

분적으로 기초하여 결정된다. 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치가 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 계산될 수 있다. 무선 네트워크 디바이스의 위치가 계산된 초기 위치, 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각에 대한 거리, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 추정될 수 있다.

명세서

청구범위

청구항 1

방법으로서,

제 1 무선 디바이스에서, 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각과 연관된 라운드 트립 주행 시간(RTT)을 결정하는 단계 — 각각의 RTT는 상기 제 1 무선 디바이스와 각각의 레퍼런스 디바이스 사이의 거리 및 알려지지 않은 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초함 —;

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 포지션을 결정하는 단계; 및

상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각 사이의 RTT, 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 포지션, 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션, 및 초기 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초하여 추정된 거리 교정 값과 상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션을 추정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하는 단계는 상기 추정된 거리 교정 값을 공동으로(jointly) 결정하기 위한 동작들의 세트를 사용하여 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 현재 포지션을 결정하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하는 단계는 위치 에러 및 거리 교정 에러를 동시에 결정하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 추정된 거리 교정 값은 상기 초기 거리 교정 값 및 상기 거리 교정 에러의 합을 포함하고 그리고 상기 현재 포지션은 상기 위치 에러 및 상기 초기 포지션의 합을 포함하는,

방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하는 단계는,

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각과 연관된 RTT, 상기 초기 포지션, 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션, 및 상기 초기 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초하여 도달 시간(TOA) 포지셔닝 동작들을 실행하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 TOA 포지셔닝 동작들을 실행하는 단계는,

위치 에러 매트릭스를 결정하는 단계 — 상기 위치 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 상기 제 1 무선 디바이스의 추정된 위치 좌표와 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초기 위치선의 대응하는 초기 위치 좌표 사이의 차이를 나타냄 —;

거리 에러 매트릭스를 결정하는 단계 — 상기 거리 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 하나의 레퍼런스 디바이스 사이의 측정된 거리와, 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 상기 하나의 레퍼런스 디바이스 사이의 추정된 거리 사이의 차이를 나타내고, 상기 측정된 거리는 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 상기 하나의 레퍼런스 디바이스 사이의 RTT에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되고, 상기 추정된 거리는 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 상기 하나의 레퍼런스 디바이스와 연관된 알려진 위치선과 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 위치선에 적어도 부분적으로 기초하여 결정됨 —;

상기 거리 에러 매트릭스와 상기 위치 에러 매트릭스의 전치(transpose)의 역의 곱(product)으로서 계수 매트릭스를 결정하는 단계; 및

상기 계수 매트릭스와 상기 계수 매트릭스의 전치의 곱의 행렬식(determinant)을 최대화하는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초기 위치선을 결정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 TOA 포지셔닝 동작들은,

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각에 대한 추정 에러들 — 상기 추정 에러는 A) i번째 레퍼런스 디바이스와 연관된 i번째 RTT에 기초한 상기 i번째 레퍼런스 디바이스에 대한 추정된 거리와 B) 상기 i번째 레퍼런스 디바이스와 연관된 알려진 위치선에 기초한 상기 i번째 레퍼런스 디바이스에 대한 추정된 거리 사이의 추정 에러임 — 의 합을 최소화하는 현재 위치선을 결정하기 위한 표현식을 푸는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 추정된 거리 교정 값은 하나의 레퍼런스 디바이스로부터 다른 레퍼런스 디바이스로 상이하지 않은,

방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 초기 거리 교정 값은 제로 값, 미리 결정된 값, 및 동적으로 선택된 랜덤 값 중 하나인,

방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초기 위치선을 결정하는 단계는,

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들과 연관된 위치 좌표들의 가중 평균으로서 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초

기 포지션을 결정하는 단계를 포함하는,
방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 가중 평균에 사용되는 가중들은 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들과 연관된 신뢰도(confidence)를 기초로 하는,
방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들과 연관된 하나 또는 그 초과 성능 측정치들에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들을 식별하는 단계를 더 포함하는,
방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 무선 디바이스 및 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들은 무선 로컬 영역 네트워크(WLAN) 통신 능력들을 포함하는,
방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 무선 디바이스에서, 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각 사이의 상기 RTT를 결정하는 단계를 더 포함하는,
방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,
상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각 사이의 상기 RTT를 결정하는 단계는, 각각의 개별 레퍼런스 디바이스에 대해,
제 1 제어 메시지가 상기 제 1 무선 디바이스로부터 상기 각각의 레퍼런스 디바이스로 송신되는 제 1 시간 인스턴트를 기록하는 단계;
제 2 제어 메시지가 상기 제 1 제어 메시지에 응답하여 상기 각각의 레퍼런스 디바이스로부터 상기 제 1 무선 디바이스에서 수신되는 제 2 시간 인스턴트를 기록하는 단계;
상기 제 1 무선 디바이스와 상기 각각의 레퍼런스 디바이스 사이의 각각의 RTT를 결정하기 위해 상기 제 1 시간 인스턴트를 상기 제 2 시간 인스턴트로부터 감산하는 단계; 및
상기 제 1 무선 디바이스와 상기 각각의 레퍼런스 디바이스 사이의 거리를 산출하기 위해 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 각각의 레퍼런스 디바이스 사이의 각각의 RTT를 광속 팩터로 승산하는 단계
를 포함하는,
방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들을 결정하는 단계를 더 포함하는,
방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들을 결정하는 단계는,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나에 상기 위치 좌표들에 대한 요청을 송신하는 단계; 및
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나로부터 상기 위치 좌표들을 수신하는 단계
를 포함하는,
방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,
상기 위치 좌표들에 대한 요청은 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나
사이의 RTT를 결정하기 위하여 또한 사용되는 제어 메시지에 포함되는,
방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들을 결정하는 단계는,
중앙 서버로 상기 위치 좌표들에 대한 요청을 송신하는 단계; 및
상기 중앙 서버로부터 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들을 수신하는 단계
를 포함하는,
방법.

청구항 20

제 16 항에 있어서,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들을 결정하는 단계는,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나로부터 주기적 브로드캐스트 메시지들을 수신하는 단계를 포함
하고, 상기 주기적 브로드캐스트 메시지는 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 대응하는 하나의 레퍼런스 디바
이스로부터의 위치 좌표들을 포함하는,
방법.

청구항 21

제 16 항에 있어서,
상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들은 2차원(2-D) 좌표들, 3차원(3-D) 좌표
들, 지리적 위도 및 경도 좌표들, 또는 구 좌표들 중 하나를 포함하는,
방법.

청구항 22

제 1 무선 디바이스로서,

네트워크 인터페이스; 및

상기 네트워크 인터페이스와 커플링된 포지션 계산 유닛을 포함하고,

상기 포지션 계산 유닛은:

제 1 무선 디바이스에서, 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각과 연관된 라운드 트립 주행 시간(RTT)을 결정하고 — 각각의 RTT는 상기 제 1 무선 디바이스와 각각의 레퍼런스 디바이스 사이의 거리 및 알려지지 않은 거리 교정 값 사이의 차이에 적어도 부분적으로 기초함 —;

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 포지션을 결정하고; 그리고

상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각 사이의 RTT, 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 포지션, 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션, 및 초기 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초하여 추정된 거리 교정 값과 상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션을 추정하도록

구성된,

제 1 무선 디바이스.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하도록 구성된 상기 포지션 계산 유닛은,

상기 추정된 거리 교정 값을 공동으로 결정하기 위한 동작들의 세트를 사용하여 상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션을 결정하도록 구성되는 상기 포지션 계산 유닛을 포함하는,

제 1 무선 디바이스.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하도록 구성된 상기 포지션 계산 유닛은,

위치 에러 및 거리 교정 에러를 동시에 결정하도록 구성된 상기 포지션 계산 유닛을 포함하는,

제 1 무선 디바이스.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 추정된 거리 교정 값은 상기 초기 거리 교정 값 및 상기 거리 교정 에러의 합을 포함하고 그리고 상기 현재 포지션은 상기 위치 에러 및 상기 초기 포지션의 합을 포함하는,

제 1 무선 디바이스.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하도록 구성된 상기 포지션 계산 유닛은,

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각과 연관된 RTT, 상기 초기 포지션, 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션, 및 상기 초기 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초하여 도달 시간(TOA) 포지셔닝 동작들을 실행하도록 구성된 상기 포지션 계산 유닛을 포함하는,

제 1 무선 디바이스.

청구항 27

제 22 항에 있어서,

상기 포지션 계산 유닛은,

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 위치 좌표들을 결정하도록 구성된,

제 1 무선 디바이스.

청구항 28

하나 또는 그 초과 프로세서들에 의해 실행될 때, 상기 하나 또는 그 초과 프로세서들로 하여금 동작들을 수행하게 하는 명령들이 저장된 머신 판독가능 저장 매체로서,

상기 동작들은,

제 1 무선 디바이스에서, 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각과 연관된 라운드 트립 주행 시간(RTT)을 결정하는 동작 — 각각의 RTT는 상기 제 1 무선 디바이스와 각각의 레퍼런스 디바이스 사이의 거리 및 알려지지 않은 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초함 —;

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 포지션을 결정하는 동작; 및

상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각 사이의 RTT, 상기 제 1 무선 디바이스의 초기 포지션, 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 알려진 포지션, 및 초기 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초하여 추정된 거리 교정 값 및 상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션을 추정하는 동작을 포함하는,

머신 판독가능 저장 매체.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

하나 또는 그 초과 프로세서들에 의해 실행될 때, 상기 하나 또는 그 초과 프로세서들로 하여금 상기 제 1 무선 디바이스의 현재 포지션과 상기 추정된 거리 교정 값을 추정하는 동작을 수행하게 하는 상기 머신 판독 가능 매체에 저장된 명령들은,

상기 하나 또는 그 초과 프로세서들로 하여금,

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 각각과 연관된 RTT, 상기 초기 포지션, 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 적어도 하나와 연관된 상기 알려진 포지션, 및 상기 초기 거리 교정 값에 적어도 부분적으로 기초하여 도달 시간(TOA) 포지셔닝 동작들을 실행하는 것을 포함하는 동작들을 수행하게 하기 위한 명령들을 포함하는,

머신 판독가능 저장 매체.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

하나 또는 그 초과 프로세서들에 의해 실행될 때, 상기 하나 또는 그 초과 프로세서들로 하여금 상기 TOA 포지셔닝 동작들을 실행하는 동작을 수행하게 하는 상기 머신 판독 가능 매체에 저장된 명령들은,

상기 하나 또는 그 초과 프로세서들로 하여금,

위치 에러 매트릭스를 결정하는 동작 — 상기 위치 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 상기 제 1 무선 디바이스의 추정된 위치 좌표와 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초기 위치의 대응하는 초기 위치 좌표 사이의 차이를 나타냄 —;

거리 에러 매트릭스를 결정하는 동작 — 상기 거리 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 상기 제 1 무선 디바이스와

상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 하나의 레퍼런스 디바이스 사이의 측정된 거리와, 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 상기 하나의 레퍼런스 디바이스 사이의 추정된 거리 사이의 차이를 나타내고, 상기 측정된 거리는 상기 제 1 무선 디바이스와 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 상기 하나의 레퍼런스 디바이스 사이의 RTT에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되고, 상기 추정된 거리는 상기 복수의 레퍼런스 디바이스들 중 상기 하나의 레퍼런스 디바이스와 연관된 알려진 포지션과 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초기 포지션에 적어도 부분적으로 기초하여 결정됨 —;

상기 거리 에러 매트릭스와 상기 위치 에러 매트릭스의 전치(transpose)의 역의 곱(product)으로서 계수 매트릭스를 결정하는 동작; 그리고

상기 계수 매트릭스와 상기 계수 매트릭스의 전치의 곱의 행렬식(determinant)을 최대화시키는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 제 1 무선 디바이스의 상기 초기 포지션을 결정하는 동작

을 포함하는 동작들을 수행하게 하는 명령들을 포함하는,

머신 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

관련 출원들

[0002]

[0001] 본 출원은 2011년 9월 19일 출원된 미국 특허 출원 제13/236,172호의 우선권의 이익을 주장한다.

[0003]

[0002] 본 발명의 청구 대상의 실시예들은 일반적으로 무선 통신의 분야에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는, 도달 시간(TOA) 기반 포지셔닝 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0004]

[0003] 무선 통신 디바이스는 알려진 위치들을 갖는 복수의 레퍼런스 무선 통신 디바이스들과의 통신에 기초하여 무선 통신 디바이스의 알려지지 않은 위치를 결정하기 위해 다양한 포지션 추정 기법들을 사용할 수 있다. 예를 들어, 무선 통신 디바이스는 무선 통신 디바이스로부터 레퍼런스 무선 통신 디바이스들로의 무선 신호들의 이동 시간을 결정함으로써 라운드 트립 시간(RTT) 기반 포지셔닝 기법들을 이용할 수 있다. 무선 통신 디바이스는 무선 신호들의 결정된 이동 시간에 기초하여 레퍼런스 무선 통신 디바이스들에 대한 거리를 결정할 수 있으며, 알려지지 않은 위치를 결정하기 위해 도달 시간(TOA) 포지셔닝 기법들을 사용할 수 있다.

발명의 내용

[0005]

[0004] 일부 구현들에서, 방법은 통신 네트워크의 무선 네트워크 디바이스에서, 통신 네트워크의 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 라운드 트립 주행 시간(transit time)을 결정하는 단계; 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 거리를 결정하는 단계; 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계; 및 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 도달 시간(TOA) 계산들을 수행하는 단계를 포함한다.

[0006]

[0005] 일부 실시예들에서, 상기 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 TOA 계산들을 수행하는 단계는 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 테일러 시리즈(Taylor series) 기반 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하는 단계를 포함한다.

[0007]

[0006] 일부 실시예들에서, 초기 거리 교정 상수는 제로 값, 미리 결정된 값, 및 동적으로 선택된 랜덤값 중 하나이다.

[0008]

[0007] 일부 실시예들에서, 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 TOA 계산들을 수행하는 단계는 상기 테

일러 시리즈(Taylor series) 기반 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하는 단계에 응답하여, 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 초기 거리 교정 상수, 및 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 거리 교정 상수를 결정하는 단계를 더 포함한다.

[0009] [0008] 일부 실시예들에서, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계는 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치의 평균으로서 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계를 포함한다.

[0010] [0009] 일부 실시예들에서, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계는 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들의 적어도 서브세트의 위치의 가중 조합으로서 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계를 포함한다.

[0011] [0010] 일부 실시예들에서, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계는: 위치 에러 매트릭스를 결정하는 단계 - 위치 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 무선 네트워크 디바이스의 추정된 위치 좌표와 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치의 대응하는 초기 위치 좌표 사이의 차이를 나타냄 -; 거리 에러 매트릭스를 결정하는 단계 - 거리 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 측정된 거리와, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 추정된 거리 사이의 차이를 나타내고, 측정된 거리는 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되고, 추정된 거리는 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나의 위치 및 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 결정됨 -; 거리 에러 매트릭스와 위치 에러 매트릭스의 전치의 역(inverse of a transpose)의 곱(product)으로서 계수 매트릭스를 결정하는 단계, 및 계수 매트릭스와 계수 매트릭스의 전치의 곱의 행렬식(determinant)을 최대화시키는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 단계를 포함한다.

[0012] [0011] 일부 실시예들에서, 방법은 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 적어도 각각과 연관된 하나 또는 그 초과와 성능 측정치들을 분석하는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들을 식별하는 단계를 더 포함한다.

[0013] [0012] 일부 실시예들에서, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 거리를 결정하는 단계는: 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 제 1 제어 메시지가 무선 네트워크 디바이스로부터 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스로 송신된 제 1 시간 인스턴트를 기록하는 단계; 제 2 제어 메시지가 제 1 제어 메시지에 응답하여 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스로부터 무선 네트워크 디바이스에 수신된 제 2 시간 인스턴트를 기록하는 단계; 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 라운드 트립 주행 시간을 결정하기 위해 제 2 시간 인스턴트로부터 제 1 시간 인스턴트를 감산하는 단계; 및 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 거리를 산출하기 위해 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 라운드 트립 주행 시간을 광속 팩터(speed of light factor)로 승산하는 단계를 더 포함한다.

[0014] [0013] 일부 실시예들에서, 무선 네트워크 디바이스 및 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들은 무선 로컬 영역 네트워크(WLAN) 통신 능력들을 포함한다.

[0015] [0014] 일부 실시예들에서, 무선 네트워크 디바이스는 네트워크 인터페이스; 및 네트워크 인터페이스와 커플링된 위치 계산 유닛을 포함하고, 위치 계산 유닛은: 통신 네트워크의 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 라운드 트립 주행 시간을 결정하고; 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 거리를 결정하고; 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하며; 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 도달 시간(TOA) 계산들을 수행하도록 동작가능하다.

- [0016] [0015] 일부 실시예들에서, 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 TOA 계산들을 수행하도록 동작가능한 위치 계산 유닛은 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하도록 동작가능한 위치 계산 유닛을 포함한다.
- [0017] [0016] 일부 실시예들에서, 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 TOA 계산들을 수행하도록 동작가능한 위치 계산 유닛은 위치 계산 유닛이 테일러 시리즈 기반 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하는 것에 응답하여, 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 초기 거리 교정 상수, 및 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 거리 교정 상수를 결정하도록 동작가능한 위치 계산 유닛을 더 포함한다.
- [0018] [0017] 일부 실시예들에서, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하도록 동작가능한 위치 계산 유닛은 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치의 평균으로서 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하거나, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들의 적어도 서브세트의 위치의 가중 조합으로서 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하도록 동작가능한 위치 계산 유닛을 포함한다.
- [0019] [0018] 일부 실시예들에서, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하도록 동작가능한 위치 계산 유닛은: 위치 에러 매트릭스를 결정하고 — 위치 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 무선 네트워크 디바이스의 추정된 위치 좌표와 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치의 대응하는 초기 위치 좌표 사이의 차이를 나타냄 —; 거리 에러 매트릭스를 결정하고 — 거리 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 측정된 거리와, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 추정된 거리 사이의 차이를 나타내고, 측정된 거리는 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되고, 추정된 거리는 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나의 위치 및 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 결정됨 —; 거리 에러 매트릭스와 위치 에러 매트릭스의 전치의 역(inverse of a transpose)의 곱(product)으로서 계수 매트릭스를 결정하며; 그리고 계수 매트릭스와 계수 매트릭스의 전치의 곱의 행렬식(determinant)을 최대화시키는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하도록 동작가능한 위치 계산 유닛을 포함한다.
- [0020] [0019] 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과 프로세서들에 의해 실행될 때 하나 또는 그 초과 프로세서들로 하여금 하기의 동작들을 실행하게 하는 명령들이 저장되어 있는 하나 또는 그 초과 머신 판독가능 저장 매체로서, 동작들은 통신 네트워크의 무선 네트워크 디바이스에서, 통신 네트워크의 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 라운드 트립 주행 시간을 결정하는 동작; 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스와 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스 사이의 거리를 결정하는 동작; 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 동작; 및 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 도달 시간(TOA) 계산들을 수행하는 동작을 포함한다.
- [0021] [0020] 일부 실시예들에서, 상기 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 TOA 계산들을 수행하는 동작은 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치, 및 초기 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하는 것을 포함한다.
- [0022] [0021] 일부 실시예들에서, 상기 무선 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 TOA 계산들을 수행하는 동작은 상기 테일러 시리즈 기반 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하는 것에 응답하여, 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치, 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리, 초기 거리 교정 상수, 및 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 거

리 교정 상수를 결정하는 것을 더 포함한다.

[0023] [0022] 일부 실시예들에서, 상기 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 동작은 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치의 평균으로서 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하거나, 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들의 적어도 서브세트의 위치의 가중 조합으로서 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 것을 포함한다.

[0024] [0023] 일부 실시예들에서, 상기 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 동작은: 위치 에러 매트릭스를 결정하는 것 - 위치 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 무선 네트워크 디바이스의 추정된 위치 좌표와 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치의 대응하는 초기 위치 좌표 사이의 차이를 나타냄 -; 거리 에러 매트릭스를 결정하는 것 - 거리 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 측정된 거리와 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 추정된 거리 사이의 차이를 나타내고, 측정된 거리는 무선 네트워크 디바이스와 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나 사이의 라운드 트립 주행 시간에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되고, 추정된 거리는 복수의 레퍼런스 무선 네트워크 디바이스들 중 하나의 위치 및 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 결정됨 -; 거리 에러 매트릭스와 위치 에러 매트릭스의 전치의 역의 곱으로서 계수 매트릭스를 결정하는 것, 및 계수 매트릭스와 계수 매트릭스의 전치의 곱의 행렬식을 최대화시키는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산하는 것을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0025] [0024] 본 실시예들이 첨부한 도면들을 참조함으로써 더욱 양호하게 이해될 수도 있고, 다수의 목적들, 특징들 및 이점들이 당업자들에게 명백해질 것이다.

[0025] 도 1은 무선 통신 네트워크에서 네트워크 디바이스의 알려지지 않은 위치를 추정하는 메커니즘을 예시하는 예시적인 블록도이다.

[0026] 도 2는 TOA 포지셔닝 메커니즘을 포함하는 위치 계산 유닛의 일 실시예의 예시적인 블록도이다.

[0027] 도 3은 TOA 포지셔닝 메커니즘의 예시적인 동작들을 예시하는 흐름도이다.

[0028] 도 4는 하이브리드 TOA 포지셔닝 메커니즘을 포함하는 위치 계산 유닛의 일 실시예의 예시적인 블록도이다.

[0029] 도 5는 하이브리드 TOA 포지셔닝 메커니즘의 예시적인 동작들을 예시하는 흐름도를 도시한다.

[0030] 도 6은 도 5의 계속이고 하이브리드 TOA 포지셔닝 메커니즘의 예시적인 동작들을 또한 예시한다.

[0031] 도 7은 무선 통신 네트워크에서 전자 디바이스의 위치를 결정하는 메커니즘을 포함하는 전자 디바이스의 일 실시예의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] [0032] 아래의 설명은 본 발명의 청구 대상의 기법들을 실시하는 예시적인 시스템들, 방법들, 기법들, 명령 시퀀스들, 및 컴퓨터 프로그램 물건들을 포함한다. 그러나, 설명한 실시예들이 이들 특정한 상세사항들없이 실시될 수도 있다는 것이 이해된다. 예를 들어, 예들은 본원에 설명한 위치 추정 기법들을 실행하는 무선 로컬 영역 네트워크(WLAN) 디바이스들(예를 들어, 802.11n 호환 디바이스들)을 참조하지만, 실시예들을 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예들에서, 다양한 다른 디바이스들 및 표준들(예를 들어, WiMAX)이 위치 추정 기법들을 실행할 수 있다. 다른 경우들에서, 널리 공지된 명령 인스턴스들, 프로토콜들, 구조들, 및 기법들은 설명을 모호하게 하지 않기 위해 상세히 나타내지 않았다.

[0027] [0033] 알려지지 않은 위치와 연관된 네트워크 디바이스("알려지지 않은 네트워크 디바이스")는 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들에 기초하여 그 위치를 결정하기 위해 TOA 기반 포지셔닝 알고리즘을 사용할 수 있다. 구현에 의존하여, TOA 포지셔닝 알고리즘은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 정확하게 알려진 거리 교정 상수를 요구하거나 요구하지 않을 수도 있다. 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 반복적으로 계산하기 위해, 입력들로서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의

임의로 선택된 초기 위치, 임의로 선택된 거리 교정 상수, 및 각 레퍼런스 네트워크 디바이스에 대한 거리 및 각 레퍼런스 네트워크 디바이스의 위치들을 통상적으로 사용한다. 통상적으로, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치는 제로(예를 들어, 여기서, X , Y , 및 Z 좌표들은 제로)이거나 랜덤하게 선택된 값이다. 마찬가지로, 초기 거리 교정 상수는 또한 통상적으로 제로이거나 랜덤하게 선택된 값이다. 그러나, 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치에 매우 민감할 수 있다. 또한, 일부 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들은 거리 교정 상수에 민감할 수도 있다. 초기 위치에 랜덤하게 선택된 값 또는 제로 값을 사용하는 것은 (예를 들어, 하나 또는 그 초과행렬식들의 값을 제로 또는 무한대에 접근하게 함으로써) 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들을 해결불가능하게 렌더링할 수 있고, 적절한 솔루션(즉, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치)에 수렴하지 않는 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들을 발생시킬 수 있다. 또한, 거리 교정 상수를 알지 못하거나 랜덤하게 선택하는 것은 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들의 불량한 성능을 발생시킬 수 있고, 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들이 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 적절한 위치에 수렴하지 않는 것을 발생시킬 수 있고, 그리고/또는 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들이 잘못된 솔루션에 수렴하는 것을 발생시킬 수 있다.

[0028]

[0034] 일부 구현들에서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 (임의로 선택되기 보다는) 계산된 초기 위치를 이용하는 제 1 TOA 포지셔닝 시스템은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치에 대한 종래의 TOA 포지셔닝 알고리즘들 중 일부의 감도를 최소화하기 위해 구현될 수 있다. 제 1 TOA 포지셔닝 시스템은 거리 교정 상수에 통상적으로 민감하지 않고 포지셔닝 계산들에 대한 임의로 선택된 거리 교정 상수를 활용할 수도 있다. 임의로 선택된 거리 교정 상수를 활용할 수 있는 제 1 TOA 포지셔닝 시스템을 "TOA1 포지셔닝 시스템"으로 본원에서 지칭한다. 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치는 레퍼런스 네트워크 디바이스들의 알려진 위치들에 적어도 부분적으로 기초하여 계산될 수 있다. TOA1 포지셔닝 시스템은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 계산된 초기 위치 및 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 대한 거리에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치 및 거리 교정 상수를 계산하기 위해 (다중 반복들보다는) 단일 반복을 실행할 수 있다. 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치를 (임의로 추측하기 보다는) 계산하는 것이 위치 감도 문제들을 완화시킬 수 있고, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 결정하는데 있어서 TOA1 포지셔닝 시스템의 수렴을 보장할 수 있으며, TOA1 포지셔닝 시스템의 성능 및 포지셔닝 정확도를 향상시킬 수 있다. 더욱이, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 단일 반복만을 실행함으로써, TOA1 포지셔닝 시스템은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 계산하기 위해 소모되는 자원들 및 시간을 최소화할 수 있다.

[0029]

[0035] 일부 구현들에서, 하이브리드 TOA 포지셔닝 시스템은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 추정하는 성능을 향상시킬 수 있다. 하이브리드 TOA 포지셔닝 시스템의 일부로서, 상술한 TOA1 포지셔닝 시스템은 (본원에서 "알려지지 않은 네트워크 디바이스의 중간 위치"로 칭하는) 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치 및 (본원에서 "중간 거리 교정 상수"로서 칭하는) 거리 교정 상수를 추정하기 위해 단일 반복을 실행할 수 있다. 그 후, (레퍼런스 네트워크 디바이스들의 위치 및 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 대한 거리에 따른) 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 중간 위치 및 중간 거리 교정 상수가 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 타겟(또는 추정) 거리 교정 상수 및 제 2 중간 위치를 계산하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 하이브리드 TOA 포지셔닝 시스템은 본원에서 "TOA2 포지셔닝 시스템"으로 칭하는 제 2 TOA 포지셔닝 시스템을 또한 포함할 수 있다. 제 2 TOA 포지셔닝 시스템은 거리 교정 상수에 통상적으로 민감하고 포지셔닝 계산들에 대해 임의로 선택된 거리 교정 상수를 활용하지 않을 수도 있다. 대신에, TOA2 포지셔닝 시스템은 후술하는 바와 같이, 포지셔닝 계산들을 위해 TOA1 포지셔닝 시스템에 의해 계산된 중간 거리 교정 상수를 활용할 수 있다. 하이브리드 TOA 포지셔닝 시스템은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치("추정된 위치")를 추정하기 위해 타겟 거리 교정 상수 및 제 2 중간 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 TOA2 포지셔닝 시스템을 반복적으로 실행할 수 있다. 타겟 거리 교정 상수를 (추측하기 보다는) 계산하는 것은 거리 교정 상수에 대한 감도를 최소화시킬 수 있고, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 결정하는 것과 연관된 포지셔닝 에러를 최소화시킬 수 있고, 포지셔닝 정확도를 증가시킬 수 있으며, 성능 이득을 향상시킬 수 있어서, 그 결과, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 전체 성능을 향상시킨다.

[0030]

[0036] 도 1은 무선 통신 네트워크(100)에서 네트워크 디바이스의 알려지지 않은 위치를 추정하는 메커니즘을 예시하는 예시적인 블록도이다. 일 예에서, 무선 통신 네트워크(100)는 알려지지 않은 위치를 갖는 WLAN 디바이스(102)("알려지지 않은 WLAN 디바이스") 및 4개의 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)을 포함한다. 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)는 위치 계산 유닛(110)을 포함한다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)은 무선 통신 네트워크(100)에서 WLAN 통신을 가능하게 하기 위해 프로토콜들 및 기능을 구현하는 알

려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 통신 유닛에서 구현될 수도 있다. 도 1에는 도시하지 않았지만, 일부 실시예들에서는, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 중 하나 또는 그 초과와 것이 그들의 각각의 위치를 결정하는 위치 계산 유닛 및 대응하는 기능을 또한 포함할 수 있다는 것에 유의한다. 일부 구현들에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102) 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)은 각각, 랩탑 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 모바일폰, 스마트 기구, 게임 콘솔, 액세스 포인트, 또는 다른 적합한 전자 디바이스들과 같은 WLAN 통신 능력들을 갖는 전자 디바이스들일 수 있다. 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)는 스테이지들(A 내지 F)에서 후술하는 바와 같이, 그 위치를 결정하기 위해 동작들을 실행할 수 있다.

[0031] [0037] 스테이지(A)에서, 위치 계산 유닛(110)은 무선 통신 네트워크(100)에서의 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 라운드 트립 주행 시간(RTT)을 결정한다. 일 구현에서, 위치 계산 유닛(110)은 하나 또는 그 초과와 제어 메시지들을 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 송신할 수 있고, 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)로부터 대응하는 하나 또는 그 초과와 응답 제어 메시지들(예를 들어, 확인응답(ACK) 메시지들)을 수신할 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 제어 메시지들이 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 송신되고 대응하는 응답 제어 메시지들이 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)로부터 수신되는 시간 인스턴트들을 또한 기록할 수 있다. 그 후, 위치 계산 유닛(110)은 도 3의 블록들(304 내지 308)에서 더 설명하는 바와 같이, 제어 메시지들의 송신과 대응하는 응답 제어 메시지들의 수신 사이의 경과 시간으로서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스(104) 사이의 RTT("레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 RTT")를 계산할 수 있다. 마찬가지로, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스(106)와 연관된 RTT 및 레퍼런스 WLAN 디바이스(108)와 연관된 RTT를 또한 계산할 수 있다. 다른 구현들에서, 다른 적합한 기법들이 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)과 연관된 RTT를 결정하기 위해 이용될 수 있다는 것에 유의한다.

[0032] [0038] 스테이지(B)에서, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 연관된 대응하는 RTT에 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 거리를 계산한다. 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 거리를 계산하는 동작들은 도 2 및 도 3에서 더 설명될 것이다.

[0033] [0039] 스테이지(C)에서, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각의 위치를 결정한다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각과 연관된 위치 좌표들을 요청하고 수신할 수 있다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)은 스테이지(A)에서 송신된 제어 메시지들에서 위치 좌표들에 대한 요청을 송신할 수 있으며, 응답 제어 메시지들에서 위치 좌표들을 수신할 수 있다. 다른 예로서, 위치 계산 유닛(110)은 (스테이지(A)에서 송신된 제어 메시지들과 별개인) 위치 요청 메시지를 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각에 송신할 수 있고, 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각과 연관된 위치 좌표들을 포함하는 대응하는 위치 응답 메시지를 수신할 수 있다. 다른 구현에서, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)과 연관된 위치 좌표들을 결정하기 위해 중앙 서버에 문의할 수 있다(또는 미리 결정된 메모리 위치에 액세스할 수 있다). 다른 구현에서, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)은 (예를 들어, 비컨 메시지 또는 다른 적합한 제어 메시지들에서) 주기적 간격들로 그들 각각의 위치 좌표들을 브로드캐스팅할 수도 있다. 위치 계산 유닛(110)은 주기적으로 수신된 메시지들의 수신 및 분석에 기초하여 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)과 연관된 위치 좌표들을 결정할 수 있다. 위치 계산 유닛(110)이 2차원(2-D) 좌표들(예를 들어, X 및 Y 좌표들), 3차원(3-D) 좌표들(예를 들어, X, Y, 및 Z 좌표들), 위도들 및 경도들, 구좌표들, 및/또는 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)과 연관된 다른 적합한 위치 표시자들을 결정할 수 있다는 것에 유의한다.

[0034] [0040] 스테이지(D)에서, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치를 계산한다. 일례로서, 위치 계산 유닛(110)은 도 2 및 도 3에서 후술하는 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)의 알려진 위치들의 평균으로서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치를 계산할 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 스테이지(F) 및 도 2 내지 도 3에서 후술하는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 제 1 도달 시간(TOA1) 포지셔닝 알고리즘에 대한 입력으로서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 계산된 초기 위치를 사용할 수 있다. 일부 구현들에서(예를 들어, 하이브리드 TOA 포지셔닝 시스템에서), 위치 계산 유닛(110)은 도 4 내지 도 6에서 설명하는 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)의 알려진 위치들 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)과 연관된 RTT에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치를 계산하기 위해 TOA1 포지셔닝 알고

리즘의 출력에서 생성된 (본원에서 "알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 1 중간 위치"로 칭하는) 알려지지 않은 WLAN 디바이스 출력의 이전에 계산된 위치를 사용할 수 있다. 이러한 구현에서, 위치 계산 유닛(110)은 스테이지(F) 및 도 4 내지 도 7에서 후술하는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치를 결정하기 위해 제 2 도달 시간(TOA2) 포지셔닝 알고리즘에 대한 입력으로서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치를 사용할 수 있다.

[0035] [0041] 스테이지(E)에서, 위치 계산 유닛(110)은 거리 교정 상수를 결정한다. 일부 구현들에서, 도 2에 따라 설명하는 바와 같이, 초기 거리 교정 상수는 미리 결정된 값 또는 랜덤하게 선택된 값일 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 스테이지(F) 및 도 2 내지 도 3에서 후술하는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치 및 거리 교정 상수를 추정하기 위해 TOA1 포지셔닝 알고리즘에 대한 입력으로서 초기 거리 교정 상수를 사용할 수 있다. 다른 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)은 타겟(또는 추정된) 거리 교정 상수를 계산하기 위해 (본원에서 "중간 거리 교정 상수"로서 칭하는) TOA1 포지셔닝 알고리즘의 출력에서의 거리 교정 상수를 사용할 수 있다. 이러한 구현에서, 위치 계산 유닛(110)은 스테이지(F) 및 도 4 내지 도 7에서 후술하는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 TOA2 포지셔닝 알고리즘에 대한 입력으로서 타겟 거리 교정 상수를 사용할 수 있다.

[0036] [0042] 스테이지(F)에서, 위치 계산 유닛(110)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치, 거리 교정 상수, 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각에 대한 거리에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정한다. 일부 구현들에서, 도 2 및 도 3에 설명하는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 계산하는 것은 1-스테이지 프로세스일 수 있다. 이러한 구현에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 계산된 초기 위치 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들을 입력들로서 적어도 사용하여 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행함으로써 계산될 수 있다. 일부 구현들에서, 도 5 내지 도 7에 설명하는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 계산하는 것은 2-스테이지 프로세스일 수 있다. 이러한 구현에서, 위치 계산 유닛(110)은 (상술한 바와 같이) 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘을 먼저 실행할 수 있고, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 1 중간 위치를 결정할 수 있다. 또한, TOA1 포지셔닝 알고리즘은 중간 거리 교정 상수를 결정하기 위해 또한 사용될 수 있다. 다음으로, 위치 계산 유닛(110)은 제 1 중간 위치 및 중간 거리 교정 상수에 기초하여 (스테이지(D)에서 설명하는 바와 같은) 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치 및 (스테이지(E)에서 상술한 바와 같은) 타겟 거리 교정 상수를 결정할 수 있다. 그 후, 위치 계산 유닛(110)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA2 포지셔닝 알고리즘을 반복적으로 실행할 수 있다.

[0037] [0043] 도 2는 TOA 포지셔닝 메커니즘을 포함하는 위치 계산 유닛(110)의 일 실시예의 예시적인 블록도이다. 위치 계산 유닛(110)은 거리 계산 유닛(202), TOA1 초기 위치 계산 유닛(204), 및 TOA1 포지셔닝 유닛(206)을 포함한다. 거리 계산 유닛(202) 및 TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)은 TOA1 포지셔닝 유닛(206)과 커플링된다.

[0038] [0044] 거리 계산 유닛(202)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각과 연관된 라운드 트립 주행 시간(RTT)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 거리를 계산할 수 있다. 도 2에 도시되어 있는 바와 같이, 거리 계산 유닛(202)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 RTT(208)를 입력 파라미터로서 취한다. i 가 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각에 대한 카운터를 나타내고 N 이 통신 네트워크(100)에서의 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 수를 나타내면, 거리 계산 유닛(202)에 대한 입력은 도 2에 도시된 바와 같이 RTT_i (즉, $RTT_1, RTT_2, \dots, RTT_N$)이다. 거리 계산 유닛(202)의 출력은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 i 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 추정된 거리(210) (\hat{d}_i) 이다. 따라서, RTT_i 가 I 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 RTT를 나타내고, c 가 광속을 나타내는 경우에, 거리 (\hat{d}_i) (210)는 수학식 1a에 따라 계산될 수 있다. 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 i 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 실제 거리 (d_i) 가 수학식 1b에 나타난 바와 같이, TOA1 거리 교정 상수 (d_{c_TOA1}) 와, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102) 스테이션과 i 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 추정된 거리 (\hat{d}_i) 의 합으로서 표현될 수 있다는 것에 유의한다.

$$\hat{d}_i = c \times \frac{RTT_i}{2}$$

[0039]

수학식 1a

$$d_i = \hat{d}_i + d_{c_TOA1}$$

[0040]

수학식 1b

[0041]

[0045] 거리 교정 상수(d_{c_TOA1})는 추정된 거리(\hat{d}_i)와 실제 거리(d_i) 사이의 차이를 나타낼 수 있고 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 연관된 내부 프로세싱 시간(또는 턴어라운드(turnaround) 시간)을 표시할 수도 있다. 예를 들어, 거리 교정 상수는 레퍼런스 WLAN 디바이스가 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)로부터 제어 메시지를 검출하는 것과 레퍼런스 WLAN 디바이스가 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)에 응답 제어 메시지를 송신하는 것 사이의 경과 시간을 설명할 수 있다. 거리 교정 상수는 또한 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 타이밍 및 구성에 의존할 수도 있다. 일부 구현들에서, 거리 교정 상수는 하나의 레퍼런스 WLAN 디바이스로부터 다른 레퍼런스 WLAN 디바이스로 상이할 수도 있지만, 다른 구현들에서는, 거리 교정 상수는 레퍼런스 WLAN 디바이스들에 걸쳐 상이하지 않을 수도 있다.

[0042]

[0046] TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각의 위치(212)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치를 계산할 수 있다. 도 2에 도시되어 있는 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)의 알려진 위치들(212)은 TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)에 입력 파라미터들로서 제공된다. 본원에 설명하는 바와 같이, i 는 레퍼런스 WLAN 디바이스들에 대한 카운터를 나타내고 X_i 는 i 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스의 위치(212)(예를 들어, 절대 위치, 실제 위치, 또는 참(real) 위치로 또한 칭함)을 나타낸다. 일 구현에서, i 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스의 위치는 $X_i = \{x_i^s, s = 0, 1, \dots, D - 1\}$ 의 형태로 나타낼 수 있고, 여기서, D 는 레퍼런스 WLAN 디바이스의 위치를 특정하기 위해 사용된 좌표계의 차원을 나타내고(예를 들어, 레퍼런스 WLAN 디바이스의 위치가 X , Y , 및 Z 좌표들에 관하여 특정되면, $D=3$), s 는 좌표계의 차원에 대한 카운터(즉, 차원 인덱스)를 나타내며, x_i^s 는 i 번째 레퍼런스 WLAN 디바이스의 위치의 s 번째 차원의 값을 나타낸다. 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치가 다른 적합한 좌표계(예를 들어, 데카르트 좌표들, 구좌표들, 측지 좌표들 등)를 사용하여 표현될 수 있다는 것에 유의한다. 또한, 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치는 다른 적합한 차원들의 수(예를 들어, 2차원 좌표들, 3차원 좌표들 등)로 표현될 수 있다. 도 2에 도시되어 있는 바와 같이, TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)의 출력은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치($Y_{TOA1init}$)(214)이다. 일 구현에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치는 $Y_{TOA1init} = \{y_{TOA1init}^s, s = 0, 1, \dots, D - 1\}$ 로서 표현될 수 있고, 여기서, $y_{TOA1init}^s$ 는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치의 s 번째 차원의 값을 나타낸다. 일부 구현들에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)는 수학식 2a에 나타난 바와 같이 N 개의 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들(212)의 함수($f(\cdot)$)로서 표현될 수 있다. 일부 구현들에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)는 수학식 2b에 나타난 바와 같이 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들(212)의 평균으로서 계산될 수 있다. 다른 구현에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)는 수학식 2c에 나타난 바와 같이 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 실행 동안 생성된 매트릭스들의 곱의 행렬식을 최대화함으로써 계산될 수 있다. 수학식 2c에 나타난 바와 같은 표현 $\det(B_{TOA1}^T B_{TOA1})$ 를 최대화하는 것은 (후술하는) TOA1 포지셔닝 알고리즘이 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치에 수렴하는 것을 보장할 수 있다. 수학식 2c에서, B_{TOA1}^T 는 B_{TOA1} 매트릭스의 전치를 나타내고, B_{TOA1} 매트릭스는 도 2의 표현식 11 및 도 3을 참조하여 더 후술될 것이다.

$$Y_{TOA1init} = f(X_0, X_1, \dots, X_{N-1})$$

[0043]

수학식 2a

$$Y_{TOA1init} = f(X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_i$$

수학식 2b

$$Y_{TOA1init} = f(X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = \max_{Y_{TOA1init}} \{ \det(B_{TOA1}^T B_{TOA1}) \}$$

수학식 2c

[0047] 다른 구현들에서, TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)를 계산하기 위해 다른 적합한 기법들을 이용할 수 있다는 것에 유의한다. 예를 들어, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들(212)의 가중 평균으로서 계산될 수 있고, 여기서, 가중치들은 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치의 신뢰 및/또는 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102) 사이의 거리에 기초하여 선택된다. 다른 예로서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 서브세트만의 알려진 위치들(212)의 가중(또는 비가중) 조합으로서 계산될 수 있다.

[0048] TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214), 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각에 대한 추정된 거리(210)들, 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각의 위치(212)에 적어도 부분적으로 기초하여, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(220)를 계산하고 거리 교정 상수(218)를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행할 수 있다. 도 2에 나타난 바와 같이, (거리 계산 유닛(202)에 의해 계산된) 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각 사이의 추정된 거리들(210)은 입력들의 하나의 세트로서 TOA1 포지셔닝 유닛(206)에 제공된다. TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)에 의해 계산된 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214) ($Y_{TOA1init}$)는 다른 입력으로서 TOA1 포지셔닝 유닛(206)에 제공된다. 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)의 알려진 위치들(212) (X_i)은 입력으로서 TOA1 포지셔닝 유닛(206)에 또한 제공된다. 추가로, 초기 거리 교정 상수(d_{cinit}) (216)가 입력으로서 TOA1 포지셔닝 유닛(206)에 또한 제공될 수 있다. 상술한 바와 같이, 초기 거리 교정 상수(216)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 연관된 내부 프로세싱 시간(또는 턴어라운드 시간)을 나타낼 수도 있다. 일부 구현들에서, 초기 거리 교정 상수(216)는 제로이도록 선택될 수도 있지만, 다른 구현들에서는, 초기 거리 교정 상수(216)는 다른 적합한 랜덤 값이도록 선택될 수도 있다. 일부 구현들에서, 초기 거리 교정 상수(216)는 사전구성될 수도 있지만, 다른 구현들에서는, 초기 거리 교정 상수(216)는 동적으로 선택될 수도 있다(예를 들어, 랜덤 값이 초기 거리 교정 상수(216)에 대해 동적으로 선택될 수도 있다).

[0049] 그 후, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 수학식 3a에 나타난 표현을 풀고 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(Y_{TOA1}) (220)를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 1회 반복을 실행할 수 있다. 수학식 3a에 따르면, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 A) i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 RTT에 기초하여 수학식 1에서 결정된 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스에 대한 측정된 거리와 B) i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스의 알려진 위치에 기초한 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스에 대한 추정된 거리 사이의 추정 에러의 (모든 레퍼런스 WLAN 디바이스들에 걸친) 합을 최소화시키는 Y_{TOA1} 의 값의 식별을 시도할 수 있다. 수학식 3a에서, $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 는 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102) 사이의 추정된 거리를 나타낸다. $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 는 수학식 3b에 따라 계산될 수 있다. 레퍼런스 WLAN 디바이스와 알려지지 않은 WLAN 디바이스 사이의 추정된 거리는 레퍼런스 WLAN 디바이스의 실제 위치 및 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 추정된 위치(Y_{TOA1})에 기초하여 결정될 수 있다.

$$Y_{TOA1} = \arg \min_{Y_{TOA1}} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} (\hat{d}_i + d_{c_TOA1} - \|X_i - Y_{TOA1}\|) \right\}$$

수학식 3a

$$\|X_i - Y_{TOA1}\| = \left[\sum_{s=0}^{D-1} (x_i^s - y_{TOA1}^s)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

[0050]

수학식 3b

[0051]

[0050] 일부 구현들에서, {예를 들어, $(\hat{d}_i + d_{c_TOA1} - \|X_i - Y_{TOA1}\|) = 0$ 을 가정함으로써} 추정 에러가 없다는 것을 가정함으로써, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 수학식 3a를 단순화시킬 수 있고 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 i의 모든 값들에 대해 수학식 4를 대신 풀 수 있다.

[0052]

$$\hat{d}_i = \|X_i - Y_{TOA1}\| - d_{c_TOA1}$$

수학식 4

[0053]

TOA1 거리 교정 상수(d_{c_TOA1})(218)는 수학식 5a에 나타낸 바와 같이, 초기 거리 교정 상수(d_{c_init})(216)와 거리 교정 에러(Δd_c)의 합으로서 표현될 수 있다. 다시 말해, 거리 교정 에러(Δd_c)는 추정된 거리 교정 상수(d_{c_TOA1})(218)와 초기 거리 교정 상수(d_{c_init})(216) 사이의 차이(또는 에러)로서 표현될 수 있다. 마찬가지로, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(220)(Y_{TOA1})는 수학식 5b에 나타낸 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 초기 위치(214)(Y_{TOA1_init})와 TOA1 위치 에러(ΔY_{TOA1})의 합으로서 표현될 수 있다. 다시 말해, TOA1 위치 에러(ΔY_{TOA1})는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치(220)(Y_{TOA1})와 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 초기 위치(214)(Y_{TOA1_init}) 사이의 차이(또는 에러)로서 표현될 수 있다. 일부 구현들에서, TOA1 위치 에러를 $\Delta Y_{TOA1} = \{\Delta y_{TOA1}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$ 로서 나타낼 수 있고, 여기서, D는 좌표계의 차원을 나타내고 Δy_{TOA1}^s 가 TOA1 위치 에러의 s번째 차원의 값을 나타낸다는 것에 유의한다. TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 수학식 5a 및 수학식 5b를 수학식 4에 대입하여 수학식 6을 산출할 수 있다.

[0054]

$$d_{c_TOA1} = d_{c_init} + \Delta d_c$$

수학식 5a

[0055]

$$Y_{TOA1} = Y_{TOA1_init} + \Delta Y_{TOA1}$$

수학식 5b

[0056]

$$\hat{d}_i = \|X_i - Y_{TOA1_init} - \Delta Y_{TOA1}\| - d_{c_init} - \Delta d_c$$

수학식 6

[0057]

[0051] 그 후, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 테일러 시리즈 확장을 사용할 수 있고, (예를 들어, 상위 차수 항들이 제로 또는 무시가능한 값을 갖기 때문에) 2차 이상의 항들을 무시하여 수학식 7을 산출할 수 있다. TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각에 대해 수학식 7에 따라 수학식을 생성할 수 있고 복수의 생성된 수학식들을 매트릭스 형태로 구성하여 수학식 8을 산출할 수 있다.

[0058]

$$\hat{d}_i = \|X_i - Y_{TOA1_init}\| - d_{c_init} + \sum_{s=0}^{D-1} \left(-\frac{x_i^s - y_{TOA1_init}^s}{\|X_i - Y_{TOA1_init}\|} \right) \Delta y_{TOA1}^s - \Delta d_c$$

수학식 7

[0059]

$$A_{TOA1} = B_{TOA1} [\Delta Y_{TOA1} \quad \Delta d_c]^T$$

수학식 8

[0060]

일부 구현들에서, TOA1 위치 에러 매트릭스(ΔY_{TOA1})는 표현식 9에 나타낸 바와 같이 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 TOA1 위치 사이의 차이를 나타낼 수 있는 $I \times D$ 로우 매트릭스일 수도 있다. TOA1 거리 에러 매트릭스(A_{TOA1})는 $N \times I$ 컬럼 매트릭스일 수 있고, 여기서, A_{TOA1} 매트릭스의 각 엘리먼트(즉, 각 로우)는 표현식 10에 의해 표현되고, 각 로우는 레퍼런스 WLAN 디바이스들 중 하나와 연관된다. 표현식 10에 의해 나타낸 바와 같이, TOA1 거리 에러 매트릭스의 각 엘리먼트

는 A) (예를 들어, 수학적 식 1에 나타난 바와 같은 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 RTT에 기초한) 알려지지 않은 WLAN 디바이스와 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 추정된 거리, B) 초기 거리 교정 상수(216), 및 C) 레퍼런스 WLAN 디바이스의 알려진 위치와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)에 기초한 알려지지 않은 WLAN 디바이스와 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 추정된 거리의 조합을 나타낸다. TOA 계수 매트릭스 (B_{TOA1})는 $N \times (D+1)$ 매트릭스일 수 있고, 여기서, N은 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 수를 나타내고 D는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치를 특정하기 위해 사용되는 좌표계의 차원들을 나타낸다. TOA1 계수 매트릭스의 각 엘리먼트는 표현식 11에 따라 표현될 수 있다. TOA1 계수 매트릭스 (B_{TOA1})는 TOA1 위치 에러 매트릭스 (ΔY_{TOA1})의 계수들을 포함할 수 있고, TOA1 위치 에러 매트릭스 (ΔY_{TOA1})와 TOA1 거리 에러 매트릭스 (A_{TOA1}) 사이의 관계를 나타낼 수 있다.

$$\Delta Y_{TOA1} = [\Delta y_{TOA1}^0 \quad \Delta y_{TOA1}^1 \quad \dots \quad \Delta y_{TOA1}^{D-2} \quad \Delta y_{TOA1}^{D-1}] \quad \text{표현식 9}$$

$$A_{TOA1} \text{의 } i \text{ 번째 엘리먼트: } \hat{d}_i + d_{c_{init}} - \|X_i - Y_{TOA1_{init}}\| \quad \text{표현식 10}$$

$$B_{TOA1} \text{의 } (i, s) \text{ 번째 엘리먼트: } - \frac{x_i^s - y_{TOA1_{init}}^s}{\|X_i - Y_{TOA1_{init}}\|} \quad \text{표현식 11}$$

[0052] 일 구현에서, 차원(예를 들어, s의 값)은 컬럼 마다 변할 수 있지만, 고려중인 레퍼런스 디바이스(예를 들어, i의 값)는 로우 마다 변할 수 있다. 차원은 특정한 컬럼에 걸쳐 일정하게 유지될 수 있지만, 고려중인 레퍼런스 디바이스는 특정한 로우에 걸쳐 일정하게 유지될 수 있다. 그 후, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 수학적 식 12에 따라 TOA1 위치 에러(ΔY_{TOA1}) 및 거리 교정 에러(Δd_c)를 계산할 수 있다. 일부 구현들에서, 수학적 식 12를 평가하기 이전에, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 수렴을 보장하기 위해 조건 $\det(B_{TOA1}^T B_{TOA1}) \neq 0$ 이 충족되는지를 먼저 결정할 수도 있다는 것에 유의한다.

$$[\Delta Y_{TOA1} \quad \Delta d_c]^T = (B_{TOA1}^T B_{TOA1})^{-1} B_{TOA1}^T A_{TOA1} \quad \text{수학적 식 12}$$

[0053] TOA1 포지셔닝 유닛(206)이 (수학적 식 12에 따라) TOA1 위치 에러 및 거리 교정 에러의 값을 계산한 이후에, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 거리 교정 에러(Δd_c)를 초기 거리 교정 상수 ($d_{c_{init}}$)와 합산함으로써 TOA1 거리 교정 상수($d_{c_{TOA1}}$) (218)를 계산하기 위해 수학적 식 5a를 사용할 수 있다. 마찬가지로, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 TOA1 위치 에러(ΔY_{TOA1})를 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214) ($Y_{TOA1_{init}}$)와 합산함으로써 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 추정된 위치(220) (Y_{TOA1})를 계산하기 위해 수학적 식 5b를 사용할 수 있다. 일 구현에서, TOA1 포지셔닝 유닛(206)의 출력에서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(220)는 $Y_{TOA1} = \{y_{TOA1}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$ 로서 표현될 수 있고, 여기서, y_{TOA1}^s 는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치의 s번째 차원의 값을 나타낸다. TOA1 포지셔닝 유닛(206)이 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치를 계산하기 위해 수학적 식 3a 내지 수학적 식 12를 참조하여 본원에 설명한 연산들을 단지 1회(즉, 단지 1회 반복) 실행할 수도 있다는 것에 유의한다.

[0054] 도 3은 TOA 포지셔닝 메커니즘의 예시적인 동작들을 예시하는 흐름도("흐름")(300)를 예시한다. 흐름(300)은 블록(302)에서 시작한다.

[0055] 블록(302)에서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스는 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 추정할 지에 기초하여 통신 네트워크의 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들을 결정한다. 도 1의 예를 참조하여, 알

려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치 계산 유닛(110)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정할 지에 기초하여 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)을 식별할 수 있다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)은 복수의 WLAN 디바이스들과 연관된 하나 또는 그 초과 성능 측정치들을 분석하는 것에 기초하여 무선 통신 네트워크(100)에서의 복수의 WLAN 디바이스들로부터 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)을 식별할 수 있다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)은 가장 높은 수신 신호 강도 표시자(RSSI), 가장 낮은 패킷 에러 레이트(PER) 등을 갖는 무선 통신 네트워크(100)에서의 N개의 WLAN 디바이스들을 식별할 수 있다. 일부 구현들에서, 무선 통신 네트워크(100)가 복수의 액세스 포인트들을 포함하는 경우에, 액세스 포인트들은 그들의 존재/위치를 무선 통신 네트워크(100)에서의 다른 WLAN 디바이스들에게 (예를 들어, 비컨 메시지에서) 광고할 수도 있다. 위치 계산 유닛(110)은 이들 비컨 메시지들을 검출할 수 있고, 비컨 메시지들을 송신한 액세스 포인트들을 식별할 수 있으며, (예를 들어, 액세스 포인트들 각각으로부터 수신된 비컨 메시지들과 연관된 성능 측정치들을 분석하는 것에 기초하여) 액세스 포인트들의 적어도 서브셋을 레퍼런스 WLAN 디바이스들로서 선택할 수 있다. 흐름은 블록(304)에서 계속된다.

[0069] [0056] 블록(304)에서, 제어 메시지가 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 송신된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)은 제어 메시지를 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 송신할 수 있다. 제어 메시지는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 연관된 식별자, 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)와 연관된 식별자, 및 적합한 페이로드 (예를 들어, 심볼들의 미리 결정된 조합, NULL 페이로드 등) 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 제어 메시지가 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 송신된 시간 인스턴트를 또한 기록할 수 있다. 마찬가지로, 도 1을 참조하면, 위치 계산 유닛(110)은 제어 메시지들이 레퍼런스 WLAN 디바이스들(106, 108, 및 112)에 송신된 시간 인스턴트들을 또한 기록할 수 있다. 흐름은 블록(306)에서 계속된다.

[0070] [0057] 블록(306)에서, 응답 제어 메시지가 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각으로부터 수신된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)로부터 응답 제어 메시지를 수신할 수 있다. 응답 제어 메시지는 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에서 (블록(304)에서 송신된) 제어 메시지의 수신을 나타내는 WLAN 확인응답(ACK) 메시지 또는 임의의 적합한 메시지일 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 응답 제어 메시지가 WLAN 디바이스(104)로부터 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)에서 수신된 시간 인스턴트를 또한 기록할 수 있다. 마찬가지로, 도 1을 참조하면, 위치 계산 유닛(110)은 응답 제어 메시지들이 레퍼런스 WLAN 디바이스들(106, 108, 및 112)로부터 수신된 시간 인스턴트들을 또한 기록할 수 있다. 흐름은 블록(308)에서 계속된다.

[0071] [0058] 블록(308)에서, 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각과 연관된 라운드 트립 주행 시간(RTT)이 결정된다. 일 구현에서, 위치 계산 유닛(110)은 (블록(304)에서 기록된) 제어 메시지가 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 송신된 시간 인스턴트들 및 (블록(306)에서 기록된) 응답 제어 메시지가 레퍼런스 네트워크 디바이스(104)로부터 수신된 시간 인스턴트에 기초하여 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)와 연관된 RTT를 결정할 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 제어 메시지가 송신된 시간 인스턴트를 응답 제어 메시지가 수신된 시간 인스턴트로부터 감산함으로써 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)와 연관된 RTT를 계산할 수 있다. 다른 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)이 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)와 연관된 RTT를 결정하기 위해 다른 적합한 기법들을 이용할 수 있다는 것에 유의한다. 마찬가지로, 도 1을 참조하면, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(106, 108, 및 112)과 연관된 RTT를 또한 결정할 수 있다. 흐름은 블록(310)에서 계속된다.

[0072] [0059] 블록(310)에서, 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 알려지지 않은 네트워크 디바이스와 레퍼런스 네트워크 디바이스 사이의 거리는 레퍼런스 네트워크 디바이스와 연관된 RTT에 적어도 부분적으로 기초하여 계산된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, 도 2의 거리 계산 유닛(202))은 도 2의 수학적 식 1a를 참조하여 상술한 바와 같이 대응하는 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 RTT에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 네트워크 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 거리를 계산할 수 있다. 다른 구현들에서, 거리 계산 유닛(202)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 거리를 결정하기 위해 다른 적합한 기법들을 사용할 수 있다는 것에 유의한다. 흐름은 블록(312)에서 계속된다.

[0073] [0060] 블록(312)에서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치는 레퍼런스 네트워크 디바이스들의 알려진 위치들에 적어도 부분적으로 기초하여 계산된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, 도 2의 TOA1 초기 위치 계산 유닛(204))은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)를 계산할 수 있다. 수학적 식 2a를 참조하여 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치(212)의 함수로서 계산될 수 있다. 일부 예들에서, 수학적 식 2b에서 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치들의 평균으로서 계산될 수 있다. 다른

예들에서, 수학식 2c에서 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치들의 다른 적합한 가중(또는 비가중) 조합으로서 계산될 수 있다. 더욱 구체적으로, 도 2에서 상술한 바와 같이, 위치 계산 유닛(110)은 TOA1 위치 에러 매트릭스 (ΔY_{TOA1})를 결정할 수 있어서, TOA1 위치 에러 매트릭스의 각 엘리먼트는 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 추정된 위치의 좌표(예를 들어, 추정된 X-좌표)와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치의 초기 위치 좌표(예를 들어, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치의 X-좌표) 사이의 차이를 나타낸다. 위치 계산 유닛(110)은 표현식 10에 따라 TOA1 거리 에러 매트릭스(A_{TOA1})를 계산할 수 있다. 그 후, 위치 계산 유닛(110)은 표현식 11에 따라 TOA1 계수 매트릭스(B_{TOA1})를 계산할 수 있다. 위치 계산 유닛(110)은 수학식 2b에 나타낸 바와 같이, B_{TOA1} 매트릭스와 B_{TOA1} 매트릭스의 전치의 곱의 행렬식을 최대화하는 것에 적어도 부분적으로 기초하여 무선 네트워크 디바이스의 초기 위치를 계산할 수 있다. 흐름은 블록(314)에서 계속된다.

[0074] [0061] 블록(314)에서, 제 1 도달 시간(TOA1) 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복이 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치, 및 알려지지 않은 네트워크 디바이스와 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각 사이의 거리에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 추정하기 위해 실행된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, 도 2의 TOA1 포지셔닝 유닛(206))은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 계산하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행할 수 있다. 또한, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 초기 거리 교정 상수(216)를 (입력으로서) 또한 수신할 수 있다. 도 2에서 상술한 바와 같이, 초기 거리 교정 상수(216)는 제로, 미리 결정된 값 또는 랜덤하게 선택된 값일 수 있다. 수학식 3a 내지 수학식 12에서 상술한 바와 같이, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행하고 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 계산하기 위한 입력들로서 (블록(312)에서 결정된) 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214), (블록(310)에서 결정된) 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각에 대한 거리(210), 초기 거리 교정 상수(216), 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들(212)을 사용할 수 있다. 따라서, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행함으로써 (상술한) 초기 거리 교정 상수(216)에 적어도 부분적으로 기초하여 TOA1 거리 교정 상수(218)를 또한 결정할 수 있다. 다른 실시예들에서, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 (예를 들어, 더 후술하는 바와 같이) 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 계산된 초기 위치(214)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 다른 적합한 기법들을 이용할 수 있다는 것에 유의한다. 블록(314)으로부터, 흐름은 종료한다.

[0075] [0062] 도 4는 하이브리드 TOA 포지셔닝 메커니즘을 포함하는 위치 계산 유닛(110)의 일 실시예의 예시적인 블록도이다. 위치 계산 유닛(110)은 도 2 및 도 3에서 상술한 거리 계산 유닛(202), TOA1 초기 위치 계산 유닛(204), 및 TOA1 포지셔닝 유닛(206)을 포함한다. 추가로, 위치 계산 유닛(110)은 TOA2 초기값 계산 유닛(402) 및 TOA2 포지셔닝 유닛(404)을 또한 포함한다. 도 4의 예에 도시되어 있는 바와 같이, 거리 계산 유닛(202) 및 TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)은 TOA1 포지셔닝 유닛(206)과 커플링된다. TOA1 포지셔닝 유닛(206) 및 거리 계산 유닛(202)은 TOA2 초기값 계산 유닛(402)과 커플링된다. 거리 계산 유닛(202) 및 TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 TOA2 포지셔닝 유닛(404)과 커플링된다.

[0076] [0063] 거리 계산 유닛(202)은 도 2의 수학식 1a에 따라 상술한 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 연관된 대응하는 RTT(208)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각 사이의 거리(210)를 계산할 수 있다. TOA1 초기 위치 계산 유닛(204)은 도 2의 수학식 2a, 2b, 및 2c에 따라 상술한 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각의 위치(212)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)를 계산할 수 있다. TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 도 2의 수학식 3a 내지 수학식 12에 따라 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(212), 초기 거리 교정 상수(216), 및 거리들(210)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 TOA1 위치(220) 및 거리 교정 상수(218)를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 이용할 수 있다. 하이브리드 TOA 메커니즘에서, TOA1 포지셔닝 유닛(206)의 출력에서의 거리 교정 상수(218) 및 위치(220)를 각각 "중간 거리 교정 상수" 및 "알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 1 중간 위치"로 칭할 수 있다.

[0077] [0064] TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 TOA2 포지셔닝 유닛(404)에 입력들로서 제공되는 거리 교정 상수("타겟 거리 교정 상수") 및 초기 위치("알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 2 중간 위치")를 계산할 수 있다. TOA2 초

기값 계산 유닛(402)은 (거리 계산 유닛(202)에 의해 결정된) 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각에 대한 추정된 거리(\hat{d}_i) (210), 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 1 중간 위치 (Y_{TOA1}) (220) 및 (TOA1 포지셔닝 유닛(206)에 의해 계산된) 중간 거리 교정 상수(218)에 적어도 부분적으로 기초하여 타겟 거리 교정 상수 및 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 2 중간 위치를 계산할 수 있다. 추가로, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)의 위치들(X_i) (210)은 TOA2 초기값 계산 유닛(402)에 입력 파라미터들로서 제공된다. 도 4에 도시한 바와 같이, TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 타겟 거리 교정 상수(d_c) (406) 및 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치($Y_{TOA2init}$) (408)를 추정할 수 있다. 일부 구현들에서, 타겟 거리 교정 상수(406)는 수학적 식 13a에 나타난 바와 같이, 중간 거리 교정 상수(218), 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 1 중간 위치(220), 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들(212), 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들에 대한 거리들(210)의 함수($g(\cdot)$)로서 표현될 수 있다. 일 예에서, TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 수학적 식 13b에 나타난 바와 같이, A) 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 알려진 위치들 및 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 1 중간 위치에 기초한 알려지지 않은 WLAN 디바이스와 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 추정된 거리($\|X_i - Y_{TOA1}\|$), 및 B) 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 연관된 RTT에 기초한 알려지지 않은 WLAN 디바이스와 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 측정된 거리에서 차이의 가중합으로서 타겟 거리 교정 상수(406) 값의 값을 계산할 수 있다. 다른 예로서, TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 수학적 식 13c에 따라 나타난 바와 같이, 타겟 거리 교정 상수(406)로서 중간 거리 교정 상수(220)를 할당할 수 있다.

$$d_c = g(d_{c_{TOA1}}, Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}, \hat{d}_0, \hat{d}_1, \dots, \hat{d}_{N-1}) \quad \text{수학적 식 13a}$$

$$d_c = \sum_{i=0}^{N-1} \beta_i (\|X_i - Y_{TOA1}\| - \hat{d}_i) \quad \text{수학적 식 13b}$$

$$d_c = d_{c_{TOA1}} \quad \text{수학적 식 13c}$$

[0065] 수학적 식 13b에서, β_i 는 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각과 연관된 가중 팩터를 나타내고, 가중 팩터들 각각이 제로 보다 크거나 동일하고 모든 가중 팩터들의 합이 1과 동일하도록 선택될 수 있다. 일 예에서, 각 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 가중 팩터(β_i)는 수학적 식 13d에 의해 나타난 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 수의 역으로서 계산될 수 있다. 다른 예에서, 각 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 가중 팩터(β_i)는 수학적 식 13e에 따라 계산될 수 있다.

$$\beta_i = \frac{1}{N}, i = 0, 1, \dots, N - 1 \quad \text{수학적 식 13d}$$

$$\beta_i = \frac{1}{\|X_i - Y_{TOA1}\| \sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{\|X_j - Y_{TOA1}\|}}, i = 0, 1, \dots, N - 1 \quad \text{수학적 식 13e}$$

[0066] 수학적 식 13e를 참조하면, 가중 팩터는 레퍼런스 WLAN 디바이스들(예를 들어, 상기 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치에서의 신뢰)에 대한 거리 측정치들에 기초하여 결정될 수 있다. 다시 말해, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스 사이의 거리($\|X_i - Y_{TOA1}\|$)는 가중 팩터를 계산하기 위해 사용될 수 있고 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스와 연관된 측정치들에서의 신뢰의 표시로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)가 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)에 근접하면, $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 은 작은 값을 갖고, 그 역은 큰 값을 가져서, 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)는 상위 가중 팩터(예를 들어, 상위 중요도)와 연관된다. 다른 예로서, 레퍼런스 WLAN 디바이스(108)가 알려지지 않은 디바이스(102)로부터 멀리 떨어져

있으면, $\|X_i - Y_{TOA1}\|$ 은 큰 값을 갖고, 그 역은 작은 값을 가져서, 레퍼런스 WLAN 디바이스(108)는 작은 가중 팩터(예를 들어, 낮은 중요도)와 연관된다. 팩터($\sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{\|X_j - Y_{TOA1}\|}$)는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각 사이의 거리의 역의 합인 상수배 팩터이다. 다른 구현들에서, TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각과 연관된 가중 팩터(β_i)를 계산하기 위해 다른 적합한 기법들을 사용할 수 있다는 것에 유의한다.

[0085] [0067] 추가로, TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 수학적 식 14a에 나타낸 바와 같이, (TOA1 포지셔닝 유닛(206)에 의해 계산된) 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 1 중간 위치(Y_{TOA1}) (220) 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치들(210)의 함수($h(\cdot)$)로서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치 ($Y_{TOA2init}$) (408)을 또한 결정한다. 일부 구현들에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)는 수학적 식 14b에 나타낸 바와 같이, 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치들(210)의 평균으로서 계산될 수 있다. 다른 구현에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 1 중간 위치(Y_{TOA1}) (220)는 수학적 식 14c에 나타낸 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)로서 지정될 수 있다.

[0086]
$$Y_{TOA2init} = h(Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1})$$
 수학적 식 14a

[0087]
$$Y_{TOA2init} = h(Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_i$$
 수학적 식 14b

[0088]
$$Y_{TOA2init} = h(Y_{TOA1}, X_0, X_1, \dots, X_{N-1}) = Y_{TOA1}$$
 수학적 식 14c

[0089] 일부 구현들에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치가 $Y_{TOA2init} = \{y_{TOA2init}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$ 으로서 표현될 수 있다는 것에 유의하고, 여기서, $y_{TOA2init}^s$ 는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치의 s번째 차원의 값을 나타낸다. 일부 구현들에서, TOA2 초기값 계산 유닛(402)이 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)를 계산하기 위해 다른 적합한 기법들을 이용할 수 있다는 것에 또한 유의한다. 예를 들어, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치들의 가중 평균으로서 계산될 수 있고, 여기서, 가중치들은 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치의 신뢰 및/또는 레퍼런스 WLAN 디바이스와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102) 사이의 거리에 기초하여 선택된다. 다른 예로서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)는 제 1 중간 위치(Y_{TOA1}) (220)와 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치들(212)의 조합으로서 계산될 수 있다.

[0090] [0068] TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408), 타겟 거리 교정 상수(406), 및 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)에 대한 거리들(210)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 반복적으로 계산하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA2 포지셔닝 알고리즘을 사용할 수 있다. 도 4에 나타낸 바와 같이, 각 레퍼런스 WLAN 디바이스(i)에 대해, 거리 계산 유닛(202)에 의해 계산된 거리들(210)은 입력들의 하나의 세트로서 TOA2 포지셔닝 유닛(404)에 제공된다. 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408) 및 TOA2 초기값 계산 유닛(402)에 의해 계산된 타겟 거리 교정 상수(406)가 입력들로서 TOA2 포지셔닝 유닛(404)에 또한 제공된다. 추가로, 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)의 알려진 위치들(212)이 입력들로서 TOA2 포지셔닝 유닛(404)에 또한 제공된다. 그 후, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 여러 반복들 이후에 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 실제 위치(Y_{TOA2}) (410)에 점진적으로 접근하기 위해 수학적 식 15에 나타낸 표현을 반복적으로 실행할 수 있다. 수학적 식 15에 따르면, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 A) i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스들과 연관된 RTT에 기초한 수학적 식 1에서 결정된 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스에 대한 측정된 거리와 B) i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스의 알려진 위치에 기초한 i번째 레퍼런스 WLAN 디바이스에 대한 추정된 거리 사이의 추정 에러의 합을 최소화시키는 Y_{TOA2} 의 값의 식별을 시도할 수 있다. 수학적 식 15에서, $\|X_i - Y_{TOA2}\|$ 은 i번째 WLAN 레퍼런스 디바이스의 위

치(X_i)와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 실제 위치(즉, 결정될 Y_{TOA2} 위치) 사이의 거리를 나타낸다.

$$Y_{TOA2} = \arg \min_{Y_{TOA2}} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} (\hat{d}_i + d_c - \|X_i - Y_{TOA2}\|) \right\}$$

수학식 15

[0069] 일부 구현들에서, 추정 에러가 없다는 것을 가정함으로써{예를 들어, $(\hat{d}_i + d_c - \|X_i - Y_{TOA2}\|) = 0$ 이라는 것을 가정함으로써}, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 수학식 15를 단순화할 수 있고 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 i 의 모든 값들에 대해 수학식 16을 대신 풀 수 있다.

$$\hat{d}_i + d_c = \|X_i - Y_{TOA2}\|$$

수학식 16

[0070] 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(410)(Y_{TOA2})는 수학식 17에 나타난 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 제 2 중간 위치(408)($Y_{TOA2init}$)와 TOA2 위치 에러(ΔY_{TOA2})의 합으로서 표현될 수 있다. 일부 구현들에서, TOA2 위치 에러가 $\Delta Y_{TOA2} = \{\Delta y_{TOA2}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$ 으로서 표현될 수 있다는 것에 유의하고, 여기서, Δy_{TOA2}^s 는 TOA2 위치 에러의 s 번째 차원의 값을 나타낸다. TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 수학식 17을 수학식 16에 대입하여 수학식 18을 산출할 수 있다.

$$Y_{TOA2} = Y_{TOA2init} + \Delta Y_{TOA2}$$

수학식 17

$$\hat{d}_i + d_c = \|X_i - Y_{TOA2init} - \Delta Y_{TOA2}\|, \quad i = 0, 1, \dots, N-1$$

수학식 18

[0070] 그 후, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 테일러 시리즈 확장을 사용할 수 있고, 제 2차 이상의 항들을 무시하여 수학식 19를 산출할 수 있다. TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각에 대해 수학식 19에 따라 수학식을 생성할 수 있고, 복수의 생성된 수학식들을 매트릭스 형태로 구성하여 수학식 20을 산출할 수 있다.

$$\hat{d}_i + d_c = \|X_i - Y_{TOA2init}\| + \sum_{s=0}^{D-1} \left(-\frac{x_i^s - y_{TOA2init}^s}{\|X_i - Y_{TOA2init}\|} \right) \Delta y_{TOA2}^s$$

수학식 19

$$A_{TOA2} = B_{TOA2} \Delta Y_{TOA2}^T$$

수학식 20

[0070] 일부 구현들에서, 매트릭스(ΔY_{TOA2}^T)는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 연관된 TOA2 위치 에러 매트릭스의 전치(즉, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치와 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치 사이의 차이)를 나타내는 $D \times I$ 컬럼 매트릭스일 수도 있다. 도 2를 참조하여 설명한 바와 같이, TOA2 거리 에러 매트릭스(A_{TOA2})는 $N \times I$ 컬럼 매트릭스일 수 있고, 여기서, A_{TOA2} 매트릭스의 각 엘리먼트(즉, 각 로우)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들 중 하나와 연관되고, 표현식 21a에 따라 표현된다. TOA2 계수 매트릭스(B_{TOA2})는 $N \times D$ 매트릭스일 수 있고, 여기서, N 은 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 수를 나타내고, D 는 레퍼런스 WLAN 디바이스들의 위치를 특정하기 위해 사용되는 좌표계의 차원들을 나타낸다. $N \times D$ B_{TOA2} 매트릭스의 각 엘리먼트는 표현식 21b에 의해 표현될 수 있다.

$$A_{TOA2} \text{의 } i \text{ 번째 엘리먼트 : } \hat{d}_i + d_c - \|X_i - Y_{TOA2init}\|$$

표현식 21a

$$B_{TOA2} \text{의 } (i, s) \text{ 번째 엘리먼트 : } -\frac{x_i^s - y_{TOA2init}^s}{\|X_i - Y_{TOA2init}\|}$$

표현식 21b

[0071] 도 2를 참조하여 상술한 바와 같이, 일 구현에서, 차원(예를 들어, s의 값)은 컬럼 마다 변할 수 있고 특정한 컬럼에 걸쳐 일정하게 유지될 수 있다. 고려중인 레퍼런스 디바이스(예를 들어, i의 값)는 로우 마다 변할 수 있고 특정한 로우에 걸쳐 일정하게 유지될 수 있다. 그 후, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 수학식 22에 따라 TOA2 위치 에러(ΔY_{TOA2})를 계산할 수 있다.

$$\Delta Y_{TOA2}^T = (B_{TOA2}^T B_{TOA2})^{-1} B_{TOA2}^T A_{TOA2}$$

수학식 22

[0072] 그 후, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 수학식 22에 따라 결정된 TOA2 위치 에러(ΔY_{TOA2})를 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408) ($Y_{TOA2init}$)와 합산함으로써 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 위치(410) (Y_{TOA2})을 반복적으로 추정하기 위해 수학식 17을 사용할 수 있다. 일 구현에서, TOA2 포지셔닝 유닛(404)의 출력에서 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(410)는 $Y_{TOA2} = \{y_{TOA2}^s, s = 0, 1, \dots, D-1\}$ 로서 표현될 수 있고, 여기서, y_{TOA2}^s 는 알려지지 않은 WLAN 디바이스의 위치의 s번째 차원의 값을 나타낸다.

[0073] 다음의 반복에서, TOA2 포지셔닝 유닛(404)은 TOA2 포지셔닝 유닛(404)의 입력에서의 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치로서 이전의 반복에서 계산된 TOA2 포지셔닝 유닛(404)의 출력을 사용할 수 있고 {즉, (다음의 반복에서의) $Y_{TOA2init}$ = (이전의 반복에서의) Y_{TOA2} }, TOA2 위치 에러가 임계 에러값 아래이거나 임계수의 반복들이 실행될 때까지 다음의 반복에서의 TOA2 위치 에러 (ΔY_{TOA2}^T) 및 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치 (Y_{TOA2})를 결정하기 위해 수학식 17 및 수학식 22를 사용할 수 있다.

[0074] 도 5 및 도 6은 하이브리드 TOA 포지셔닝 메커니즘의 예시적인 동작들을 예시하는 흐름도("흐름")(500)를 도시한다. 흐름(500)은 도 5의 블록(502)에서 시작한다.

[0075] 블록(502)에서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스는 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 위치를 추정할 지에 기초하여 통신 네트워크의 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들을 결정한다. 도 1의 예를 참조하여, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치 계산 유닛(110)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정할 지에 기초하여 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)을 식별할 수 있다. 도 3에서 상술한 바와 같이, 위치 계산 유닛(110)은 최상의 성능 측정치들(예를 들어, RSSI, PER 등)과 연관되는 것들과 같은 복수의 WLAN 디바이스들로부터 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)을 선택할 수 있다. 흐름은 블록(504)에서 계속된다.

[0076] 블록(504)에서, 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스 각각과 연관된 라운드 트립 주행 시간(RTT)이 결정된다. 일 구현에서, 도 3의 블록들(304 내지 308)에서 상술한 바와 같이, 위치 계산 유닛(110)은 제어 메시지가 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각으로 송신된 시간 인스턴트들 및 대응하는 응답 제어 메시지가 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)에서 수신된 시간 인스턴트들을 기록할 수 있다. 따라서, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112) 각각과 연관된 RTT를 결정할 수 있다. 다른 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)이 레퍼런스 WLAN 디바이스들(104, 106, 108, 및 112)과 연관된 RTT를 결정하기 위해 다른 적합한 기법들을 이용할 수 있다는 것에 유의한다. 흐름은 블록(506)에서 계속된다.

[0077] 블록(506)에서, 복수의 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 대해, 알려지지 않은 네트워크 디바이스와 레퍼런스 네트워크 디바이스 사이의 거리는 레퍼런스 네트워크 디바이스와 연관된 RTT에 적어도 부분적으로 기초하여 계산된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, 도 4의 거리 계산 유닛(202))은 도 2의 수학식 1a 및 도 3의 블록(310)을 참조하여 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)와 복수의 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각 사이의 거리를 결정할 수 있다. 흐름은 블록(508)에서 계속된다.

[0078] 블록(508)에서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치는 레퍼런스 네트워크 디바이스들의 알려진 위치들에 적어도 부분적으로 기초하여 계산된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, 도 4의 TOA1

초기 위치 계산 유닛(204))은 도 2의 수학적 식 2a 내지 2c 및 도 3의 블록(312)을 참조하여 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치를 계산할 수 있다. 흐름은 블록(510)에서 계속된다.

[0112] 블록(510)에서, 레퍼런스 네트워크 디바이스들과 연관된 초기 거리 교정 상수가 결정된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 네트워크 디바이스들과 연관된 초기 거리 교정 상수(216)를 결정할 수 있다. 도 2를 참조하여 상술한 바와 같이, 초기 거리 교정 상수(216)는 제로, 이전에 결정된 값, 랜덤하게 선택된 값 등일 수 있다. 흐름은 블록(512)에서 계속된다.

[0113] 블록(512)에서, 제 1 도달 시간(TOA1) 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복이 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 초기 위치, 초기 거리 교정 상수, 및 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 대한 거리에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 제 1 중간 위치 및 중간 거리 교정 상수를 추정하기 위해 실행된다. TOA1 포지셔닝 알고리즘은 후술하는 바와 같이, TOA2 포지셔닝 알고리즘에 결국 제공될 수도 있는 거리 교정 상수의 중간 값을 결정하기 위해 사용될 수도 있다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, 도 2의 TOA1 포지셔닝 유닛(206))은 도 2의 수학적 식 3a 내지 수학적 식 12에 따라 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 1 중간 위치(220) 및 중간 거리 교정 상수(218)를 추정하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA1 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행할 수 있다. 다른 구현들에서, TOA1 포지셔닝 유닛(206)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 초기 위치(214)에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 1 중간 위치(220) 및 중간 거리 교정 상수(218)를 추정하기 위해 다른 적합한 기법들을 이용할 수 있다는 것에 유의한다. 흐름은 도 6의 블록(514)에서 계속된다.

[0114] 블록(514)에서, 타겟 거리 교정 상수는 중간 거리 교정 상수, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 제 1 중간 위치, 레퍼런스 네트워크 디바이스들의 위치들, 및 레퍼런스 네트워크 디바이스들 각각에 대한 거리에 적어도 부분적으로 기초하여 계산된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, TOA2 초기값 계산 유닛(402))은 도 4의 수학적 식 13a 내지 13e를 참조하여 상술한 바와 같이, 타겟 거리 교정 상수(406)를 계산할 수 있다. TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 타겟 거리 교정 상수(406)를 추정하기 위해 다른 적합한 기법들을 사용할 수 있다는 것에 유의한다. 그 후, 타겟 거리 교정 상수(406)는 블록(518)에서 설명되는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 반복적으로 추정하는 제 2 도달 시간(TOA2) 포지셔닝 알고리즘에 대한 입력 파라미터로서 사용될 수 있다. 흐름은 블록(516)에서 계속된다.

[0115] 블록(516)에서, 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 제 2 중간 위치는 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 제 1 중간 위치 및 레퍼런스 네트워크 디바이스들의 위치들에 적어도 부분적으로 기초하여 결정된다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, TOA2 초기값 계산 유닛(402))은 도 4의 수학적 식 14a 내지 14c에 따라 상술한 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)를 계산할 수 있다. TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)를 결정하기 위해 다른 적합한 기법들을 사용할 수 있다는 것에 유의한다. 그 후, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 제 2 중간 위치(408)는 블록(518)에서 설명되는 바와 같이, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 반복적으로 추정하는 TOA2 포지셔닝 알고리즘에 대한 입력 파라미터로서 제공될 수 있다. 흐름은 블록(518)에서 계속된다.

[0116] 블록(518)에서, TOA2 포지셔닝 알고리즘은 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 제 2 중간 위치 및 타겟 거리 교정 상수에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 추정된 위치를 계산하기 위해 반복적으로 실행된다. 예를 들어, 도 4의 수학적 식 15 내지 수학적 식 22를 참조하여 상술한 바와 같이, 위치 계산 유닛(110)(예를 들어, TOA2 포지셔닝 유닛(404))은 (블록(516)에서 결정된) 알려지지 않은 네트워크 디바이스의 제 2 중간 위치, (블록(514)에서 결정된) 타겟 거리 교정 상수, 및 레퍼런스 네트워크 디바이스들의 위치들에 적어도 부분적으로 기초하여 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치(410)를 계산하기 위해 테일러 시리즈 기반 TOA2 포지셔닝 알고리즘의 다중 반복들을 실행할 수 있다. TOA2 초기값 계산 유닛(402)은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 추정된 위치(410)를 결정하기 위해 다른 적합한 기법들을 사용할 수 있다는 것에 유의한다. 블록(518)으로부터, 흐름은 종료한다.

[0117] 도 1 내지 도 6이 실시예들의 이해를 보조하는 것으로 여겨지는 예들이고 실시예들을 제한하거나 청구항들의 범위를 제한하기 위해 사용되어서는 안된다는 것을 이해해야 한다. 실시예들은 추가의 동작들, 보다 적은 동작들, 상이한 순서의 동작들, 병행 동작들, 및 일부 동작들을 상이하게 수행할 수도 있다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)이 다중의 RTT 측정치들 및 다중의 거리 측정치들을 (각 레퍼런스 WLAN 디바이스에 대해) 결정할 수 있다는 것에 유의한다. 예를 들어, 위치 계산 유닛(110)은 미리 결정된 수의 제어 메시지들을 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 송신할 수 있고 대응하는 수의 응답 제어 메시지들을 수신할 수 있다. 따라서,

위치 계산 유닛(110)은 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)와 연관된 미리 결정된 수의 RTT 측정치들을 계산할 수 있다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)은 후속 동작들을 위해 평균 RTT 값을 결정하고 사용할 수 있다. 다른 구현들에서, 위치 계산 유닛(110)은 RTT 측정치들 각각에 대해, 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 대한 거리를 결정할 수 있고, 후속 동작들을 위해 레퍼런스 WLAN 디바이스(104)에 대한 평균 거리를 결정하고 사용할 수 있다.

[0118] [0085] 도면들이 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 추정하기 위해 본원에 설명한 동작들을 실행하는 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)를 참조하지만, 실시예들은 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예들에서, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 결정하는 기능이 하나 또는 그 초과와 다른 적합한 전자 디바이스들에 의해 실행될 수 있다. 일부 구현들에서, 레퍼런스 WLAN 디바이스들, 중앙 서버, 및/또는 다른 적합한 전자 디바이스 중 하나 또는 그 초과와 같은 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 결정하는 동작들 중 일부/모두를 실행할 수 있다. 예를 들어, 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)는 레퍼런스 WLAN 디바이스들(102, 106, 108, 및 112) 각각과 연관된 RTT를 결정할 수 있으며, RTT 값들을 중앙 서버(또는 프로세싱이 오프로딩된 다른 디바이스)에 제공할 수 있다. 그 후, 중앙 서버는 (도 1 내지 도 6에 의해 설명한 바와 같은) 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)의 위치를 계산할 수 있고 계산된 위치를 알려지지 않은 WLAN 디바이스(102)에 통신할 수 있다.

[0119] [0086] 실시예들은 완전히 하드웨어 실시예, (펌웨어, 상주 소프트웨어, 마이크로-코드 등을 포함하는) 소프트웨어 실시예 또는 본원에서 "회로", "모듈", 또는 "시스템"으로서 일반적으로 모두 지칭할 수도 있는 소프트웨어와 하드웨어 양상들을 조합한 실시예의 형태를 취할 수도 있다. 또한, 본 발명의 청구 대상의 실시예들은 컴퓨터 사용가능 프로그램 코드가 수록되어 있는 표현의 임의의 유형의 매체에 수록된 컴퓨터 프로그램 물건의 형태를 취할 수도 있다. 설명한 실시예들은 모든 상상할 수 있는 변형이 본원에 열거되지 않기 때문에, 현재 설명되든 되지 않든지, 실시예들에 따른 프로세스를 수행하기 위해 컴퓨터 시스템(또는 다른 전자 디바이스(들))을 프로그래밍하기 위해 사용될 수도 있는 명령들이 저장되어 있는 머신 판독가능 매체를 포함할 수도 있는 컴퓨터 프로그램 물건 또는 소프트웨어로서 제공될 수도 있다. 머신 판독가능 매체는 머신(예를 들어, 컴퓨터)에 의해 판독가능한 형태(예를 들어, 소프트웨어, 프로세싱 애플리케이션)로 정보를 저장하거나 송신하는 임의의 메커니즘을 포함한다. 머신 판독가능 매체는 머신 판독가능 저장 매체, 또는 머신 판독가능 신호 매체일 수도 있다. 머신 판독가능 저장 매체는 예를 들어, 자기 저장 매체(예를 들어, 플로피 디스켓); 광 저장 매체(예를 들어, CD-ROM); 광자기 저장 매체; 판독 전용 메모리(ROM); 랜덤 액세스 메모리(RAM); 소거가능한 프로그래머블 메모리(예를 들어, EPROM 및 EEPROM); 플래시 메모리; 또는 전자 명령들을 저장하는데 적합한 다른 타입의 유형의 매체를 포함할 수도 있지만, 이에 제한되지 않는다. 머신 판독가능 매체는 컴퓨터 판독가능 프로그램 코드가 수록되어 있는 전파된 데이터 신호, 예를 들어, 전기, 광학, 음향, 또는 다른 형태의 전파된 신호(예를 들어, 캐리어 파들, 적외선 신호들, 디지털 신호들 등)를 포함할 수도 있다. 머신 판독가능 신호 매체상에 수록된 프로그램 코드는 유선, 무선, 광섬유 케이블, RF, 또는 다른 통신 매체를 포함하지만, 이에 제한되지 않는 임의의 적합한 매체를 사용하여 송신될 수도 있다.

[0120] [0087] 실시예들의 동작들을 수행하는 컴퓨터 프로그램 코드는 Java, Smalltalk, 또는 C++ 등과 같은 객체 지향 프로그래밍 언어 및 "C" 프로그래밍 언어 또는 유사한 프로그래밍 언어들과 같은 종래의 절차형 프로그래밍 언어들을 포함하는 하나 또는 그 초과와 프로그래밍 언어들의 임의의 조합으로 기록될 수도 있다. 프로그램 코드는 사용자의 컴퓨터상에서 전체적으로, 사용자의 컴퓨터상에서 부분적으로, 독립형 소프트웨어 패키지로서, 사용자의 컴퓨터상에서 부분적으로 그리고 원격 컴퓨터상에서 부분적으로, 또는 원격 컴퓨터 또는 서버상에서 전체적으로 실행될 수도 있다. 후자의 시나리오에서, 원격 컴퓨터는 로컬 영역 네트워크(LAN), 개인 영역 네트워크(PAN), 또는 광역 네트워크(WAN)를 포함하는 임의의 타입의 네트워크를 통해 사용자의 컴퓨터에 접속될 수도 있거나, 이 접속은 (예를 들어, 인터넷 서비스 제공자를 사용하여 인터넷을 통해) 외부 컴퓨터에 대해 이루어질 수도 있다.

[0121] [0088] 도 7은 무선 통신 네트워크에서 전자 디바이스의 위치를 결정하는 메커니즘을 포함하는 전자 디바이스(700)의 일 실시예의 블록도이다. 일부 구현들에서, 전자 디바이스(700)는 랩탑 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 넷북, 모바일 폰, 스마트 기구, 게임 콘솔, 또는 무선 통신 능력들을 포함하는 다른 전자 시스템들 중 하나일 수도 있다. 전자 디바이스(700)는 (가능하면, 다중의 프로세서들, 다중의 코어들, 다중의 노드들을 포함하고 그리고/또는 멀티-쓰레딩 등을 구현하는) 프로세서 유닛(702)을 포함한다. 전자 디바이스(700)는 메모리 유닛(706)을 포함한다. 메모리 유닛(706)은 시스템 메모리(예를 들어, 캐시, SRAM, DRAM, 제로 커패시터 RAM, 트윈 트랜지스터(Twin Transistor) RAM, eDRAM, EDO RAM, DDR RAM, EEPROM, NRAM, RRAM, SONOS, PRAM 등 중 하나 또는 그

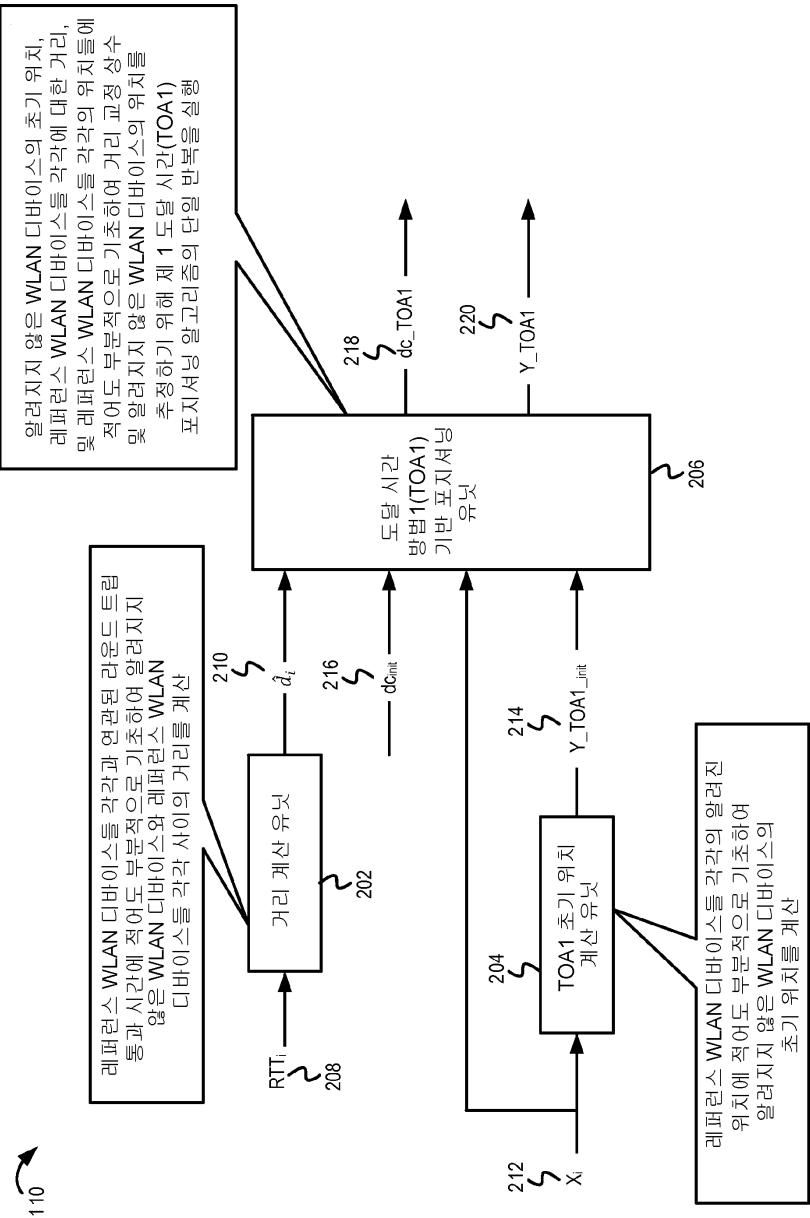
초과의 것) 또는 머신 판독가능 매체의 이미 상술한 가능한 실현물들 중 어느 하나 또는 그 초과의 것일 수도 있다. 전자 디바이스(700)는 버스(710)(예를 들어, PCI, ISA, PCI-Express, HyperTransport®, InfiniBand®, NuBus, AHB, AXI 등), 및 무선 네트워크 인터페이스(예를 들어, WLAN 인터페이스, Bluetooth® 인터페이스, WiMAX 인터페이스, ZigBee® 인터페이스, 무선 USB 인터페이스 등) 및 유선 네트워크 인터페이스(예를 들어, 전력선 통신 인터페이스, 이더넷 인터페이스 등) 중 적어도 하나를 포함하는 네트워크 인터페이스들(704)을 또한 포함한다.

[0122] [0089] 전자 디바이스(700)는 통신 유닛(708)을 또한 포함한다. 통신 유닛(708)은 위치 계산 유닛(712)을 포함한다. 일부 구현들에서, 위치 계산 유닛(712)은 도 1 내지 도 3을 참조하여 상술한 바와 같이, 전자 디바이스(700)의 계산된 초기 위치, 전자 디바이스(700)와 복수의 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각 사이의 거리, 및 복수의 레퍼런스 WLAN 디바이스들 각각의 위치에 적어도 부분적으로 기초하여 전자 디바이스(700)의 위치를 추정하기 위해 제 1 TOA 포지셔닝 알고리즘의 단일 반복을 실행할 수 있다. 다른 구현들에서, 위치 계산 유닛(712)은 도 1 및 도 4 내지 도 6을 참조하여 상술한 바와 같이, 전자 디바이스(700)의 위치를 추정하기 위해 하이브리드 TOA 포지셔닝 알고리즘을 실행할 수 있다. 이들 기능들 중 어느 하나가 하드웨어 및/또는 프로세서 유닛(702)에서 부분적으로(또는 전체적으로) 구현될 수도 있다. 예를 들어, 기능은 주문형 집적 회로로, 프로세서 유닛(702)에서 구현된 로직으로, 주변 디바이스 또는 카드상의 코-프로세서 등으로 구현될 수도 있다. 또한, 실현물들은 도 7에 예시하지 않은 몇몇의 또는 추가의 컴포넌트들(예를 들어, 비디오 카드들, 오디오 카드들, 추가 네트워크 인터페이스들, 주변 디바이스들 등)을 포함할 수도 있다. 프로세서 유닛(702), 메모리 유닛(706), 및 네트워크 인터페이스들(704)은 버스(710)에 커플링된다. 버스(710)에 커플링되는 것으로 예시되어 있지만, 메모리 유닛(706)은 프로세서 유닛(702)에 커플링될 수도 있다.

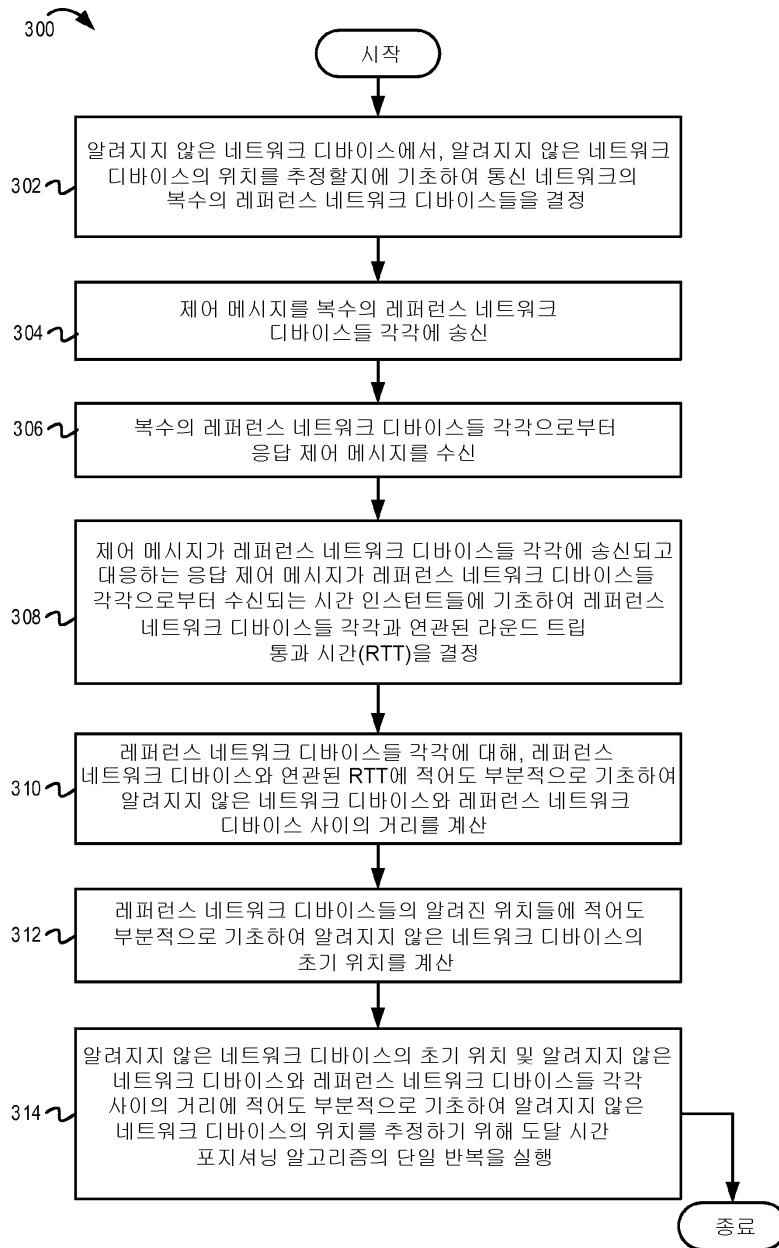
[0123] [0090] 실시예들을 다양한 구현들 및 개발들을 참조하여 설명하였지만, 이들 실시예들이 예시적이고 본 발명의 청구 대상의 범위가 이들에 제한되지 않는다는 것이 이해될 것이다. 일반적으로, 본원에 설명한 바와 같은 TOA 기반 포지셔닝 시스템에 대한 기법들 또는 하이브리드 TOA 기반 포지셔닝 시스템에 대한 기법들은 임의의 하드웨어 시스템에 따른 설비들 또는 하드웨어 시스템들로 구현될 수도 있다. 많은 변동물들, 변형물들, 추가물들, 및 개선물들이 가능하다.

[0124] [0091] 복수의 인스턴스들이 단일 인스턴스로서 본원에 설명한 컴포넌트들, 동작들, 또는 구조들에 대해 제공될 수도 있다. 최종으로, 다양한 컴포넌트들, 동작들, 및 데이터 스토어들 사이의 경계들은 다소 임의적이고, 특정한 동작들이 특정한 예시적인 구성들의 맥락에서 예시된다. 기능의 다른 배치들이 고려되고, 본 발명의 청구 대상의 범위 내에 있을 수도 있다. 일반적으로, 예시적인 구성들에서 개별 컴포넌트들로서 제공된 구조들 및 기능은 조합된 구조 또는 컴포넌트로서 구현될 수도 있다. 유사하게는, 단일 컴포넌트로서 제공된 구조들 및 기능은 개별 컴포넌트들로서 구현될 수도 있다. 이들 및 다른 변동물들, 변형물들, 추가물들, 및 개선물들은 본 발명의 청구 대상의 범위내에 있을 수도 있다.

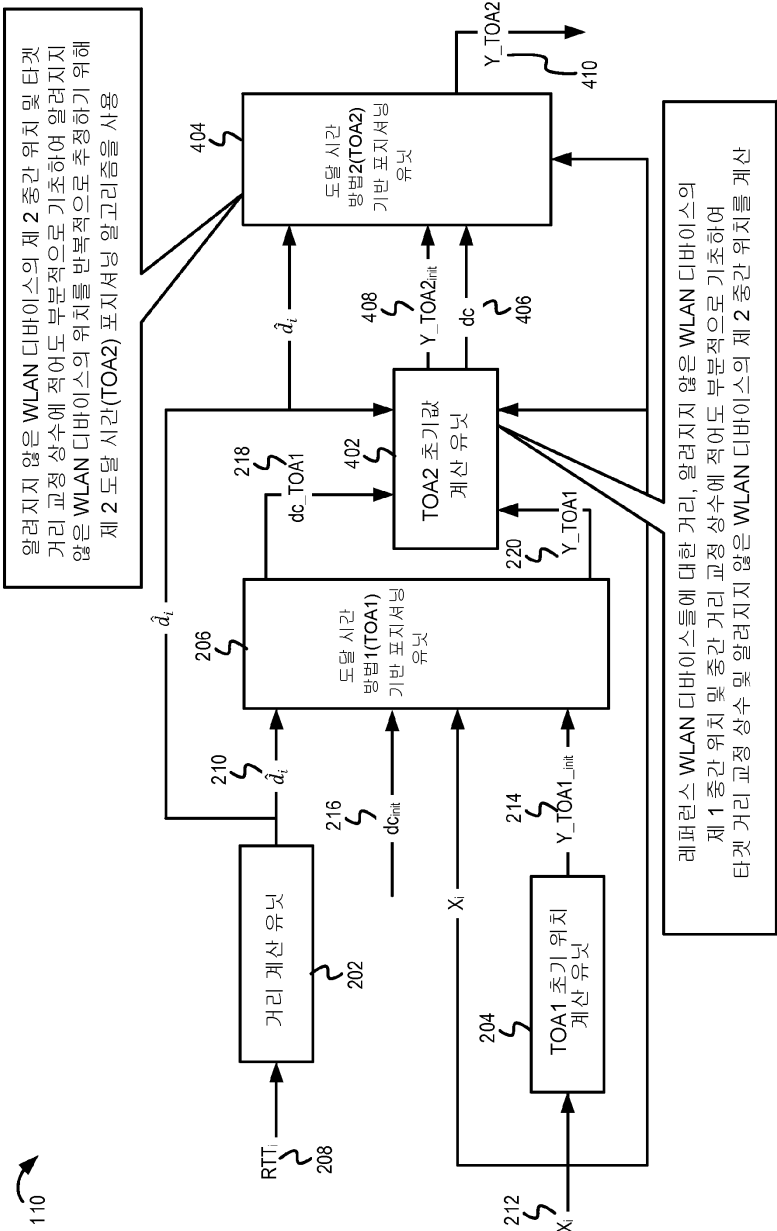
도면2



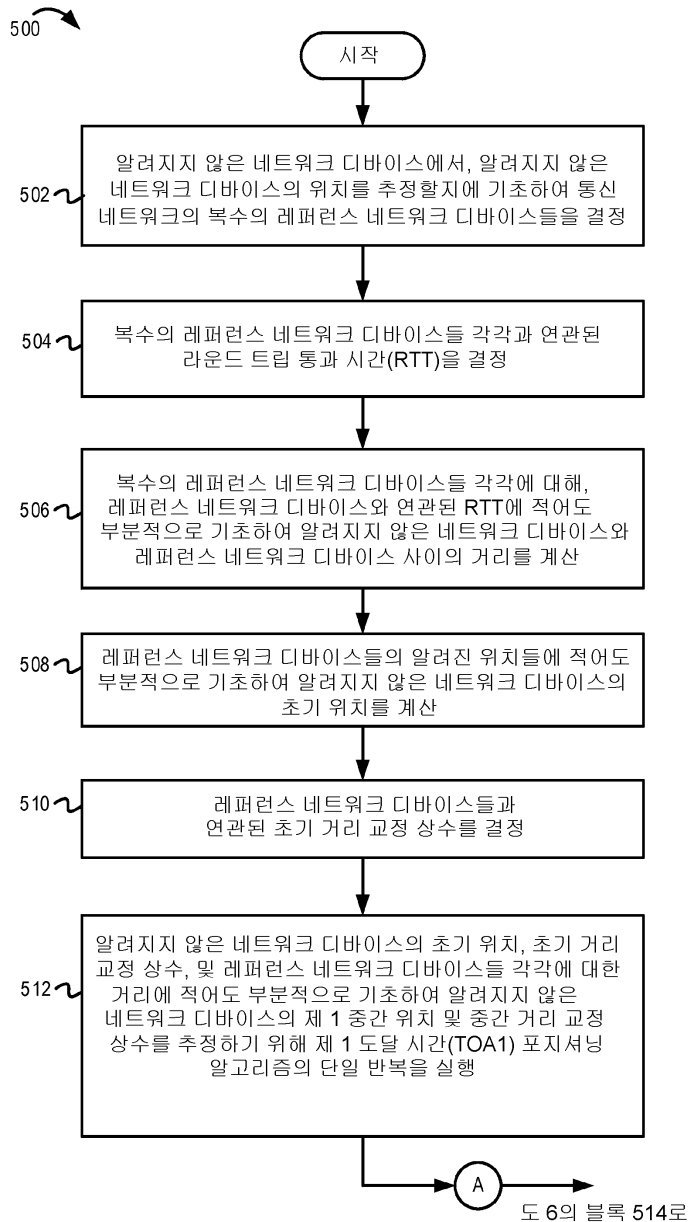
도면3



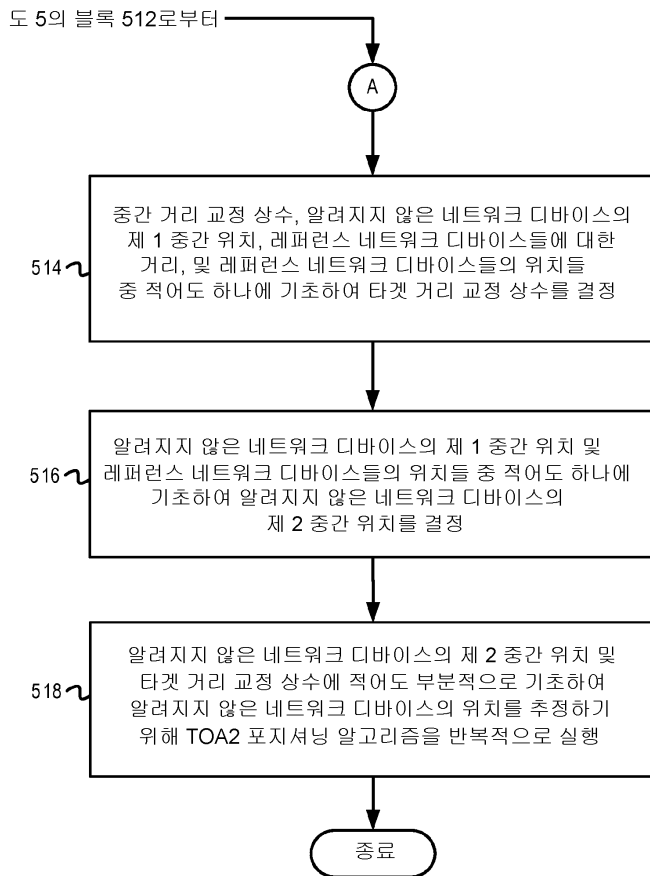
도면4



도면5



도면6



도면7

