



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월19일  
(11) 등록번호 10-1234177  
(24) 등록일자 2013년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01S 5/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0100077

(22) 출원일자 2011년09월30일

심사청구일자 2011년09월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090083105 A\*

KR1020070074400 A

KR100972081 B1

KR100789914 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

김영준

서울특별시 동대문구 약령시로3길 42, 301호 (제기동)

고영채

서울특별시 송파구 잠실로 62, 327동 702호 (잠실동, 트리지움)

(74) 대리인

김용인, 박영복

전체 청구항 수 : 총 4 항

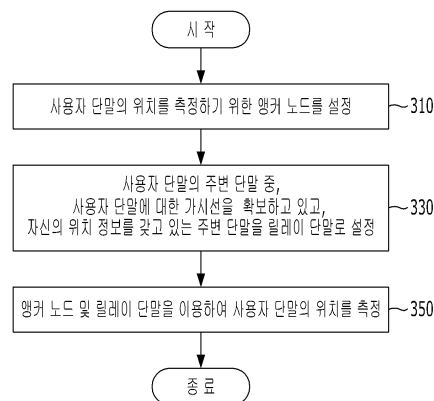
심사관 : 이현홍

(54) 발명의 명칭 사용자 단말의 위치 측정 방법

(57) 요약

본 발명은 사용자 단말의 위치 측정 방법에 관한 것이다. 이와 관련해 본 발명의 사용자 단말의 위치를 측정하는 방법은, 상기 사용자 단말의 위치를 측정하기 위한 앵커 노드를 설정하는 단계, 상기 사용자 단말의 주변 단말 중, 상기 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하는 단계, 상기 앵커 노드 및 상기 릴레이 단말을 이용하여 상기 사용자 단말의 위치를 측정하는 단계를 포함한다. 이러한 본 발명에 의하면, 사용자 단말의 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하고, 릴레이 단말을 앵커 노드와 같이 동작하게 함으로써 측위 정확도를 높일 수 있고, 가시선을 확보한 사용자 단말의 주변 단말을 릴레이 단말로 설정함으로써, 측위 과정을 간단히 하면서도 측위 오차를 줄일 수 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|        |                         |
|--------|-------------------------|
| 과제고유번호 | ST090852                |
| 부처명    | 서울특별시                   |
| 연구사업명  | 서울형산업기술개발지원사업           |
| 연구과제명  | 릴레이 기반 위치 측위 기술 개발      |
| 주관기관   | 고려대학교산학협력단              |
| 연구기간   | 2009.09.01 ~ 2011.08.31 |

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

사용자 단말의 위치를 측정하는 방법에 있어서,  
 상기 사용자 단말의 위치를 측정하기 위해 가시선을 확보한 적어도 세 개의 앵커 노드를 설정하는 단계;  
 상기 사용자 단말의 주변 단말 중, 상기 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하는 단계; 및  
 상기 적어도 세 개의 앵커 노드 및 상기 릴레이 단말을 이용하여 상기 사용자 단말의 위치를 측정하는 단계를 포함하는 사용자 단말의 위치 측정 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 릴레이 단말 설정 단계는,  
 상기 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말의 GDOP(Geometric Dilution Of Precision)를 계산하는 단계; 및  
 가장 작은 GDOP를 갖는 상기 주변 단말을 상기 릴레이 단말로 설정하는 단계를 포함하는 사용자 단말의 위치 측정 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,  
 상기 사용자 단말의 위치를 측정하는 단계는,  
 상기 적어도 세 개의 앵커 노드 및 상기 릴레이 단말로부터 상기 사용자 단말에 대한 신호도달시간(TOA) 정보를 수신하는 단계; 및  
 상기 신호도달시간 정보를 이용하여 상기 사용자 단말의 위치를 측정하는 단계를 포함하는 사용자 단말의 위치 측정 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,  
 상기 릴레이 단말은  
 상기 적어도 세 개의 앵커 노드와 동기화된 시간 정보를 갖는  
 사용자 단말의 위치 측정 방법.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 사용자 단말의 위치 측정 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 릴레이 단말을 이용하여 사용자 단말의 위치를 측정하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 대표적인 무선 측위 기술로 GPS를 이용하는 방식과, 위치 인식의 원리인 전파 도달 시간을 이용하는 TOA(Time

Of Arrival)방식, 적외선, 초음파, RF를 이용하는 방식 및 RFID(Radio Frequency Identification)을 이용하는 방식 등이 있다.

[0003] 이 중 전파 도달 시간 기반의 측위 기술은, 송신단이 신호에 타임스탬프를 발행하여 송신하고, 수신단이 신호를 받은 시각과 타임스탬프에 기록된 송신시각을 비교하여 송, 수신단의 거리를 추정하는 방식으로 위치를 측정한다. 이러한 TOA 방식은 거리를 측정하기 위한 PRN(Pseudo Random Noise)신호를 송신하는 적어도 3개 이상의 앵커 노드(Anchor Node :AN)를 필요로 한다.

[0004] 각각의 앵커 노드는 서로 다른 PRN 신호를 발생시키며, 모든 앵커 노드와 단말기가 각 앵커 노드가 발생시키는 PRN 신호의 종류와 각 앵커 노드의 위치를 알고 있다고 가정하면, PRN 신호를 이용해 측정된 단말기와  $i$ 번째 앵커 노드 사이의 거리  $R_i$ 는

## 수학식 1

$$R_i = C \cdot t_i = D_i + n_i + e_i (i = 1, 2, 3, \dots, N)$$

[0005]

[0006] 로 나타낼 수 있다. 이때,  $C$ 는 빛의 속도,  $D_i$ 는 실제 거리,  $n_i$ 는 측정 오차,  $e_i$ 는 가시선(Line of Sight, LOS)을 확보하지 못함으로 인해 생기는 non-LOS 오차이다.

[0007]  $n_i$ 는 거리 측정에서 생기는 다양한 오차들을 모델링 한 것으로, 무수히 많은 요인들의 합이다.  $n_i$ 에 영향을 미치는 요인에는 대기 상태의 불안정으로 인한 전파속도의 변화, 수신 회로의 열잡음, 회절, 산란 등의 효과가 포함된다. 이 오차는 가우시안 분포를 따른다고 가정한다.

[0008] [수학식 1]에서  $e_i$ 로 표시된 Non-LOS effect는 가시선이 확보되지 않은 경우 발생하는 매우 큰 non-negative 오차를 의미하며, 이 오차를 줄이기 위해서 많은 연구가 진행되어왔다.

[0009] 오차를 줄이기 위한 기술 중 하나로, 비선형적인 오브젝티브 함수를 최적화하는 과정을 통해 오차를 줄이고자 하는 방식이 종래에 개시된 바 있다. [N. Levanon, "Lowest GDOP in 2-D scenarios," in Proc. IEE Radar, Sonar and Navigatio, vol. 147, June 2000, pp. 149 - 153] 그러나, 이 방식은 시스템 복잡도 측면에서 매우 불리하다는 단점을 가지고 있다.

[0010] 또한, "An Efficient Geometry-Constrained Location Estimation Algorithm for NLOS Environments"에서는 Angle of Arrival 등의 추가적인 정보를 이용해 오차를 줄이고자 하였지만, 이는 앵커 노드가 다중 안테나를 가지고 있어야 한다는 제약을 가지고 있다.

[0011] 한편, 위치 측정은 전술한 바와 같이 최소한 세개의 앵커 노드를 필요로 하며, 측위 시스템에 앵커 노드가 많이 존재할수록 거리 측정 오차가 위치 추정 오차에 주는 기하학적 영향력(이하, 'GDOP')은 작아질 수 있다. 앵커 노드의 개수가 많을수록 가시선을 확보한 앵커 노드의 개수가 많아지며, 이에 따라 가시선을 확보할 확률도 높아지기 때문이다. 결과적으로, 시스템에 존재하는 앵커 노드의 개수가 많을수록 측위 정확도에서 큰 이득을 볼 수 있다.

[0012] 그러나 앵커 노드는 인공위성, 셀룰러 기지국과 같은 장치로써 건설 비용이 많이 들고, 유동적인 수요에 탄력적으로 적용하는 것이 불가능하다는 단점이 있다.

[0013]

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 사용자 단말의 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하고, 릴레이 단말을 앵커 노드와 같이 동작하게 함으로써 측위 정확도를 높이는 것을 일 목적으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명은 가시선을 확보한 사용자 단말의 주변 단말을 릴레이 단말로 설정함으로써, 측위 과정을 간단히

하면서도 측위 오차를 줄이는 것을 다른 목적으로 한다.

[0016] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시 예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0017] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 사용자 단말의 위치를 측정하는 방법에 있어서, 상기 사용자 단말의 위치를 측정하기 위한 앵커 노드를 설정하는 단계, 상기 사용자 단말의 주변 단말 중, 상기 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하는 단계, 상기 앵커 노드 및 상기 릴레이 단말을 이용하여 상기 사용자 단말의 위치를 측정하는 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0018] 전술한 바와 같은 본 발명에 의하면, 사용자 단말의 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하고, 릴레이 단말을 앵커 노드와 같이 동작하게 함으로써 측위 정확도를 높일 수 있다.

[0019] 또한, 가시선을 확보한 사용자 단말의 주변 단말을 릴레이 단말로 설정함으로써, 측위 과정을 간단히 하면서도 측위 오차를 줄일 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템 환경을 나타내는 도면,  
 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 장치의 구성도,  
 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 방법의 전체 흐름을 설명하기 위한 순서도,  
 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 방법을 보다 자세히 설명하기 위한 순서도,  
 도 5는 종래 기술에 의한 GDOP와 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법에 의한 GDOP를 비교하기 위한 그래프,  
 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법에 의한 추정 부피 감소 효과를 보여주는 그래프,  
 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법에 의한 최대 거리 오차의 감소 효과를 보여주는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일 또는 유사한 구성요소를 가리키는 것으로 사용된다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템 환경을 나타내는 도면이다.

[0023] 위치 결정에는 삼각 측량법이 이용될 수 있는데, 본 발명의 일 실시 예에 따른 시스템 환경은 세 개 이상의 앵커 노드(50)와 측정하고자 하는 사용자 단말(100) 외에, 사용자 단말(100)의 주변 단말(150)을 릴레이 단말로 설정하여 측위에 이용한다.

- [0024] 전술한 바와 같이 시스템에 앵커 노드가 많을수록 좋은 측위 성능을 보장하는 것은 분명하나, 실제로 앵커 노드를 추가하는 것이 어려운 경우가 많다. 본 발명은 위치 추정 기법에 릴레이 기법을 적용하여 적은 비용으로 효과적인 성능 향상을 얻어낼 수 있다. 여기서 릴레이 기법은 기지국을 추가로 건설하는 대신 릴레이 노드를 이용하여 협력적으로 통신하는 기법으로, 커버리지 증가, 음영지역 해소, 다이버시티 이득 등을 얻기 위한 방법으로 셀룰라 통신에서 제안되는 기법이다.
- [0025] 본 발명의 시스템 환경은 주어진 공간에 다수의 사용자가 존재하며, 각각의 사용자가 릴레이 노드로서 동작할 수 있다고 가정한다. 본 명세서에서는 릴레이 노드로 동작하는 사용자 단말을 릴레이 단말이라고 지칭한다.
- [0026] 이하에서는 도 2 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 장치 및 방법을 설명한다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 장치의 구성도이다.
- [0028] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 장치(200)는 앵커 노드 설정부(210), 릴레이 단말 설정부(230), 위치 측정부(250)를 포함하며, 릴레이 단말 설정부(230)는 GDOP 계산부(233), 설정부(237)를 포함하고, 위치 측정부(250)는 수신부(253), 측정부(257)를 포함할 수 있다.
- [0029] 앵커 노드 설정부(210)는 사용자 단말의 위치를 측정하기 위한 앵커 노드를 설정한다. 앵커 노드 설정시에는 가시선을 확보한 앵커 노드 정보만을 수집할 수 있다. 이때, 앵커 노드의 갯수는 적어도 세 개 이상이어야 하며, 세 개 이상의 앵커 노드 정보가 수집되지 않으면 측위를 중단할 수 있다. 가시선을 확보한 앵커 노드 정보를 수집하는 이유는, 측위 과정을 간단히 하고, 가시선을 확보하지 못함으로 인해 생기는 non-LOS 오차를 줄이기 위함이다.
- [0030] 릴레이 단말 설정부(230)는 사용자 단말의 주변 단말 중, 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한다. 릴레이 단말을 설정함에 있어서, 가시선을 확보한 단말을 릴레이 단말로 설정하는 이유는, 측위 과정에 참여하는 가시선을 확보한 앵커 노드의 평균적인 개수를 늘리는 것과 같은 효과를 갖기 때문이다. 이때, 임의로 위 조건을 만족하는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정할 수도 있으나, 후술하는 바와 같이 주변 단말의 GDOP를 이용하여 릴레이 단말을 설정할 수도 있다. 또한, 릴레이 단말은 앵커 노드와 동기화된 시간 정보를 갖는 단말일 수 있다. 또한 릴레이 단말은 앵커 노드와 같이 PRN(Pseudo Random Noise)신호를 송출함으로써, 앵커 노드처럼 동작할 수 있다.
- [0031] 릴레이 단말 설정부(230)에 포함되는 GDOP계산부(233)는 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말의 GDOP(Geometric Dilution Of Precision)를 계산한다. 그리고 설정부(237)는 가장 작은 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정할 수 있다.
- [0032] GDOP는 거리 측정 오차가 위치 추정 오차에 주는 기하학적 영향력을 나타내는 지표이다. 앵커 노드의 배치에 따라, 거리 측정 오차가 위치 추정 오차에 주는 기하학적 영향력은 달라질 수 있다. 다시 말해서, 위치를 측정하고자 하는 단말은 특정 값 이상의 확률로 일정 영역 내부에 존재하는 것으로 추정되는데, 앵커 노드의 기하학적 배치에 따라, 위치 추정 오차가 달라질 수 있는 것이다.
- [0033] 앵커 노드의 기하학적 배치가 잘 된 경우 GDOP는 더 낮은 값을 가지며, 동일한 거리 측정 오차 상황에서 더 낮은 위치 추정 오차를 가질 수 있다. 즉, 앵커 노드의 GDOP가 낮을수록 위치 측정의 정확도가 높아진다고 볼 수 있다.
- [0034] GDOP 값은 다음과 같이 주어진다.

## 수학식 2

$$\mathbf{G} = \sqrt{\text{trace}\{(\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1}\}}$$

[0035]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \frac{x-x_1}{D_1} & \frac{y-y_1}{D_1} & \frac{z-z_1}{D_1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x-x_i}{D_i} & \frac{y-y_i}{D_i} & \frac{z-z_i}{D_i} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x-x_N}{D_N} & \frac{y-y_N}{D_N} & \frac{z-z_N}{D_N} \end{bmatrix}$$

[0036] 여기서  $(x, y, z)$ 는 측정하고자 하는 사용자 단말의 위치,  $(x_i, y_i, z_i)$ 는 앵커 노드의 위치이다. ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )

[0037] 또한 같은 거리 측정 오차를 갖는 환경에서 GDOP의 값이 작을수록 위치 추정 오차가 작아지며,  $NE3$ 일때,

GDOP의 최소값은  $\frac{2}{\sqrt{N}}$  이다.

[0038] 따라서, 가장 작은 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하는 경우, 거리 측정 오차가 위치 추정 오차에 주는 기하학적 영향력을 최소화 할 수 있으므로, GDOP 측면에서 최적의 성능을 보장할 수 있다.

[0039] 위치 측정부(250)는 앵커 노드 및 릴레이 단말을 이용하여 사용자 단말의 위치를 측정한다. 전술한 바와 같이 릴레이 단말은 앵커 노드와 같이 동작하므로, 실질적으로 앵커 노드를 추가한 것과 같은 효과를 가질 수 있다.

[0040] 보다 구체적으로, 위치 측정부(250)에 포함되는 수신부(253)는 앵커 노드 및 릴레이 단말로부터 사용자 단말에 대한 신호도달시간(TOA) 정보를 수신하며, 측정부(257)는 수신부(253)에서 수신한 신호도달시간 정보를 이용하여 사용자 단말의 위치를 측정한다. TOA(Time Of Arrival)방식으로 위치를 측정하는 것은 널리 알려져 있는 내용이므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 방법의 전체 흐름을 설명하기 위한 순서도이다.

[0042] 도 3을 참조하면, 먼저 사용자 단말의 위치를 측정하기 위한 앵커 노드를 설정(310)한다. 이때, 앵커 노드는 사용자 단말에 대해 가시선을 확보한 앵커 노드일 수 있다. 다음으로 사용자 단말의 주변 단말 중, 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정(330)한다. 여기서 릴레이 단말은 앵커 노드와 같이 동작하기 위해, 앵커 노드와 동기화된 시간 정보를 가질 수 있다. 또한, 앵커 노드와 같이 PRN 신호를 송출할 수 있다. 다음으로, 앵커 노드 및 릴레이 단말을 이용하여 사용자 단말의 위치를 측정(350)한다. 이때, 릴레이 단말은 주어진 공간 내의 임의의 위치에 있을 수도 있고, 미리 정해진 위치에 있을 수도 있다. 결과적으로 본 발명에 따른 위치 측정 방법은 주변 단말을 릴레이 노드로 설정함으로써 다수의 앵커 노드를 이용하여 위치를 측정하는 것과 같은 효과를 갖는다.

[0043] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 사용자 단말의 위치 측정 방법을 보다 자세히 설명하기 위한 순서도이다.

[0044] 도 4를 참조하면, 먼저 사용자 단말의 위치를 측정하기 위한 앵커 노드를 설정(410)한다. 다음으로, 사용자 단말에 대한 가시선을 확보하고 있고, 자신의 위치 정보를 갖고 있는 주변 단말의 GDOP(Geometric Dilution Of Precision)를 계산(430)한다. 여기서 릴레이 단말은 앵커 노드와 같이 동작하기 위해, 앵커 노드와 동기화된 시간 정보를 가질 수 있다. 또한, 앵커 노드와 같이 PRN 신호를 송출할 수 있다. 그리고 계산 결과 가장 작은 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정(450)한다. 다음으로, 설정된 앵커 노드 및 릴레이 단말로부터 사용자 단말에 대한 신호도달시간(TOA) 정보를 수신(470)하고, 신호도달시간 정보를 이용하여 사용자 단말의 위치

를 측정(490)한다. 따라서, 위 앵커 노드 및 릴레이 단말을 이용하여 추정되는 위치는 GDOP 측면에서 최적의 성능을 가지며, 더 높은 정확도를 갖는다.

- [0045] 도 5는 종래 기술에 의한 GDOP와 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법에 의한 GDOP를 비교하기 위한 그래프이다.
- [0046] 도 5를 참조하면, 릴레이 적용 전(No Relay) 평균 GDOP 는 1.6717인 반면, 릴레이 단말을 랜덤으로 설정했을 때(Random Relay Relay scheme)의 GDOP는 1.4651로 12.35% 감소하였고, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정했을 때(min GDOP Relay)의 GDOP는 1.3129로 42.46% 감소하였다. 즉, 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법을 이용하는 경우, GDOP를 크게 낮추어 높은 성능 이득을 얻을 수 있다.
- [0047]
- [0048] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법에 의한 추정 부피 감소 효과를 보여주는 그래프이다.
- [0049] 도 6은 릴레이 단말을 사용하지 않은 경우(No Relay), 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우(Random Relay), 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우(min GDOP Relay)에 각각의 확률로 사용자 단말이 존재할 것으로 추정되는 영역의 부피(Volume of confidence)를 나타낸 것이다.
- [0050] 도 6을 참조하면, 84.13%의 확률로 사용자 단말의 존재가 추정되는 영역의 부피는 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우 18.48% 감소, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우 29.15% 감소하였다.
- [0051] 97.72%의 확률로 사용자 단말의 존재가 추정되는 영역의 부피는 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우 15.38% 감소, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우 26.49% 감소하였다.
- [0052] 99.01%의 확률로 사용자 단말의 존재가 추정되는 영역의 부피는 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우 16.98% 감소, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우 27.64% 감소하였다.
- [0053] 위 시뮬레이션 결과에 따르면, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우, 사용자 단말이 존재할 것으로 추정되는 영역의 부피가 작아지므로, 위치 측정의 정확도가 더 높아진다고 볼 수 있다.
- [0054] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 측정 방법에 의한 최대 거리 오차(max distance error)의 감소 효과를 보여주는 그래프이다.
- [0055] 도 7은 x축에 표시된 확률로 일정 영역 내에 사용자 단말이 존재하는 것으로 추정되는 경우, 추정되는 영역과 사용자 단말의 실제 위치 사이의 최대 거리를 그래프로 나타낸 것이다.
- [0056] 도 7을 참조하면, 84.13%의 확률로 사용자 단말의 위치를 추정한 최대 거리 오차는 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우 릴레이 단말을 사용하지 않는 경우에 비해 54.22% 감소, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우 64.23% 감소하였다.
- [0057] 97.72%의 확률로 사용자 단말의 위치를 추정한 최대 거리 오차는 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우 45.19% 감소, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우 56.48% 감소하였다.
- [0058] 99.01%의 확률로 사용자 단말의 위치를 추정한 최대 거리 오차는 릴레이 단말을 랜덤 설정한 경우 37.81% 감소, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정한 경우 51.28% 감소하였다.
- [0059] 위 시뮬레이션 결과에서 나타나는 바와 같이, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하는 경우, 릴레이 단말을 사용하지 않는 방법에 비해 기하학적 배치로 인한 위치 추정 오차가 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있다.
- [0060] 가시선을 고려하지 않은 환경에서는 릴레이 단말을 추가하는 것이 앵커 노드를 추가하는 것에 비해 큰 역할을 하지 못하지만, 가시선을 고려한 환경에서 릴레이 단말을 추가하는 것은 앵커 노드를 추가하는 것과 유사한 효과를 갖는다.
- [0061] 뿐만 아니라, 여러 가지 상황에 따라 가시선 확보 여부가 달라질 수 있는 앵커 노드에 비해, 릴레이 단말은 총

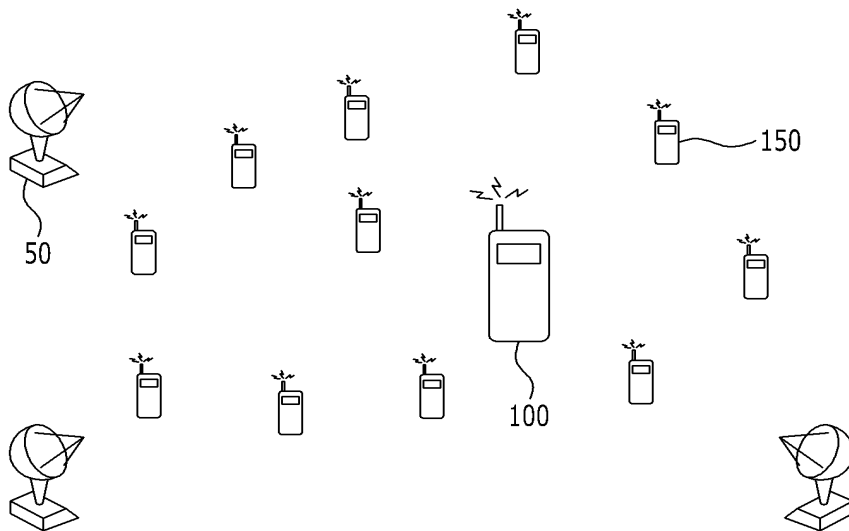
분히 많은 임의의 단말을 통해 가시선을 확보할 수 있으므로, 가시선을 고려하는 경우 릴레이 단말 추가에 의한 성능 향상 이득이 있다.

[0062] 또한, GDOP를 고려하여 릴레이를 설정하게 되면, 앵커 노드에 비해 GDOP 측면에서도 더 유리하다. 미리 설계된 앵커 노드의 경우, 평균적으로 가장 낮은 GDOP를 가질 수 있지만 항상 낮은 값을 갖는 것은 아니다. 반면, 최소 GDOP를 갖는 주변 단말을 릴레이 단말로 설정하는 경우, 해당 상황에서 가장 낮은 GDOP의 주변 단말을 선택함으로써, 더 낮은 GDOP를 갖는 릴레이 단말을 사용할 확률이 높다. 또한 릴레이 단말의 후보가 많을수록 가장 낮은 GDOP 값에 수렴한다.

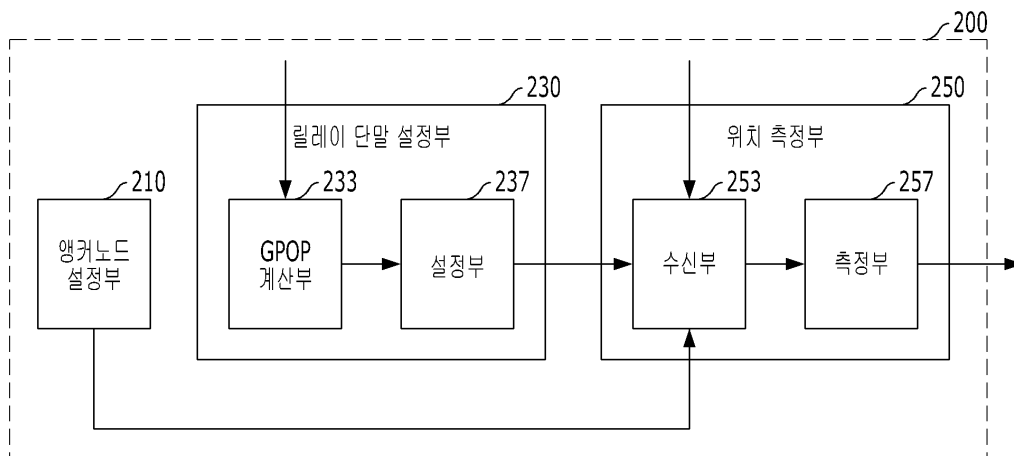
[0063] 전술한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시 예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

## 도면

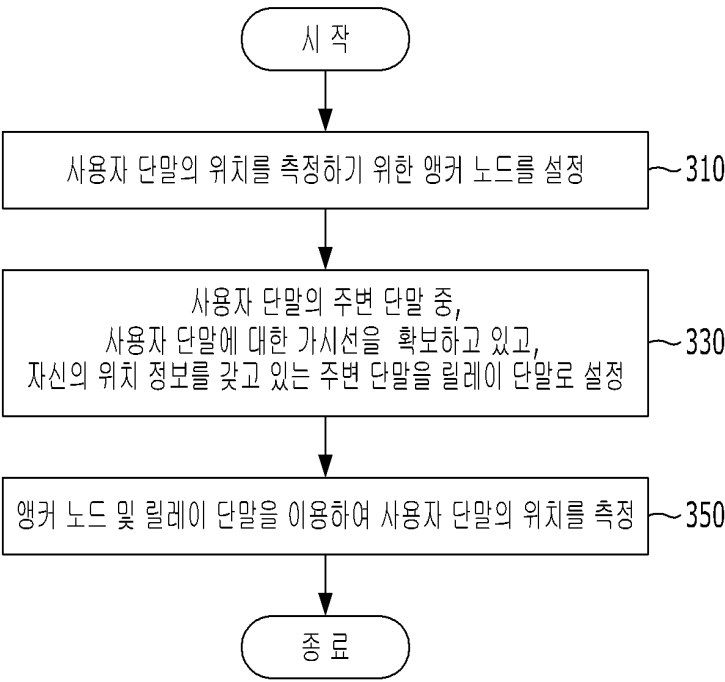
### 도면1



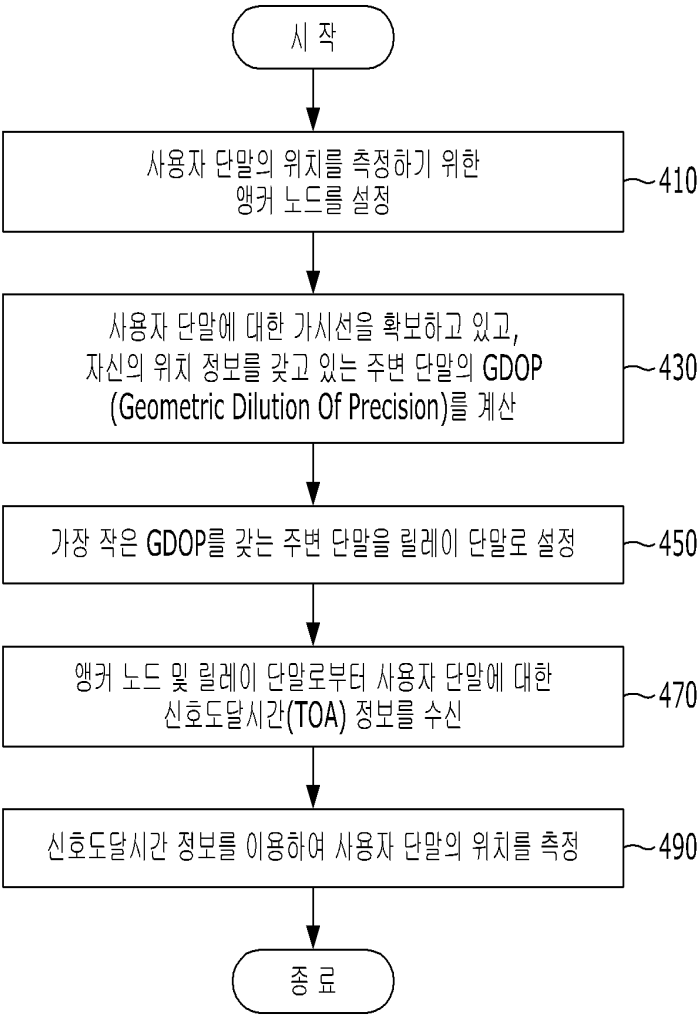
### 도면2



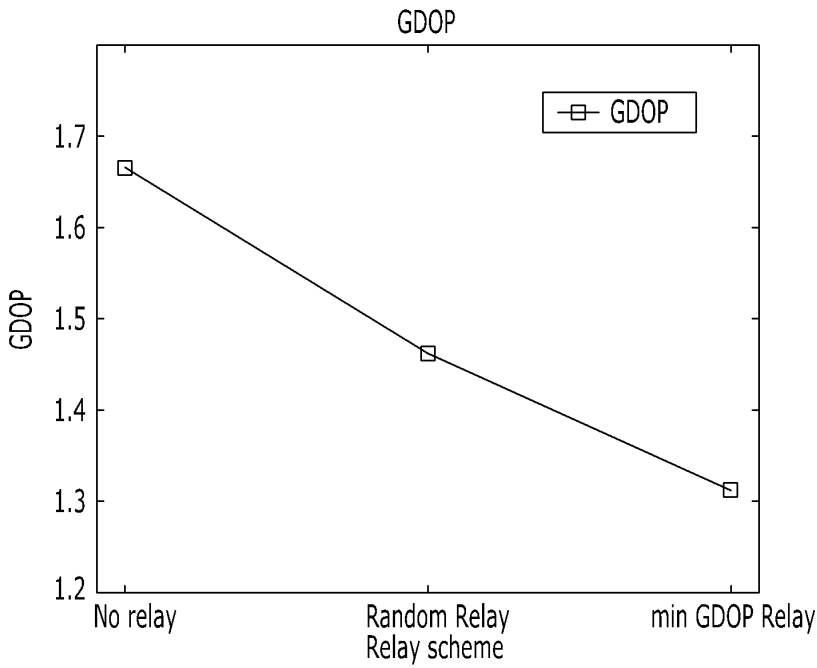
도면3



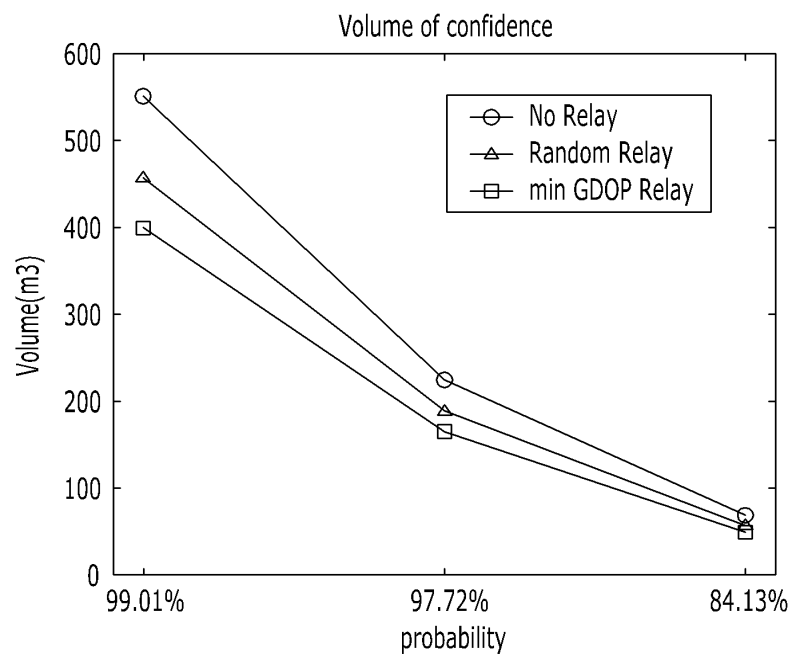
도면4



도면5



도면6



도면7

