



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0047490
(43) 공개일자 2018년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/06 (2006.01) G01S 5/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/06 (2013.01)
G01S 5/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0143603
(22) 출원일자 2016년10월31일
심사청구일자 2016년10월31일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
황석승
광주광역시 광산구 왕버들로 132번길 35 수완6차
대방노블랜드 603동 1302호
프라드한 사지나
광주광역시 동구 지산로 89, 보스틴빌 203호 (지산동)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 16 항

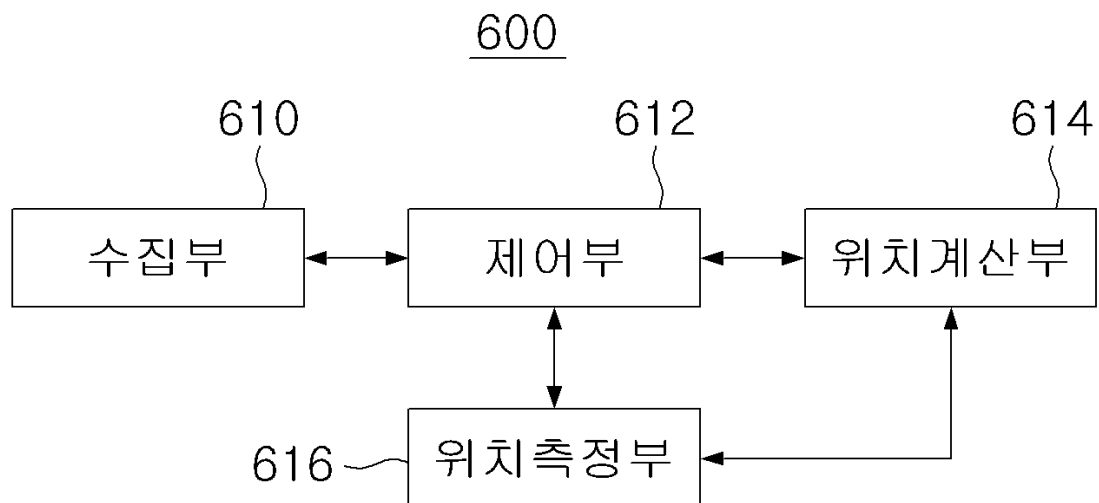
(54) 발명의 명칭 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치와 방법

(57) 요약

본 발명은 이동통신 시스템에서 이동 단말의 위치 결정 장치와 방법에 관한 것으로, 특히, 도착 시간(TOA:Time Of Arrival) 삼각변 측량법을 사용하여 이동단말의 위치추정 시, 오차가 발생하는 특별한 경우인 작은 원이 두 원안에 위치하는 경우에 발생하는 오차를 개선하기 위한 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치와 방법

(뒷면에 계속)

대표도 - 도6



에 관한 것이다.

또한, 본 발명에 따르면, 소정 이동단말을 기준으로 상기 이동단말을 서빙(serving)하는 기지국과 상기 서빙 기지국에 인접하는 적어도 둘 이상의 인접 기지국으로부터 상기 이동단말이 위치하는 거리 정보를 수집하는 수집부; 상기 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 기준 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 반지름으로 하여 제1 원 내지 제3 원을 생성하는 제어부; 상기 각 기지국을 중심으로 생성되는 제1 원이 다른 제2원 및 제3원의 영역에 포함되는 경우에, 이웃하는 두 교점의 거리를 계산하고 이 과정을 다른 이웃하는 두 교점에도 시행하는 위치 계산부; 및 상기 위치 계산부가 계산한 두개의 교점 거리중에서 짧은 거리를 선택하고, 해당하는 두 개의 교점의 평균을 이동단말의 위치로 결정하는 위치 측정부를 포함하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치 및 방법을 제공한다.

(52) CPC특허분류

H04W 64/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345241807

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원

연구과제명 고성능 위치추정 수신기를 위한 하이브리드형 스마트 재밍 제거 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

소정 이동단말을 기준으로 상기 이동단말을 서빙(serving)하는 기지국과 상기 서빙 기지국에 인접하는 적어도 둘 이상의 인접 기지국으로부터 상기 이동단말이 위치하는 거리 정보를 수집하는 수집부;

상기 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 기준 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 반지름으로 하여 제1 원 내지 제3 원을 생성하는 제어부;

상기 각 기지국을 중심으로 생성되는 제1 원이 다른 제2원 및 제3원의 영역에 포함되는 경우에, 이웃하는 두 교점의 거리를 계산하고 이 과정을 다른 이웃하는 두 교점에도 시행하는 위치 계산부; 및

상기 위치 계산부가 계산한 두개의 교점 거리중에서 짧은 거리를 선택하고, 해당하는 두 개의 교점의 평균을 이동단말의 위치로 결정하는 위치 측정부를 포함하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

청구항 2

청구항 1항에 있어서,

상기 제어부는 아래 수학적 식 1을 적용하여 이동단말과 세 개의 기지국 간 거리를 측정하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

(수학적 식 1)

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

여기에서, $i=1,2,3$ 이며, (x,y) 와 (x_i, y_i) 는 이동단말과 i 번째 기지국의 좌표임.

청구항 3

청구항 2항에 있어서,

상기 제어부의 도착 시간 기반 이동단말과 기지국 간의 거리 측정은,

아래 수학적 식 2를 통해 특정 반송 주파수에 대한 시간 지연 샘플들의 수가 계산된 시간 지연 샘플들의 수를 사용하여 측정됨을 특징으로 하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

(수학적 식 2)

$$nd_i = \text{ceil}((d_i/c) * f_c)$$

여기서, nd_i 는 지연 샘플의 개수이고, c 는 빛의 속도이며, f_c 는 특정 반송 주파수를 나타내며, ceil 은 올림함수를 나타냄.

청구항 4

청구항 3항에 있어서,

상기 제어부의 특정 반송 주파수에 대한 시간 지연 샘플들의 수가 계산되는 수학적식2를 이용하여 이동단말과 소정 기지국 간 거리는 하기의 수학적 식 3에 의해 추정됨을 특징으로 하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

(수학적 식 3)

$$d_{ie}=(nd_i*c)/f_c$$

여기서, d_{ie} 는 추정된 이동단말과 i 번째 기지국 사이의 거리임.

청구항 5

청구항 1항에 있어서,

상기 위치 계산부는 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하고, 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하며, 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하고, 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

청구항 6

청구항 5항에 있어서,

상기 위치 계산부는 교점의 거리 d_{jj+1} 산출을 아래 수학식 4를 사용하여 수행하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

(수학식 4)

$$d_{jj+1}=\sqrt{(x_j-x_{j+1})^2+(y_j-y_{j+1})^2}$$

여기에서, $j=1, 3$ 이며, $j=1$ 은 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나이고, $j=2$ 는 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나이며, $j=3$ 은 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나이고, $j=4$ 는 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나이며, (x_j, y_j) 는 j 번째 교점의 좌표임.

청구항 7

청구항 5항에 있어서,

상기 위치 측정부는 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리와 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 비교하여, 두개의 교점의 거리에서 짧은 거리를 선택하며, 선택된 거리를 구하는데 사용된 2개의 교점의 평균좌표(x_m, y_m)를 이동 단말의 위치로 결정하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

청구항 8

청구항 7항에 있어서,

상기 위치 측정부는 아래 수학식 5를 사용하여 평균 좌표를 구하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치.

(수학식 5)

$$x_m=(I_x'+J_x')/2, y_m=(I_y'+J_y')/2$$

여기에서, (x_m, y_m) 은 교점의 평균 좌표이고, (I_x', I_y') 와 (J_x', J_y') 는 2개의 교점의 각각의 좌표임.

청구항 9

(A)위치 결정 장치가 네트워크 내 기설정된 위치에 분산된 복수의 기지국에서 서빙(serving) 중인 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 각 기지국의 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 각각 반지름으로 하여 기지국별 중첩되는 제1 원 내지 제3 원을

생성하는 단계;

(B) 상기 위치 결정 장치가 상기 각 기지국을 중심으로 생성되는 제1 원이 다른 제2원 및 제3원의 영역에 포함되는 경우에, 이웃하는 두 교점의 거리를 계산하고 이 과정을 다른 이웃하는 두 교점에도 시행하는 단계; 및

(C) 상기 위치 결정 장치가 계산된 두개의 교점 거리에서 짧은 거리를 선택하고, 선택된 교점 거리를 구하기 위한 해당하는 두 개의 교점의 평균을 이동단말의 위치로 결정하는 단계를 포함하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

청구항 10

청구항 9항에 있어서, 상기 (A) 단계에서 상기 위치 결정 장치는 아래 수학식 1을 적용하여 이동단말과 세 개의 기지국 간 거리를 측정하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

(수학식 1)

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

여기에서, $i=1,2,3$ 이며, (x,y) 와 (x_i, y_i) 는 이동단말과 i 번째 기지국의 좌표임.

청구항 11

청구항 10항에 있어서,

상기 (A) 단계에서 상기 위치 결정 장치의 도착 시간 기반 이동단말과 기지국 간의 거리 측정은,

아래 수학식 2를 통해 특정 반송 주파수에 대한 시간 지연 샘플들의 수가 계산된 시간 지연 샘플들의 수를 사용하여 측정됨을 특징으로 하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

(수학식 2)

$$nd_i = \text{ceil}((d_i/c) * f_c)$$

여기서, nd_i 는 지연 샘플의 개수이고, c 는 빛의 속도이며, f_c 는 특정 반송 주파수를 나타내며, ceil 은 올림함수를 나타냄.

청구항 12

청구항 11항에 있어서,

상기 (A) 단계에서 상기 위치 결정 장치의 특정 반송 주파수에 대한 시간 지연 샘플들의 수가 계산되는 수학식2를 이용하여 이동단말과 소정 기지국 간 거

리는 하기의 수학식 3에 의해 추정됨을 특징으로 하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

(수학식 3)

$$d_{ie} = (nd_i * c) / f_c$$

여기서, d_{ie} 는 추정된 이동단말과 i 번째 기지국 사이의 거리임.

청구항 13

청구항 9항에 있어서,

상기 (B) 단계는

(B-1)상기 위치 결정 장치는 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하는 단계;

(B-2) 상기 위치 결정 장치는 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하는 단계;

(B-3)상기 위치 결정 장치는 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하는 단계; 및

(B-4) 상기 위치 결정 장치는 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하는 단계를 포함하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

청구항 14

청구항 13항에 있어서,

상기 (B-2) 단계와 (B-4) 단계에서 교점의 거리 d_{jj+1} 산출은 아래 수학적 식 4를 사용하여 수행하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

(수학적 식 4)

$$d_{jj+1} = \sqrt{(x_j - x_{j+1})^2 + (y_j - y_{j+1})^2}$$

여기에서, $j=1, 3$ 이며, $j=1$ 은 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나이고, $j=2$ 는 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나이며, $j=3$ 은 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나이고, $j=4$ 는 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나이며, (x_j, y_j) 는 j 번째 교점의 좌표임.

청구항 15

청구항 13항에 있어서,

상기 (C) 단계는

(C-1) 상기 위치 결정 장치가 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리와 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 비교하는 단계;

(C-2) 상기 위치 결정 장치가 두개의 교점의 거리에서 짧은 거리를 선택하는 단계; 및

(C-3) 상기 위치 결정 장치가 선택된 거리를 구하는데 사용된 2개의 교점의 평균좌표(x_m, y_m)를 이동 단말의 위치로 결정하는 단계를 포함하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

청구항 16

청구항 15항에 있어서,

상기 (C-3) 단계에서 상기 위치 결정 장치는 아래 수학적 식 5를 사용하여 평균 좌표를 구하는 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법.

(수학적 식 5)

$$x_m = (I_x' + J_x') / 2, y_m = (I_y' + J_y') / 2$$

여기에서, (x_m, y_m) 은 교점의 평균 좌표이고, (I_x', I_y') 와 (J_x', J_y') 는 2개의 교점의 각각의 좌표임.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이동통신 시스템에서 이동 단말의 위치 결정 장치와 방법에 관한 것으로, 특히, 도착 시간(TOA: Time Of Arrival) 삼각변 측량법을 사용하여 이동단말의 위치추정 시, 오차가 발생하는 특별한 경우인 작은 원이 두 원안에 위치하는 경우에 발생하는 오차를 개선하기 위한 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치와 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 특정 사용자나 물체의 위치를 추정하는 기술은 LBS(Location Based Service)와 같은 다양한 통신 시스템에 사용되고 있어 무선통신 기술의 중요한 이슈로 각광받고 있다.
- [0003] 미국의 FCC(Federal Communication Commission)에서 E-911(Enhanced-911)을 위한 이동국 위치추정 기능을 이동전화에 포함하는 것을 강제화한 이후로 무선통신 시스템의 이동국 위치추정 기술은 더욱 관심을 받게 되었다.
- [0004] 다양한 이동국 위치추정 기술이 개발되어 왔는데, 크게 GPS를 사용하는 핸드셋 방식과, 기지국을 사용하는 네트워크 방식의 두 가지 유형으로 분류할 수 있다.
- [0005] 대표적인 네트워크 방식의 위치 추정 기술이 도착 시간(TOA: Time Of Arrival) 삼각변 측량법으로, 이동국과 세 개의 기지국 사이의 거리를 추정한 후, 세 개의 기지국의 좌표들과 추정된 세 개의 거리를 반지름으로 하는 세 개의 원을 생성시켜, 원들이 만나는 교점을 이동국의 위치로 결정하는 방법이다.
- [0006] 거리는 일반적으로 기지국과 이동국 사이에 송/수신된 신호의 지연(delay) 수를 이용하여 추정하는데, 이 과정에서 추정된 거리가 실제 거리보다 길어지게 된다.
- [0007] 이로 인해, 세 개의 원이 한 점에서 만나지 않아 위치추정 오차가 발생하게 된다.
- [0008] 이 문제를 해결하기 위해, LS(least square) 방식이나 세 개의 원이 생성하는 여섯 개의 교점 중 세 개의 내부 교점의 평균을 구하는 방식인 최단거리 알고리즘 등이 제안되어 왔는데, 각각 단점을 가지고 있다.
- [0009] LS 방식은 비교적 큰 위치추정 오차가 발생되고, 최단거리 알고리즘은 일반적으로는 좋은 성능을 보이나 특별한 상황에서는 상당히 큰 위치추정 오차가 발생하게 된다.
- [0010] 일반적인 경우 선교점 알고리즘이 우수한 성능을 보이나, 한 개의 작은 원이 큰 두 개의 원의 영역에 포함되는 특정한 경우, 심각한 위치 추정 오차를 발생하는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 국내특허공개번호 10-2014-0049394호
- (특허문헌 0002) 국내특허공개번호 10-2000-0060020호
- (특허문헌 0003) 국내특허등록번호 10-1544315호

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) 1.L. Barkuus and A. Dey, Location-based services for mobile telephony: a study of users' privacy concerns, in 9th IFIP TC13 Int. Conf. Human-Computer Interaction (INTERACT) (Zurich, Switzerland, 2003), pp. 709-712.
- (비특허문헌 0002) 2.A. Aljadhah and T. F. Znati, Predictive mobility support for QoS provisioning in mobile wireless environments, IEEE J. Selected Areas in Commun.19(10) (2001) 1915-1930.
- (비특허문헌 0003) 3.D. H. Stojanovic and S. J. Djordjevic-Kajan, Developing location-based services from a GIS perspective. In 5th Int. Conf. Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service (TELSIKS) (IEEE Press, Nis, Yugoslavia, 2001), pp. 459-462.
- (비특허문헌 0004) 4.S. Ahonen and P. Eskelinen, Mobile terminal location for UMTS. IEEE Aerosp. Electron. Syst. Magaz. 18(2) (2003), 23-27.
- (비특허문헌 0005) 5.H. Koshima and J. Hoshen, Personal locator services emerge. IEEE Spect. 37(2) (2000), 41-48.
- (비특허문헌 0006) 6.J. J. Caffery and G. L. Stuber, Overview of radiolocation in CDMA cellular systems. IEEE Commun. Magaz. 36(4) (1998), 38-45.

- (비특허문헌 0007) 7.C. Drane, M. Macnaughton and C. Scott, Positioning GSM telephones. IEEE Commun. Magaz. 36(4) (1998), 46-59.
- (비특허문헌 0008) 8.Y. Zhao, Standardization of mobile phone positioning for 3G systems. IEEE Commun. Magaz. 40(7) (2002), 108-116.
- (비특허문헌 0009) 9.C. S. Chen, S. L. Su and C. D. Lu, Geometrical positioning approached for mobile location estimation, in 2nd IEEE Int. Conf. Information Management and Engineering (ICIME), (Chengdu Sichuan, China, 2010), pp. 268-272.
- (비특허문헌 0010) 10.S. Pradhan and S. S. Hwang, A TOA shortest distance algorithm for estimating mobile location, J. Korea Institute Electron. Commun. Sci. 8(12) (2013), 1883-1890.
- (비특허문헌 0011) 11.S. Pradhan, S. S. Hwang, H. R. Cha and Y. C. Bae, Line intersection algorithm for the enhanced TOA trilateration technique. Int. J. Human. Robot. 11(4) (2014), 1442003.
- (비특허문헌 0012) 12.F. Thomas and L. Ros, Revisiting trilateration for robot localization. IEEE Trans. Robot. 21(1) (2005), 93-101.
- (비특허문헌 0013) 13.M. Ali, The system applications of novel methods of location and tracking of cellular mobiles, in IEE Colloquium on Novel Methods of Location and Tracking of Cellular Mobiles and Their System Applications, (IEE Colloquium Digest, Savoy Place, London, UK, 1999), pp. 6/1-6/ 4.
- (비특허문헌 0014) 14.I. K. Adusei, K. Kyamakya and K. Jobmann, Mobile positioning technologies in cellular networks: an evaluation of their performance metrics, in Proc. MILCOM 2002, pp. 1239-1244.
- (비특허문헌 0015) 15.G. M. Djuknic and R. E. Richton, Geolocation and assisted GPS. Computer. 34(2) (2001), 123-125.
- (비특허문헌 0016) 16.C. S. Chen and J. M. Lin, Applying rprop neural network for the prediction of the mobile station location, Sensors 11(4) (2011), 4207-4230.
- (비특허문헌 0017) 17.C. S. Chen, Artificial neural network for location estimation in wireless communication systems, Sensors 12(3) (2012), 2798-2817.
- (비특허문헌 0018) 18.A. D. Gante and M. Siller, A survey of hybrid schemes for location estimation in wireless sensor networks. Procedia Technol. 7 (2013), 377-383.
- (비특허문헌 0019) 19.R. G. Brown and P. Y. C. Hwang, Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, 3rd edn. (New York: Wiley, 1997).
- (비특허문헌 0020) 20.M. Pent, M. A. Spirito and E. Turco, Method for positioning GSM mobile stations using absolute time delay measurements. Electron. Lett. 33(24) (1997), 2019-2020.
- (비특허문헌 0021) 21.A. Gunther and C. Hoene, Measuring round trip times to determine the distance between WLAN nodes, in Proc. 4th IFIP-TC6 Int. Conf. Networking Technologies, Services, and Protocols; Performance of Computer and Communication Networks; Mobile and Wireless Communications Systems (NETWORKING) (Springer Berlin Heidelberg, 2005), pp. 768-779.
- (비특허문헌 0022) 22.R. W. Klukas, A superresolution based cellular positioning system using GPS time synchronization, Ph.D. thesis, University of Calgary, 1997.
- (비특허문헌 0023) 23.A. Borsodi, M. Fattouche, Super resolution of discrete arrivals in a position location cellular system, in Wireless, (1995), pp. 727-39.
- (비특허문헌 0024) 24.J. J. Caffery and G. L. Stuber, Radio location in urban CDMA microcells, in Sixth IEEE Int. Symposium Personal, Indoor, and Mobile Communication (PIMRC), (Royal York Hotel, Toronto, Canada, 1995), pp. 858-862.
- (비특허문헌 0025) 25.A. Amar and A. J. Weiss, Advances in direct position determination, in Proc. IEEE workshop Sensor Array and Multichannel Signal Processing, (2004), pp. 584-588.

(비특허문헌 0026) 26.M. Porretta, P. Nepa, G. Manara, F. Giannetti, M. Dohler, B. Allen and A. H. Aghvami, User positioning technique for microcellular wireless networks, IEEE Electron. Lett. 39(9) (2003), 745-747.

(비특허문헌 0027) 27.M. Porretta, P. Nepa, G. Manara, F. Giannetti, M. Dohler, B. Allen and A. H. Aghvami, A novel single base station location technique for microcellular wireless networks: description and validation by a deterministic propagation model. IEEE Trans. Veh. Technol. 53(5) (2004), 1502-1514.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 도착 시간 삼각변 측량법을 사용하여 이동 단말의 위치추정 시, 오차가 발생하는 특별한 경우인 작은 원이 두 원안에 위치하는 경우에 발생하는 오차를 개선할 수 있도록 한 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치와 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일 측면은 소정 이동단말을 기준으로 상기 이동단말을 서빙(serving)하는 기지국과 상기 서빙 기지국에 인접하는 적어도 둘 이상의 인접 기지국으로부터 상기 이동단말이 위치하는 거리 정보를 수집하는 수집부; 상기 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 기준 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 반지름으로 하여 제1 원 내지 제3 원을 생성하는 제어부; 상기 각 기지국을 중심으로 생성되는 제1 원이 다른 제2원 및 제3원의 영역에 포함되는 경우에, 이웃하는 두 교점의 거리를 계산하고 이 과정을 다른 이웃하는 두 교점에도 시행하는 위치 계산부; 및 상기 위치 계산부가 계산한 두개의 교점 거리중에서 짧은 거리를 선택하고, 해당하는 두 개의 교점의 평균을 이동단말의 위치로 결정하는 위치 측정부를 포함한다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 측면의 상기 위치 계산부는 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하고, 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하며, 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하고, 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출한다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 측면의 상기 위치 측정부는 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리와 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 비교하여, 두개의 교점의 거리에서 짧은 거리를 선택하며, 선택된 거리를 구하는데 사용된 2개의 교점의 평균좌표(xm, ym)를 이동 단말의 위치로 결정한다.

[0017] 한편, 본 발명의 다른 측면은 (A)위치 결정 장치가 네트워크 내 기설정된 위치에 분산된 복수의 기지국에서 서빙(serving) 중인 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 각 기지국의 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 각각 반지름으로 하여 기지국별 중첩되는 제1 원 내지 제3 원을 생성하는 단계; (B) 상기 위치 결정 장치가 상기 각 기지국을 중심으로 생성되는 제1 원이 다른 제2원 및 제3원의 영역에 포함되는 경우에, 이웃하는 두 교점의 거리를 계산하고 이 과정을 다른 이웃하는 두 교점에도 시행하는 단계; 및 (C) 상기 위치 결정 장치가 계산된 두개의 교점 거리에서 짧은 거리를 선택하고, 선택된 교점 거리를 구하기 위한 해당하는 두 개의 교점의 평균을 이동단말의 위치로 결정하는 단계를 포함한다.

[0018] 또한, 본 발명의 다른 측면의 상기 (B) 단계는 (B-1)상기 위치 결정 장치는 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하는 단계; (B-2) 상기 위치 결정 장치는 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하는 단계; (B-3)상기 위치 결정 장치는 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다

른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점을 선택하는 단계; 및 (B-4) 상기 위치 결정 장치는 선택된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 산출하는 단계를 포함한다.

- [0019] 또한, 본 발명의 다른 측면의 상기 (C) 단계는 (C-1) 상기 위치 결정 장치가 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 어느 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리와 산출된 제1 원과 제2 원이 형성하는 교점 중의 다른 하나와, 제1 원과 제3 원이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점의 거리를 비교하는 단계; (C-2) 상기 위치 결정 장치가 두개의 교점의 거리에서 짧은 거리를 선택하는 단계; 및 (C-3) 상기 위치 결정 장치가 선택된 거리를 구하는데 사용된 2개의 교점의 평균좌표(x_m , y_m)를 이동 단말의 위치로 결정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0020] 이동국의 위치추정 기술은 나날이 발전하고 있는 이동통신 시스템의 핵심적 기술로서 다양한 응용 분야를 가지고 있다.
- [0021] 이동통신 시스템이 발달하면서 보다 정확한 위치추정 성능을 요구하고 있는데, 현재 GPS를 이용하여 높은 정확도의 위치추정이 이루어지고 있다.
- [0022] 하지만 GPS 위성신호의 수신이 불가능한 경우 도착 시간 삼각변 측량법과 같은 네트워크 기반의 위치 추정 기술을 사용하여야 하는데, 이 기술은 GPS에 비해 상대적으로 높은 위치 추정 오차를 가지고 있다.
- [0023] 본 발명에서는 이러한 도착 시간 삼각변 측량법의 오차를 효과적으로 개선하기 위한 교점 거리 비교 방법을 제안한다.
- [0024] 본 발명에서 제안된 방법을 사용하여 GPS 위성신호의 수신이 불가능한 경우에도 높은 정확도를 가지는 위치 추정 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.
- [0025] 제안된 방법은 상용 이동통신 시스템은 물론, 높은 정확도가 요구되는 이동로봇 시스템 및 각종 군사용 장비에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명이 적용되는 이동통신 시스템의 개략적인 전체 구성도이다.
- 도 2는 도착 시간 삼각변 측량법을 이용한 이동국의 위치 결정 방법에 대한 설명을 도시한 개념도이다.
- 도 3은 거리추정에 의해 늘어난 반지름 기반의 세 원이 만나는 일반적인 경우에 대한 설명을 도시한 개념도이다.
- 도 4a와 도 4b는 거리추정에 의해 늘어난 반지름 기반의 세 원이 만나는 특정한 경우(작은 한 원이 큰 두 원의 영역에 포함되는)에 대한 설명을 도시한 개념도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법에 관한 전체 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치의 구성도이다.
- 도 7은 첫 번째 실시예의 이동국 위치추정 MSE를 도시한 그래프이다.
- 도 8은 두 번째 실시예의 이동국 위치추정 MSE를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 설명하기 위하여 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하고 이를 참조하여 살펴본다.
- [0028] 먼저, 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니며, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 또한 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되

어야 한다.

- [0029] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0030] 본 발명의 실시 예에 따른 이동 단말은 디지털 방송 단말기, 개인 정보 단말기(PDA, Personal Digital Assistant), 스마트 폰(Smart Phone), 태블릿(Tablet) PC, 아이패드(Ipad), CSS-UWB(Chirp Spread Spectrum Ultra WideBand)와 IR-UWB(Impulse-Radio UWB), 3G 단말기 예를 들면 IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000)단말기, WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)단말기, GSM/GPRS(Global System For Mobile Communication Packet Radio Service) 및 UMTS(Universal Mobile Telecommunication Service) 단말기 등과 같은 모든 정보 통신 기기 및 멀티미디어 기기 등이 포함될 수 있다. 그러나 본 명세서에서 기재된 실시 예에 따른 구성은 휴대 단말기에만 적용 가능한 경우를 제외하면, 디지털 TV, 데스크탑 컴퓨터 등과 같은 고정 단말기에도 적용될 수도 있음을 본 기술 분야의 당업자라면 쉽게 알 수 있을 것이다.
- [0031] 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 이하 설명되는 복수 혹은 적어도 둘 이상의 기지국은 본 발명이 적용된 세 개의 기지국을 포함하는 의미로 혼용하여 사용하기로 하나, 본 발명이 이에 한정되지 않음을 미리 밝혀두는 바이다.
- [0032] 제안된 방법은 상용 이동통신 시스템은 물론, 높은 정확도가 요구되는 이동로봇 시스템 및 각종 군사용 장비에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
- [0033] 먼저, 도 1은 본 발명이 적용되는 이동통신 시스템의 개략적인 전체 구성도이다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 본 발명이 적용된 시스템(100)은 복수의 기지국(110, 112, 114), 이동단말(116) 및 위치 결정 장치를 포함하는 위치 측정 서비스 서버(118)를 포함한다. 여기에서는 위치 결정 장치가 위치 측정 서비스 서버(118)에 포함되는 것으로 설명하였으나, 이동단말(116)에 설치될 수도 있다.
- [0035] 상기 이동 단말(116)은 상기 위치 측정 서비스 서버(118)에 가입 등록되어 위치 측정 서비스 서버(118)에서 형성하는 서비스 영역 안을 자유롭게 이동하면서 기설정된 통신 경로를 경유한다.
- [0036] 또한, 상기 이동단말(116)은 상기 복수의 기지국(110, 112, 114) 혹은 어느 하나의 기지국과의 페이징을 수행하고, 상기 위치 측정 서비스 서버(118)로부터 도착 시간을 획득하여 상기 도착 시간 기반의 셀프-포지셔닝(self-positioning)도 수행할 수 있다.
- [0037] 상기 기지국(110, 112, 114)은 해당 네트워크 내 기설정된 영역에 각각 분산되어 상기 네트워크의 통신 정책(policy)에 따라 무선 채널을 통해 이동단말(116)과의 통신을 수행하며, 상기 이동단말(116)로부터 수신된 거리 추정 프레임을 상기 위치 측정 서비스 서버(118)로 무선 전송한다.
- [0038] 상기 위치 측정 서비스 서버(118)는 복수의 기지국(110, 112, 114)과 통신하며, 상기 네트워크 내 다수의 이벤트를 저장 및 통합 관리하고, 상기 이동단말(116)과 복수의 기지국(110, 112, 114)간 전송 신호 시간정보를 통해 거리를 추정한 도착 시간으로부터 거리 추정을 수행한다.
- [0039] 즉, 상기 위치 측정 서비스 서버(118)에 포함되어 본 발명의 이동단말의 위치 결정 장치는 해당 네트워크 내 기설정된 영역에 분산 배치된 복수의 기지국(110, 112, 114)이 위치하는 영역으로부터 대응하는 이동단말(116)의 현재 위치를 도착 시간 기반의 거리 측정을 위해 수행하여 획득하고 이를 위치 기반 서비스를 수행하는 네트워크에서 위치 측위 서비스하는 것으로, 고정형 혹은 위치 획득 가능한 이동형일 수 있으며, 상기 위치 기반 서비스 시 무선 채널을 활성화하여 이동 단말(116)의 위치를 일시적으로 또는 지속적으로 측위하여 미리 설정된 주기별로 출력한다.
- [0040] 다음으로, 도 2 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 이동단말의 위치 결정 장치 및 방법을 자세히 살펴보기로 한다.
- [0041] 먼저, 도 2는 도착 시간 삼각변 측량법을 이용한 이동단말의 위치 추정에 관한 예시도이다.
- [0042] 도착 시간 삼각변 측량법에서 거리 측정 방식은 3개 지점에 대한 위치 정보를 기반으로 대상물에 대한 측정 거리를 이용하여 대상물의 위치를 인식하는 방식으로 주로 신호나 전파(예컨대, 위성신호, 이동통신신호, 초음파, RF 신호 등)의 비행 시간(TOF:Time of Flight), 감쇠(attenuation) 등을 이용하여 셋 이상의 기준지점으로부터 거리를 측정한 후 이동단말의 위치를 계산하는 데 이용된다.

- [0043] 도 2를 참조하면, 적어도 세 개의 기지국(BS1, BS2, BS3)과 이동단말(MS, 218) 사이의 거리 정보가 네트워크 등을 통해 위치 결정 장치로 전송되면 위치 결정 장치가 이를 기초로 이동단말(218)의 위치를 측정하는 것을 나타낸 것으로, 도시된 바와 같이, 세 개의 기지국(BS1, BS2, BS3)과 이동단말(MS, 218)의 거리(d_1, d_2, d_3)와 세 개의 기지국(BS1, BS2, BS3)의 좌표를 기반으로 하는 세 개의 원의 교점을 이용하여 이동단말(218)의 위치를 추정한다.
- [0044] 이때, 이동단말(218)의 위치 값은 각 기지국(BS1, BS2, BS3)의 위치를 중심으로 상기 이동단말(218) 사이의 거리를 각각 반지름(d_1, d_2, d_3)으로 하여 기지국별(BS1, BS2, BS3) 서로 교차되는 원(210, 212, 214)을 생성하고, 생성된 원(210, 212, 214)들의 교점(216)으로부터 산출된다.
- [0045] 이를 도 3을 참조하여 좀 더 상세히 살펴보면, 네트워크 내 기설정된 위치에 분산된 복수의 기지국(BS1, BS2, BS3)에서 서빙(serving) 중인 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 각 기지국(BS1, BS2, BS3)의 위치를 중심으로 이동단말 간 거리를 각각 반지름(d_1, d_2, d_3)으로 하여 기지국(BS1, BS2, BS3)별 중첩되는 원(210, 212, 214)이 생성된다.
- [0046] 생성된 상호 중첩되는 원(210, 212, 214)에 의해 형성되는 교점(41, 42, 43, 44, 45, 46) 좌표 즉, 도 3에 도시된 바와 같이 세 개(210, 212, 214)의 원에 대응하는 총 여섯 개의 교점(41, 42, 43, 44, 45, 46)으로부터 기설정된 복수의 교점 예컨대, 각각 두 개의 원들에 의해 생성된 두 개의 교점을 연결하는 총 세 개의 선들이 형성된다. 형성된 세 개의 선들이 만나는 교점(47)을 이동단말의 위치로 결정하여 위치 추정 서비스를 수행한다.
- [0047] 이를 위해 먼저 도 3에 도시된 바와 같이 이동단말의 위치 결정 장치에서 네트워크 내 기설정된 위치에 분산된 복수의 기지국에서 서빙(serving) 중인 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 각 기지국의 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 각각 반지름으로 하여 기지국별 중첩되는 원을 생성한다.
- [0048] 이때, 상기 도착 시간 삼각변 측량법은 이동단말과 기지국 사이의 거리를 측정하고, 이동단말의 위치를 결정하기 위해 세 개의 기지국의 좌표들과 측정된 거리에 해당하는 반지름을 기반으로 하는 세 개의 원들로부터 획득된 세 개의 방정식에 대한 해를 구하는 것으로, 이동단말과 i 번째 기지국에 대한 거리 d_i 에 대한 수학적 식은 하기의 수학적 식 1과 같이 주어진다.
- [0049] (수학적 식 1)
- [0050]
$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$
- [0051] 여기에서, $i=1, 2, 3$ 이다.
- [0052] 여기서, (x, y) 와 (x_i, y_i) 는 이동단말과 i 번째 기지국의 좌표이다.
- [0053] 도착 시간 삼각변 측량법은 일반적으로 시간 지연 샘플들의 수를 사용하여 이동단말과 기지국 사이의 거리를 측정하는 것으로, 특정 반송 주파수에 대한 시간 지연 샘플들의 수는 하기 수학적 식 2에 의해 계산된다.
- [0054] (수학적 식 2)
- [0055]
$$nd_i = \text{ceil}((d_i/c) * f_c)$$
- [0056] 여기서, nd_i 는 지연 샘플의 개수이고, c 는 빛의 속도이며, f_c 는 특정 반송 주파수를 나타낸다. 지연 샘플의 개수는 정수이고, "ceil"을 제외한 수학적 식 2의 우변은 일반적으로 정수가 아니므로, 수학적 식 2의 우변에 올림 함수를 뜻하는 "ceil"을 사용한다.
- [0057] 수학적 식 2를 사용하여 이동단말과 i 번째 기지국의 거리는 수학적 식 3에 의해 추정된다.
- [0058] (수학적 식 3)
- [0059]
$$d_{ie} = (nd_i * c) / f_c$$
- [0060] 여기서, d_{ie} 는 추정된 이동단말과 i 번째 기지국 사이의 거리이다.

- [0061] 이상과 같이, 이동단말의 위치 결정 장치는 복수의 기지국, 즉 적어도 세 개 이상의 기지국과 통신하며, 상기 기지국별 세 개의 중첩되는 원에 의해 생성되는 여섯 개의 교점을 생성하여 상기 세 개의 원들 중 서로 교차되어 페어링 가능한 두 개의 원들로부터 두 개의 교점을 생성하고, 상기 두 개의 교점을 연결하는 세 개의 직선들을 이용하여 이동단말의 위치 정보를 결정한다.
- [0062] 위에서 설명한 방법은 세 원이 만나는 형태는 일반적으로는 특정 원안에 다른 원이 포함되지 않는 것으로 가정하는데, 경우에 따라 작은 원이 두 원안의 영역에 포함되는 특정 경우가 발생한다.
- [0063] 일반적인 경우에는 위에서 설명한 것처럼 선교점 방법을 이용하여, 위치추정 오차를 줄일 수 있으나, 위에서 설명한 특정 경우에는 오차를 줄일 수가 없다.
- [0064] 이 문제를 해결하기 위해, 본 발명에서는 작은 원이 두 원의 영역에 포함되는 특정 경우, 이웃하는 두 교점(작은 원과 큰 두 개의 원 중 하나의 원과의 교점과, 작은 원과 큰 두 개의 원 중 다른 원과의 교점)의 거리를 계산하고 이 과정을 다른 이웃하는 두 교점에도 시행한다.
- [0065] 두 계산된 거리 중 짧은 거리를 선택하고, 거기에 해당하는 두 개의 교점의 평균을 이동단말의 위치로 결정하는 방법을 제안한다.
- [0066] 도 4a와 도 4b는 거리추정에 의해 늘어난 반지름 기반의 세 원이 만나는 특정한 경우(작은 한 원이 큰 두 원의 영역에 포함되는)에 대한 설명을 도식한 개념도이다.
- [0067] 도 4a를 참조하면, 작은 한 원(514)이 큰 두 개의 원(510, 512)의 영역에 포함되어 있다. 이동단말(518)의 위치는 적색 삼각형으로 표시되어 있다.
- [0068] 도 4b를 참조하면, 작은 한 원(514)과 큰 두 개의 원(510, 512)은 6개의 교점(I, J, K, I', J', K')에서 만나고 있다.
- [0069] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법에 관한 전체 흐름도이다.
- [0070] 도 5를 참조하면, 먼저 S110 과정은 본 발명이 적용된 이동단말의 위치 결정 장치에서 네트워크 내 기설정된 위치에 분산된 복수의 기지국에서 서빙(serving) 중인 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말 간 거리 추정을 위해 각 기지국의 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 각각 반지름으로 하여 기지국별 중첩되는 원을 생성한다.
- [0071] 계속해서, S112 과정에서는 상기 각 기지국을 중심으로 생성되어 상호 중첩되는 원에 의해 형성되는 교점을 생성한다.
- [0072] 즉, 작은 한 원(514)과 큰 두 개의 원(510, 512)의 6개의 교점(I, J, K, I', J', K')을 구한다. 여기에서, I=1, J=2, I'=3, J'=4라고 한다.
- [0073] 이후에, S114 과정에서 위치 결정 장치는 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 어느 하나(일예로 I')(j=3이라고 한다)와, 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J')(j=4라고한다)을 선택한다.
- [0074] 그리고, S116 과정에서 위치 결정 장치는 선택된 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 어느 하나(일예로 I')와, 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J')의 거리 $d_{j,j+1}(j=3)$ 을 산출한다. 이때, 사용되는 수식은 수학식 4이다.
- [0075] 계속해서, S118 과정에서 위치 결정 장치는 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 다른 하나(일예로 I)(j=1이라고 한다)와, 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J)(j=2라고한다)을 선택한다.
- [0076] 그리고, S120 과정에서 위치 결정 장치는 선택된 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 다른 하나(일예로 I)와, 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J)의 거리 $d_{j,j+1}(j=1)$ 을 산출한다. 이때, 사용되는 수식은 수학식 4이다.
- [0077] (수학식 4)

$$d_{j,j+1} = \sqrt{(x_j - x_{j+1})^2 + (y_j - y_{j+1})^2}$$

[0078]

- [0079] 여기에서, $j=1, 3$ 이다.
- [0080] 상기 수학식 4에서 $j=1$ 은 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 어느 하나(일예로 I)이고, $j=2$ 는 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 어느 하나(일예로 J)이며, $j=3$ 은 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 다른 하나(일예로 I')이고, $j=4$ 는 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 다른 하나(일예로 J')이다.
- [0081] 또한, (x_j, y_j) 는 j 번째 교점의 좌표값이다
- [0082] 이후에, S122 과정에서 위치 결정 장치는 위에서 구한 2개의 거리를 비교하여, S124 과정에서 작은 값을 선택한다.
- [0083] 계속해서, S126 과정에서 위치 결정 장치는 선택된 거리를 구하는데 사용된 2개의 교점의 평균좌표(x_m, y_m)를 이동 단말의 위치로 결정한다.
- [0084] 이때, 사용되는 수학식이 아래 수학식 5이다.
- [0085] (수학식 5)
- [0086] $x_m = (I_x' + J_x')/2, y_m = (I_y' + J_y')/2$
- [0087] 여기에서, (I_x', I_y') 와 (J_x', J_y') 는 S124 과정에서 선택된 작은값을 구하기 위하여 사용된 2개의 교점의 각각의 좌표값이다.
- [0088] 이상에서는, 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 방법에 대해서 살펴보았다.
- [0089] 이하, 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치에 관해 도 6을 참조하여 자세히 살펴보기로 한다.
- [0090] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동통신 시스템에서 이동단말의 위치 결정 장치에 관한 상세 구성도이다.
- [0091] 도 6을 참조하면, 본 발명이 적용된 이동단말의 위치 결정 장치(600)는 수집부(610), 제어부(612), 위치 계산부(614) 및 위치 측정부(616)를 포함한다.
- [0092] 상기 수집부(610)는 소정 이동단말을 기준으로 상기 이동단말을 서빙(serving)하는 기지국과 상기 서빙 기지국에 인접하는 적어도 둘 이상의 인접 기지국으로부터 상기 이동단말이 위치하는 거리 정보를 수집한다.
- [0093] 상기 제어부(612)는 이동단말로 전송되는 신호의 도착 시간(TOA: Time of Arrival)을 기반으로 상기 이동단말간 거리 추정을 위해 기준 위치를 중심으로 상기 이동단말 사이의 거리를 반지름으로 하여 원이 생성되도록 제어한다.
- [0094] 상기 생성된 원은 이동단말의 위치를 기준으로 상기 이동단말을 서빙하는 기지국과 적어도 둘 이상의 인접 기지국과 연동되어 서로 중첩되게 생성된다.
- [0095] 그리고, 제어부(612)는 작은 한 원(514)과 큰 두개의 원(510, 512)의 6개의 교점(I, J, K, I', J', K')을 구한다. 여기에서, $I=1, J=2, I'=3, J'=4$ 라고 한다.
- [0096] 상기 위치 계산부(614)는 제어부(612)로부터 생성된 원에 의해 형성되는 교점 좌표에서 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 어느 하나(일예로 I')($j=3$ 이라고 한다)와, 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J')($j=4$ 라고한다)을 선택한다.
- [0097] 그리고, 위치 계산부(614)는 선택된 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 어느 하나(일예로 I')와, 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J')의 거리 $d_{j+1}(j=3)$ 을 산출한다. 이때, 사용되는 수식은 수학식 4이다.
- [0098] 또한, 위치 계산부(614)는 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 다른 하나(일예로 I)($j=1$ 이라고 한다)과 작은 원(514)과 다른 하나의 큰 원(일예로 510)이 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J)($j=2$ 라고한다)을 선택한다.
- [0099] 그리고, 위치 계산부(614)는 선택된 작은 원(514)과 어느 하나의 큰 원(일예로 512)이 형성하는 교점 중의 다른

하나(일예로 I)과 작은 원(514)와 다른 하나의 큰 원(일예로 510)가 형성하는 교점 중의 이웃하는 교점(일예로 J)의 거리 $d_{j+1}(j=1)$ 을 산출한다. 이때, 사용되는 수식은 위의 수학적식 4이다.

[0100] 한편, 위치 측정부(616)는 위치 계산부(614)가 구한 2개의 거리를 비교하여, 작은 값을 선택한다.

[0101] 그리고, 위치 측정부(616)는 선택된 거리를 구하는데 사용된 2개의 교점의 평균좌표(x_m, y_m)를 이동 단말의 위치로 결정한다. 이때, 사용되는 수학적식이 수학적식 5이다.

[0102] 한편, 도 7과 8은 본 발명의 시뮬레이션 결과를 제시한다.

[0103] 본 발명에서 제안된 방법 기반의 도착 시간 삼각변 측량법의 성능 평가를 위한 시뮬레이션을 위해 실시예는 (-3000, 5000), (1500, 3000), (7000, 600)의 좌표를 각각 가지는 세 개의 고정된 기지국을 이용한다고 가정하고, 좌표의 단위는 m이다. 또한, 반송 주파수로 10MHz, 50MHz, 100MHz, 500MHz, 1GHz, 10GHz를 고려하였다. 이동국의 좌표는 두 가지의 경우를 고려하였는데, 첫 번째 실시예의 경우는 이동국의 좌표가 -100m ~ +100m 사이의 범위에서 임의로 선택되고, 두 번째 실시예의 경우는 이동국의 좌표가 -500 ~ +500m 사이의 범위에서 임의로 선택된다고 가정하였다. 제안된 알고리즘의 성능은 이동국의 MSE(mean square error)에 의해 평가된다.

[0104] 실제 거리 d 와 추정된 거리 d_e 의 오차는 다음 수학적식 6으로 주어지고, 거리 MSE는 수학적식 7로 주어진다.

[0105] (수학적식 6)

$$Err_{distance} = \sqrt{(d - d_e)^2}$$

[0106]

[0107] (수학적식 7)

$$MSE_{distance} = E[Err_{distance}^2]$$

[0109] 실제 이동국과 추정된 이동국의 위치에 대한 오차는 하기의 수학적식 8에 의해 계산되고, 이동단말 위치에 대한 MSE는 수학적식 9에 의해 계산된다.

[0110] (수학적식 8)

$$Error_{position} = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2}$$

[0111]

[0112] (수학적식 9)

$$MSE_{position} = E[Error_{position}^2]$$

[0113]

[0114] 도 7과 도 8에서 특정 경우에 대한 오차개선을 위해 제안된 교점거리 비교 방법과 선교점 방법에 대한 MSE가 제시되어 있는데, 두 개의 그림으로부터 본 발명에서 제안된 방법이 한 개의 작은 원이 두 개의 큰 원의 영역에 위치하는 특정한 경우, 선교점 방법 보다 월등히 낮은 MSE를 가진다는 것을 확인할 수 있다.

[0115] 즉, 특정 경우 교점거리 비교 방법의 위치추정 성능이 선교점 방법의 위치추정 성능보다 월등히 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

[0116] 이동국의 위치추정 기술은 나날이 발전하고 있는 이동통신 시스템의 핵심적 기술로서 다양한 응용 분야를 가지고 있다.

[0117] 이동통신 시스템이 발달하면서 보다 정확한 위치추정 성능을 요구하고 있는데, 현재 GPS를 이용하여 높은 정확도의 위치추정이 이루어지고 있다.

[0118] 하지만 GPS 위성신호의 수신에 불가능한 경우 도착 시간 삼각변 측량법과 같은 네트워크 기반의 위치추정 기술을 사용하여야 하는데, 이 기술은 GPS에 비해 상대적으로 높은 위치추정 오차를 가지고 있다.

[0119] 본 발명에서는 이러한 도착 시간 삼각변 측량법의 오차를 효과적으로 개선하기 위한 교점거리 비교 방법을 제안한다.

[0120] 본 발명에서 제안된 방법을 사용하여 GPS 위성신호의 수신에 불가능한 경우에도 높은 정확도를 가지는 위치추정

결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

[0121] 제안된 방법은 상용 이동통신 시스템은 물론, 높은 정확도가 요구되는 이동로봇 시스템 및 각종 군사용 장비에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

[0122] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

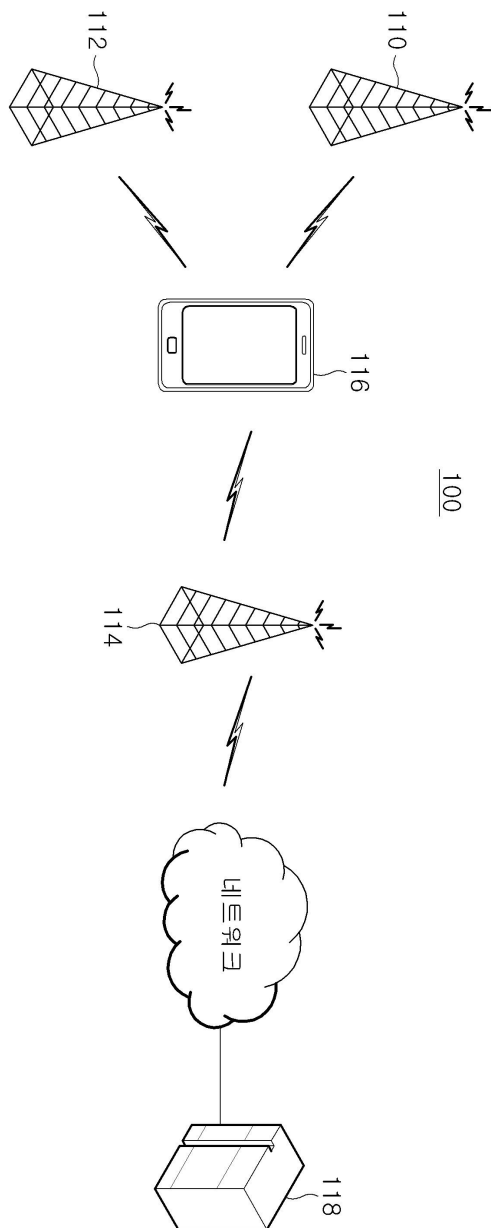
부호의 설명

[0123]

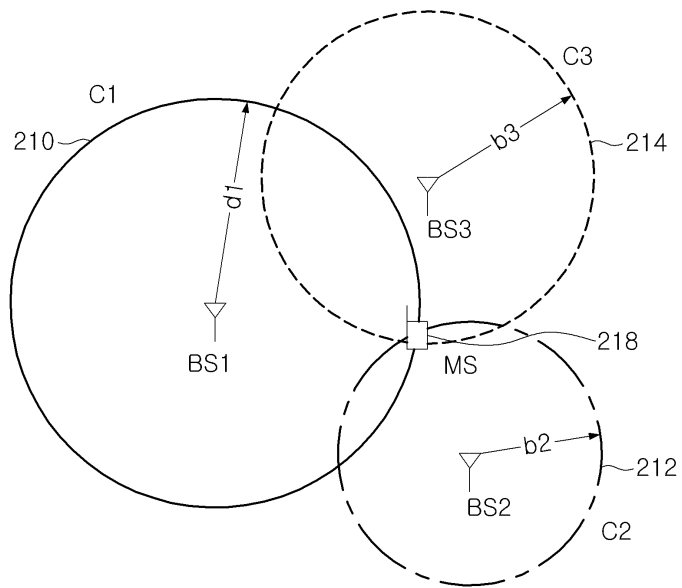
100 : 이동통신 시스템	110, 112, 114 : 기지국
116 : 이동단말	118 : 위치 측정 서비스 서버
600 : 위치 결정 장치	610 : 수집부
612 : 제어부	614 : 위치 계산부
616 : 위치 측정부	

도면

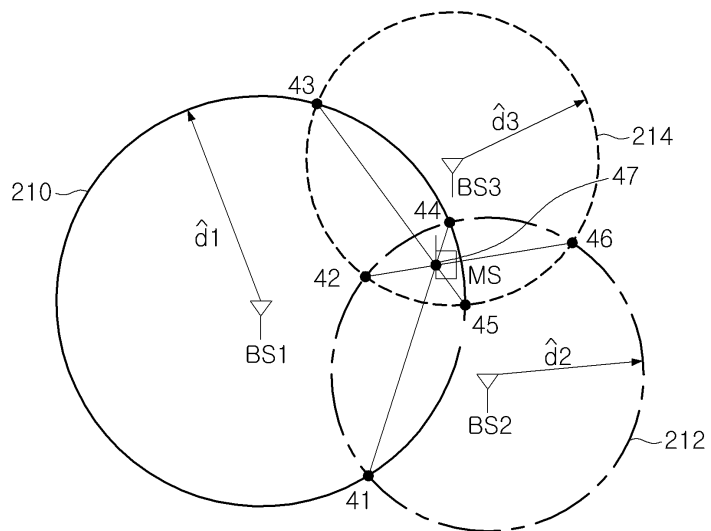
도면1



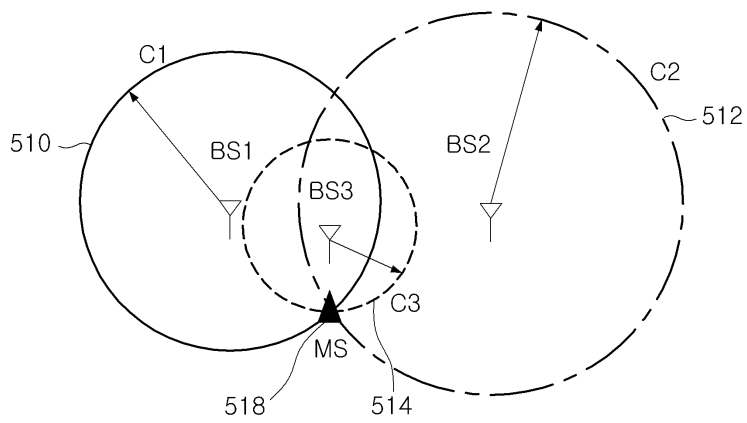
도면2



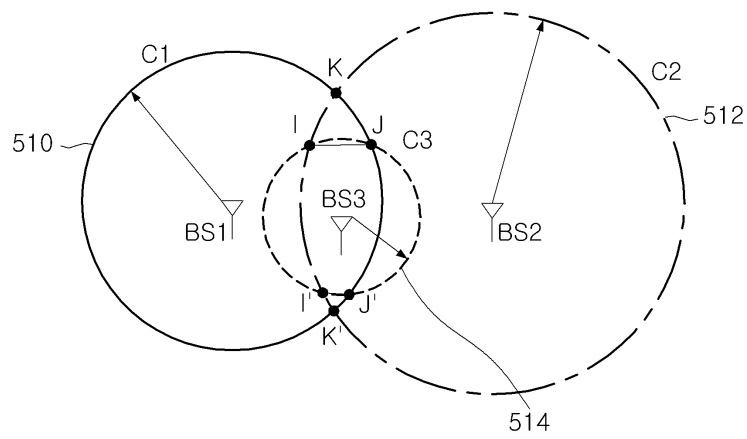
도면3



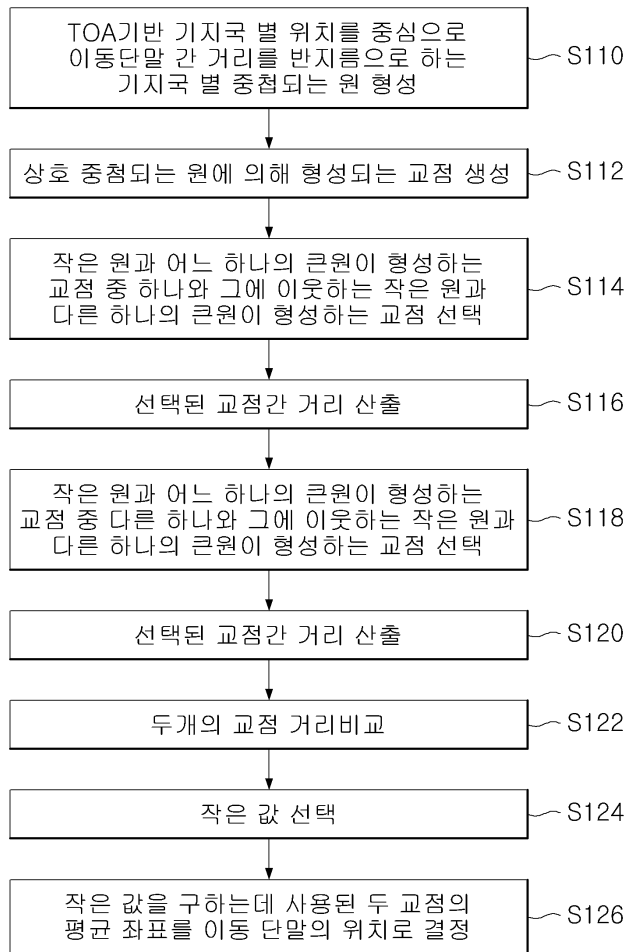
도면4a



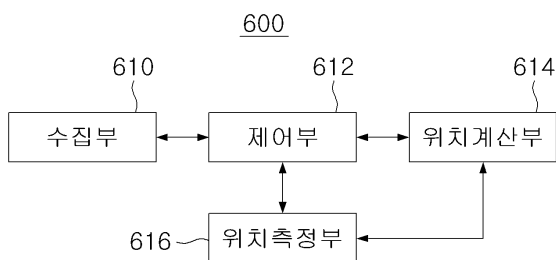
도면4b



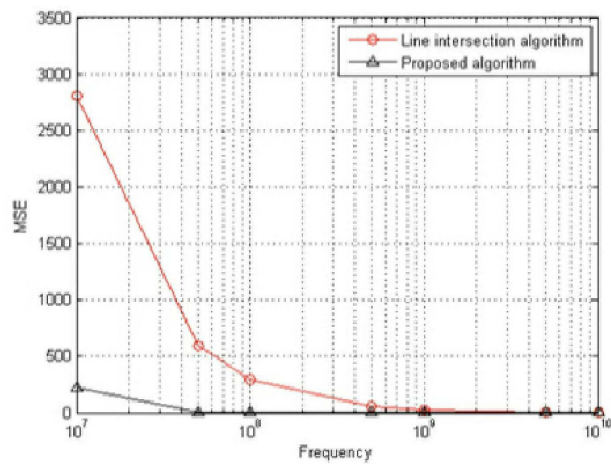
도면5



도면6



도면7



도면8

