



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년10월13일  
(11) 등록번호 10-0987615  
(24) 등록일자 2010년10월07일

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009.01) H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7026802

(22) 출원일자(국제출원일자) 2007년08월02일

심사청구일자 2008년10월31일

(85) 번역문제출일자 2008년10월31일

(65) 공개번호 10-2009-0007574

(43) 공개일자 2009년01월19일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/075082

(87) 국제공개번호 WO 2008/017032

국제공개일자 2008년02월07일

(30) 우선권주장

11/832,547 2007년08월01일 미국(US)

60/821,378 2006년08월03일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020030060195 A\*

KR1020040042648 A\*

US20060160545 A1

US6266014 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시키가이샤 엔티티 도쿄도

일본 도쿄도 치요다쿠 나가타초 2초메 11반 1고

(72) 발명자

구벤크 이스마일

미국 95051 캘리포니아주 산타 클라라 플로라 비스타 애비뉴 3614아파트먼트 270

총 차친

미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 피츠패트릭웨이 4048

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 11 항

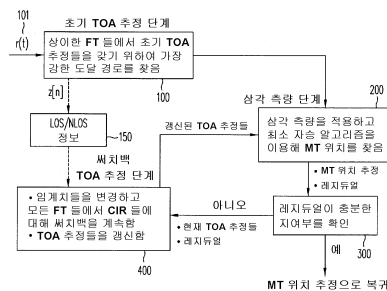
심사관 : 성인구

(54) 수신된 신호들의 도달 시간과 단말기 위치를 통합적으로 추정하는 반복적인 방법

(57) 요약

위치 추정 시스템의 NLOS 효과들을 완화하는 방법은 다중경로 채널 특성들과 이동 네트워크로부터의 정보 모두를 이용한다. 이 방법은 수신된 신호들의 제 1 도달 경로와 단말기 위치를 반복적으로 추정하고, 제 1 도달 경로의 추정을 개선하는 단말기 위치의 추정, 및 이의 역을 갖는다. 초기에, 피크 선택 방법은 다수의 상이한 고정 단말기들 (FT) 각각에서 수신된 신호에 대한 대략적인 도달 시간 (TOA) 을 결정한다. 이후, (예를 들어, 최소-자승 (LS) 알고리즘에 기초한) 이동 유닛의 위치의 추정을 제공한다. 레지듀얼 에러가 불충분한 경우, 수신된 신호들 중 가장 강한 경로로부터 뒤로 탐색하는 써치-백 알고리즘을 이용하여 TOA 를 개선한다. 이동 단말기의 위치의 추정을 개선하도록 새로운 TOA 를 이용한다. 또한, 추정된 제 1 경로의 정확도를 보다 크게 하기 위하여 써치-백 알고리즘의 파라미터들 (예를 들어, 써치-백 임계치) 을 변경할 수도 있다. 제 1 도달 경로 추정 및 위치 추정은 수렴 (예를 들어, 레지듀얼이 허용 오차 내에 존재함) 할 때까지나 임계치들의 설정에 의해 일반적으로 제어되는 종료 조건에 도달될 때까지 반복된다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

이동 유닛으로부터 복수의 고정 단말기들에 수신된 신호들에 기초하여 이동 유닛의 위치를 추정하는 방법으로서,

(a) 각각의 고정 단말기에서 수신된 신호에 대한 도달 시간 (time-of-arrival) 을, 상기 각각의 고정 단말기에서 결정하는 단계;

(b) 상기 고정 단말기들에서 결정된 상기 도달 시간들에 기초하여, 상기 이동 유닛의 위치의 추정을 제공하는 단계; 및

(c) 상기 고정 단말기들의 공지된 위치들과 함께 상기 이동 유닛의 위치의 추정과 관련하는 에러를 각각 나타내는 레지듀얼들을 이용하여 상기 이동 유닛의 위치의 추정이 미리 결정된 임계치 내에서 정확한지 여부를 결정하는 단계를 포함하고,

상기 이동 유닛의 위치의 추정이 미리 결정된 임계치 내에서 정확한 경우, 상기 이동 유닛의 위치의 추정을 채택하는 단계; 및

상기 이동 유닛의 위치의 추정이 미리 결정된 임계치 내에서 정확하지 않은 경우, 상기 도달 시간을 변경하고, 상기 단계 (b) 와 상기 단계 (c) 를 반복하는 단계를 더 포함하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 도달 시간을 변경하는 단계는, 씨치-백 (search-back) 알고리즘에 기초하여 각각의 도달 시간을 추정하는 단계를 포함하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 씨치-백 알고리즘은 씨치-백 파라미터 임계치와 대조하여 각각의 고정 단말기에서의 상기 수신된 신호의 신호 강도를 비교하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 씨치-백 파라미터 임계치는 상기 고정 단말기에서 수신된 신호가 가시선 (line-of-sight) 인지 여부의 결정으로부터 유도된 정보에 의존하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 씨치-백 파라미터 임계치는 상기 이동 유닛의 위치의 추정의 정확도를 결정할 때에 사용되는 미리 결정된 임계치에 의존하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 씨치-백 알고리즘은, 소정 샘플이 상기 씨치-백 파라미터 임계치보다 크고, 상기 소정 샘플에 선행하는 모든 샘플들이 상기 씨치-백 파라미터 임계치보다 작은 경우, 상기 도달 시간으로서 상기 소정 샘플에 대응하는 시간을 제공하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

## 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 이동 유닛의 위치의 추정 시, 3 개 이상의 고정 단말기들에서 수신된 신호의 도달 시간들이 이용되는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

## 청구항 9

제 8 항에 있어서,

각 그룹이 3 개 이상의 고정 단말기들을 갖는, 고정 단말기들의 상이한 그룹들의 도달 시간들을 이용하여 상기 이동 유닛의 위치의 연속적인 추정들을 제공하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

## 청구항 10

제 1 항에 있어서,

각각의 고정 단말기에서 수신된 신호에 대한 도달 시간은 초기에 가장 강한 신호 컴포넌트의 도달 시간으로서 제공되는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

## 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 가장 강한 신호 컴포넌트는 피크 검출기를 이용하여 검출되는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 피크 검출기는 정합된 필터 또는 에너지 검출기로부터 출력된 신호의 에너지를 검출하는, 이동 유닛의 위치 추정 방법.

## 명세서

[0001]

Ismail Guvenc

[0002]

Chia-Chin Chong

[0003]

## 관련 출원

[0004]

본 출원은 2006년 08월 03일자로 출원된 미국 가출원 특허 제 60/821,378 호와 2007년 08월 01일자로 출원된 미국 특허 출원 제 11/832,547 호에 관한 것이고 이들을 우선권으로 주장하며, 이들 모두는 본 명세서에서 참조로서 포함된다. US 지정의 경우, 본 출원은 상기 언급된 미국 특허 출원 제 11/832,547 호의 계속 출원이다.

[0005]

## 발명의 배경

[0006]

### 1. 발명의 분야

[0007]

본 발명은 무선 위치 측정 (localization) 에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 비-가시선 (NLOS: non-line-of-sight) 조건들 하에서 도달 시간 (TOA: time-of-arrival) 기술을 이용하여 이동 단말기의 위치를 추정하는 것에 관한 것이다.

[0008]

### 2. 관련기술

[0009]

많은 위치-기반 서비스들은 정확한 무선 위치 확인 (positioning) 및 위치 측정 때문에 가능하다. 수신된 신호 강도 (RSS: received signal strength), 도달 각도 (AOA: angle of arrival), 도달 시간 (TOA: time of arrival), 및 도달 시간차 (TDOA: time difference of arrival) 에 기초한 방법들은 단말기의 위치를 추정하는 방식들로서 가장 일반적으로 사용된다.

[0010]

NLOS 조건들은 TOA 에 기초하는 이동 위치 확인 기술의 성능에 상당한 영향을 미친다. 단말기와 기지국 (BS: base station) 간의 가시선이 방해되어 있는 경우에는, 수신된 신호에 지연 ("NLOS 바이어스") 를 가이드

한다. 심지어 하나 또는 소수의 NLOS 기지국들은 위치 측정 정확도를 상당히 열화시킬 수도 있으며, 이로써 NLOS 효과의 완화가 중요하다. NLOS 기지국들의 효과를 완화시키는 하나의 방법은 그들을 식별하고 위치 측정 동작으로부터 그들을 배제시키는 것이다. 그러나, 위치 측정에 이용가능한 기지국들의 수가 한정되는 경우, NLOS 기지국들을 배제하고 위치 측정에 대한 요건들을 여전히 충족하는 것이 불가능할 수도 있다. 위치 측정은 2-차원 (2-D) 위치 측정을 위해 3 개 이상의 BS 들을 요구하고, 3-차원 (3-D) 위치 측정을 위해 최소 4 개의 BS 들을 요구한다.

[0011] NLOS 바이어스에 더하여, 위치 측정 부정확도는 제 1 도달 경로의 불량 또는 불완전한 추정으로부터 기인할 수도 있다. 통상, TOA 를 추정하기 위하여, 탐색은 가장 강한 경로로부터 개시되고, 미리 정의된 임계치에 대조하여 샘플들을 테스트하여 역방향으로 계속한다. 이 써치-백 (search-back) 알고리즘은 제 1 경로보다 후속한 경로에 고정되어 추가적인 바이어스를 가이드할 수도 있다. 제 1 도달 경로 추정 기술들은 예를 들어, (a) 2003년 09월 18일자로 공개되고 발명의 명칭이 "Determining a Time of Arrival of a Sent Signal," 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2003/0174086 호, (b) 2000년 04월 25일자로 등록되고 발명의 명칭이 "Ultra Wideband Precision Geolocation System," 인 미국 특허 제 6,054,950 호; (c) 2004년 11월 15일자로 출원되고 발명의 명칭이 "Method for estimating time of arrival of received signals for ultra wide band impulse radio systems" 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2006/0104387 호; (d) 2001년 07월 26일자로 출원되고 발명의 명칭이 "First-arriving-pulse detection apparatus and associated methods", 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2003/0025631 호; 및 2004년 02월 18일자로 출원되고 명칭이 "Ranging and positioning system, ranging and positioning method, and radio communications apparatus", 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2004/0235499 호에 개시되어 있다.

[0012] 일단 상이한 기지국들에서 수신된 신호들의 TOA 들을 획득하면, 최소 자승 (LS:least square) 알고리즘이나 최대 우도 (ML: maximum likelihood) 알고리즘과 같은 잘 알려진 알고리즘을 이용하여 단말기 위치를 추정한다. NLOS 효과들은 단말기 위치의 추정 시 정확도에 악영향을 미친다. 이동 네트워크로부터의 정보를 이용 (및 채널 통계들을 무시) 하여 NLOS 효과를 완화하는 다양한 기술들을 개발해 왔다. 모든 기지국들이 가시선 내에 있다면, 레지듀얼 위치 측정 에러들은 작다. 그러나, NLOS 기지국이 하나만이라도 존재하는 경우, 레지듀얼 에러는 NLOS 바이어스에 의존하여 상당히 증가할 수도 있다. 따라서, 레지듀얼 에러는 NLOS 기지국들의 존재를 검출하고 그들의 효과를 완화하도록 사용될 수도 있다. 2002년 12월 30일자로 출원되고 발명의 명칭이 "Method for Correcting NLOS Error in Wireless Positioning System" 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2004/0127228 호에서는, 이동 통신 네트워크를 이용한 NLOS 효과와 완화 기술들을 개시한다.

[0013] "A Non-Line-of-Sight Error Mitigation Algorithm in Location Estimation", by P.Chen, published in *Proc. IEEE Wireless Commun. Networking Conf. New Orleans, LA*, pp. 316-320, vol. 1, Sept. 1999 인 아티클에서는 TOA 정보와 이동 네트워크를 이용하여 NLOS 신호들을 억제하는 기술을 개시한다. 그 기술은 수신된 다중 경로 신호로부터 NLOS 식별이 가능하지 않고, 기지국의 수가 요구된 최소값보다 크다고 가정한다. 이 아티클은 기지국들의 상이한 조합들을 이용하여 위치 추정들을 획득하고, 여기서 이후 그 대응하는 레지듀얼의 역으로 가중되어 최종 위치 추정을 획득하는 것을 더 개시한다.

[0014] 2006년 06월 15일자로 공개되고 발명의 명칭이 "System and Method for Enhancing the Accuracy of a Location Estimate" 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2006/0125695 호에서는, "위치 추정의 연속적인 개선들과 병행하여 수신국 측정들과 연관된 가중치 매트릭스의 가중치들을 변경하는 위치 추정의 정확도를 향상" 하기 위한 일반적인 프레임워크를 개시한다. 일 구현에서는, 레지듀얼들로부터 가중치들을 획득한다. 다중경로로 수신된 신호들에 대한 통계로부터의 정보를 사용하지 않는다.

[0015] 다양한 페이퍼들은 수신된 신호의 TOA 의 통계적인 분포를 이용한 NLOS 식별을 위한 기술들을 개시한다. 통상 단말기가 이동 중에 있는 것으로 가정하는 이러한 기술들은 NLOS 식별을 위한 필요한 통계를 정확하게 포착하는데 많은 수의 측정들을 요구한다. 그러나, 정적인 단말기의 경우, 이러한 기술들은 신뢰성이 높은 식별을 제공하지 않을 수도 있고, 수신된 신호의 다중경로 통계를 사용해야 한다. CDMA (code division multiple access) 시스템에서 다중경로로 수신된 신호들을 이용한 NLOS 식별은 2002년 12월 29일자로 출원되고 발명의 명칭이 "a Method distinguishing line of sight (LOS) from non-line-of-sight (NLOS) in CDMA mobile communication system" 인 유럽 특허 출원 공개 공보 EP 1,469,685 호에 개시된다. 이 특허 출원에서는, 로컬 최대 경로에 대한 최대 경로의 전력비가 미리-정의된 임계치보다 크고, 동시에 제 1 경로와 최대 경로 사이의 도달 시간차가 주어진 시간 간격보다 작은 경우 LOS 채널로서 채널을 식별한다.

- [0016] 2005년 06월 08일자로 출원되고 발명의 명칭이 "Wireless Positioning Approach Using Time Delay Estimates of Multipath Components" 인 미국 특허 출원 공개 공보 제 2005/0281363 호에서는, 제 1 도달 신호들뿐만 아니라, NLOS 전파에 따라 생성되는 제 2 도달 신호와 후속 도달 신호들도 관심 위치에 관한 정보를 전하는 것을 본다. 따라서, 제 1 도달 컴포넌트들에 따라서 모든 이용가능한 다중경로 컴포넌트들을 처리하여 위치 확인 정확도를 개선할 수도 있다.
- [0017] 이들 종래 기술들은 이동 통신 네트워크를 이용하여 삼각 측량 스테이지에서나 수신된 신호 자체로부터 직접 NLOS 효과들을 식별하고 완화한다. 통상, 삼각 측량은 2 개의 독립된 단계로 달성된다; 1) 각각의 단말기와 기지국 링크에 대응하는 다중경로로 수신된 신호들로부터 TOA 들을 추정하는 단계와, 2) 추정된 TOA 들에 기초하여, 단말기 위치에 대한 최소-자승 해를 획득하는 단계. TOA 들의 추정 후에 수신된 신호들에 관한 정보를 배제하고, 삼각 측량 단계로 TOA 추정들만을 전달하는 것을 주목하라. 그러나, 상술한 미국 특허 출원 공개 공보 제 2005/0281363 호에 기재된 바와 같이, 수신된 신호의 다중경로 컴포넌트들은 단말기와 기지국 링크의 LOS 특성들이나 NLOS 특성들에 관한 정보를 전달한다. NLOS 유도된 경로 길이들의 선형적인 확률 밀도 함수가 이용가능한 경우, 단말기 위치의 사후 최대 (MAP: maximum a posteriori) 추정을 획득하도록 확률 밀도 함수를 사용할 수도 있다. 이동 통신 네트워크와 수신된 신호 자체 모두로부터의 정보를 이용하여 NLOS 효과들을 반복적으로 완화시키는 어떤 종래 기술도 알지 못한다. 수신된 신호의 다중경로 통계로부터 유도된 정보를 이용하여 NLOS 효과들을 완화하는 것은 이동 네트워크만에 의존하는 기술들에 비하여 위치 측정 시스템들의 정확성을 현저하게 개선할 수도 있다.
- [0018] 종래 기술의 해들은 종종 제 1 경로 도달 시간의 불완전한 추정의 효과를 고려하는데 실패한다. NLOS 효과 때문에 수신된 신호의 실제 제 1 경로와 TOA 간의 바이어스에 더하여, 실제 제 1 경로와 추정된 제 1 경로 간의 오프셋이 존재할 수도 있다. 그 오프셋은 제 1 도달 경로와 가장 강한 경로 간의 지연이 큰 극단적인 NLOS 조건들에서 더욱 분명하게 된다.
- [0019] **발명의 요약**
- [0020] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 다양한 고정 단말기들 (FTs: fixed terminals) 에서 수신된 신호들에 기초한 이동 유닛의 위치를 추정하는 방법이 제공된다. 그 방법은 FT 들에서 수신된 신호들에 대한 도달 시간을 결정하는 단계와 도달 시간에 기초한 이동 유닛의 위치의 추정을 제공하는 단계를 포함한다. 이동 유닛의 위치의 추정이 미리 결정된 임계치 내에서 정확하지 않으면, 그 방법은 도달 시간을 반복적으로 변경하여 정확한 표준 또는 표준들 내에 추정이 있을 때까지 이동 유닛의 위치의 추정들을 반복한다.
- [0021] 일 실시형태에서, 씨치-백 알고리즘을 이용하여 도달 시간을 변경한다. 씨치-백 알고리즘은 씨치-백 파라미터 임계치에 대해서 각각의 FT 에서 수신된 신호의 신호 강도를 비교한다. 씨치-백 파라미터 임계치는 FT 에서 수신된 신호가 가시선에 있는지 여부의 결정으로부터 유도된 정보에 의존할 수도 있다. 또한, 씨치-백 파라미터 임계치는 이동 유닛의 위치의 추정의 정확도를 결정할 때 사용되는 미리 결정된 임계치에 의존할 수도 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 그 방법은 이동 유닛의 위치의 추정 시 3 개 이상의 FT 들에서 수신된 신호들의 도달 시간을 이용한다. 이동 유닛의 위치의 연속적인 추정들은 3 개 이상의 FT 들을 갖는, FT 들의 상이한 그룹들로부터 유도된 도달 시간들을 이용하여 제공된다.
- [0023] 본 발명은 첨부된 도면을 참조하여 이하의 상세한 설명에 대한 고찰을 통해 더욱 잘 이해된다.
- [0024] **도면의 간단한 설명**
- [0025] 도 1a 는 NLOS 환경 하에서 상이한 FT 들에서 수신된 신호들에 기초한 TOA 추정 및 무선 위치 확인 동작들을 수행할 수도 있는 통신 시스템을 나타낸다.
- [0026] 도 1b 는 FT 들 (10, 20, 및 30) 에서 수신된 신호들에 기초한 TOA 추정 동작을 나타낸다.
- [0027] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 반복적인 위치 확인 알고리즘을 도시하는 흐름도이다.
- [0028] 도 3 은 도 2 의 알고리즘의 단계 100 에서 가장 강한 도달 경로를 선택함을 더욱 상세히 나타내는 개략적인 블록도이다.
- [0029] 도 4 는 도 2 의 알고리즘의 삼각 측량 단계 (200) 를 더욱 상세히 나타내는 개략적인 블록도이다.



[0030] 도 5 는 도 2 의 알고리즘의 단계 400 에서 씨치-백 알고리즘을 더욱 상세히 나타내는 개략적인 블록도이다.

### [0031] 바람직한 실시형태들의 상세한 설명

[0032] 도 1a 는 NLOS 환경 하에서 상이한 FT 들에서 수신된 신호들에 기초한 TOA 추정 및 무선 위치 확인 동작들을 수행할 수도 있는 통신 시스템을 나타낸다. 도 1 에 도시된 바와 같이, FT 들 (10, 20, 및 30) 각각은 이동 단말기 (5) 로부터 수신된 그들 각각의 신호들에 대한 TOA 를 측정한다. 중앙 처리 유닛 (35) 으로 그 TOA 들을 전송하여 삼각 측량 (triangulation) 에 의해 이동 단말기 (5) 에 대한 위치를 추정한다. 다른 방법으로, 이동 단말기 (5) 는 FT 들에서의 수신된 신호에 대한 측정을 이용하여 자신의 위치를 추정한다.

[0033] 도 1b 는 FT 들 (10, 20 및 30) 에서 수신된 신호들에 기초한 TOA 추정 동작들을 나타낸다. 통상, TOA 를 측정하기 위하여, 각각의 수신기는 가장 강한 경로에 고정된다. 도 1b 에서는, 참조 부호 9 에 의해 FT 들 (10, 20 및 30) 에 대한 각각의 가장 강한 경로를 각각 나타낸다. 식별된 가장 강한 경로로부터, 각각의 수신기는 제 1 도달 경로에 대해 시간의 역방향으로 탐색한다. LOS 조건 하에서, 제 1 도달 경로 (도 1b 의 참조 부호 11 에 의해 표시됨) 는 송신기와 수신기 간의 최단 거리에 대응한다. 그러나, NLOS 조건 (즉, 송신기와 수신기 간에 장애가 존재하는) 경우에는, 제 1 도달 경로들 - 도 1b 의 참조 부호 7 에 의해 표시됨 - 은 LOS 제 1 도달 경로 (11) 이후에 도달한다. 이로써, NLOS 도달 경로는 제 1 도달 경로가 올바르게 식별되는 경우라도 TOA 추정에 포지티브 바이어스를 가이드한다. 또한, 수신기는 통상 제 1 도달 경로에 권한을 부여하도록 사용되는 임계치 값 (참조 부호 8 로 나타냄) 을 설정한다. NLOS 제 1 도달 경로 (7) 가 임계치 값보다 작은 신호 강도를 갖는 경우, 추정된 제 1 도달 경로 (참조 부호 12 로 나타냄) 는 심지어 이후의 값을 갖는다.

[0034] 종래의 시스템에서는, 선택된 임계치들을 이용하여 각각의 FT 에서 수신된 신호의 TOA 를 추정한다. TOA 추정들을 거리 추정들 (31, 32 및 33) 로 변환시킨다. 이후, 최소-자승 방식을 이용하여, 단말기 위치의 추정은 다음과 같이 모든 레지듀얼들의 제곱의 합을 최소화하는  $\mathbf{x}$  값을 선택함으로써 제공된다:

$$\hat{\mathbf{x}} = \underset{\mathbf{x}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \left[ d_i - \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\| \right]^2$$

[0036] 여기서  $d_i$  는  $i$  번째 FT 와 단말기 간의 거리이며,  $\mathbf{x}_i$  는 이용가능한  $N$  개의 기지국들에 대한  $i$  번째 FT 의 위치이다. 추정된 단말기 위치에 대한 평균 제곱 레지듀얼 에러 ("레지듀얼 (Residual)") 는 다음과 같이 표기될 수 있다

$$\text{Residual} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ d_i - \|\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x}_i\| \right]^2$$

[0038] LOS 조건 하에서, 레지듀얼은 측정 잡음과 씨치-백 에러에만 의존한다. 씨치-백 에러는 제 1 도달 경로의 부정확한 식별들로 기인한다. LOS 조건 하에서, 신호의 리딩 에지 (leading edge) 가 쉽게 식별되기 때문에, 각각의 FT 에 대해서 정확한 TOA 추정을 획득할 수도 있다. 따라서, LOS 조건 하에서, 추정된 단말기 위치는 실제 단말기 위치에 가깝다 (즉, 레지듀얼은 통상 작아 충분히 작은 평균을 가정하는 것이 잡음 분산을 감소시킨다).

[0039] 그러나, NLOS FT 가 포함되는 경우, 가이드된 NLOS 바이어스는 큰 레지듀얼을 생성한다. 상술한 바와 같이, NLOS 바이어스의 소스들은: 1) LOS TOA 와 NLOS TOA 간의 지연, 및 2) 추정된 NLOS TOA 와 실제 NLOS TOA 간의 지연을 포함한다. 본 발명은 삼각 측량 단계와 TOA 추정 단계 사이를 반복하여 이들 양 소스들로부터의 바이어스들을 완화하는데 목적이 있다. 제 2 NLOS 바이어스를 최소화하기 위하여, 적절한 임계치가 선택되어야 한다. 선택된 임계치가 너무 높으면, 제 1 도달 경로가 도달되지 않고, 제 1 도달 경로 이후에 도달하는 경로를 선택하게 된다. 반대로, 임계치를 매우 낮게 설정하는 것은 제 1 도달 경로보다 오히려 잡음 샘플을 포획하게 될 수도 있다. 본 발명은 삼각 측량 단계로부터 획득된 정보를 이용하는 반복적인 방식을 이용하여 임계치를 선택한다.

[0040] 제 1 유형의 바이어스 (즉, LOS TOA 와 NLOS TOA 간의 바이어스) 는 씨치-백 단계에서 직접 다룰 수 없다면, 삼각 측량 단계에서 다뤄질 수도 있다. 일반적으로, 다중경로로 수신된 신호들 (예를 들어, 우도 가중치의 형태) 로부터 채널 LOS 정보나 NLOS 정보를 획득할 수 있다. 이후, 삼각 측량 단계에서와 LOS 기지국들을 (중

료 조건들로서) 식별하는 써치-백 알고리즘에서 다중경로로 수신된 신호들을 이용할 수 있다.

[0041] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 반복적인 위치 확인 알고리즘을 나타내는 흐름도이다. 도 2 에 도시된 바와 같이, 각각의 FT 는 피크 선택 단계 (100) 를 이용하여 수신된 신호 (101) 의 초기 TOA 를 획득한다.

도 3 은 도 2 의 알고리즘의 단계 100 에서 가장 강한 도달 경로를 선택함을 더욱 상세히 나타내는 개략적인 블록도이다. 도 3 에 도시된 바와 같이, 단계 102 에서 수신된 신호 (101) 를 사전-필터링한다. 단계 100 에서는, 정합된 필터나 에너지 검출기 (103) 와 같은 아날로그 프론트-엔드 프로세싱 유닛을 이용하여 그 필터링된 신호를 검출할 수도 있다. 아날로그 프론트-엔드 프로세싱 유닛의 출력된 신호는 단계 104 에서 샘플링되고, 단계 105 에서 벡터  $z[n]$  로서 수집된다. 이후, 단계 106 에서, 피크 검출기 회로는 가장 강한 샘플을 선택하여 수신된 신호의 초기 TOA 추정을 제공한다.

[0042] 도 2 를 다시 참조하면, 단계 200 에서, 레지듀얼 기술들의 최소-자승, 삼각 측량 및 최소화를 이용하여 단말기의 위치를 추정하도록 초기 TOA 추정들을 사용한다. 도 4 는 도 2 의 알고리즘의 삼각 측량 단계 (200) 를 더욱 상세히 나타내는 개략적인 블록도이다. 도 4 에 도시되는 바와 같이, 단계들 (210 내지 203) 에서는, 모든 FT 들로부터의 TOA 추정들을 모은다. 단계 204 에서는, FT 들 및 기지국들의 대응하는 공지된 위치로부터의 TOA 추정들을 이용하여 단말기 위치의 최소-자승 추정을 수행한다. 상술한 바와 같이 추정된 단말기 위치를 이용하여 레지듀얼을 계산한다.

[0043] 일단 TOA 의 초기 추정을 획득하면, 단계 300 에서 미리 결정된 임계치 값과 레지듀얼을 비교한다. 레지듀얼이 충분히 작으면 (예를 들어, 모든 기지국들이 LOS 인 경우, 제 1 도달 경로가 그들 모두에서 가장 강한 경로임), 알고리즘은 종료되고 단말기의 위치는 복귀된다. 그렇지 않으면, 각 FT 에서 TOA 추정 단계를 반복한다 (단계 400). 도 5 는 도 2 의 알고리즘의 단계 400 에서의 써치-백 알고리즘을 보다 상세히 나타내는 개략적인 블록도이다. 써치-백 알고리즘은 레지듀얼 정보와, LOS 또는 NLOS 정보를 이용하여 TOA 를 추정한다. (상술한 바와 같이, 다중경로로 수신된 신호들을 기초하여 도 2 의 단계 150 에서 LOS 및 NLOS 정보를 수집한다). 사용할 수 있는 하나의 써치-백 알고리즘은 "Non-coherent TOA Estimation in IR-UWB Systems with Different Signal Waveforms", by I. Guvenc et al., published in *Proc. IEEE/CreateNet International Workshop on Ultrawideband Wireless Networking*, Boston, MA, Oct. 2005 인 아티클에 기재되어 있다. 그 알고리즘에서, 가장 강한 샘플보다 시간적으로 앞선 샘플들을 탐색한다. 도 5 에 도시된 바와 같이, 단계 403 에서, 각각의 샘플  $z[n]$ ,  $n = 1, \dots, W$  는 임계치  $\xi$  와 비교되고,  $z[W]$  를 가지고 시작한다. 샘플 값  $z[n]$  이 임계치  $\xi$  보다 크고,  $z[n]$  를 선행하는 모든 샘플이 임계치  $\xi$  보다 적을 경우, 제 1 도달 경로로서  $z[n]$  샘플을 선택한다.  $z[n]$  를 선행하는 샘플들이 임계치  $\xi$  보다 적게 되는 조건은 UWB 채널들의 다중 클러스터링 효과들을 고려한다. 그렇지 않으면, 샘플 인덱스는 증가되고 (즉,  $z[n]$  의 바로 선행하는 샘플을 다음으로 고려함), 제 1 도달 경로가 발견될 때까지 단계 403 을 반복한다.

[0044] 하나 이상의 FT 들이 NLOS 인 경우나, 써치-백 알고리즘이 모든 FT 들에 대한 리딩 에지 경로를 식별할 수 없는 경우, 삼각 측량 단계 (200) 로부터 수신된 레지듀얼은 불충분할 수도 있다. 이러한 상황들 하에서, 파라미터  $\xi$  을 갱신한 (단계 405) 후 써치-백 알고리즘을 실시하고, 수신된 신호들로부터 획득된 임의의 LOS 정보나 NLOS 정보를 포함할 수도 있다. 임계치  $\xi$  가 제 1 경로를 검출하는 때에 어떤 오경보들 (false alarms) 을 회피하도록 상대적으로 큰 값으로 선택될 수도 있다. 임계치  $\xi$  의 일 선택은, 예를 들어, 가장 강한 경로의 절반의 강도일 수도 있다. 연속적인 갱신들에 대해 고정 비율들로 임계치  $\xi$  을 감소시킬 수도 있다. 다른 방법으로, 임계치  $\xi$  은 레지듀얼 에러에 의존할 수도 있다.

[0045] 갱신된 TOA 추정들을 이용하여, 단계들 (200 및 300) 을 반복한다. TOA 추정들을 갱신하고 단말기 위치 추정을 계산하는 것 (즉, 단계 200 및 단계 300) 은 레지듀얼 에러가 충분히 작거나 정지 규칙을 만족할 때까지 반복된다.

[0046] FT 들의 갯수를 이용하여 평균 자승 레지듀얼 에러를 정규화하기 때문에, 평균 자승 레지듀얼 에러는 평균 자승 위치 측정 에러와 비견될 수 있다. 기본적인 설정들을 이용한 시뮬레이션들은 평균 자승 레지듀얼 에러가

보통 모든 LOS FT 들에 대한 평균 자승 위치 측정 에러보다 작다는 것을 나타낸다. 그러나, 임의의 기지국이 NLOS 인 경우, 레지듀얼 에러는 현저하게 증가한다. 이로써, 원하는 위치 측정 정확도 (예를 들어, 1 미터) 에 기초하여 그 레지듀얼에 대해 요구된 임계치를 설정할 수 있다.

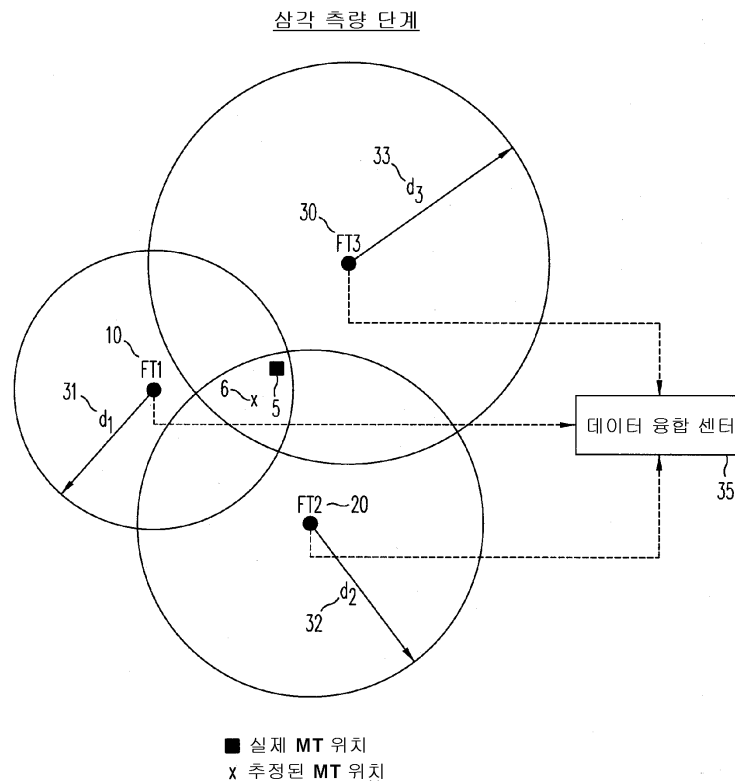
[0047] 모든 제 1 경로들이 올바르게 인식되더라도 레지듀얼이 만족하지 않을 수도 있음을 주목한다. 이후, 레지듀얼의 변화가 중대하지 않은 경우, 반복 (iteration) 을 종료시키는 샘플 정지 규칙을 이용할 수 있다.

[0048] 본 발명은 상관된 TOA 추정 단계와 삼각 측량 단계에 의해 단말기의 위치를 결정하는 장점을 갖는다. 본 발명은 다중경로 신호들 및 이동 네트워크 모두에 존재하는 정보의 장점을 취하여 NLOS 효과를 완화시킨다. 따라서, NLOS 완화를 위해 이동 네트워크만을 이용하는 시스템들과 비교하여 위치 측정 정확도를 현저하게 개선한다. 본 발명은 셀룰라 시스템, 무선 로컬 영역 네트워크, 무선 센서 네트워크, 및 위치 측정을 수행하는 기타 어떤 관련된 무선 시스템에 적용가능하다. 특히, 본 발명은 제 1 도달 경로가 협대역 시스템보다 오류-민발 (error-prone) 하기 쉬운 초광대역 시스템에 적용가능하다.

[0049] 상기 상세한 설명은 본 발명의 구체적인 실시형태들을 설명하기 위해 제공되나 한정하도록 의도되지 않는다. 본 발명의 범위 내에서 다양한 변경 및 변형들이 가능하다. 첨부된 청구범위에서는 본 발명을 설명한다.

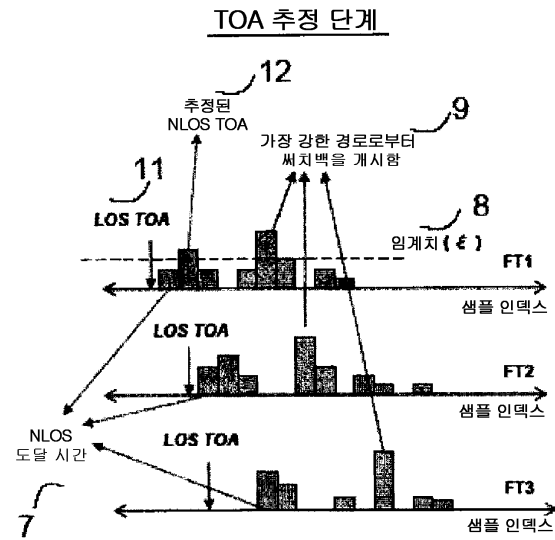
## 도면

도면1a



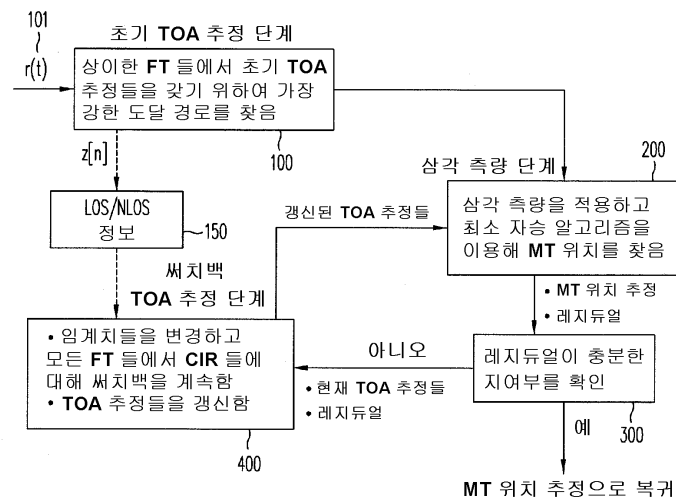


도면1b

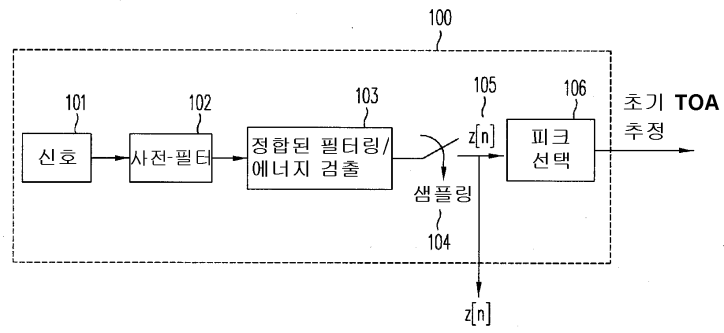


NLOS 상황에 대한 상이한 FT 들에서의 채널 임펄스 응답들과 에너지 검출기를 이용한 샘플들

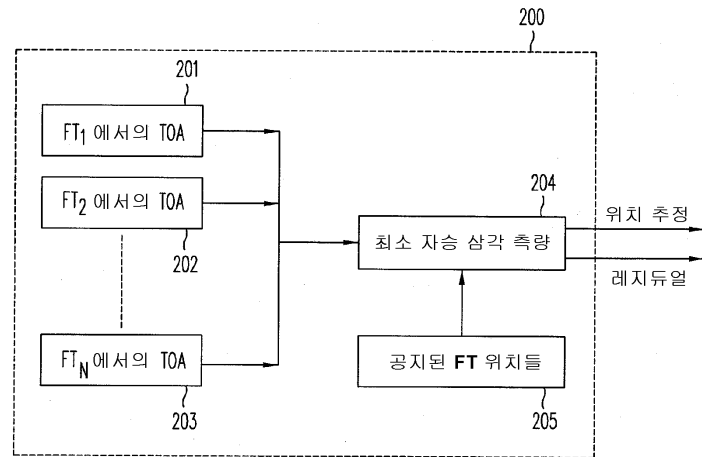
도면2



도면3



도면4



도면5

