066] 도 7은 제1 트랜스미터(122)에 대한 제2 트랜스미터(124), 제1 리시버(128), 제2 리시버(130), 및 제3 리시버(131)의 배치를 제외하고 도 5에 도시된 것과 유사한 공간 관계를 도시한다. 예를 들어, 도 7은 제2 리시버(130)가 도 5에 도시된 바와 같은 제1 트랜스미터(122)의 위치를 대체하고, 제2 트랜스미터(124)가 도 5에 도시된 바와 같은 제1 리시버(128)의 위치를 대체하며, 도 7에 도시된 바와 같은 제1 리시버(128)가 도 5에 도시된 바와 같은 제2 트랜스미터(124)의 위치를 대체하고, 도 7의 제3 리시버(131)가 도 5의 제3 트랜스미터(126)의 위치를 대체한다. 도 7은 간결함을 위해 위에서 언급한 방식으로 도시되었고, 간결함을 위해 해당 개시 및 식을 재언급하지 않는다.

[0067] 따라서, 제1 리시버(128), 제2 리시버(130), 및 제2 트랜스미터(124)의 위치가 알려진 위에서 언급된 바와 같은 경우에, 따라서 다음이 제공될 수 있다.

[0068]  $D_{2A}-D_{2B}$  및  $D_{Rec} = D_{AB}$ 는 알려져 있고(도 3 참조), 제1 리시버(128)는 제2 리시버(130)로  $\Delta t_A$ 를 보고하며, 제2 리시버(130)는  $\Delta t_B$ 를 측정하여 다음을 계산한다.

[0069] 
$$\Delta D_1 = D_{1A}-D_{1B} = c(\Delta T_A-T_B)+(D_{2A}-D_{2B}) \quad (\text{식 } 8)$$

[0070] 제1 트랜스미터(122)의 위치는 초점이  $Rec_A$  및  $Rec_B$ 로 다음의 이심률을 갖는 특이 쌍곡선 위의 점이다.

[0071] 
$$e = \frac{D_{Rec}}{\Delta D_1} \quad (\text{식 } 9)$$

[0072] 서버(140)는 이심률을 결정하는 연산을 수행할 수 있다. 또한, 위에서 유사하게 언급된 바와 같이, 서버(140)는 리시버의 각각의 쌍(예를 들어, 리시버(128, 130); 리시버(128, 131); 리시버(130, 131))에 대한 쌍곡선을 계산할 수 있다. 서버(140)는 식 9에서 결정된 이심률 및 리시버(128, 130) 사이의 거리에 기초하여 제1 쌍곡선(501)(도 7 참조)을 계산한다. 일반적으로, 제1 쌍곡선을 결정하려면, 쌍곡선의 궤적, 리시버(128, 130)의 위치에 대한 지식 외에 이심률을 결정해야 한다. 전술한 바와 같이, 리시버(128, 130)의 위치는 알려져 있다.

[0073] 서버(140)는 식 9로부터 결정된 이심률 및 리시버(128, 131)의 위치에 기초하여 제2 쌍곡선(503)(도 7 참조)을 계산한다. 서버(140)는 식 9로부터 결정된 이심률 및 리시버(130, 131) 사이의 거리에 기초하여 제3 쌍곡선(505)(도 7 참조)을 계산한다. 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 식 9로부터 결정된 이심률 및 리시버(130, 131) 사이의 거리에 기초하여 제3 쌍곡선(405)(도 5 참조)을 계산한다.

[0074] 서버(140)(또는 제2 리시버(130))는 제1 쌍곡선(501), 제2 쌍곡선(503) 및 제3 쌍곡선(505)이 교차하는 지점에 대응되는 위치(507)를 결정(또는 위치 결정)한다. 서버(140)는 위치(507)를 제1 트랜스미터(122)의 위치로 식별한다.

[0075] **보고 프로토콜**

[0076] 도 3 내지 7에 설명된 제안된 구현을 수행하기 위해 이는 리시버(128, 130, 131)에 의해 서버(140) 또는 트랜스미터(122, 124, 126) 중 하나 이상에 보고된 시간 측정을 활용하는 것을 포함한다. 도 3 내지 7에 설명된 바와 같은 구현을 위해, 예를 들어 총 5개의 트랜스미터와 리시버가 있을 수 있다. 리시버(128, 130, 131)에 의해 생

성된 각각의 송신 보고는 일반적으로 다음을 포함한다.

- [0077] 1) 리시버(128, 130, 131)의 고유 ID(예를 들어, 48비트 MAC(Media Access Content) 주소)
- [0078] 2) 리시버(128, 130, 131)에 데이터를 송신하는 제1 트랜스미터(122, 124, 126)에 대한 충분히 특유한 송신 ID(a) 및 트랜스미터 ID
- [0079] 3) 리시버(128, 130, 131)에 데이터를 송신하는 제2 트랜스미터(122, 124, 126)에 대한 충분히 특유한 송신 ID(b) 및 트랜스미터 ID.
- [0080] 4) 서명되지 않은 긴 정수와 함께 합의된 시간 단위(예를 들어, 100피코(10<sup>-10</sup>)초)를 사용하여 고해상도의 로컬 수신 타임스탬프. 시간 0은 임의적이며 미리 결정된 경우(예를 들어, 배터리가 리시버(128, 130, 131)에서 교체 될 때)에 변경될 수 있다.
- [0081] 서버(140)는 리시버(128, 130, 131)에 의해 제공되는 바와 같이 송신 메시지(예를 들어, 비콘, 데이터, RTS 등의 유형의 WiFi 패킷의 트랜스미터 주소(TA))로부터 트랜스미터 ID를 추출할 수 있다.
- [0082] 송신 ID는 예를 들어 데이터의 처음 N 바이트의 해시, IEEE802.11에 따른 트랜스미터(122, 124, 126)에 의해 송신된 FCS(Frame Check Sequence) 접미사, 예를 들어 수신 타임스탬프 또는 위의 조합과 같이 암시적일 수 있다. 일부 경우에, 송신 ID는 예를 들어 WiFi 비콘에서 송신된 64비트 타임스탬프("TSF")와 같이 명시적일 수 있다.
- [0083] 상기 보고는 다수의 리시버에 의해 측정된 바와 같이 트랜스미터에 의해 송신된 송신 쌍(a, b)의 매칭을 용이하게 하기 위해 사용될 수 있다(예를 들어, 리시버에 추가로 3개의 트랜스미터가 있을 수 있다).
- [0084] 예를 들어, 리시버(128)는 다음을 서버(140)에 보고할 수 있다:
- [0085] RxID = 0x00607c07049A:
- [0086] TxID<sub>1</sub> = 0x0014de098743 TxID<sub>2</sub> = 0x0056e1098743 α = 0x6f4e3a5e β = 0xee437611 Δt = 78.0769286.
- [0087] 보고의 RxID는 리시버(128, 130, 131)의 로컬 클럭으로 측정된 Δt 밀리초 간격으로 신호가 수신되는 a 및 b로 식별되는 TxID<sub>1</sub> TxID<sub>2</sub> 패킷의 출처가 있는 두 패킷의 수신에 해당하는 정보를 제공한다. 동일한 발신자(또는 트랜스미터(122, 124 또는 126)로부터의 TxID<sub>1</sub> = TxID<sub>2</sub>를 갖는 패킷 쌍은 아래에 언급된 바와 같이 클럭 드리프트를 측정하는 데 사용될 수 있다.
- [0088] 서버(140)에서 리시버(128, 130, 131)에 의해 취해진 특정 송신(a 및 b) 사이의 시간 차이에 대해 측정된 보고에 기초하여, 서버(140)는 평면에 그려질 수 있는 쌍곡선을 제공할 수 있다. 이 절차는 총 3개의 쌍곡선이 제공 되도록 3회 반복될 수 있다. 쌍곡선의 교차점은 이 경우에 알려지지 않은 리시버(또는 위에서 언급한 리시버(130))의 위치이다.
- [0089] **리시버 간의 시간 드리프트를 고려한 보정**
- [0090] 리시버 또는 트랜스미터의 위치를 결정하기 전에, 리시버(128, 130 및 131) 사이의 시간 드리프트를 설명하기 위해 교정이 발생하는 것으로 인식된다. 리시버(128 및 130)를 참조하여, 리시버(128, 130)(예를 들어, Δt<sub>A</sub>, Δt<sub>B</sub>)에 의해 측정된 시간 차이는 국부적으로 클럭(clocked)된다. 그러나, 시간 차이는 리시버(128) 및 리시버(130)에 대한 대응되는 로컬 클럭 사이의 로컬 드리프트에 의해 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, 리시버(128) 및 리시버(130)에 대한 클럭은 서로 동기화되지 않고 시간 드리프트는 이러한 리시버(128, 130) 사이에서 일어날 수 있다. 일례로, 시간 드리프트는 매시간, 예를 들어 리시버(128)에 대한 클럭의 1시간 이후에 1초에 대응될 수 있고, 리시버(128)에 대한 클럭은 리시버(130)에 대한 클럭보다 1초씩 앞설 것이다. 리시버들(128, 130) 사이의 로컬 클럭 드리프트는 예를 들어 단일 트랜스미터(122)로부터의 2개의 패킷 송신들(a, b)을 사용함으로써 보상될 수 있다. 대안적으로, 트랜스미터(124 또는 126)는 또한 이러한 목적을 위해 사용될 수 있다. 2개의 패킷 송신(a, b)은 리시버(128 및 130) 모두에 의해 수신된다. 리시버(128, 130) 각각은 위치 불변인 패킷 도착 사이의 시간 차이를 계산하는데, 이는 두 패킷이 특정 리시버(128 또는 130)에 대해 동일한 거리를 이동하기 때문이다. 리시버(128, 130)는 서버(140)에 패킷 도착 사이의 시간 거리를 보고한다.
- [0091] 서버(140)는 리시버(130)에서 측정된 시간 차를 보상하기 위해 리시버(128)에 의해 사용되는 비율 
$$r = \frac{T_{A\alpha} - T_{A\beta}}{T_{B\alpha} - T_{B\beta}}$$
 (식 10)을 계산한다. 서버(140)는 리시버(128)에서 측정된 시간 차를 보상하기 위해 리시버(130)에 의해 사용되

는  $r^{-1}$ 을 계산한다. 서버(140)는 보상된 관독값을 리시버(128) 및 리시버(130)에 다시 제공한다.

[0092] 송신(또는 신호) ( $\alpha$ ,  $\beta$ )가 트랜스미터(122)에 의해 서로 떨어져  $\Delta t = 103.461963$  msec에서 송신되는 경우, 다음 예를 고려한다. 이러한 이벤트 간의 시간 차는 둘 다 동일한 경로, 예를 들어, 트랜스미터(122)의 위치로부터 리시버(128)의 위치로 그리고 트랜스미터(122)의 위치로부터 리시버(130)의 위치로 이동하기 때문에 위치 독립적이다. 따라서, 이상적으로 양 리시버(128, 130)는 동일한 시간 차( $\Delta t$ )를 추정한다. 각각의 리시버(128, 130)에 대한 두 로컬 클록은 각각 불일치를 가지므로, 예를 들어 리시버(128, 130)는  $\Delta t_A^0 = 103.461531$  및  $\Delta t_B^0 = 103.461229$ 를 각각 결정할 수 있다(즉,  $\Delta t_A^0$ 는 리시버(128)에 대한  $\alpha$ ,  $\beta$  사이의 시간 차에 대응되고,  $\Delta t_B^0$ 는 리시버(130)에 대한  $\alpha$ ,  $\beta$  사이의 시간 차에 대응된다). 따라서, 리시버(128)가 리시버(130)로부터 (서버(140)를 통해) 시간 보고를 수신할 때, 리시버(128)는  $\Delta t_B^1$ 의 (서버(140)로부터 수신된 바와 같은 리시버(130)로부터의) 장래 송신의 장래 관독값을 다음에 기초하여 자신의 로컬 시간으로 정정할 수 있다.

[0093] 
$$\Delta t_B^{1A} = \Delta t_B^1 * \frac{103.461531}{103.461229}$$
 (식 10)

[0094] 추가로, 리시버(130)가 (서버(140)를 통해) 리시버(128)로부터 시간 보고를 수신할 때, 리시버(130)는 다음에 기초하여 (서버(140)로부터 수신된 바와 같이 리시버(128)로부터의) 추가 송신의 추후 관독을 정정할 수 있다;

[0095] 
$$\Delta t_A^{1B} = \Delta t_A^1 * \frac{103.461229}{103.461531}$$
 (식 11)

[0096] **도착 시간 예측**

[0097] 리시버(128, 130)는 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 송신된 신호(예를 들어, 제1 및 제2 패킷(PCK1 및 PCK2))로부터 수신된 바와 같은 (예를 들어, 신호에 기초한 WiFi와 관련한) 수신된 LTF(Long Training Field) 심볼을 자기 상관함으로써 도착 시간을 결정할 수 있다. LTF는 자기 상관 기능에서 낮은 사이드 로브와 가파른 메인 로브를 제공한다. 그러나, 관심 있는 특정 LTF 심볼의 인접 심볼은 결과적인 상관 함수에 영향을 미치는 0이 아닌 신호이다. 예를 들어, LTF는 2.5회 반복하여 송신될 수 있다(예를 들어, LTF의 절반이 송신된 다음, LTF가 송신되고, LTF가 다시 송신된다). 결과적인 자기 상관은 여러 피크를 포함한다.

[0098] WiFi 신호의 자유 공간 역상관 시간은 20 MHz 대역폭에서 50 ns일 수 있다. WiFi 표준을 사용하면, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반 비콘(또는 패킷)이 20 MHz 대역폭에서 송신될 수 있다. 일반적인 디지털 리시버는 20 MHz의 채널 대역폭에 대해 (복합적인) 20 Ms/s 속도로 들어오는 신호를 처리할 수 있으며 이 시간은 빛의 속도인 대략 15 m에 대응되는 50 ns의 역상관 시간이다. 일반적으로, 64개 주파수 빈 중 52개가 있을 수 있으므로, 위치 해상도가 18.5미터로 증가할 수 있다.

[0099] 도 1에 일반적으로 도시된 바와 같이, 각각의 트랜스미터(124, 126)는 패킷(예를 들어, WiFi, 비콘)을 송신하기 위해 복수의 안테나(135)를 사용할 수 있고, 각각의 트랜스미터(122, 124, 126)는 단일 안테나에서 패킷을 송신하는 것과는 대조적으로 복수의 안테나로부터 패킷을 일관성 있게 송신한다. 공간 코딩은 블랙 스팟(예를 들어, 상쇄 간섭이 신호를 소멸시키는 위치)을 극복하기 위해 적용될 수 있다. 다양한 OFDM 경우에, CDD(Cyclic Delay Diversity)는 복수의 안테나(135)로부터 동일한 신호의 상이한 버전을 송신하는데 사용될 수 있다. CDD는 일반적으로 다중 안테나 송신 방식에 적용된다. 리시버(128, 130) 각각에서 수신된 (예를 들어, 리시버(122, 124, 126)로부터 수신된) 중첩 신호는 상이한 방식으로 시간 추정에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, LTF의 자기 상관 기능은 안테나 요소(142)당 하나의 동일한 높이의 피크를 포함한다. 피크 사이의 시간 차이는 WiFi 기반 신호(예를 들어, 비콘 또는 패킷)를 송신하는 2개의 안테나(135)의 경우 CDD에 적용된 지연(예를 들어, 4개의 50 nsec 샘플)에 해당한다. 트랜스미터(122, 124, 126)는 또한 단일 안테나(135)를 통해 패킷(예를 들어, WiFi 비콘)을 송신할 수 있는 것으로 또한 인식된다. 아무 트랜스미터(122, 124, 126)도 단일 안테나(135)를 통해 데이터의 패킷을 송신하지 않으면, CDD가 적용되지 않을 수 있다.

[0100] **대략적인 도착 시간 추정**

[0101] 트랜스미터(124, 126)로부터 수신된 다양한 신호의 도착 시간을 결정하기 위해, 리시버(128, 130)는 일반적으로 신호(또는 패킷)의 최종 도착 시간을 확인하기 위해 서로 다른 검출 단계를 거친다. 제1 단계에서, 리시버(128, 130) 각각은 LTF 심볼과 자기 상관의 분산 피크를 분석함으로써 대략적인 도달 시간 추정을 수행한다. 예를 들어, 자기 상관의 특정 피크는 일반적으로 미리 결정된 시간 간격으로 서로 떨어져 있으며, 추가로 이러한 미리 결정된 시간 간격에서 피크의 진폭은 일반적으로 LTF 자체와의 알려진 자기 상관의 엔벨로프에 대응된다. 시간

의 여러 피크 형태로 모호성을 만드는 다음의 세 가지 요소가 있을 수 있다.

- [0102] (a) 표준화된 LTF의 선형 자기 상관은 이상적이지 않을 수 있다. 이상적인 함수는 Kronecker Delta일 수 있다. 일반적으로 로우 사이드 로브는 이전과 이후에 가산의 0으로 채워진 단일 LTF에 의해 생성될 수 있다;
- [0103] (b) 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 송신된 신호의 LTF는 (예를 들어, WiFi 프로토콜(또는 예를 들어 IEEE802.11)에 따라) 반복적으로 송신되어, 동일한 가장 강한 상관 관계의 2개의 피크와 약한 상관 관계의 일부 피크를 생성하는데, 예를 들어 IEEE802.11의 경우에 설명된 대로 64개 샘플이 떨어져 있다; 그리고
- [0104] (c) 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 송신된 인코딩된 신호는 각 트랜스미터(122, 124, 126)에 대한 2개의 안테나 레거시 모드 경우가 일반적으로 다중 안테나 송신에 고유한 경우에 도 8(요소 350 참조)에 도시된 바와 같이 예를 들어 200 nsec(4 \* 50 nsec 샘플)의 음의 오프셋에서 결과적인 피크 복제를 제공하는 인위적인 음의 지연을 생성할 수 있다.
- [0105] 일반적으로, 각각의 리시버(128, 130)는 미리 결정된 기간 동안 미리 결정된 시간 간격 내에서 N개의 가장 강한 (예를 들어, N = 4) 자기 상관 피크를 추출하도록 구성된다. 이는 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 송신되는 WiFi 기반 신호의 STF(Short Training Field) 패턴(360)의 검출된 시간에서 시작할 수 있다. 도 9는 일반적으로 일 실시예에 따라 제1 위상 검출(예를 들어, 대략적인 검출)을 수행하는 것과 관련된 적어도 하나의 양상을 도시한다. 도 9는 트랜스미터(122, 124)의 단일 안테나로부터 송신된 신호에 대한 STF 패턴을 도시한다. 도 6은 일반적으로 신호를 분리하기 위해 적용되는 대응되는 CDD(예를 들어, 다시, 요소(350) 참조) 및 대응되는 트랜스미터(122 또는 124)에 대한 2개의 안테나(135)로부터의 2개의 송신된 신호를 도시한다.
- [0106] 랜스미터(122, 124, 126) 각각에 대한 2개의 안테나(135) 구성을 사용하는 레거시 LTF WiFi 기반 신호의 원하는 피크 패턴은 예를 들어 임의의 T에 대해 T+0, T+4, T+64 또는 T+68의 미리 결정된 시간만큼 서로 분리되는 가장 강한 피크를 포함하도록 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 들어오는 신호에 대한 각 LTF 심볼을 포함한다. 도 8을 다시 참조하면, T+4 및 T+68의 미리 결정된 피크(또는 미리 결정된 시간 간격)는 다중 안테나 송신 방식(예를 들어, 단일 트랜스미터(122, 124)에 대한 2개의 안테나(135)의 활용)에 특정될 수 있다. 일반적으로 설명된 리시버(128, 130)는 추가된 채널 효과(또는 특정 트랜스미터(122, 124, 126)에 대한 2개의 안테나(135)가 활용되기 때문에 추가 안테나 영향)에 대한 임의의 가정하에 T를 추출할 수 있다. 예를 들어, 가산 노이즈는 실제 피크보다 더 강해져(예를 들어, 임계값이 없고 피크가 정렬되며 N개의 가장 강한 피크(예를 들어, N = 4)가 선택된다), 따라서 도 9에서 394로 나타난 바와 같이 노이즈가 없는 패턴과 다소 다른 패턴을 생성한다. 일례로, 2개의 가장 강한 피크는 T+0, T+4, T+50 및/또는 T+68 중 임의의 하나 이상의 미리 결정된 시간 간격만큼 분리될 수 있다(예를 들어, 64는 충분히 강하지 않고 50은 신호와 관련이 없으며 단순한 추가 노이즈이다). 다른 예에서, 2개의 네 가장 강한 피크는 T+4, T+30, T+64 및 T+68 중 임의의 하나 이상의 또 다른 미리 결정된 시간 간격으로 분리될 수 있다(예를 들어, T+0은 충분히 강하고 T+30은 단순한 가산 노이즈이다). 도 8 및 도 9 각각은 일반적으로 하나의 송신 안테나만 사용되고 노이즈가 존재하지 않는 경우 T+64(또는 64 샘플)의 미리 결정된 시간 간격으로 2개의 가장 강한 피크가 서로 분리되는 것을 예시한다. 따라서, 리시버(128, 130)는 이러한 피크들 사이의 미리 결정된 시간 간격에 기초하여 추가 검사를 위한 관심 피크로서 이러한 가장 강한 피크를 선택한다. 2개의 송신 안테나의 경우에, 리시버(128, 130)는 예를 들어 가장 강한 4개의 수신된 피크 중 하나는 노이즈일 수 있고 4개의 송신된 피크 중 다른 하나는 존재하지 않는다고 가정할 수 있다(4개의 가장 강한 피크 사이가 아니다). 각각의 트랜스미터(122, 124, 126)가 트랜스미터(122, 124, 126)당 2개의 안테나(135)를 통해 신호를 송신하기 때문에 4개의 송신된 피크가 참조된다. 도 8은 일반적으로 CDD를 갖는 주어진 트랜스미터(122, 124, 126)의 2개의 안테나(125) 구현을 도시하고 도 9는 일반적으로 주어진 트랜스미터(122, 124, 126)의 단일 안테나(135) 구현을 예시한다. 도 9의 구현은 단지 예시 목적으로 제공된다. 위의 내용은 위의 에폭(epoch)(도착 시간) "T"에 대한 대략적인 추정치를 제공한다.
- [0107] **정확한 도착 시간 추정(분산)**
- [0108] 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 수신된 다양한 신호의 도착 시간을 결정하기 위해, 리시버(128, 130)는 일반적으로 신호(또는 패킷)의 최종(또는 정밀하거나 정확한) 도착 시간을 확인하기 위해 서로 다른 검출 단계를 거친다. 위에서 언급한 바와 같이, 리시버(128, 130) 각각은 대략적인 시간 검출 방식을 수행할 수 있다. 각각의 리시버(128, 130)는 또한 대략적인 시간 검출 방식이 수행된 후에 들어오는 신호의 정확한 시간 검출 방식을 수행할 수도 있다. 정확한 도달 시간 감지 방식으로, 전체 해상도 증가는 예를 들어 최대 2배까지 발생할 수 있으며 보간법에 의해 달성될 수 있다. 보간은 sinc()의 샘플과 함께 컨볼루션을 사용할 수 있으며(예를 들어, 또는 대안적으로 샘플의 FFT를 0으로 채우는 것에 의해) 복잡한 엔벨로프의 피크 선택이 뒤따른다. 예를 들어, 32x

의 보간은 약 58 cm의 해상도를 초래할 수 있다. 이러한 방법은 본질적으로 분산적일 수 있는 것으로, 예를 들어 데이터 길이를 4배로 채우면 해상도가 최대 4배 향상될 수 있다. 복잡성은 다음과 같이 증가할 수 있다(예에서  $n = 4$ ).

[0109]  $\frac{1}{2}n \log(n)$  (식 12)

[0110] 채널 지연 확산이  $4 \times 50 = 200$  n초(약 67미터)보다 작은 한, 두 CDD 피크는 겹치지 않는다. 단일 트랜스미터 디텍터 구현(예를 들어, 리시버(128 또는 130) 중 하나)은  $S_{LTF}^*(t)$ 와 상관되는데, \*는 복소수 켈레를 나타낸다. 2 트랜스미터 디텍터(예를 들어, 리시버(128 또는 130))는 다음과 상관된다.

[0111]  $s_{LTF}^*(t) + s_{LTF}^*(t + T_{CDD})$  (식 13)

[0112] 여기서 \*는 복소수 켈레를 나타낸다. 대안적으로, 단일 트랜스미터 요소(예를 들어, 리시버(122, 124, 또는 126))에 대한 상관자가 적용될 수 있는데, 뒤이어  $(-100, 50) \left( -\infty, \frac{T_{CDD}}{2} - T_{GI} \right)$ 의 타임 윈도우  $\left( \frac{T_{CDD}}{2} + T_{GI}, \infty \right)$ 의 다른 타임 윈도우가 있으며 여기서 가드 간격은 예를 들어  $\frac{T_{CDD}}{8}$ 로 설정될 수 있고, 그 다음으로 추정치에 대해 평균화하며, 여기서  $T_{CDD}$ 는 안테나(135) 사이에 도입된 알려진 지연이다. 예를 들어, 2 안테나 기반 레거시 모드에서, 지연은  $4 \times 50 \text{ nsec} = 200 \text{ nsec}$ 이고  $T_{GI}$ 는 위에서 언급한 바와 같은 윈도우 크기의 선택에 사용되는 바와 같은 하나의 안테나(135)에서 다른 안테나(135)로의 사이의 스푼오버를 방지하기 위해 정의되는 시간 양이다.

[0113] 일반적으로, 샘플 215에서 대략적인 피크가 발견되면, 8개의 샘플을 포함하는 구간  $[212, 213, \dots, 219]$ 는  $\frac{50 \text{ nsec}}{32} = 1.5625 \text{ nsec}$ 로 이격된 시간에서  $8 \times 32 = 256$  지점으로 32로 보간될 수 있다. 엔벨로프의 피크는 고정된 도착 시간 추정일 수 있다. 예를 들어, 피크는 256 중 143번째 샘플에 있다. 이는  $\left( 215 + \frac{143-212}{32} \right) \times 50 = 10,773.4375 \text{ ns}$ 의 도착 시간으로 변환된다. 위 공식은 다음에서 비롯된다. 예를 들어, 시간은 각각 1/32 샘플의 256 간격으로 분할되며, 212 내지 219의 총 8 샘플이 있다. 고해상도 추정치는 0 내지 255의 간격의 시작에서부터 1/32 샘플 수를 제공한다. 143번째 샘플에 대한 위의 예에서, 나노초에서 시간 추정치는 대략적인 추정치(예를 들어, 215) 더하기 샘플 수 \* 50 nsec으로부터 변환된 분수  $\frac{143-212}{32}$ (위 참조)이다. 이에 비해, 이 예의 대략적인 추정치는  $215 \times 50 = 10,750.0000 \text{ ns}$ 이다. 본 예에서, 대략적인 추정치와 정밀한 추정치의 차이는 13.59 미터(위에서 설명한 대로 나노초당 58 cm)의 변위로 해석한다.

[0114] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 도착 시간의 대략적인 결정(예를 들어, 동작 502 내지 514 참조) 및 도착 시간의 정밀한 결정(예를 들어, 동작 514 내지 520 참조)을 수행하기 위한 방법(500)을 도시한다.

[0115] 동작 502에서, 하나 또는 두 개의 안테나(135)를 포함하는 제1 트랜스미터(122)는 제1 트랜스미터(122)의 각각의 안테나로부터 CDD(두 개의 안테나(135)가 트랜스미터(122)에 사용되는 경우)와 함께 재발생(또는 반복)의 데이터의 패킷(예를 들어, WiFi 기반 신호)을 송신한다.

[0116] 동작(504)에서, 제1 리시버(128)는 두 세트의 WiFi 기반 신호를 수신한다(예를 들어, 이는 리시버(122)당 2개의 안테나(135)가 사용되는 경우에 그러하다). 단일 안테나(135)가 제1 트랜스미터(122)에 통합되면, 단일 WiFi 기반 신호만 수신된다.

[0117] 동작(506)에서, 제1 리시버(128)는 수신된 신호의 단일 LTF 심볼을 모니터링하고(예를 들어, 단일 안테나(135) 구현을 다시 가정함) 다중 피크(예를 들어, 4개 또는 5개의 피크)를 제공하는 수신된 단일 LTF 심볼에 대한 자기 상관의 엔벨로프(예를 들어, 실수)를 수행한다. 다시 말해서, 제1 리시버(128)는 LTF 심볼의 가장 강한 4개의 피크에 대응되는 엔벨로프 자기 상관을 결정한다.

[0118] 동작(508)에서, 제1 리시버(128)는 예상되는 피크 패턴 또는 둘 다를 제공하기 위해 이전 동작으로부터 4개의 가장 강한 자기 상관 엔벨로프 피크의 추출된 피크 패턴을 매칭한다. 노이즈가 없는 경우, 예상되는 피크 패턴의 피크 각각은 제1 트랜스미터(122)의 2개의 송신 안테나(135)에 대해 미리 결정된 시간 양(예를 들어,  $T+0$ ,  $T+4$ ,  $T+64$  또는  $T+68$ )만큼 분리될 수 있다. 4개의 가장 강한 자기 상관 피크 중에서, 그러한 피크 중 하나는 오류가 있을 수 있고(송신된 신호와 관련이 없음) 다른 하나는 완전히 누락될 수 있다(예를 들어, 4개의 가장 강한 피크 목록에서 제외됨).

- [0119] 동작(510)에서, 제1 리시버(128)는 예상 피크 패턴 내의 임의의 누락된 피크 또는 예상 피크 패턴의 이상값 피크(또는 둘 다)에 관한 이상을 정정한다. 제1 리시버(128)는 계산된 피크 패턴을 설정하기 위해 미리 정해진 시간 간격 동안 시간 'T'를 결정한다. 예를 들어, 제1 리시버(128)가 T가 70에 대응되는 것으로 결정한다고 가정하면, 계산된 피크 패턴은 (70, 74, 134, 138)이다. 이는 일반적으로 노이즈 없는 피크 패턴에 해당한다. 그러나, 위에서 언급한 바와 같이, 더 가능성이 높은 측정된 피크 패턴은 예를 들어, 오류 값(예를 들어, 하나의 피크가 오류가 있을 수 있음) 및 누락된 값(예를 들어, 하나의 피크가 검출된 LTF 심볼에서 누락될 수 있음)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 예상되는 피크 패턴은 (70, 90(잘못된 값), 134, 138)일 수 있다. 제1 리시버(128)는 누락된 피크를 채우고 수신된 피크 패턴으로부터 잘못된 피크를 폐기하고 보강된 피크 패턴(또는 계산된 피크 패턴)으로서 (70, 74, 134, 138)을 제공할 수 있다. 제1 리시버(128)는 피크 T+64 = 134를 개략적인 피크로 선택할 수 있다. 다시 말하지만, 피크(134)는 오류가 있거나 누락된 피크가 아니므로, 이러한 피크는 추가 검사 및 추가 분석 수행에 적합하다. 반면에, 위의 예에서는 T+4 = 74가 누락되어(즉, 팬텀(phantom)) 위치를 찾는 데 더 이상 사용될 수 없다.
- [0120] 동작(512)에서, 제1 리시버(128)는 하나 이상의 관심 피크를 제공하기 위해 계산된 피크 패턴에 존재하는 하나 이상의 가장 강한 피크를 선택한다. 예상 피크 패턴이 동작(510)에서 언급된 바와 같이 (70, 74, 134, 138)이라고 가정하면, 제1 리시버(128)는 대략적인 판단을 수행한 결과 관심 피크로서 134의 피크를 선택한다. 이는 제1 리시버(128)는 예상되는 피크 패턴에서 식별된 바와 같이 초기에 존재하는 하나 이상의 피크만을 선택한다는 것을 말하는 것을 갖는다. 피크 134가 존재했기 때문에, 이 피크가 선택될 것이다. 또한, 제1 리시버(128)는 일반적으로 가장 강한 피크에 관심이 있다. 일반적으로, 70, 74, 134, 138의 피크 패턴은 동일한 강도를 가질 수 있으며 이들 이전에 수신된 것들은 약한 것으로 간주될 수 있다(예를 들어, 도 9 및 394의 왼쪽에 있는 피크 참조). 피크 패턴(70, 74, 134, 138)은 LTF가 2.5회 반복되기 때문에, LTF의 절반의 결과로 노이즈가 없는 동일한 강도를 갖는 것으로 간주될 수 있다. 위와 같이 인식된 패턴은 약한 피크가 더 빨리 도착한다는 사실을 무시하고, 가장 강한 N개의 피크를 선택한다. 가장 강한 피크 중 하나 이상은 일반적으로 나중에 발생한다. 제공된 예에 예시된 바와 같이 가장 강한 피크 둘 모두가 존재하는 경우, 제1 리시버(128)는 그러한 값의 평균 타이밍 추정을 취할 수 있다. 다시 말하지만, 제1 리시버(128)는 오류가 있거나 누락된 것으로 결정된 피크를 취하지 않을 것인데, 이는 이것이 외부 추정으로 이어질 것이기 때문이다.
- [0121] 정밀한 도착 추정은 동작(514)에서 시작된다. 동작(514)에서, 제1 리시버(128)는 관심 피크 전후의 값을 포함하는 피크 샘플의 미리 결정된 간격을 선택한다. 관심 피크의 경우(예를 들어, 134), 제1 리시버(128)는 정밀 추정 처리를 위해 총 64개의 LTF 샘플(사전 자기 상관)에 대해 [131-138]의 간격을 선택한다.
- [0122] 동작(516)에서, 제1 리시버(128)는 피크 샘플들의 미리 결정된 구간에 보간(예를 들어, 고속 푸리에 변환(FFT) 기반 보간 적용)을 수행한다. 이 경우, 제1 리시버(128)는 FFT, 주파수의 제로 패드(예를 들어, (16-1)\*64 = 960 제로), 예를 들어 16배 보간을 수행하고, 16\*64 = 1024개의 복합적인 샘플 시간을 생성하는 역 고속 푸리에 변환(IFFT)을 수행한다. 1024개 샘플의 결과 LTF 보간은 16배 데시메이트된 새로운(합성) LTF 신호, LTF<sub>x16</sub>, 64\*16 샘플 길이와 상관되어, LTF 자기 상관 신호의 높은 분해능, 예에서 샘플당 50/16 = 3.125 ns를 제공한다. LTF<sub>x16</sub>(16\*k = LTF(k), k = 0, 1, 2, ..., 아니면 제로. 일반적으로, 보간이 더 높을수록 해상도가 향상되어 복잡성의 비용이 추가된다. 해상도는 일부 물리적 제한을 가질 수 있다. 응용 측면에서, 각각 47 cm 또는 23 cm에 해당하는 32 또는 64의 보간을 목표로 하는 것이 바람직할 수 있다. 일반적으로, 1나노초는 30 cm에 해당한다.
- [0123] 동작(520)에서, 제1 리시버(128)는 복소수의 엔벨로프를 IFFT에 의해 출력된 것으로 취하여 실수 엔벨로프 수를 획득한다. 이러한 출력은 2개의 가장 높은 피크(예를 들어, 대략 134 또는 138)를 제공하는데, 이러한 피크는 대략적인 결정 동안 결정된 가장 강한 피크였기 때문이다. 이 경우, 제1 리시버(128)는 (IFFT를 수행하여 제공된) 128개의 샘플 중 가장 강한 피크를 취하고 그 피크 값은 134.25(예를 들어, 134 이후의 4개 샘플(예를 들어, 4/16 = 0.25))에 대응된다. 방법(500)은 샘플의 1/16의 정확도를 제공하고 이는 개선을 가져온다. 일반적으로, 샘플의 1/16의 이러한 정확도는 50/16\*0.3 m = 0.94 m에 이른다.
- [0124] **정확한 도착 예상 시간(연속)**
- [0125] 연속적인 시간 추정은 수신된 LTF의 FFT의 주파수 대 위상의 선형 성분을 추정함으로써 달성될 수 있다. 이는 일반적으로 불연속적인 대략적인 도착 시간을 구현할 필요 없이 위에서 설명된 불연속적인 정확한 도착 시간에 대한 대안적인 실시예를 제공한다. 단일 송신 안테나(135)(또는 트랜스미터(122 또는 124 또는 126))의 경우, 위상 기울기는 지연에 비례한다. FFT의 64개 빈에 걸친 2\*pi 기울기는 정확히 50 ns의 하나의 샘플에 해당한다. 각각의 트랜스미터(122, 124)에 대해 2개의 송신 안테나(135)의 경우, 신호는 더 복잡하지만 구해될 수 있다.

16개 빈마다 취한 샘플의 기울기는 지연에 동일하게 비례하므로, CDD의 영향을 제거할 수 있다. 16개의 초기 위상(또는 빈) 각각은 모두가 서로 편향되지 않을 수 있는 정확한 시간 추정을 수행하는(또는 평균적으로 16개의 추정기가 동일한 결과를 제공할 수 있는) 리시버(128, 130)의 추정기의 품질에 기여할 수 있다.

[0126] 도 11 및 12는 정확한 시간 검출 방식과 연관된 두 개의 임의의 시나리오(예를 들어, 비행 시간(TOF) 값 및 출발 방향(Direction of Departure, DOD) 각도)를 예시한다. 도 11 및 12에 예시된 과형은 모두 TOF 값 및 DOD 각도를 예시한다. 일반적으로 도 11 및 12와 관련하여 정확한 시간 검출 방식을 수행하기 전에 대략적인 검출 방식을 수행할 필요는 없으나 프레임의 시작에 대한 대략적인 추정이 여전히 요구된다. 또한, 하나의 송신 안테나와 두 개의 송신 안테나의 경우 슬로프 방식이 다르게 적용된다. 전술한 바와 같은 패턴 매칭 양상은 일반적으로 하나와 두 개의 송신 안테나 사이를 식별하는 데 동등하게 능숙하다. 일반적으로, TOF는 선형 위상의 기울기(700)에 영향을 미친다(예를 들어, 도 12의 기울기는 도 11의 기울기보다 작다). 64개 빈에 대한  $+2\pi$ 의 기울기는 하나의 50 nsec 샘플 지연과 같다. 경사(또는 기울기(700))에 무관하게 톱니 과형 이동은 출발 방향 각도의 직접적인 결과이다. 일반적으로, 도 11 및 12는 (이 예에서) 2개의 상이한 경사(또는 기울기(700))를 갖는 2개의 상이한 DOD 각도이다. DOD는 위상이 p라디안만큼 감소하는 4개의 주파수 빈(702a-702d)에 영향을 미친다. DOD는 도 11에 대한 도 12의 수평 사이클릭 시프트에 해당한다. 위상 다운스텝  $+\pi/2 \rightarrow \pi/2$ 는  $4 = 64$  빈/16 빈 샘플의 표준화된 CDD 지연을 포함하는 WiFi 패킷(또는 비콘)을 송신하는 각 트랜스미터(122 또는 124)에 대한 2개의 안테나(135) 구현의 경우에 4번 반복된다.

[0127] 도 13은 일 실시예에 따라 리시버(128, 130, 131) 중 하나 이상에서 수신된 신호의 도착 시간의 정밀한 결정을 (연속 방식으로) 추정하기 위해 보간을 수행하기 위한 방법(900)을 도시한다.

[0128] 동작(902)에서, 리시버(128, 130, 131)는 트랜스미터(122, 124, 126) 중 어느 하나 이상으로부터 수신된 WiFi 신호에서 LTF 프레임(또는 LTF 심볼)을 선택한다. FTF 심볼이 어디서 시작하는지 그리고 FTF 심볼이 어디서 끝나는지 아는 것이 바람직하다(예를 들어, IEEE 802.11을 통해 64개 샘플(또는 3.2 ps)의 지속 시간으로 정의된다).

[0129] 동작(904)에서, 리시버(128, 130, 131)는 주파수 영역에서 64개의 복합적인 빈을 제공하기 위해 64개의 샘플에 FFT를 적용한다.

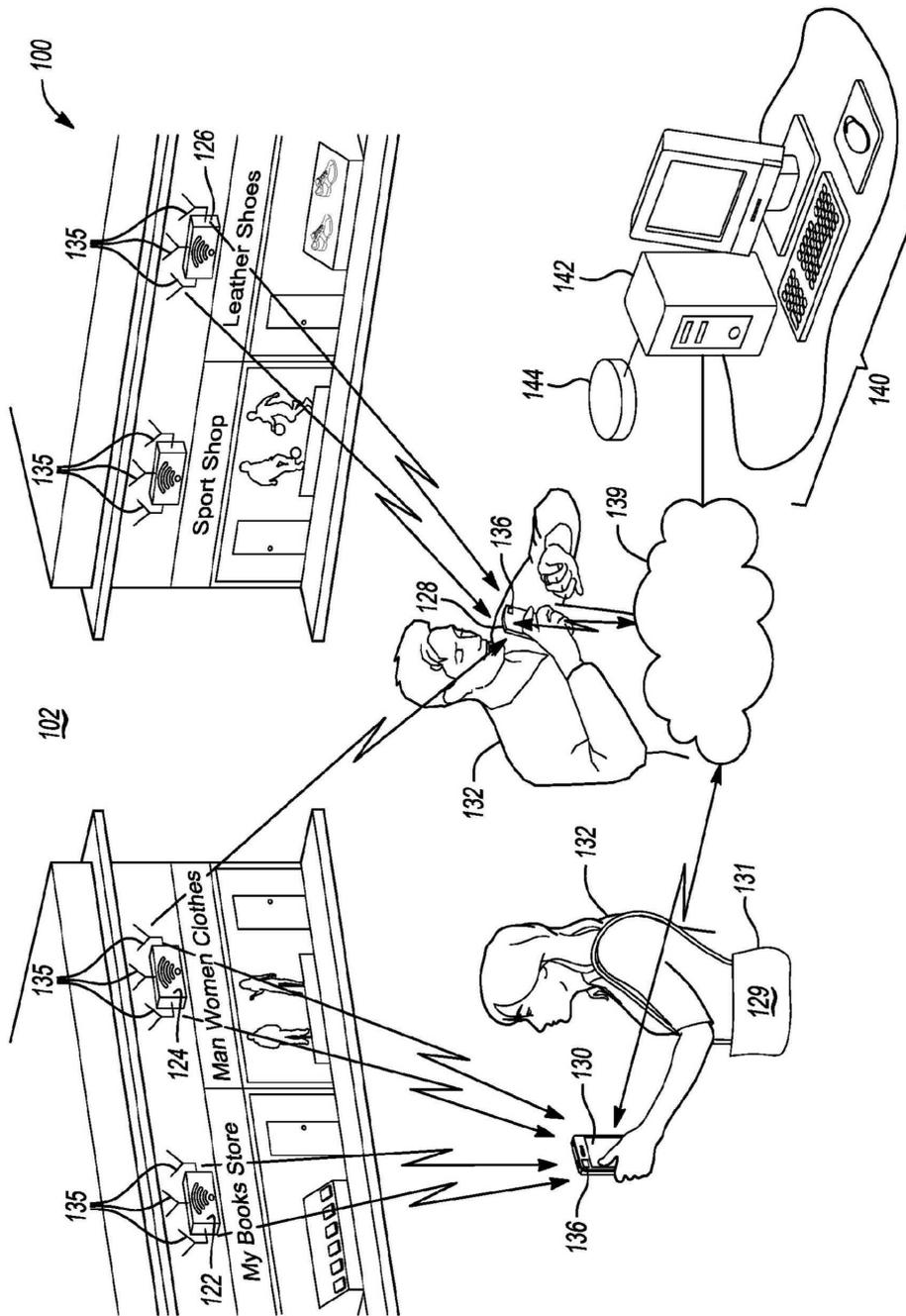
[0130] 동작(906)에서, 리시버(128, 130, 131)는 기울기(700)를 추정하기 위해 64개의 복합적인 빈의 위상의 선형 근사를 수행한다(도 11 및 12 참조). 도 11 및 12를 다시 참조하면, 기울기(700)는 FFT 수행에 응답하여 얻어진 결과의 64개 샘플(예를 들어, 0 내지 63)을 고려하는 것으로 도시된다. 기울기(700)는 로컬 클럭에 대한 고분해능 도착 시간 추정에 대응된다.

[0131] 특히, 기울기(700)는 트랜스미터(122, 124, 126)로부터 WiFi 기반 신호를 수신할 때 리시버(128, 130, 131)에 대한 지연에 비례한다. 일반적으로, 기울기(700)는 수신된 FTF 심볼의 톱니 패턴에 추가된 결과 위상을 나타낸다. 리시버(128, 130, 131)는 FTF 심볼을 샘플링하고 FFT를 계산하여 2개의 송신 안테나의 경우에도 도 11 및 12에 도시된 바와 같이 경사진 톱니 패턴을 얻는다. 거기서, 리시버(128, 130, 131)는 임의의 초기 빈에서 16의 데시메이션에 의해 기울기(700)를 추정한다. 톱니 패턴에 대한 3개의 알려지지 않은 다음의 파라미터가 있다. 제1 위상 단계가 발생하는 빈, 톱니 과형이 제거된 후 위상의 경사 및 오프셋. 빈의 데시메이션(예를 들어, 빈 1, 17, 33 및 49를 취함)은 톱니를 제거한다. 가장 적합한 선의 위치 지정(예를 들어, 최소 자승법을 사용함)은 선의 오프셋과 선의 기울기가 도출할 수 있다. 오프셋은 무시될 수 있으며 기울기는  $(64/2\pi)*50$  ns만큼 빈 기울기당 라디안을 곱하여 로컬 클럭에 상대적인 지연으로 변환된다. 다시 말하지만, 기울기(700)는 리시버(128, 130, 131)가 로컬 클럭을 사용하여 WiFi 기반 신호를 수신하는 시간에 대한 지연을 제공한다.

[0132] 예시적인 실시예가 위에서 설명되었지만, 이들 실시예가 본 발명의 모든 가능한 형태를 설명하는 것은 아니다. 오히려, 명세서에 사용된 단어는 한정어라 아니라 설명의 단어이며, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양한 변경이 이루어질 수 있음을 이해해야 한다. 추가적으로, 다양한 구현 실시예의 특징은 본 발명의 추가 실시예를 형성하기 위해 결합될 수 있다.

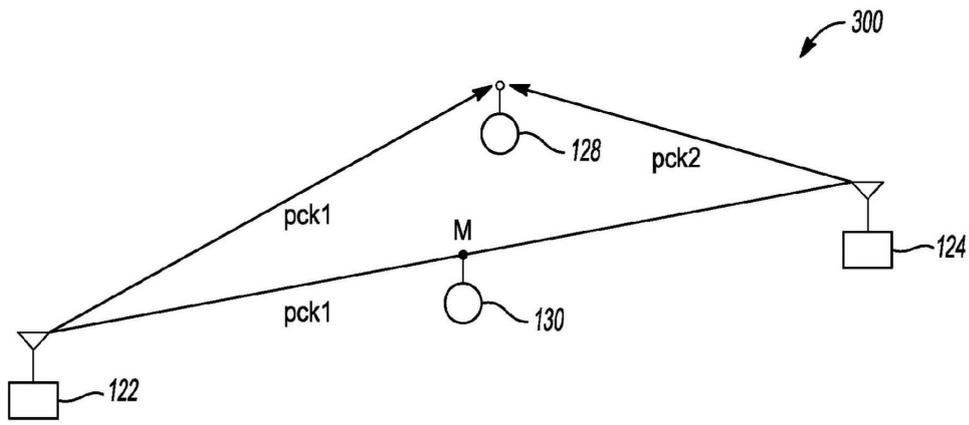
도면

도면1

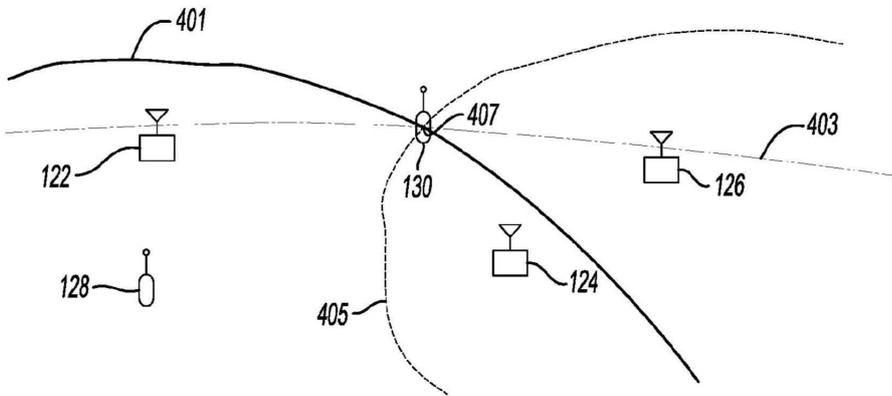




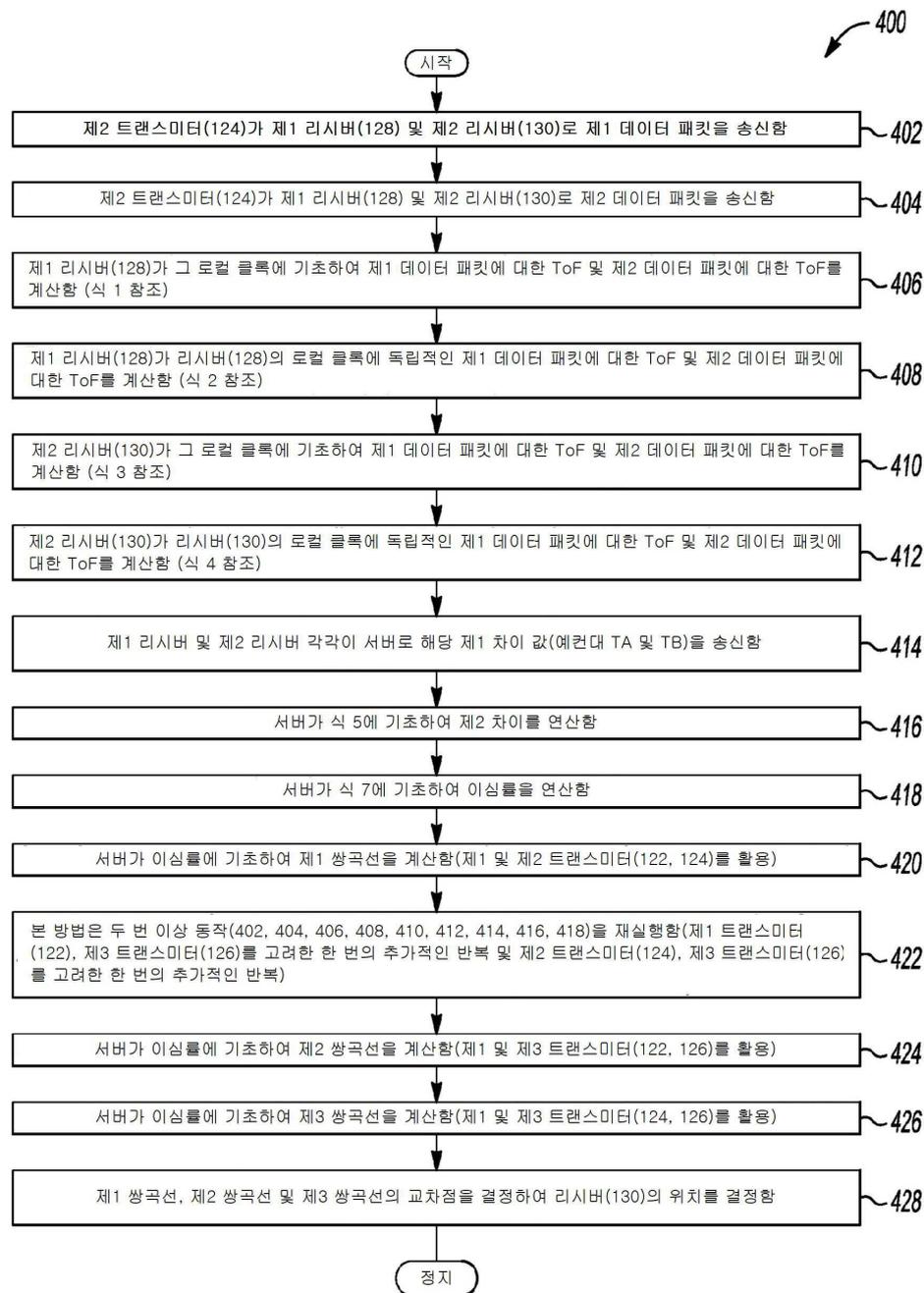
도면4



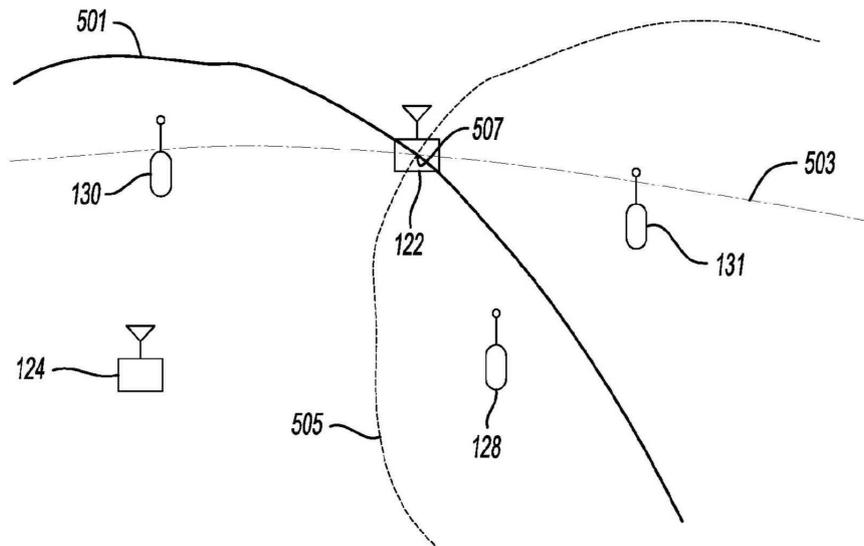
도면5



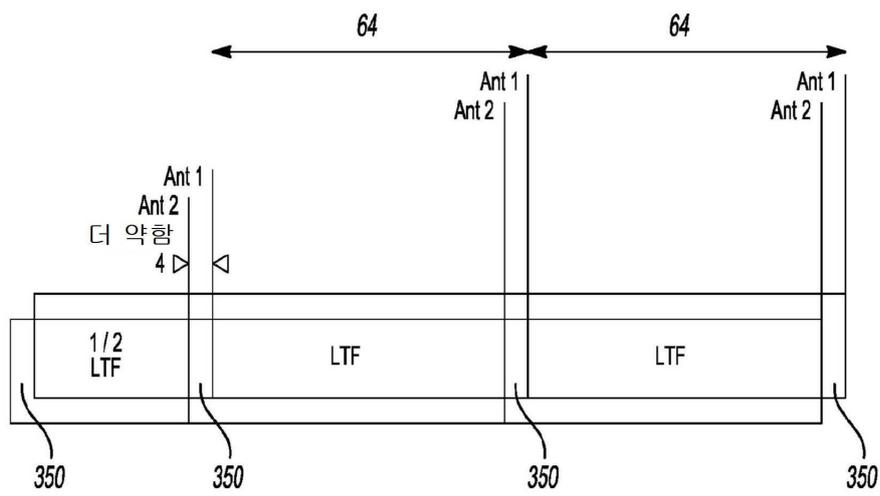
도면6



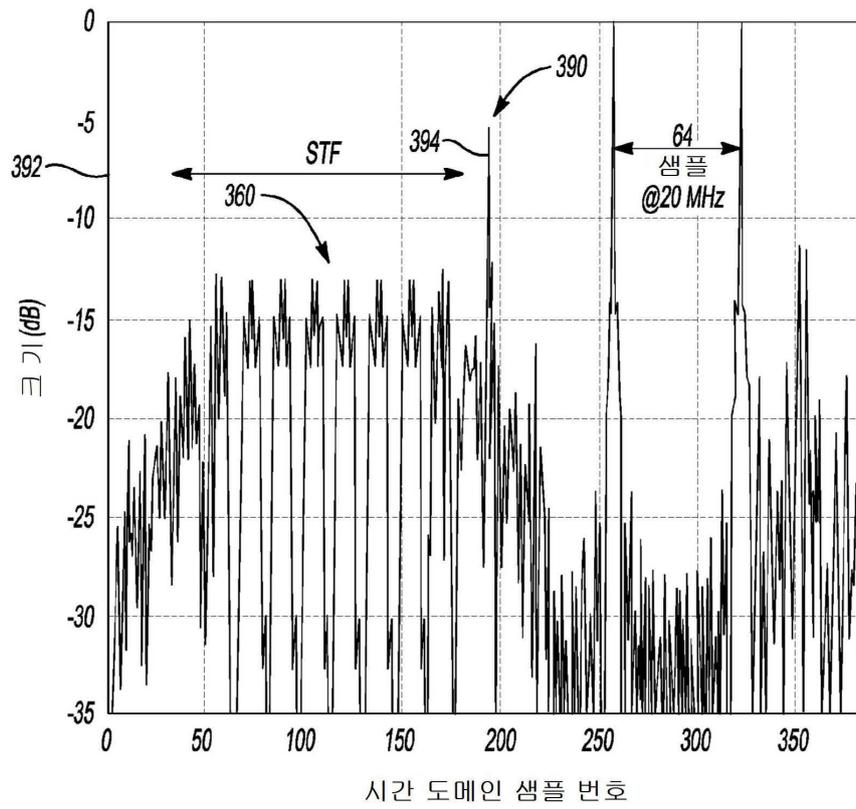
도면7



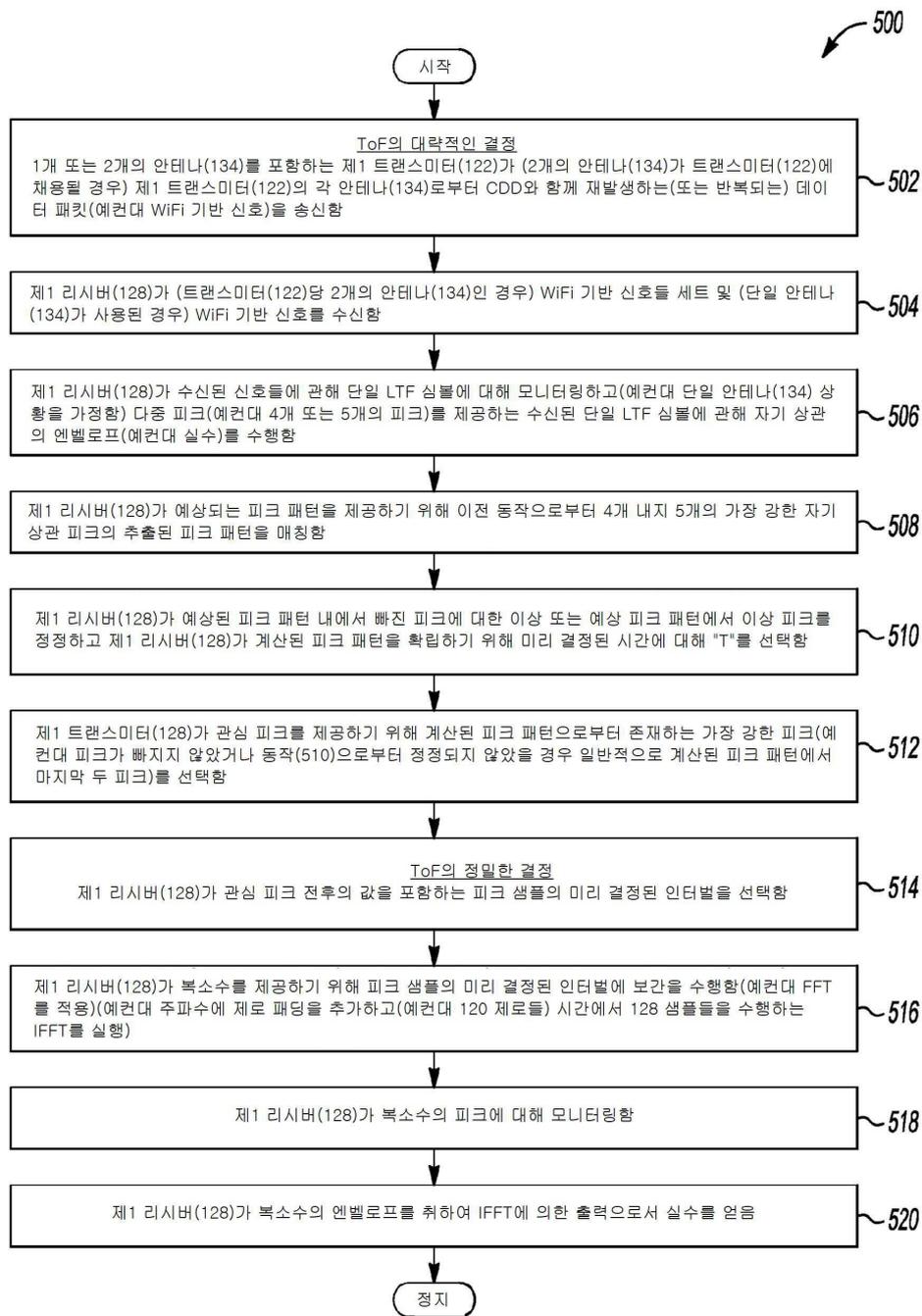
도면8



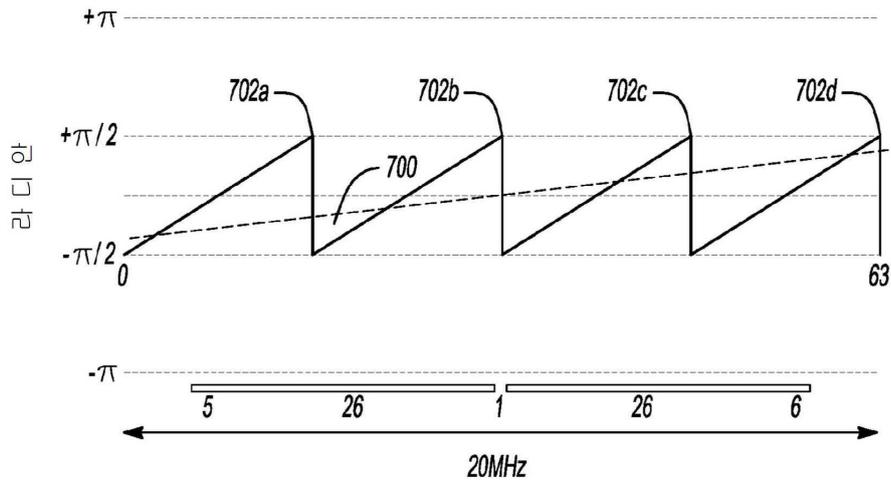
도면9



도면10



도면11



도면12

