(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016 년 10 월 13 일 (13.10.2016)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2016/163803 A1

(51) 국제특허분류:
G01S 5/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2016/003706

(22) 국제출원일: 2016 년 4 월 8 일 (08.04.2016)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2015-0050778 2015 년 4 월 10 일 (10.04.2015) KR

(71) 출원인: **삼성전자주식회사 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.)** [KR/KR]; 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR). **성균관대학교산학협력단 (RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY)** [KR/KR]; 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: **류현석 (RYU, Hyunseok)**; 16953 경기도 용인시 기흥구 흥덕 1 로 79 번길 37, 501 동 1103 호, Gyeonggi-do (KR). **최형진 (CHOI, Hyung-Jin)**; 05572 서울시 송파구 올림픽로 4 길 15, 10 동 405 호, Seoul (KR). **이경훈 (LEE, Kyung-Hoon)**; 01651 서울시 노원구 한글비석로 52 길 66, 102 동 903 호, Seoul (KR). **황원준 (HWANG, Won-Jun)**; 16362 경기도 수원시 장안구 율전로 64 번길 41-21, 101 호, Gyeonggi-do (KR). **박승훈 (PARK, Seung-Hoon)**; 04132 서울시 마포구 마포대로 11 길 50, 405 동 304 호, Seoul (KR). **쉬에펑 (XUE, Peng)**; 16512 경기도 수원시 영통구 법조로 134, 3008 동 1101 호, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: **권혁록 (KWON, Hyuk-Rok)** 등; 03175 서울시 종로구 경희궁길 28, 2 층, Seoul (KR).

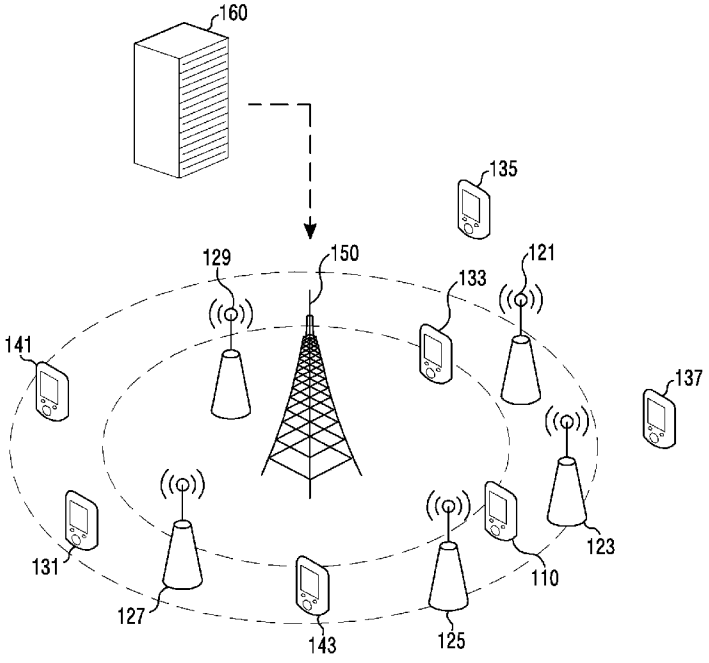
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: DEVICE AND METHOD FOR POSITION MEASUREMENT IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) **발명의 명칭** : 무선 통신 시스템에서 위치 측정을 위한 장치 및 방법



(57) **Abstract**: The present disclosure relates to a 5G or a pre-5G communication system to be provided for supporting a higher data transmission rate, following 4G communication systems such as LTE. In particular, the present invention relates to a device and method for position measurement in a wireless communication system, wherein an operating method of a terminal in the wireless communication system is characterized by comprising the steps of: transmitting a signal requesting a position measurement; and receiving positioning signals for the position measurement of the terminal from a plurality of other terminals.

(57) **요약서**: 본 개시는 LTE 와 같은 4G 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위해 제공될 5G 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 구체적으로, 본 발명은 무선 통신 시스템에서 위치 측정을 위한 장치 및 방법에 관한 것으로서, 무선 통신 시스템에서 단말의 동작 방법은 위치 측정을 요청하는 신호를 송신하는 과정과, 다수의 다른 단말들로부터 상기 단말의 상기 위치 측정을 위한 측위 신호들을 수신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

WO 2016/163803 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 위치 측정을 위한 장치 및 방법

배경기술

[1] 본 발명은 무선 통신 시스템에서 위치 측정을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

[2] 4G 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후 (Beyond 4G Network) 통신 시스템 또는 LTE 시스템 이후 (Post LTE)의 시스템이라 불리어지고 있다.

[3] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역 (예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중입출력(Full Dimensional MIMO: FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beam-forming), 및 대규모 안테나 (large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.

[4] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀 (advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크 (cloud radio access network: cloud RAN), 초고밀도 네트워크 (ultra-dense network), 기기 간 통신 (Device to Device communication: D2D), 무선 백홀 (wireless backhaul), 이동 네트워크 (moving network), 협력 통신 (cooperative communication), CoMP (Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거 (interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[5] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(Advanced Coding Modulation: ACM) 방식인 FQAM (Hybrid FSK and QAM Modulation) 및 SWSC (Sliding Window Superposition Coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(Filter Bank Multi Carrier), NOMA(non orthogonal multiple access), 및 SCMA(sparse code multiple access) 등이 개발되고 있다.

[6] 이와 같은 이동 통신 기술의 발전과 더불어, 이동 통신 이용자의 비중이 급격하게 증가하고 있다. 이에 따라, 이동 통신 이용자들의 공공 안전에 관한 관심이 날로 증대되고 있으며, 이동 통신 이용자들의 공공 안전과 관련된 대표적인 기술 분야로써, 상기 이용자들의 위치 측정과 관련된 기술 분야가 현재 주목을 받고 있다. 이와 같은 상황에서, 이동 통신 이용자들의 위치 측정에 관한 다양한 기법들이 연구되고 있으며, 이동 통신 이용자들의 위치 측정 성능을 개선하기 위하여 다양한 시도들이 현재 이루어지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[7] 본 발명의 일 실시 예는 무선 통신 시스템에서 위치 측정을 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[8] 본 발명의 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 장치들과의 관계에 기반하여 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[9] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 기지국들과의 관계에 기반하여 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[10] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 단말들과의 관계에 기반하여 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[11] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 기지국들과의 관계에 기반하여 2차원 상의 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[12] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 단말들과의 관계에 기반하여 2차원 상의 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[13] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 기지국들과의 관계에 기반하여 3차원 상의 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[14] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 인접 단말들과의 관계에 기반하여 3차원 상의 위치 측정을 수행하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[15] 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 동작 방법은 위치 측정을 요청하는 신호를 송신하는 과정과, 다수의 다른 단말들로부터 상기 단말의 상기 위치 측정을 위한 측위 신호들을 수신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[16] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 동작 방법은 위치 측정을 요청하는 신호를 수신하는 과정과, 다른 단말로 상기 다른 단말의 상기 위치 측정을 위한 측위 신호를 송신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[17] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국의 동작 방법은 단말로부터 위치 측정을 요청하는 제 1 신호를 수신하는 과정과, 상기 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호의 송신을 요청하는 제 2 신호를 다수의 다른 단말들로 송신하는 과정을 포함한다.

[18] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치를 결정하기 위한 방법은 적어도 하나의 위치 측정 파라미터(parameter)를 획득하는 과정과, 상기 적어도 하나의 위치 측정 파라미터에 기초하여 상기 단말의 위치 정보의 제 1 부분을 결정하는 과정과, 상기 제 1 부분에 기초하여 상기 단말의 위치 정보의 제 2 부분을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[19] 본 발명의 실시 예에 따른 위치 측정을 수행함으로써, 위치 측정의 정확성을 향상시킬 수 있고, 동시에, 3차원 상의 위치 결정을 수행함으로써, 측정된 위치 정보에 대한 활용성을 증대시킬 수 있으며, 나아가 위치 측정 기술을 기반으로 한 다양한 응용 서비스를 이용하는 사용자들의 편의성이 크게 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[20] 도 1은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 통신 네트워크의 구성을 도시한다.

[21] 도 2는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말 장치의 블록 구성을 도시한다.

[22] 도 3은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국 장치의 블록 구성을 도시한다.

[23] 도 4는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 결정 장치의 블록 구성을 도시한다.

[24] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[25] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[26] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정에 관한 문제 상황을 도시한다.

[27] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시한다.

[28] 도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시한다.

[29] 도 10a 및 도 10b는 또 다른 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시한다.

[30] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[31] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[32] 도 13은 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 결정된 단말의 위치에 관한 평가 방식을 도시한다.

[33] 도 14는 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 측정의 대상이 되는 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[34] 도 15는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 측정의 대상이 되는 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[35] 도 16은 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 측정의 대상이 되는 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[36] 도 17은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 인접 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[37] 도 18은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 인접 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[38] 도 19는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 인접 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[39] 도 20은 본 발명의 또 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 기지국의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[40] 도 21은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 기지국의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[41] 도 22는 본 발명의 또 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 위치 결정 장치의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[42] 도 23은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[43] 도 24는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다.

[44] 도 25는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다.

[45] 도 26은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다.

[46] 도 27은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다.

[47] 도 28은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다.

[48] 도 29는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 결정을 위한 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[49] 도 30은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 기지국의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[50] 도 31은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 위치 결정 장치의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[51] 도 32는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 위치 결정 장치의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[52] 도 33은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 최종적인 위치 결정 방식을 도시한다.

[53] 도 34는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 최종적인 위치 결정 방식에 관한 그래프를 도시한다.

[54] 도 35는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[55] 도 36은 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[56] 도 37은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[57] 도 38은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[58] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 동작 원리를 상세히 설명한다. 하기에서 본 발명을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술 되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[59] 본 발명의 다양한 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들이 도면에 예시되고 관련된 상세한 설명이 기재되어 있다. 그러나, 이는 본 발명의 다양한 실시 예를 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 다양한 실시 예의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경 및/또는 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조부호가 사용되었다.

[60] 본 발명의 다양한 실시 예에서 사용될 수 있는“포함한다” 또는“포함할 수 있다” 등의 표현은 개시(disclosure)된 해당 기능, 동작 또는 구성요소 등의 존재를 가리키며, 추가적인 하나 이상의 기능, 동작 또는 구성요소 등을 제한하지 않는다. 또한, 본 발명의 다양한 실시 예에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 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 이해되어야 한다.

[61] 본 발명의 다양한 실시 예에서 “또는” 등의 표현은 함께 나열된 단어들의 어떠한, 그리고 모든 조합을 포함한다. 예를 들어, “A 또는 B”는, A를 포함할 수도, B를 포함할 수도, 또는 A 와 B 모두를 포함할 수도 있다.

[62] 본 발명의 다양한 실시 예에서 사용된 “제 1,”“제 2,”“첫째,”또는“둘째,”등의 표현들은 다양한 실시 예들의 다양한 구성요소들을 수식할 수 있지만, 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 예를 들어, 상기 표현들은 해당 구성요소들의 순서 및/또는 중요도 등을 한정하지 않는다. 상기 표현들은 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 제 1 사용자 기기와 제 2 사용자 기기는 모두 사용자 기기이며, 서로 다른 사용자 기기를 나타낸다. 예를 들어, 본 발명의 다양한 실시 예의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다.

[63] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 새로운 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 새로운 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해될 수 있어야 할 것이다.

[64] 본 발명의 다양한 실시 예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명의 다양한 실시 예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[65] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명의 다양한 실시 예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명의 다양한 실시 예에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[66] 이하의 내용을 통해, 무선 통신 시스템에서 위치 측정을 위한 장치 및 방법에 관한 설명이 이어질 것이다.

[67] 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템은 셀룰러(cellular) 시스템, 예를 들어, LTE(long term evolution) 규격에 따른 무선 통신 시스템 또는 WiMAX(world interoperability for microwave access) 규격에 따른 무선통신 시스템을 포함할 수 있다. 또한, 상기 무선 통신 시스템은 기지국 장치 및 단말 장치를 포함하며, 상기 기지국 장치는 eNB(evolved NodeB)로 지칭될 수 있으며, 상기 단말 장치는 UE(user equipment)로 지칭될 수 있다.

[68] 도 1은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 통신 네트워크의 구성을 도시한다. 상기 도 1을 참조하면, 상기 통신 네트워크는 다수의 단말들, 다수의 기지국들 및 위치 결정 장치를 포함할 수 있다. 상기 통신 네트워크는 자신의 위치를 측정하고자 하는 단말 110과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정된 단말들 121, 123, 125, 127, 129와, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하였으나 상기 위치가 알려진 단말들 131, 133, 135, 137과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하고, 상기 위치가 알려지지 아니한 단말들 141, 143과, 기지국 150과, 위치 결정 장치 160을 포함할 수 있다.

[69] 여기에서, 상기 단말 110은 측위 단말 또는 단말로 지칭될 수 있으며, 상기 측정 요청 단말 110과 인접한 다수의 단말들 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137,

141, 143은 인접 단말로 지칭될 수 있다. 상기 통신 네트워크에 포함된 다수의 단말들 110, 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 141, 143은 상기 기지국 150과 결합될 수 있으며, 상기 기지국 150과 무선 통신을 수행할 수 있다. 또한, 상기 위치 결정 장치 160은 서버 장치, E-SMLC(evolved serving mobile location center)와 같은 장치를 포함할 수 있으며, 상기 기지국과 유선으로 결합하여 통신을 수행할 수 있다.

[70] 또한, 상기 통신 네트워크에 포함된 다수의 단말들 110, 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 141, 143은 스마트폰(smart phone)과 같이 무선 접속 기능을 가지는 휴대용 전자 장치(portable electronic device)일 수 있다. 다른 예로, 상기 다수의 단말들은 휴대용 단말기(portable terminal), 이동 전화(mobile phone), 이동 패드(mobile pad), 태블릿 컴퓨터(tablet computer), 핸드헬드 컴퓨터(handheld computer), PDA(personal digital assistant)중 하나일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 다수의 단말들은 무선 접속 가능한 미디어 플레이어(media player), 카메라, 스피커(speaker), 스마트 텔레비전(smart television)과 같은 미디어 기기 중 하나일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 다수의 단말들은 스마트 워치(smart watch), 스마트 글래스(smart glass)와 같은 착용형 전자 장치(wearable electronic device)일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 다수의 단말들 POS(point of sales) 기기 또는 비콘(beacon) 기기일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 다수의 단말들은 상술한 장치들 중 둘 이상의 기능들을 결합한 장치일 수 있다.

[71] 이 경우, 단말 110은 인접한 다수의 단말들 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 141, 143, 기지국 150, 위치 결정 장치 160과의 상호 작용을 통해 자신의 위치를 결정할 수 있는데, 그 구체적인 과정은 아래에서 상세하게 설명될 것이다.

[72] 도 2는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말 장치의 블록 구성을 도시한다. 여기서는 편의상 단말 장치가 단말 110인 예로 국한하여 설명하지만, 이에 국한되는 것은 아니다. 예를 들어, 단말 장치는 단말 121 내지 129, 상기 단말 131 내지 137 또는 상기 단말 141 내지 143이 될 수 있다.

[73] 상기 도 2를 참고하면, 상기 단말 110은 통신부 210, 저장부 220, 제어부 230을 포함한다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[74] 상기 통신부 210은 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 상기 통신부 210은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 상기 통신부 210은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 상기 통신부 210은 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 상기 통신부 210은 기저대역 신호를 RF(radio frequency) 대역 신호로 상향 변환한 후 안테나를 통해 송신하고,

상기 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향 변환한다. 예를 들어, 상기 통신부 210은 송신 필터(filter), 수신 필터, 증폭기, 믹서(mixer), 오실레이터(oscillator), DAC(Digital to Analog Convertor), ADC(Analog to Digital Convertor) 등을 포함할 수 있다.

[75] 또한, 상기 통신부 210은 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 상기 통신부 210은 빔포밍(beamforming)을 수행할 수 있다. 상기 빔포밍을 위해, 상기 통신부 210은 다수의 안테나들 또는 안테나 요소(element)들을 통해 송수신되는 신호들 각각의 위상 및 크기를 조절할 수 있다.

[76] 상기 통신부 210은 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 상기 통신부 210은 송신부, 수신부 또는 송수신부로 지칭될 수 있다.

[77] 상기 저장부 220은 상기 단말 110의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 그리고, 상기 저장부 220은 상기 제어부 230의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[78] 상기 제어부 230은 상기 단말 110의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 상기 제어부 230은 상기 통신부 210을 통해 신호를 송수신한다. 또한, 상기 제어부 230은 상기 저장부 220에 데이터를 기록하고, 읽는다. 이를 위해, 상기 제어부 230은 적어도 하나의 프로세서(processor)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제어부 330은 상기 단말 110이 이하 도 14 내지 도 16, 도 29 등에 도시된 절차를 수행하도록 제어할 수 있고, 상기 단말 121 내지 129 또는 상기 단말 131 내지 137이 이하 도 17 내지 도 19 등에 도시된 절차를 수행하도록 제어할 수 있다.

[79] 도 3은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국 장치의 블록 구성을 도시한다.

[80] 상기 도 3을 참고하면, 상기 기지국 150은 통신부 310, 저장부 320, 제어부 330, 백홀 통신부 340을 포함한다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[81] 상기 통신부 310은 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 상기 통신부 310은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 상기 통신부 310은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 상기 통신부 310은 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 상기 통신부 310은 기저대역 신호를 RF 대역 신호로 상향 변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 상기 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향 변환한다. 예를 들어, 상기 통신부 310은 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서, 오실레이터, DAC, ADC 등을 포함할 수 있다.

[82] 또한, 상기 통신부 310은 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 상기

통신부 310은 빔포밍을 수행할 수 있다. 상기 빔포밍을 위해, 상기 통신부 310은 다수의 안테나들 또는 안테나 요소들을 통해 송수신되는 신호들 각각의 위상 및 크기를 조절할 수 있다.

[83] 상기 통신부 310은 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 상기 통신부 310은 송신부, 수신부 또는 송수신부로 지칭될 수 있다.

[84] 상기 저장부 320은 상기 기지국 150의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 그리고, 상기 저장부 320은 상기 제어부 330의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[85] 상기 제어부 330은 상기 기지국 150의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 상기 제어부 330은 상기 통신부 310을 통해 신호를 송수신한다. 또한, 상기 제어부 330은 상기 저장부 320에 데이터를 기록하고, 읽는다. 이를 위해, 상기 제어부 330은 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제어부 330은 상기 기지국 150이 이하 도 20 내지 도 21, 도 30 등에 도시된 절차를 수행하도록 제어할 수 있다.

[86] 또한, 상기 백홀 통신부 340은 네트워크 내 다른 노드들과 통신을 수행하기 위한 인터페이스를 제공한다. 즉, 상기 백홀 통신부 340은 상기 기지국 150에서 다른 노드, 예를 들어, 다른 기지국, 코어 망 등으로 송신되는 비트열을 물리적 신호로 변환하고, 상기 다른 노드로부터 수신되는 물리적 신호를 비트열로 변환한다.

[87] 도 4는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 결정 장치의 블록 구성을 도시한다.

[88] 상기 도 4를 참고하면, 상기 위치 결정 장치 160은 통신부 410, 저장부 420, 제어부 430을 포함한다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[89] 특히, 상기 통신부 410은 상기 위치 결정 정치 160에서 다른 노드, 예를 들어, 기지국, 코어 망, 인증 서버 등으로 송신되는 비트열을 물리적 신호로 변환하고, 상기 다른 노드로부터 수신되는 물리적 신호를 비트열로 변환한다. 즉, 상기 통신부 410은 신호를 송신 및 수신할 수 있다. 이에 따라, 상기 통신부 410은 송신부, 수신부 또는 송수신부로 지칭될 수 있다.

[90] 상기 저장부 420은 상기 위치 결정 장치 160의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 특히, 상기 저장부 420은 단말들의 서빙(serving) 셀 관리 정보를 저장한다. 상기 서빙 셀 관리 정보는 상기 단말들 각각의 서빙 셀 목록, 서빙 셀 별 무선 링크 품질 정보, 서빙 셀 별 부하 수준 정보 등을 포함하며, 테이블의 형태로 구성될 수 있다. 그리고, 상기 저장부 420은 상기 제어부 430의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[91] 상기 제어부 430은 상기 위치 결정 장치 160의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 상기 제어부 430은 상기 통신부 410을 통해 신호를 송수신한다. 또한,

상기 제어부 430는 상기 저장부 420에 데이터를 기록하고, 읽는다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제어부 430은 상기 위치 결정 장치 160이 이하 도 22, 도 31 내지 도 32에 도시된 절차를 수행하도록 제어한다.

[92] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[93] 상기 도 5a를 참조하면, 단말 110은 서빙(serving) 기지국 551, 인접 기지국 1 553, 인접 기지국 2 555와 통신을 수행하여 위치를 측정할 수 있다. 구체적으로, 상기 서빙 기지국 551은 T_1 시점에 상기 단말 110으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 제 1 측위 신호를 송신할 수 있다. 이에 대응하여, 상기 T_1 시점에서 τ_1 만큼 지연된 시점에서, 상기 단말 110은 상기 제 1 측위 신호를 수신할 수 있다. 또한, 상기 인접 기지국 1 553은 T_2 시점에 상기 단말 110으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 제 2 측위 신호를 송신할 수 있고, 이에 대응하여, 상기 T_2 시점에서 τ_2 만큼 지연된 시점에서, 상기 단말 110은 상기 제 2 측위 신호를 수신할 수 있다. 또한, 상기 인접 기지국 2 555는 T_3 시점에 상기 단말 110으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 제 3 측위 신호를 송신할 수 있고, 이에 대응하여, 상기 T_3 시점에서 τ_3 만큼 지연된 시점에서, 상기 단말 110은 상기 제 3 측위 신호를 수신할 수 있다. 여기에서, 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호 및 상기 제 3 측위 신호는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 신호이다. 예를 들면, 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호 및 상기 제 3 측위 신호는 위치 측정이 목적으로 설계된 신호일 수 있다. 상기 제1 측위 신호, 상기 제2 측위 신호 및 상기 제3 측위 신호는 위치 측위 참조 신호(Positioning Reference Signal, PRS)일 수 있다. 상기 위치 측위 참조 신호는 PRBS(Pseudo Random Binary Sequence)로 구성될 수 있다. 상기 위치 측위 참조 신호는 D2D 위치 측위 참조 신호(D2D-PRS)일 수 있다. 다른 예를 들면, 별도의 목적(예: 채널 추정, 동기 획득)을 위한 신호일 수 있다. 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호 및 상기 제 3 측위 신호는 기준 신호(reference signal), 동기 신호, 프리앰블, 파일럿 신호 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[94] 또한, 상기 단말 110은 상기 제 1 측위 신호를 수신한 시점, $(T_1+\tau_1)$을 상기 서빙 기지국 551로 송신할 수 있고, 상기 제 2 측위 신호를 수신한 시점, $(T_2+\tau_2)$를 상기 인접 기지국 1 553으로 송신할 수 있으며, 상기 제 3 측위 신호를 수신한 시점, $(T_3+\tau_3)$를 상기 인접 기지국 2 555로 송신할 수 있다. 이에 따라, 상기 서빙 기지국 551은 단말 110으로부터 수신한 $(T_1+\tau_1)$ 값과 상기 서빙 기지국 551이 제 1 측위 신호를 송신한 시점 T_1 값의 차, τ_1을 산출한 후, 상기 τ_1 값과 빛의 속도(약 3.0×10^8 m/s) 정보에 기초하여, 상기 서빙 기지국 551과 상기 단말 110 간의 제 1 거리를 산출할 수 있다.

[95] 또한, 상기 인접 기지국 1 553은 단말 110으로부터 수신한 $(T_2+\tau_2)$ 값과 상기 인접 기지국 1 553이 제 2 측위 신호를 송신한 시점 T_2 값의 차, τ_2를 산출한 후, 상기 τ_2 값과 빛의 속도 정보에 기초하여, 상기 인접 기지국 1 553과 상기 단말

110 간의 제 2 거리를 산출할 수 있다. 또한, 상기 인접 기지국 2 555는 단말 110으로부터 수신한 ($T_3+\tau_3$) 값과 상기 인접 기지국 2 555가 제 3 측위 신호를 송신한 시점 T_3 값의 차, τ_3를 산출한 후, 상기 τ_3 값과 빛의 속도 정보에 기초하여, 상기 인접 기지국 2 555와 상기 단말 110 간의 제 3 거리를 산출할 수 있다.

[96] 또한, 상기 서빙 기지국 551은 상기 제 1 거리를 위치 결정 장치(상기 도 5a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 송신할 수 있고, 상기 인접 기지국 1 553은 상기 제 2 거리를 상기 위치 결정 장치로 송신할 수 있으며, 상기 인접 기지국 2 555는 상기 제 3 거리를 상기 위치 결정 장치로 송신할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 위치 결정 장치는 상기 서빙 기지국 551, 상기 인접 기지국 1 553, 상기 인접 기지국 2 555의 2 차원 평면상의 좌표를 미리 인지하고 있다고 가정할 수 있으며, 이에 따라, 상기 위치 결정 장치는 상기 서빙 기지국 551의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 1 거리 값에 해당하는 원과, 상기 인접 기지국 1 553의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 2 거리 값에 해당하는 원과, 상기 인접 기지국 2 555의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 3 거리 값에 해당하는 원의 접점에 대응되는 좌표를 상기 단말 110의 위치로 결정할 수 있다. 또한, 이와 같은 위치 측정 방식은 TOA(time of arrival) 방식으로 지칭될 수 있다.

[97] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110의 위치는 위치 측정 결정 장치에 의해 결정될 수 있다. 그러나, 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 단말 110과 인접한 기지국들 가운데 하나, 예를 들어, 서빙 기지국 551이 인접 기지국 1 553 및 인접 기지국 2 555로부터 각각 제 2 거리 값 및 제 3 거리 값을 수신하여 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다.

[98] 또한, 설명의 편의를 위하여, 상기 단말 110이 2 차원 평면상에 위치한다는 가정하에, 위치 결정 과정이 설명되었다. 그러나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 단말 110은 인접한 4 개 이상의 기지국들로부터 각각 측위 신호들을 수신할 수 있으며, 상기 측위 신호들에 기초하여, 상기 단말 110의 3 차원상의 위치가 결정될 수 있다.

[99] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다.

[100] 상기 도 6a를 참조하면, 단말 110은 서빙 기지국 651, 인접 기지국 1 653, 인접 기지국 2 655와 통신을 수행하여 위치를 측정할 수 있다. 구체적으로, 상기 서빙 기지국 651은 T_1 시점에 상기 단말 110으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 제 1 측위 신호를 송신할 수 있고, 이에 대응하여, 상기 T_1 시점에서 τ_1 만큼 지연된 시점에서, 상기 단말 110은 상기 제 1 측위 신호를 수신할 수 있다. 또한, 상기 인접 기지국 1 653은 T_2 시점에 상기 단말 110으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 제 2 측위 신호를 송신할 수 있고, 이에 대응하여, 상기 T_2 시점에서 τ_2 만큼 지연된 시점에서, 상기 단말 110은 상기 제 2 측위 신호를 수신할 수 있다. 또한, 상기 인접 기지국 2 655는 T_3 시점에 상기 단말 110으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 제 3 측위 신호를 송신할 수 있고, 이에 대응하여, 상기 T_3 시점에서 τ

$_3$ 만큼 지연된 시점에서, 상기 단말 110은 상기 제 3 측위 신호를 수신할 수 있다. 여기에서, 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호 및 상기 제 3 측위 신호는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 신호로써, 각각 기준 신호를 포함할 수 있다.

[101] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110은 상기 제 1 측위 신호를 수신한 시점, $(T_1+\tau_1)$, 상기 제 2 측위 신호를 수신한 시점, $(T_2+\tau_2)$, 상기 제 3 측위 신호를 수신한 시점, $(T_3+\tau_3)$에 기초하여, 상기 단말 110이 상기 제 1 측위 신호를 수신한 시점, $(T_1+\tau_1)$과, 인접 기지국들에 의해 송신된 측위 신호를 수신한 시점들 간의 차이에 대응되는 $RSTD_i$ 값을 결정할 수 있다. 또한, 상기 단말 110은 결정된 각각의 $RSTD_i$ 값을 기지국 651 또는 기지국 653 또는 기지국 655로 송신할 수 있다. 상기 각각의 $RSTD_i$ 값을 수신한 기지국은 위치 결정 장치(상기 도 6a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 상기 각각의 $RSTD_i$ 값을 송신할 수 있다. 구체적으로 $RSTD_i$ 값은 아래의 수학식 1과 같이 결정된다.

[102]

【수학식 1】

$$RSTD_i = (T_i+\tau_i) - (T_1+\tau_1) = (\tau_i-\tau_1) + (T_i-T_1)$$

[103] 여기에서, 상기 i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 기지국들에 대응하는 인덱스(index)를 의미하고, 본 발명의 실시 예에 따라 상기 i는 2 이상의 정수로 결정될 수 있다. 또한, 상기 T_i는 위치의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 기지국이 측위 신호를 송신한 시점을 의미하고, 상기 τ_i는 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 기지국이 측위 신호를 송신한 시점과 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말이 상기 측위 신호를 수신한 시점의 차이에 대응되는 전파 지연 시간을 의미한다. 또한, 상기 T_1은 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말의 서빙 기지국이 측위 신호를 송신한 시점을 의미하고, 상기 τ_1은 상기 서빙 기지국이 측위 신호를 송신한 시점과 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말이 상기 측위 신호를 수신한 시점의 차이에 대응되는 전파 지연 시간을 의미한다.

[104] 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 단말 110은 상기 제 1 측위 신호를 수신한 시점, $(T_1+\tau_1)$을 상기 서빙 기지국 651로 송신할 수 있고, 상기 제 2 측위 신호를 수신한 시점, $(T_2+\tau_2)$를 상기 인접 기지국 1 653으로 송신할 수 있으며, 상기 제 3 측위 신호를 수신한 시점, $(T_3+\tau_3)$를 상기 인접 기지국 2 655로 송신할 수 있다. 이에 따라, 상기 서빙 기지국 651은 단말 110으로부터 수신한 $(T_1+\tau_1)$ 값을 위치 결정 장치(상기 도 6a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 송신할 수 있고, 상기 인접 기지국 1 653은 단말 110으로부터 수신한 $(T_2+\tau_2)$ 값을 상기 위치 결정 장치로 송신할 수 있으며, 상기 인접 기지국 2 655는 단말 110으로부터 수신한 $(T_3+\tau_3)$ 값을 상기 위치 결정 장치로 송신할 수 있다. 이 경우, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말 110이 상기 제 1 측위 신호를 수신한 시점, $(T_1+\tau_1)$과, 인접 기지국들에

의해 송신된 측위 신호를 수신한 시점들 간의 차이에 대응되는 $RSTD_i$ 값을 결정할 수 있다.

[105] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 수학식 1의 경우, 상기 단말 110이 상기 제 1 측위 신호를 수신한 시점, $(T_1+\tau_1)$를 기준으로 상기 $RSTD_i$가 결정되는 것으로 설명되었으나, 이는 예시에 불과하고, 상기 단말 110이 상기 제 2 측위 신호를 수신한 시점, $(T_2+\tau_2)$ 또는, 상기 단말 110이 상기 제 3 측위 신호를 수신한 시점, $(T_3+\tau_3)$를 기준으로 상기 $RSTD_i$가 결정될 수 있다.

[106] 또한, 상기 위치 결정 장치는 상기 수학식 1 가운데, (T_i-T_1) 값을 미리 알고 있다고 가정할 수 있으며, 상기 수학식 1 가운데, (T_i-T_1) 항이 제거된 $TDOA_i$ 값을 아래의 수학식 2와 같이 결정할 수 있다.

[107]

【수학식 2】

$$TDOA_i = \tau_i - \tau_1$$
$$= \sqrt{(x_{UE}-x_i)^2+(y_{UE}-y_i)^2}/c - \sqrt{(x_{UE}-x_1)^2+(y_{UE}-y_1)^2}/c$$

[108] 여기에서, 상기 i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 기지국들에 대응하는 인덱스를 의미하고, 본 발명의 실시 예에 따라 상기 i는 2 이상의 정수로 결정될 수 있다. 또한, 상기 τ_i는 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 기지국이 측위 신호를 송신한 시점과 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말이 상기 측위 신호를 수신한 시점의 차이에 대응되는 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 τ_1은 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말의 서빙 기지국이 측위 신호를 송신한 시점과 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말이 상기 측위 신호를 수신한 시점의 차이에 대응되는 전파 지연 시간을 의미한다. 또한, (x_1, y_1)은 상기 서빙 기지국의 2 차원 평면상의 좌표를 의미하고, (x_{UE}, y_{UE})는 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말의 2 차원 평면상의 좌표를 의미한다. 또한, c는 빛의 속도를 의미한다.

[109] 이에 따라, 상기 위치 결정 장치는 상기 서빙 기지국 651의 2 차원 평면상의 좌표, (x_1, y_1)을 인지하고 있다는 가정하에, $TDOA_1$ 값에 대응되는 제 1 쌍곡선 방정식을 결정할 수 있고, $TDOA_2$ 값에 대응되는 제 2 쌍곡선 방정식을 결정할 수 있으며, 기하학적으로, 상기 제 1 쌍곡선 및 상기 제 2 쌍곡선의 접점에 대응되는 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 상기 $TDOA_i$ 값에 기초하여 단말 110의 위치를 결정하는 구체적인 연산 과정은 도 25 이하에서 보다 상세하게 설명될 것이다.

[110] 이상의 설명에서는 상기 위치 결정 장치가 $RSTD_i$ 및 $TDOA_i$ 값을 직접 결정하는 것으로 설명하였으나, 경우에 따라서는 상기 서빙 기지국 651이 τ_1 값을 산출하여 상기 위치 결정 장치로 송신하고, 상기 인접 기지국 1 653이 τ_2 값을 산출하여 상기 위치 결정 장치로 송신하고, 상기 인접 기지국 2 655가 τ_3 값을 산출하여 상기 위치 결정 장치로 송신한 결과, 상기 위치 결정 장치가 상기 τ

$_1$ 값, τ_2 값, τ_3 값에 기초하여, 직접적으로 $TDOA_i$ 값을 결정할 수도 있다. 이와 같은 위치 측정 방식은 TDOA(time difference of arrival) 방식 또는 OTDOA(observed time difference of arrival) 방식으로 지칭될 수 있다.

[111] 또한, 설명의 편의를 위하여, 상기 단말 110이 2 차원 평면상에 위치한다는 가정하에, 이와 같은 위치 결정 과정이 설명되었으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 단말 110은 인접한 4 개 이상의 기지국으로부터 각각 측위 신호들을 수신할 수 있으며, 이에 기초하여, 상기 단말 110의 3 차원상의 위치가 결정될 수 있다.

[112] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정에 관한 문제 상황을 도시한다.

[113] 상기 도 5에서 설명한 방식 또는 상기 도 6에서 도시된 바에 따라 단말의 위치 측정이 수행되는 경우, 아래와 같은 문제 상황이 발생할 수 있다. 다시 말해, 상기 도 7a를 참조하면, 기지국 750a가 단말 110으로 측위 신호를 송신할 수 있다. 이때, 상기 도 7a에 도시된 바와 같이 LOS(line-of-sight) 경로 701이 확보되는 경우, 상기 기지국 750a와 상기 단말 110 간의 거리가 비교적 정확하게 측정될 수 있으므로, 상대적으로 상기 단말 110의 위치 또한 비교적 정확하게 결정될 수 있다. 그러나, LOS 경로가 확보되지 않는 경우, 다시 말해, NLOS(non-line-of-sight) 경로 703을 통해, 상기 측위 신호가 송신되는 경우, 상기 기지국 750a와 상기 단말 110 간의 실제 거리보다 측정된 거리가 더 커지게 되는 오차가 발생하므로, 상기 단말 110의 위치는 비교적 부정확하게 결정되게 된다.

[114] 또한, 상기 도 7b와 같이 서빙 기지국 751b가 NLOS 경로를 통해 제 1 측위 신호를 단말 110으로 송신하고, 인접 기지국 1 753b가 NLOS 경로를 통해 제 2 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신하고, 인접 기지국 2 755b가 NLOS 경로를 통해 제 3 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신하는 경우, 상기 도 7a에서 언급했던 NLOS 경로에서의 문제점으로 인해, 상기 단말 110의 위치가 부정확하게 결정되게 된다. 따라서, 위치 측정 요청 단말의 위치가 정확하게 결정되기 위해서는 측위 신호를 송신하는 특정 노드와 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 사이에서 LOS 경로가 확보되는 것이 중요한 전제가 된다.

[115] 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템은, 위치 측정 시 NLOS 경로가 사용되는 상황을 회피하기 위해, 기지국뿐만 아니라 위치 측정의 대상이 되는 단말이 아닌 다른 단말들을 이용한다. 다른 단말들이 상기 단말에 인접한다면, LOS 경로가 형성될 가능성이 높아지기 때문이다. 이하 본 발명은 단말들 간 송신되는 신호를 이용하여 위치 측정을 수행하는 것에 대한 다양한 실시 예들을 설명한다.

[116] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시한다. 상기 도 8a 및 상기 도 8b는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 경우를 예시한다.

[117] 상기 도 8a 및 상기 도 8b를 참조하면, 상기 도 8a 및 상기 도 8b에 도시된 상기

통신 네트워크는 다수의 단말들 및 기지국을 포함할 수 있다. 즉, 상기 통신 네트워크는 자신의 위치를 측정하고자 하는 단말 110과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정된 단말들 821, 823, 825, 827, 829, 822와, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하였으나 상기 위치가 알려진 단말들 831, 833, 835, 837과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하고, 상기 위치가 알려지지 아니한 단말들 841, 843과, 기지국 850을 포함할 수 있다.

[118] 앞서 언급한 바에 따라, 단말 110의 위치가 정확하게 결정되기 위해서는 측위 신호를 송신하는 특정 노드와 상기 위치 측정 요청 단말 사이에서 LOS 경로가 확보되는 것이 중요한 전제가 된다. 이에 따라, 본 발명의 실시 예를 통해, 상기 위치 측정 단말 810은 D2D(device-to-device) 통신에 기반하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 여기에서, 상기 D2D 통신은 근거리에 있는 무선 장치들 간의 직접 통신을 의미하며, 상기 D2D 통신은 다양한 무선 접속 방식에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 D2D 통신은 블루투스(bluetooth), 와이파이(wireless fidelity, Wi-Fi) 등과 같은 근거리 통신 기술 및 LTE 등과 같은 셀룰러 통신 기술을 이용하여 수행될 수 있다.

[119] 상기 도 8a를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110이 D2D 통신에 기반하여 위치 측정을 수행하기 위해서, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들, 821, 823, 825, 827, 829, 831, 833, 835, 837, 841, 843과 D2D 통신을 수행할 수 있다. 다시 말해, 상기 단말 110은 D2D 통신에 기반한 상기 단말 110의 위치 측정을 위하여, 위치 측정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하고, 상기 인접한 다수의 단말들과의 D2D 통신에 기반하여 상기 단말 110의 위치 측정을 수행할 수 있게 된다.

[120] 이에 따라, 상기 도 8a 및 상기 도 8b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시하게 된다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110은 상기 기지국 850이 상기 위치 결정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하도록 하기 위한 요청 신호를 상기 기지국 850으로 송신함으로써, 상기 기지국 850이 상기 위치 결정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하도록 하게 할 수 있다. 구체적으로, 상기 도 8a에 도시된 바와 같이, 상기 단말 110은 상기 기지국 850으로 위치 측정 요청 신호를 송신할 수 있다. 이에 대응하여, 상기 기지국 850은 상기 단말 110으로부터 상기 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있으며, 상기 위치 측정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정할 수 있다.

[121] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 상기 기지국 850은 상기 단말 110의 TA(timing advance) 정보로부터 상기 기지국 850과 상기 단말 110 간의 거리 차를 추정할 수 있다. 또한, 상기 거리 차를 바탕으로 상기 기지국 850을 중심으로 상기 단말 110이 위치한 대략적인 반경을 유추할 수 있다. 이 경우, 상기 기지국 850은 상기 단말 110의 유추된 대략적인 반경과

유사한 반경에 있는 고정된 단말들 821, 823, 825, 827을 상기 위치 측정 절차에 참여할 다수의 단말들로 결정할 수 있다.

[122] 상기 도 8b에 도시된 바와 같이, 상기 기지국 850은 상기 고정된 단말들 821, 823, 825, 827로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 측위 신호의 송신을 요청하는 신호를 송신할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 측위 신호는 D2D-PRS(D2D-positioning reference signal)를 포함할 수 있으며, 상기 측위 신호의 송신을 요청하는 신호는 측위 신호 송신 요청 신호, 측위 신호 송신 지시 신호, 측위 신호 송신 명령, D2D-PRS 송신 요청 신호, D2D-PRS 송신 지시 신호, D2D-PRS 송신 명령 등으로 지칭될 수 있다.

[123] 또한, 상기 측위 신호 송신 요청 신호를 수신한 상기 고정된 단말들 821, 823, 825, 827은 각각 상기 단말 110으로 측위 신호를 송신할 수 있으며, 이에 따라, 상기 단말 110은 상기 고정된 단말들 821, 823, 825, 827 각각으로부터 측위 신호를 수신한 후, 수신된 측위 신호들에 기초하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110의 구체적인 위치 측정 수행 절차에 관해서는 도 11 이하에서 상세하게 설명될 것이다.

[124] 도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시한다. 상기 도 9a 내지 상기 도 9c는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 경우를 예시한다.

[125] 상기 도 9a 내지 9c를 참조하면, 상기 도 9a 내지 도 9c에 도시된 상기 통신 네트워크는 다수의 단말들, 기지국 950 및 서버 장치 960을 포함할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 서버 장치 960은 E-SMLC 장치를 포함할 수 있다. 또한, 상기 통신 네트워크는 자신의 위치를 측정하고자 하는 단말 110과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정된 단말들 921, 923, 925, 927, 929와, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하였으나 상기 위치가 알려진 단말들 931, 933, 935, 937과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하고, 상기 위치가 알려지지 아니한 단말들 941, 943과, 기지국 950을 포함할 수 있다.

[126] 앞서 언급한 바에 따라, 단말 110의 위치가 정확하게 결정되기 위해서는 측위 신호를 송신하는 특정 노드와 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 사이에서 LOS 경로가 확보되는 것이 중요한 전제가 된다. 이에 따라, 본 발명의 실시 예를 통해, 상기 위치 측정 단말 910은 D2D 통신에 기반하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 상기 도 9a를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 기지국 950은 자신의 셀 영역 내에서 다른 위치 측정 기법에 의해 위치 측정이 수행된 단말들에 대한 위치 정보 및 만료 시간(expiration time) 정보를 상기 서버 960으로부터 수신할 수 있다. 예를 들어, 상기 다른 위치 측정 기법은 A-GNSS(assisted-global navigation satellite systems), GPS(global positioning system) 등에 기초할 수 있다. 이 경우, 상기 기지국 950은 상기 위치 측정이 수행된 단말들에 대한 위치 정보 및 만료 시간 정보를 저장 및 관리할 수 있다. 또한, 상기 위치 정보 및 상기 만료 시간

정보는 테이블(table) 형태로 관리될 수 있다. 여기에서, 상기 만료 시간 정보는 다른 위치 측정 기법을 기반으로 측정된 위치 정보를 신뢰할 수 있는 기간을 의미한다. 상기 만료 시간의 구체적인 값은 발명의 다양한 실시 예들에 따라 달라질 수 있으며, 예를 들어, 초기 위치 측정이 수행된 시점으로부터 경과한 시간 및 단말의 이동성을 고려하여 적정 값으로 설정될 수 있다.

[127] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 기지국 950의 셀 내에서, 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 단말들 931, 933, 935, 937이 결정될 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 931의 위치 좌표는 (x_0, y_0)로, 만료 시간은 500ms로 결정될 수 있고, 상기 단말 933의 위치 좌표는 (x_1, y_1)로, 만료 시간은 400ms로 결정될 수 있고, 상기 단말 935의 위치 좌표는 (x_2, y_2)로, 만료 시간은 500ms로 결정될 수 있고, 상기 단말 937의 위치 좌표는 (x_3, y_3)로, 만료 시간은 300ms로 결정될 수 있다.

[128] 상기 도 9a를 참조하면, 상기 단말 110은 D2D 통신에 기반한 상기 단말 110의 위치 측정을 위하여, 위치 측정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하고, 상기 인접한 다수의 단말들과의 D2D 통신에 기반하여 상기 단말 110의 위치 측정을 수행할 수 있게 된다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110은 상기 기지국 950이 상기 위치 결정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하도록 하기 위한 요청 신호를 상기 기지국 950으로 송신함으로써, 상기 기지국 950이 상기 위치 결정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하도록 하게 할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 도 9a에 도시된 바와 같이, 상기 단말 110은 상기 기지국 950으로 위치 측정 요청 신호를 송신할 수 있다. 이에 대응하여, 상기 기지국 950은 상기 단말 110으로부터 상기 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있으며, 상기 위치 측정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정할 수 있다.

[129] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 상기 기지국 950은 상기 단말 110의 TA 정보로부터 상기 기지국 950과 상기 단말 110 간의 거리 차를 추정할 수 있다. 또한, 상기 거리 차를 바탕으로 상기 기지국 950을 중심으로 상기 단말 110이 위치한 대략적인 반경을 유추할 수 있다. 이 경우, 상기 기지국 950은 상기 단말 110의 유추된 대략적인 반경과 유사한 반경에 있는 고정된 단말들 921, 923, 925, 927을 상기 위치 측정 절차에 참여할 다수의 단말들로 결정할 수 있다. 또한, 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 상기 단말들 931, 933, 935, 937의 위치 좌표 정보에 기초하여, 상기 기지국 950은 상기 단말들 가운데, 상기 단말 110의 유추된 대략적인 반경과 유사한 반경에 있는 단말들을 상기 위치 측정 절차에 참여할 다수의 단말들로 결정할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 단말들 931, 933이 상기 위치 측정 절차에 참여할 다수의 단말들로 결정될 수 있다.

[130] 상기 도 9b에 도시된 바와 같이, 상기 기지국 950은 상기 고정된 단말들 921, 923, 925, 927 및 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 상기 단말들

931, 933으로 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 측위 신호의 송신을 요청하는 신호를 송신할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 측위 신호는 D2D-PRS를 포함할 수 있으며, 상기 측위 신호의 송신을 요청하는 신호는 측위 신호 송신 요청 신호, 측위 신호 송신 지시 신호, 측위 신호 송신 명령, D2D-PRS 송신 요청 신호, D2D-PRS 송신 지시 신호, D2D-PRS 송신 명령 등으로 지칭될 수 있다.

[131] 또한, 상기 측위 신호 송신 요청 신호를 수신한 상기 고정된 단말들 921, 923, 925, 927 및 위치가 결정된 상기 단말들 931, 933은 각각 상기 단말 110으로 측위 신호를 송신할 수 있으며, 이에 따라, 상기 단말 110은 상기 고정된 단말들 921, 923, 925, 927 및 위치가 결정된 상기 단말들 931, 933 각각으로부터 측위 신호를 수신한 후, 수신된 측위 신호들에 기초하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110의 구체적인 위치 측정 수행 절차에 관해서는 도 11 이하에서 상세하게 설명될 것이다.

[132] 또한, 앞서 설명하였듯이, 상기 기지국 950은 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 상기 단말들 931, 933, 935, 937에 관한 위치 좌표 정보 및 만료 시간 정보를 각각 구성하여 저장하고 있는 바, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 933의 위치 좌표는 (x_1, y_1)로, 만료 시간은 400ms로 결정될 수 있고, 상기 단말 933의 만료 시간 정보가 구성되어 저장된 시점으로부터 400ms 만큼의 시간이 경과하였다고 가정한다면, 더 이상 상기 단말 933의 위치 정보는 신뢰할 수 없게 된다. 그 결과, 상기 기지국 950은 도 9c에 도시된 바와 같이, 상기 단말 933을 제외한 나머지 단말들로 측위 신호를 송신할 것을 요청할 수 있으며, 상기 단말 110은 수신된 측위 신호들에 기초하여 위치 측정을 수행할 수 있다.

[133] 도 10a 및 도 10b는 또 다른 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 절차에 참여할 인접 단말들을 선택하는 방식을 도시한다. 상기 도 10a 및 상기 도 10b는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 경우를 예시한다.

[134] 상기 도 10a 및 상기 도 10b를 참조하면, 상기 도 10a 및 상기 도 10b에 도시된 상기 통신 네트워크는 다수의 단말들 및 기지국 1050을 포함할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 통신 네트워크는 자신의 위치를 측정하고자 하는 단말 110과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정된 단말들 1021, 1023과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하였으나 상기 위치가 알려진 단말들 1031, 1033, 1035, 1037과, 상기 단말 110과 인접한 다수의 단말들 가운데, 위치가 고정되지는 아니하고, 상기 위치가 알려지지 아니한 단말들 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046과, 기지국 1050을 포함할 수 있다.

[135] 앞서 언급한 바에 따라, 상기 단말 110의 위치가 정확하게 결정되기 위해서는 측위 신호를 송신하는 적어도 하나의 특정 노드와 상기 단말 110 사이에서 LOS 경로가 확보되는 것이 중요한 전제가 된다. 이에 따라, 본 발명의 실시 예를 통해, 상기 위치 측정 단말 1010은 D2D 통신에 기반하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 상기 도 10a를 참조하면, 상기 단말 110은 D2D 통신에 기반한 상기 단말 110의

위치 측정을 위하여, 위치 측정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하고, 상기 인접한 다수의 단말들과의 D2D 통신에 기반하여 상기 단말 110의 위치 측정을 수행할 수 있게 된다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110은 상기 위치 결정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정하기 위한 요청 신호를 인접한 다수의 단말들로 직접 송신함으로써, 기지국의 관여 없이, 상기 위치 결정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들이 결정될 수 있게 된다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 도 10a에 도시된 바와 같이, 상기 단말 110은 인접한 다수의 단말들로 위치 측정 요청 신호를 송신할 수 있다. 이 경우, 상기 위치 측정 요청 신호는 D2D 탐색 신호 또는 방송 신호의 형태로 송신될 수 있다.

[136] 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 인접 단말들은 상기 위치 측정 요청 신호의 수신 전력 값을 측정할 수 있다. 이때, 측정된 상기 위치 측정 요청 신호의 수신 전력 값이 임계값 이상이고, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 인접 단말이 고정된 단말이거나, 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 단말인 경우, 상기 인접 단말은 상기 단말 110의 위치 측정 절차에 참여할 인접 단말로 결정될 수 있다. 즉, 측정된 상기 위치 측정 요청 신호의 수신 전력 값이 임계값 이상인 경우, 상기 단말 110과 인접 단말 간의 거리가 상대적으로 근접해 있음을 의미하고, 상기 단말 110과 인접 단말 간의 거리가 상대적으로 근접해 있는 경우, 상기 단말 110과 인접 단말 간에 LOS 경로가 확보될 확률이 상대적으로 높아지게 된다. 또한, 상기 단말 110에 상대적으로 근접한 단말이라 하더라도, 위치 정보가 결정되지 아니한 인접 단말은 상기 단말 110과의 거리를 결정하는데 있어 기여하지 못하므로, 결과적으로, 측정된 상기 위치 측정 요청 신호의 수신 전력 값이 임계값 이상이고, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 인접 단말이 고정된 단말이거나, 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 단말인 경우, 상기 인접 단말은 상기 단말 110의 위치 측정 절차에 참여할 인접 단말로 결정될 수 있다.

[137] 상기 도 10b에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따라, 고정된 단말 1021 및 별도의 위치 결정 시스템에 의해 위치가 결정된 상기 단말들 1031, 1033, 1035는 상기 단말 110의 위치 측정을 위한 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 측위 신호는 D2D-PRS를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 단말 110은 상기 고정된 단말들 1021 및 위치가 결정된 상기 단말들 1031, 1033, 1035 각각으로부터 측위 신호를 수신한 후, 수신된 측위 신호들에 기초하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110의 구체적인 위치 측정 수행 절차에 관해서는 도 11 이하에서 상세하게 설명될 것이다.

[138] 앞서 설명하였듯이, 본 발명의 실시 예에 따라, 단말 110의 위치 측정을 위하여 상기 단말 110으로 송신되는 측위 신호는 D2D-PRS를 포함할 수 있다. 이 경우, 위치 측정의 대상이 되는 단말의 정확한 위치 측정을 위해서는 상기 단말 110로 송신되는 D2D-PRS가 상기 D2D-PRS를 송신하는 주변 단말 별로 구별되어야

한다. 이처럼, 상기 D2D-PRS가 상기 D2D-PRS를 송신하는 주변 단말 별로 구별되기 위해서, 새로운 D2D-PRS 시퀀스(sequence) 및 전송 채널을 정의하거나, 종래 정의된 D2D-RS를 활용할 수 있다.

[139] 일반적으로, D2D-RS는 서빙 기지국의 하향 링크 수신 시각에 기초하는 하향링크 타이밍(timing) 또는 하향링크 타이밍에서 서빙 기지국과 단말 간 왕복 지연(round-trip delay) 값만큼 선행하는 시각에 기초하는 상향링크 타이밍을 기준으로 전송될 수 있다. 예를 들어, 상기 단말 탐색 신호 및 SA(scheduling assignment) 신호 복조용 DM-RS (demodulation-Reference signal)는 상기 하향링크 타이밍을 기준으로 송신될 수 있다. 또한, D2D 브로드캐스트(broadcast)/유니캐스트(unicast) 데이터 복조용 DM-RS와 셀룰러 상향링크에 대한 채널추정용 참조 신호인 SRS(sounding reference signal)는 상기 상향링크 타이밍을 기준으로 송신될 수 있다. 이러한 D2D용 DM-RS 시퀀스들은 그 시퀀스 자체로는 셀 특유한 특성을 가지므로 단말 간 구분이 불가능하지만, 기지국 기반/분산적 자원 스케줄링(scheduling)을 통해 각각 다른 PRB(physical resource block)에 할당되므로 단말 간 구분이 가능하다.

[140] 이에 따라, 상향링크 타이밍을 기준으로 측위 신호가 송신되는 경우가 이하 도 11a 및 이하 도 11b을 통해, 하향링크 타이밍을 기준으로 측위 신호가 송신되는 경우가 이하 도 12a 및 이하 도 12b을 통해 설명된다.

[141] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 11a 및 상기 도 11b는 상향링크 타이밍을 기준으로 측위 신호가 송신되는 경우, 단말의 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 11a 및 상기 도 11b는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 경우를 예시한다. 상기 도 11a에 도시된 통신 네트워크는 상기 단말(Rx-UE) 110, 기지국(eNB) 1150, 상기 단말 110과 인접한 단말들 가운데 제 1 단말(DUE 1) 1131, 제 2 단말(DUE 2) 1133, 제 3 단말(DUE 3) 1135를 포함할 수 있다. 여기에서, 상기 기지국 1150은 상기 단말 110의 서빙 기지국에 해당할 수 있다. 상기 도 11a 및 상기 도 11b에 도시된 바와 같이, 상기 기지국 1150 및 상기 제 1 단말 1131 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB-DUE1}$로, 상기 기지국 1150 및 상기 제 2 단말 1133 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB-DUE2}$로, 상기 기지국 1150 및 상기 제 3 단말 1135 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB-DUE3}$으로 결정될 수 있고, 상기 제 1 단말 1131 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{DUE1-Rx}$로, 상기 제 2 단말 1133 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{DUE2-Rx}$로, 상기 제 3 단말 1135 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{DUE3-Rx}$로, 상기 기지국 1150 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 τ_{eNB-Rx}로 각각 결정될 수 있다.

[142] 상기 도 11a 및 상기 도 11b에 도시된 바와 같이 상기 단말 110은 상기 제 1 단말 1231로부터 제 1 측위 신호를 수신하고, 상기 제 2 단말 1233으로부터 제 2 측위 신호를 수신하고, 상기 제 3 단말 1235로부터 제 3 측위 신호를 수신하여, 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 상향링크

타이밍에 따라, 측위 신호가 송신되는 경우, 기지국의 기준 시각 T_{eNB}를 기준으로, 기지국과 주변 단말 간의 전파 지연 시간만큼 앞당겨진 시점에서, 상기 측위 신호가 송신될 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제 1 단말 1131은 $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUE1}$ 시점에서 상기 제 1 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있고, 상기 제 2 단말 1133은 $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUE2}$ 시점에서 상기 제 2 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있고, 상기 제 3 단말 1135는 $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUE3}$ 시점에서 상기 제 3 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있다. 또한, 이에 대응하여, 상기 단말 110은 $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUE1}+\tau_{DUE1-Rx}$ 시점에서 상기 제 1 측위 신호를 수신할 수 있고, $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUE2}+\tau_{DUE2-Rx}$ 시점에서 상기 제 2 측위 신호를 수신할 수 있고, $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUE3}+\tau_{DUE3-Rx}$ 시점에서 상기 제 3 측위 신호를 수신할 수 있다. 이를 일반화하면, 아래의 수학식 3과 같다.

[143]

【수학식 3】

DUE_i의 측위 신호 송신 시각 = $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUEi}$

DUE_i로부터 측위 신호를 수신한 시각 = $T_{eNB}-\tau_{eNB-DUEi}+\tau_{DUEi-Rx}$

[144] 여기에서, 상기 DUE_i는 위치 측정 요청 단말과 인접한 i 번째 단말을 의미하고, 상기 T_{eNB}는 기지국의 기준 시각을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$는 상기 기지국과 위치 측정 요청 단말과 인접한 i 번째 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi-Rx}$ 는 위치 측정 요청 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정 요청 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[145] 또한, 단말 110은 상향링크 타이밍을 기준으로 송신된 측위 신호에 대하여, 상기 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋(offset)을 산출할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEi}$는 아래의 수학식 4와 같이 정의될 수 있다.

[146]

【수학식 4】

$$RSTD_{DUEi} = T_{eNB} - \tau_{eNB-DUEi} + \tau_{DUEi-Rx} - (T_{eNB} - \tau_{eNB-Rx})$$
$$= \tau_{DUEi-Rx} + \tau_{eNB-Rx} - \tau_{eNB-DUEi}$$

[147] 여기에서, 상기 DUE_i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말을 의미하고, 상기 T_{eNB}는 기지국의 기준 시각을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$는 상기 기지국과 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi-Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 τ_{eNB-Rx}는 상기 기지국 및 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연

시간을 의미한다.

[148] 또한, 단말 110은 상기 단말 110의 위치 측정을 위해, 상기 수학식 4 가운데 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값을 제거할 필요가 있다. 이 경우, 상기 단말 110은 상기 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값을 기지국 1150으로부터 직접 수신할 수도 있고, 상기 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값은 상기 단말 110에 인접한 단말들, 예를 들어, 상기 제 1 단말 1131, 상기 제 2 단말 1133, 상기 제 3 단말 1135가 각각 상기 단말 110으로 송신하는 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호, 상기 제 3 측위 신호에 각각 포함되어, 상기 단말 110으로 송신될 수도 있다. 이에 따라, 상기 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값이 제거된 $\overline{RSTD}_{DUEi}$ 값은 아래의 수학식 5와 같다.

[149] 【수학식 5】

$$\overline{RSTD}_{DUEi} = RSTD_{DUEi} + \tau_{eNB\text{-}DUEi} = \tau_{DUEi\text{-}Rx} + \tau_{eNB\text{-}Rx}$$

[150] 여기에서, 상기 $RSTD_{DUEi}$는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEi}$을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$는 상기 기지국과 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi\text{-}Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB\text{-}Rx}$는 상기 기지국 및 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[151] 다음으로, 상기 도 6에 도시된 TOA 방식에 따라 상기 단말 110의 위치가 결정되거나, 상기 도 7에 도시된 TDOA 방식에 따라 상기 단말 110의 위치가 결정될 수 있다. 먼저, 상기 기지국 1150 및 상기 단말 110 간의 연결이 유지되고 있는 상태임을 가정할 때, 상기 단말 110은 상기 기지국 1150으로부터 송신되는 신호에 기초하여, $\tau_{eNB\text{-}Rx}$ 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 상기 기지국 1150 및 상기 단말 110 간의 RRC(radio resource control) 연결이 유지되는 경우, TA(timing advance) 명령으로부터 상기 $\tau_{eNB\text{-}Rx}$ 값이 결정할 수 있다. 이에 따라, 상기 단말 110은 상기 수학식 5 가운데 상기 $\tau_{eNB\text{-}Rx}$ 값을 제거하여, 아래의 수학식 6과 같이 TOA_i 값을 도출할 수 있다.

[152] 【수학식 6】

$$TOA_i = \overline{RSTD}_{DUEi} - \tau_{eNB\text{-}Rx} = \tau_{DUEi\text{-}Rx}$$

[153] 여기에서, 상기 $\overline{RSTD}_{DUEi}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEi}$에서 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값이 제거된 값을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB\text{-}Rx}$는 상기 기지국 및 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연

시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi-Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[154] 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보 및 상기 TOA_i 값에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보를 기지국 1150으로부터 직접 수신할 수도 있고, 상기 좌표 정보는 상기 단말 110에 인접한 단말들, 예를 들어, 상기 제 1 단말 1131, 상기 제 2 단말 1133, 상기 제 3 단말 1135가 각각 상기 단말 110으로 송신하는 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호, 상기 제 3 측위 신호에 각각 포함되어, 상기 단말 110으로 송신될 수도 있다.

[155] 여기에서, 상기 단말 110은 상기 TOA_i 값 및 빛의 속도에 기초하여, 상기 단말 110과 인접한 단말들 간의 거리를 결정할 수 있다. 예를 들어, 상기 단말 110과 상기 제 1 단말 1131 간의 거리는 TOA_1 값과 빛의 속도 값에 기초하여 제 1 거리 값으로 결정될 수 있고, 상기 단말 110과 상기 제 2 단말 1133 간의 거리는 TOA_2 값과 빛의 속도 값에 기초하여 제 2 거리 값으로 결정될 수 있고, 상기 단말 110과 상기 제 3 단말 1135 간의 거리는 TOA_3 값과 빛의 속도 값에 기초하여 제 3 거리 값으로 결정될 수 있다.

[156] 상기 도 5에 도시된 바와 같이 TOA 방식을 따를 경우, 상기 단말 110은 상기 제 1 단말 1131의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 1 거리 값에 해당하는 원과, 상기 제 2 단말 1133의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 2 거리 값에 해당하는 원과, 상기 제 3 단말 1135의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 3 거리 값에 해당하는 원의 접점에 대응되는 좌표를 상기 단말 110의 위치로 결정할 수 있다. 이상의 설명에서, 상기 TOA 방식을 통해 상기 단말 110이 직접 상기 단말 110의 위치를 결정하는 것으로 설명하였으나, 이는 예시에 불과하고, 상기 단말 110이 산출한 상기 제 1 거리 값, 상기 제 2 거리 값, 상기 제 3 거리 값을 상기 기지국 1150을 통해, 위치 결정 장치(상기 도 11a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 송신할 수 있고, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말 110과 인접한 단말들의 위치 좌표와 상기 단말 110과 인접한 단말들 간의 거리 정보에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정한 후, 상기 단말 110의 위치 좌표를 상기 단말 110으로 송신할 수도 있다.

[157] 또한, 설명의 편의를 위하여, 상기 단말 110이 2 차원 평면상에 위치한다는 가정하에, 이와 같은 위치 결정 과정이 설명되었으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 단말 110은 인접한 4 개 이상의 단말들로부터 각각 측위 신호를 수신할 수 있으며, 이에 기초하여, 상기 단말 110의 3 차원상의 위치가 결정될 수 있다.

[158] 또한, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 도 7에 도시된 TDOA 방식을 통해 상기 단말 110의 위치가 결정될 수 있다. 즉, 상기 단말 110은 상기 수학식 5에서 산출된 $\overline{\mathrm{RSTD}_{DUEi}}$ 값들의 차를 산출하여, τ_{eNB-Rx} 성분을 제거할 수 있으며, 그

결과, 아래의 수학식 7과 같은 $TDOA_{i,j}$ 값을 산출할 수 있다.

[159] 【수학식 7】

$$TDOA_{i,j} = \overline{RSTD}_{DUEi} - \overline{RSTD}_{DUEj} = \tau_{DUEi\text{-}Rx} - \tau_{DUEj\text{-}Rx}$$

[160] 여기에서, 상기 DUE_i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말을 의미하고, 상기 DUE_j는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 j 번째 단말을 의미하고, 상기 $\overline{RSTD}_{DUEi}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 i 번째 단말로부터 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEi}$에서 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값이 제거된 값을 의미하고, 상기 $\overline{RSTD}_{DUEj}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 j 번째 단말로부터 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEj}$에서 $\tau_{eNB\text{-}DUEj}$ 값이 제거된 값을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi\text{-}Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEj\text{-}Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 j 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[161] 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보 및 상기 $TDOA_{i,j}$ 값에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보를 기지국 1150으로부터 직접 수신할 수도 있고, 상기 좌표 정보는 상기 단말 110에 인접한 단말들, 예를 들어, 상기 제 1 단말 1131, 상기 제 2 단말 1133, 상기 제 3 단말 1135가 각각 상기 단말 110으로 송신하는 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호, 상기 제 3 측위 신호에 각각 포함되어, 상기 단말 110으로 송신될 수도 있다.

[162] 상기 도 6에 도시된 바와 같이 TDOA 방식을 따를 경우, 상기 단말 110은 상기 제 1 단말 1131 및 상기 제 2 단말 1133 간의 $TDOA_{1,2}$ 값을 결정할 수 있고, 상기 제 1 단말 1131 및 상기 제 3 단말 1135 간의 $TDOA_{1,3}$ 값을 결정할 수 있다. 이에 따라, 상기 단말 110은 $TDOA_{1,2}$ 값에 대응되는 제 1 쌍곡선 방정식을 결정할 수 있고, $TDOA_{1,3}$ 값에 대응되는 제 2 쌍곡선 방정식을 결정할 수 있으며, 기하학적으로, 상기 제 1 쌍곡선 및 상기 제 2 쌍곡선의 접점에 대응되는 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다.

[163] 이상의 설명에서, 상기 TDOA 방식을 통해 상기 단말 110이 직접 상기 단말 110의 위치를 결정하는 것으로 설명하였으나, 이는 예시에 불과하고, 상기 단말 110이 산출한 상기 $TDOA_{1,2}$ 값 및 상기 $TDOA_{1,3}$ 값을 상기 기지국 1150을 통해, 위치 결정 장치(상기 도 11a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 송신할 수 있고, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말 110과 인접한 단말들의 위치 좌표와 상기 $TDOA_{1,2}$ 값 및 상기 $TDOA_{1,3}$ 값에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정한 후, 상기 단말 110의 위치 좌표를 상기 단말 110으로 송신할 수도 있다.

[164] 또한, 설명의 편의를 위하여, 상기 단말 110이 2 차원 평면상에 위치한다는 가정하에, 이와 같은 위치 결정 과정이 설명되었으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 단말 110은 인접한 4 개 이상의 단말들로부터 각각 측위 신호를 수신할 수 있으며, 이에 기초하여, 상기 단말 110의 3 차원상의 위치가 결정될 수 있다.

[165] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다. 즉, 상기 도 12a 및 상기 도 12b는 하향링크 타이밍을 기준으로 측위 신호가 송신되는 경우, 단말의 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 12a 및 상기 도 12b는 상기 단말 110의 위치를 측정하기 위한 경우를 예시한다.

[166] 상기 도 12a에 도시된 통신 네트워크는 상기 단말(Rx-UE) 110, 기지국(eNB) 1250, 상기 단말 110과 인접한 단말들 가운데 제 1 단말(DUE 1) 1231, 제 2 단말(DUE 2) 1233, 제 3 단말(DUE 3) 1235를 포함할 수 있다. 여기에서, 상기 기지국 1250은 상기 단말 110의 서빙 기지국에 해당할 수 있다. 상기 도 12a 및 상기 도 12b에 도시된 바와 같이, 상기 기지국 1250 및 상기 제 1 단말 1231 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB\text{-}DUE1}$로, 상기 기지국 1250 및 상기 제 2 단말 1233 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB\text{-}DUE2}$로, 상기 기지국 1250 및 상기 제 3 단말 1235 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB\text{-}DUE3}$으로 결정될 수 있고, 상기 제 1 단말 1231 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{DUE1\text{-}Rx}$로, 상기 제 2 단말 1233 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{DUE2\text{-}Rx}$로, 상기 제 3 단말 1235 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{DUE3\text{-}Rx}$로, 상기 기지국 1250 및 상기 단말 110 간의 전파 지연 시간은 $\tau_{eNB\text{-}Rx}$로 각각 결정될 수 있다.

[167] 상기 도 12a 및 상기 도 12b에 도시된 바와 같이 상기 단말 110은 상기 제 1 단말 1231로부터 제 1 측위 신호를 수신하고, 상기 제 2 단말 1233으로부터 제 2 측위 신호를 수신하고, 상기 제 3 단말 1235로부터 제 3 측위 신호를 수신하여, 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 하향링크 타이밍에 따라, 측위 신호가 송신되는 경우, 기지국의 기준 시각 T_{eNB}를 기준으로, 기지국과 주변 단말 간의 전파 지연 시간만큼 늦은 시점에서, 상기 측위 신호가 송신될 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제 1 단말 1231은 $T_{eNB}+\tau_{eNB\text{-}DUE1}$ 시점에서 상기 제 1 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있고, 상기 제 2 단말 1233은 $T_{eNB}+\tau_{eNB\text{-}DUE2}$ 시점에서 상기 제 2 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있고, 상기 제 3 단말 1235는 $T_{eNB}+\tau_{eNB\text{-}DUE3}$ 시점에서 상기 제 3 측위 신호를 상기 단말 110으로 송신할 수 있다. 또한, 이에 대응하여, 상기 단말 110은 $T_{eNB}+\tau_{eNB\text{-}DUE1}+\tau_{DUE1\text{-}Rx}$ 시점에서 상기 제 1 측위 신호를 수신할 수 있고, $T_{eNB}+\tau_{eNB\text{-}DUE2}+\tau_{DUE2\text{-}Rx}$ 시점에서 상기 제 2 측위 신호를 수신할 수 있고, $T_{eNB}+\tau_{eNB\text{-}DUE3}+\tau_{DUE3\text{-}Rx}$ 시점에서 상기 제 3 측위 신호를 수신할 수 있다. 이를 일반화하면, 아래의 수학식 8과 같다.

[168]

【수학식 8】

DUE_i의 측위 신호 송신 시각 = $T_{eNB}+\tau_{eNB-DUEi}$

DUE_i로부터 측위 신호를 수신한 시각 = $T_{eNB}+\tau_{eNB-DUEi}+\tau_{DUEi-Rx}$

[169] 여기에서, 상기 DUE_i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말을 의미하고, 상기 T_{eNB}는 기지국의 기준 시각을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$는 상기 기지국과 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi-Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[170] 또한, 단말 110은 상향링크 타이밍을 기준으로 송신된 측위 신호에 대하여, 상기 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋을 산출할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEi}$는 아래의 수학식 9와 같이 정의될 수 있다.

[171] 【수학식 9】

$$\begin{aligned} RSTD_{DUEi} &= T_{eNB} + \tau_{eNB\text{-}DUEi} + \tau_{DUEi\text{-}Rx} - (T_{eNB} + \tau_{eNB\text{-}Rx}) \\ &= \tau_{DUEi\text{-}Rx} - \tau_{eNB\text{-}Rx} + \tau_{eNB\text{-}DUEi} \end{aligned}$$

[172] 여기에서, 상기 DUE_i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말을 의미하고, 상기 T_{eNB}는 기지국의 기준 시각을 의미하고, 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$는 상기 기지국과 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi-Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 τ_{eNB-Rx}는 상기 기지국 및 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[173] 또한, 단말 110은 상기 단말 110의 위치 측정을 위해, 상기 수학식 4 가운데 $\tau_{eNB-DUEi}$ 값을 제거할 필요가 있다. 이 경우, 상기 단말 110은 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$ 값을 기지국 1250으로부터 직접 수신할 수도 있고, 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$ 값은 상기 단말 110에 인접한 단말들, 예를 들어, 상기 제 1 단말 1231, 상기 제 2 단말 1233, 상기 제 3 단말 1235가 각각 상기 단말 110으로 송신하는 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호, 상기 제 3 측위 신호에 각각 포함되어, 상기 단말 110으로 송신될 수도 있다. 이에 따라, 상기 $\tau_{eNB-DUEi}$ 값이 제거된 $\overline{RSTD}_{DUEi}$ 값은 아래의 수학식 10과 같다.

[174]

【수학식 10】

$$\overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEi} = \mathrm{RSTD}_{DUEi} - \tau_{\mathrm{eNB\text{-}DUE}i} = \tau_{\mathrm{DUE}i\text{-}\mathrm{Rx}} - \tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}}$$

[175] 여기에서, 상기 $\mathrm{RSTD}_{\mathrm{DUEi}}$는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $\mathrm{RSTD}_{\mathrm{DUEi}}$을 의미하고, 상기 $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}DUEi}}$는 상기 기지국과 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{\mathrm{DUEi\text{-}Rx}}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}}$는 상기 기지국 및 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[176] 다음으로, 상기 도 6에 도시된 TOA 방식에 따라 상기 단말 110의 위치가 결정되거나, 상기 도 7에 도시된 TDOA 방식에 따라 상기 단말 110의 위치가 결정될 수 있다. 먼저, 상기 기지국 1250 및 상기 단말 110 간의 연결이 유지되고 있는 상태임을 가정할 때, 상기 단말 110은 상기 기지국 1250으로부터 송신되는 신호에 기초하여, $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}}$ 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 상기 기지국 1250 및 상기 단말 110 간의 RRC 연결이 유지되는 경우, TA 명령으로부터 상기 $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}}$ 값이 결정할 수 있다. 이에 따라, 상기 단말 110은 상기 수학식 10 가운데 상기 $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}}$ 값을 제거하여, 아래의 수학식 11과 같이 TOA_i 값을 도출할 수 있다.

[177]

【수학식 11】

$$\mathrm{TOA}_i = \overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEi} + \tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}} = \tau_{\mathrm{DUE}i\text{-}\mathrm{Rx}}$$

[178] 여기에서, 상기 $\overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEi}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $\mathrm{RSTD}_{\mathrm{DUEi}}$에서 $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}DUEi}}$ 값이 제거된 값을 의미하고, 상기 $\tau_{\mathrm{eNB\text{-}Rx}}$는 상기 기지국 및 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{\mathrm{DUEi\text{-}Rx}}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[179] 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보 및 상기 TOA_i 값에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보를 기지국 1250으로부터 직접 수신할 수도 있고, 상기 좌표 정보는 상기 단말 110에 인접한 단말들, 예를 들어, 상기 제 1 단말 1231, 상기 제 2 단말 1233, 상기 제 3 단말 1235가 각각 상기 단말 110으로 송신하는 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호, 상기 제 3 측위 신호에 각각 포함되어, 상기 단말 110으로 송신될 수도 있다.

[180] 여기에서, 상기 단말 110은 상기 TOA_i 값 및 빛의 속도에 기초하여, 상기 단말

110과 인접한 단말들 간의 거리를 결정할 수 있다. 예를 들어, 상기 단말 110과 상기 제 1 단말 1231 간의 거리는 TOA_1 값과 빛의 속도 값에 기초하여 제 1 거리 값으로 결정될 수 있고, 상기 단말 110과 상기 제 2 단말 1233 간의 거리는 TOA_2 값과 빛의 속도 값에 기초하여 제 2 거리 값으로 결정될 수 있고, 상기 단말 110과 상기 제 3 단말 1235 간의 거리는 TOA_3 값과 빛의 속도 값에 기초하여 제 3 거리 값으로 결정될 수 있다.

[181] 상기 도 5에 도시된 바와 같이 TOA 방식을 따를 경우, 상기 단말 110은 상기 제 1 단말 1231의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 1 거리 값에 해당하는 원과, 상기 제 2 단말 1233의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 2 거리 값에 해당하는 원과, 상기 제 3 단말 1235의 좌표를 중심으로 하고 반지름이 제 3 거리 값에 해당하는 원의 접점에 대응되는 좌표를 상기 단말 110의 위치로 결정할 수 있다. 이상의 설명에서, 상기 TOA 방식을 통해 상기 단말 110이 직접 상기 단말 110의 위치를 결정하는 것으로 설명하였으나, 이는 예시에 불과하고, 상기 단말 110이 산출한 상기 제 1 거리 값, 상기 제 2 거리 값, 상기 제 3 거리 값을 상기 기지국 1250을 통해, 위치 결정 장치(상기 도 12a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 송신할 수 있고, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말 110과 인접한 단말들의 위치 좌표와 상기 단말 110과 인접한 단말들 간의 거리 정보에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정한 후, 상기 단말 110의 위치 좌표를 상기 단말 110으로 송신할 수도 있다.

[182] 또한, 설명의 편의를 위하여, 상기 단말 110이 2 차원 평면상에 위치한다는 가정하에, 이와 같은 위치 결정 과정이 설명되었으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 단말 110은 인접한 4 개 이상의 단말들로부터 각각 측위 신호를 수신할 수 있으며, 이에 기초하여, 상기 단말 110의 3 차원상의 위치가 결정될 수 있다.

[183] 또한, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 도 7에 도시된 TDOA 방식을 통해 상기 단말 110의 위치가 결정될 수 있다. 즉, 상기 단말 110은 상기 수학식 10에서 산출된 $\overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEi}$ 값들의 차를 산출하여, $\tau_{eNB\text{-}Rx}$ 성분을 제거할 수 있으며, 그 결과, 아래의 수학식 12와 같은 $TDOA_{i,j}$ 값을 산출할 수 있다.

[184]

【수학식 12】

$$\mathrm{TDOA}_{i,j} = \overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEi} - \overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEj} = \tau_{\mathrm{DUE}i\text{-}\mathrm{Rx}} - \tau_{\mathrm{DUE}j\text{-}\mathrm{Rx}}$$

[185] 여기에서, 상기 DUE_i는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말을 의미하고, 상기 DUE_j는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 j 번째 단말을 의미하고, 상기 $\overline{\mathrm{RSTD}}_{DUEi}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 i 번째 단말로부터 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEi}$에서 $\tau_{eNB\text{-}DUEi}$ 값이

제거된 값을 의미하고, 상기 $\overline{RSTD_{DUEj}}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말이 j 번째 단말로부터 측위 신호를 수신한 시각의 오프셋 $RSTD_{DUEj}$에서 $\tau_{eNB-DUEj}$ 값이 제거된 값을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEi-Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미하고, 상기 $\tau_{DUEj-Rx}$ 는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 j 번째 단말과 위치 측정의 대상이 되는 단말 간의 전파 지연 시간을 의미한다.

[186] 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보 및 상기 $TDOA_{i,j}$ 값에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 이 경우, 상기 단말 110은 상기 단말 110과 인접한 단말들의 좌표 정보를 기지국 1250으로부터 직접 수신할 수도 있고, 상기 좌표 정보는 상기 단말 110에 인접한 단말들, 예를 들어, 상기 제 1 단말 1231, 상기 제 2 단말 1233, 상기 제 3 단말 1235가 각각 상기 단말 110으로 송신하는 상기 제 1 측위 신호, 상기 제 2 측위 신호, 상기 제 3 측위 신호에 각각 포함되어, 상기 단말 110으로 송신될 수도 있다.

[187] 상기 도 6에 도시된 바와 같이 TDOA 방식을 따를 경우, 상기 단말 110은 상기 제 1 단말 1231 및 상기 제 2 단말 1233 간의 $TDOA_{1,2}$ 값을 결정할 수 있고, 상기 제 1 단말 1231 및 상기 제 3 단말 1235 간의 $TDOA_{1,3}$ 값을 결정할 수 있다. 이에 따라, 상기 단말 110은 $TDOA_{1,2}$ 값에 대응되는 제 1 쌍곡선 방정식을 결정할 수 있고, $TDOA_{1,3}$ 값에 대응되는 제 2 쌍곡선 방정식을 결정할 수 있으며, 기하학적으로, 상기 제 1 쌍곡선 및 상기 제 2 쌍곡선의 접점에 대응되는 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다.

[188] 이상의 설명에서, 상기 TDOA 방식을 통해 상기 단말 110이 직접 상기 단말 110의 위치를 결정하는 것으로 설명하였으나, 이는 예시에 불과하고, 상기 단말 110이 산출한 상기 $TDOA_{1,2}$ 값 및 상기 $TDOA_{1,3}$ 값을 상기 기지국 1250을 통해, 위치 결정 장치(상기 도 12a에 도시되지 않음), 예를 들어, 서버 장치로 송신할 수 있고, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말 110과 인접한 단말들의 위치 좌표와 상기 $TDOA_{1,2}$ 값 및 상기 $TDOA_{1,3}$ 값에 기초하여, 상기 단말 110의 위치를 결정한 후, 상기 단말 110의 위치 좌표를 상기 단말 110으로 송신할 수도 있다.

[189] 또한, 설명의 편의를 위하여, 상기 단말 110이 2 차원 평면상에 위치한다는 가정하에, 이와 같은 위치 결정 과정이 설명되었으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 단말 110은 인접한 4 개 이상의 단말들로부터 각각 측위 신호를 수신할 수 있으며, 이에 기초하여, 상기 단말 110의 3 차원상의 위치가 결정될 수 있다.

[190] 도 13은 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 결정된 단말의 위치에 관한 평가 방식을 도시한다.

[191] 상기 도 13에 도시된 통신 네트워크는 상기 단말(Rx-UE) 110, 상기 단말 110과 인접한 제 1 단말(DUE 1) 1331, 제 2 단말(DUE 2) 1333, 제 3 단말(DUE 3) 1335, 기지국(eNB) 1350을 포함할 수 있다. 여기에서, 상기 단말 110은 상기 제 1 단말

1331, 상기 제 2 단말 1333, 상기 제 3 단말 1335, 즉, 인접 단말들과 각각 D2D 통신을 수행하여 상기 단말 110의 위치를 결정할 수 있다. 이 경우, 상기 도 13에 도시된 바와 같이 상기 제 1 단말 1331의 위치 좌표는 (X_{DUE1}, y_{DUE1})로, 상기 제 2 단말 1333의 위치 좌표는 (X_{DUE2}, y_{DUE2})로, 상기 제 3 단말 1335의 위치 좌표는 (X_{DUE3}, y_{DUE3})로 미리 결정될 수 있으며, 상기 단말 110은 상기 인접 단말들의 위치 좌표들을 기지국으로부터 수신하거나, 상기 인접 단말들이 상기 단말 110으로 송신하는 측위 신호에 상기 위치 좌표들이 포함되어, 상기 인접 단말들로부터 수신할 수도 있다.

[192] 상기 도 12 또는 상기 도 13에서 설명한 절차에 따라 결정된 단말 110의 위치 좌표가 $(\hat{x}_{Rx}, \hat{y}_{Rx})$ 로 결정되었다는 전제 하에, 상기 단말 110의 위치 좌표, $(\hat{x}_{Rx}, \hat{y}_{Rx})$가 정확하게 결정되었는지에 관한 평가가 이루어질 수 있다. 상기 도 7에서도 설명하였듯이, NLOS 경로로 인한 전파 지연 오차는 송신단과 수신단 간 거리 차에 비례하고, 항상 양의 값을 가지는 특성을 보인다. 다시 말해, 상기 단말 110과 상기 인접 단말들 간의 실제 거리가 가까울수록 NLOS 경로로 인한 위치 측정 오차가 적게 발생하게 된다.

[193] 이와 같은 NLOS 경로로 인한 위치 측정 오차의 특성에 따라, 상기 단말 110은 결정된 현재 단말 110의 위치 좌표, $(\hat{x}_{Rx}, \hat{y}_{Rx})$ 에 기초하여, 아래의 수학식 13과 같이, 상기 인접 단말들과의 거리, $\hat{r}_i$ 를 산출함으로써, 결정된 현재 단말 110의 위치 좌표에 대한 신뢰도 평가가 이루어질 수 있다.

[194] 【수학식 13】

$$\hat{r}_i = \sqrt{(x_{DUEi} - \hat{x}_{Rx})^2 + (y_{DUEi} - \hat{y}_{Rx})^2}$$

[195] 여기에서, X_{DUEi}는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말의 x 위치 좌표, y_{DUEi}는 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 i 번째 단말의 y 위치 좌표, $\hat{x}_{Rx}$는 현재 결정된 위치 측정의 대상이 되는 단말의 x 위치 좌표, $\hat{y}_{Rx}$는 현재 결정된 위치 측정의 대상이 되는 단말의 y 위치 좌표를 의미한다.

[196] 상기 수학식 13에 기초하여 결정된, 상기 단말 110 및 상기 인접 단말들 간의 각각의 거리 값이 모두 임계값 이하라면, 상기 단말 110은 NLOS 경로로 인한 오차가 비교적 작은 것으로 판단할 수 있고, 그 결과, 현재 결정된 상기 단말 110의 위치 좌표, $(\hat{x}_{Rx}, \hat{y}_{Rx})$ 가 신뢰할만한 값이라 최종적으로 평가할 수 있다. 만약, 상기 단말 110 및 상기 인접 단말들 간의 각각의 거리 값들 가운데 적어도 하나의 값이 상기 임계값 이상이라면, 상기 단말 110은 NLOS 경로로 인한 오차가 비교적 큰 것으로 판단할 수 있고, 그 결과, 현재 결정된 상기 단말 110의 위치 좌표, $(\hat{x}_{Rx}, \hat{y}_{Rx})$ 가 신뢰하기 어려운 값이라 최종적으로 평가할 수 있다.

이에 따라, 상기 단말 110은 위치 측정 요청 신호를 기지국 1350 또는 인접한 단말들로 재차 송신함으로써, 상기 단말 110에 대한 위치 측정을 다시 수행할 수 있다.

[197] 도 14는 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 측정의 대상이 되는 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 14는 상기 단말 110의 동작 방법을 예시한다.

[198] 먼저, 1401단계에서, 상기 단말은 위치 측정 요청 신호를 송신할 수 있다. 여기에서, 상기 위치 측정 요청 신호는 상기 단말 및 상기 단말과 인접한 다수의 인접 단말들 간에 D2D 통신에 기반한 위치 측정의 수행을 시작하기 위한 신호를 의미하며, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말은 기지국으로 상기 위치 측정 요청 신호를 송신하거나 상기 인접 단말들로 상기 위치 측정 요청 신호를 송신할 수 있다.

[199] 다음으로, 1403단계에서, 상기 단말은 인접한 다수의 다른 단말들, 다시 말해, 상기 인접 단말들로부터 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호들을 수신할 수 있다. 이 경우, 상기 측위 신호들은 상기 단말 및 상기 다수의 인접 단말들 간에 D2D 통신에 기반한 위치 측정을 수행하기 위해 기준이 되는 신호를 의미하며, 상기 단말은 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다.

[200] 도 15는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 측정의 대상이 되는 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 15는 상기 단말 110의 동작 방법을 예시한다.

[201] 먼저, 1501단계에서, 상기 단말은 상기 단말의 위치 측정을 요청하는 위치 측정 요청 신호를 기지국으로 송신할 수 있다. 이를 통해, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 기지국에 의하여, 상기 단말 및 상기 단말과 인접한 다수의 단말들 간의 D2D 통신에 기반한 위치 측정 절차에 참여하는 인접한 다수의 단말들이 결정될 수 있게 된다.

[202] 다음으로, 1503단계에서, 다음으로, 1503단계에서, 상기 단말은 3 개 이상의 측위 신호들이 수신되는지 판단한다. 다시 말해, 상기 단말은 인접한 다수의 단말들로부터 3 개 이상의 측위 신호들이 수신되는지 판단한다. 즉, 상기 단말은 서로 다른 인접 단말들로부터 송신된 3개 이상의 측위 신호들이 검출되는지 확인한다. 여기서, 상기 검출 여부는 신호의 에너지 크기, 수신 신호 세기 등에 기초하여 판단될 수 있다. 만일, 상기 3개 이상의 측위 신호들이 수신되지 아니하면, 상기 단말은 이하 1513단계로 진행한다.

[203] 반면, 상기 3개 이상의 측위 신호들이 수신되면, 1505단계로 진행되어, 상기 단말은 기지국으로부터 측위 신호를 송신한 인접 단말들에 대한 부가 정보를 수신할 수 있다. 예를 들어, 상기 단말은 인접한 제 1 단말로부터 제 1 측위 신호를 수신하고, 인접한 제 2 단말로부터 제 2 측위 신호를 수신하고, 인접한 제

3 단말로부터 제 3 측위 신호를 수신할 수 있다. 일부 실시 예들에서, 상기 단말은 상기 기지국으로부터, 상기 제 1 단말의 위치 좌표 정보, 상기 제 2 단말의 위치 좌표 정보, 상기 제 3 단말의 위치 좌표 정보, 상기 기지국과 상기 제 1 단말 간의 전파 지연 시간, 상기 기지국과 상기 제 2 단말 간의 전파 지연 시간, 상기 기지국과 상기 제 3 단말 간의 전파 지연 시간 정보를 수신할 수 있다. 다른 일부 실시 예들에서, 상기 단말은 다른 단말들로부터 1 단말의 위치 좌표 정보, 상기 제 2 단말의 위치 좌표 정보, 상기 제 3 단말의 위치 좌표 정보, 상기 기지국과 상기 제 1 단말 간의 전파 지연 시간, 상기 기지국과 상기 제 2 단말 간의 전파 지연 시간, 상기 기지국과 상기 제 3 단말 간의 전파 지연 시간 정보를 수신할 수도 있다.

[204] 이 경우, 1507단계로 진행되어, 상기 단말 및 상기 인접한 다수의 단말들 간의 D2D 통신에 기반한 위치 측정이 수행될 수 있다. 다시 말해, 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 단말은 상기 제 1 측위 신호에 대한 전파 지연 시간, 상기 제 2 측위 신호에 대한 전파 지연 시간, 상기 제 3 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다. 단, 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 1507단계는 상기 단말이 다른 장치(예: 서버)로 측정 관련 정보를 송신하고, 측정된 위치를 수신하는 과정으로 대체될 수 있다.

[205] 또한, 1509단계에서, 상기 단말은 측정된 상기 단말의 위치와 인접 단말들 간의 각각의 거리 산출할 수 있다. 다시 말해, 상기 단말은, 1501단계 내지 1507단계를 통해 측정된 상기 단말의 위치 좌표를 기준으로, 상기 단말과 상기 제 1 단말 간의 거리, 상기 단말과 상기 제 3 단말 간의 거리, 상기 단말과 상기 제 3 단말 간의 거리를 각각 산출할 수 있다.

[206] 다음으로, 1511단계에서, 상기 단말은 위치가 측정된 상기 단말의 위치 및 인접 단말들 간에 산출된 각각의 거리가 모두 임계값 이하인지 여부를 판단한다. 다시 말해, 상기 도 13에서 상세하게 설명된 바와 같이, 위치가 측정된 상기 단말의 위치 및 인접 단말들 간에 산출된 각각의 거리가 모두 임계값 이하라면, 상기 단말은 NLOS 경로로 인한 오차가 비교적 작은 것으로 판단할 수 있고, 그 결과, 현재 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 신뢰할만한 값이라 최종적으로 평가할 수 있다.

[207] 상기 1503단계에서, 단말이 인접한 다수의 단말들로부터 3 개 이상의 측위 신호를 수신하지 아니한 경우, 다시 말해, 단말이 인접한 다수의 단말들로부터 2 개 이하의 측위 신호를 수신한 경우, 1513단계로 진행되어, 기지국 기반 위치 측정이 수행될 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 2 차원상의 좌표가 측정된다고 가정할 때, D2D 통신에 기반한 위치 측정을 위해서는 적어도 3 개 이상의 인접한 단말들로부터 측위 신호를 수신하여야 하는바, 이와 같은 요건이 충족되지 아니하는 경우, D2D 통신에 기반한 위치 측정은 불가능하며, 기지국 기반의 위치 측정이 수행되게 된다.

[208] 또한, 1511단계에서, 위치가 측정된 상기 단말의 위치 및 인접 단말들 간에 산출된 각각의 거리 가운데 적어도 하나가 상기 임계값 이상인 경우, 상기 단말은 NLOS 경로로 인한 오차가 존재하는 것으로 판단할 수 있고, 그 결과, 현재 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 신뢰하기 어려운 값이라 최종적으로 평가할 수 있으며, 이 경우, 상기 1513단계로 진행되어 기지국 기반 위치 측정이 수행되게 된다.

[209] 본 발명의 실시 예에 따라, 특정 조건이 충족되지 아니하는 경우, 상기 1513단계로 진행하여, 기지국 기반의 위치 측정이 수행되는 것으로 설명하였으나, 이는 예시에 불과하고, 경우에 따라서는 상기 1501단계 내지 상기 1511단계가 반복되어, D2D 기반 위치 측정 절차가 반복적으로 수행될 수도 있다.

[210] 도 16은 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 측정의 대상이 되는 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 16은 상기 단말 110의 동작 방법을 예시한다.

[211] 먼저, 1601단계에서, 상기 단말은 위치 측정 요청 신호를 인접 단말들로 송신한다. 다시 말해, 상기 단말은 상기 위치 측정 요청 신호를 방송한다. 즉, 상기 단말은 상기 단말의 위치 측정을 요청하는 위치 측정 요청 신호를 상기 단말과 인접한 다수의 인접 단말들로 송신할 수 있다. 이를 통해, 상기 다수의 인접 단말들은 상기 단말로부터 상기 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있으며, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 다수의 인접 단말들 가운데 일부는 상기 단말 및 상기 다수의 인접 단말들 간의 D2D 통신에 기반한 위치 측정 절차에 참여하는 단말들로 결정될 수 있게 된다.

[212] 다음으로, 1603단계에서, 상기 단말은 3 개 이상의 측위 신호들이 수신되는지 판단한다. 다시 말해, 상기 단말은 인접한 다수의 단말들로부터 3 개 이상의 측위 신호들이 수신되는지 판단한다. 즉, 상기 단말은 서로 다른 인접 단말들로부터 송신된 3개 이상의 측위 신호들이 검출되는지 확인한다. 여기서, 상기 검출 여부는 신호의 에너지 크기, 수신 신호 세기 등에 기초하여 판단될 수 있다. 만일, 상기 3개 이상의 측위 신호들이 수신되지 아니하면, 상기 단말은 이하 1613단계로 진행한다.

[213] 반면, 상기 3 개 이상의 측위 신호들이 수신되면, 1605단계로 진행되어, 상기 단말은 측위 신호를 송신한 인접 단말들에 대한 부가 정보를 검출할 수 있게 된다. 예를 들어, 상기 단말은 인접한 제 1 단말로부터 제 1 측위 신호를 수신하고, 인접한 제 2 단말로부터 제 2 측위 신호를 수신하고, 인접한 제 3 단말로부터 제 3 측위 신호를 수신할 수 있다. 이 경우, 상기 단말은 상기 제 1 측위 신호에 포함된 상기 제 1 단말의 위치 좌표 정보 및 기지국과 상기 제 1 단말 간의 전파 지연 시간 정보를 검출할 수 있고, 상기 제 2 측위 신호에 포함된 상기 제 2 단말의 위치 좌표 정보 및 상기 기지국과 상기 제 2 단말 간의 전파 지연 시간 정보를 검출할 수 있고, 상기 제 3 측위 신호에 포함된 상기 제 3 단말의 위치 좌표 정보 및 상기 기지국과 상기 제 3 단말 간의 전파 지연 시간 정보를

검출할 수 있다.

[214] 이 경우, 1607단계로 진행되어, 상기 단말 및 상기 인접한 다수의 단말들 간의 D2D 통신에 기반한 위치 측정이 수행될 수 있다. 다시 말해, 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 단말은 상기 제 1 측위 신호에 대한 전파 지연 시간, 상기 제 2 측위 신호에 대한 전파 지연 시간, 상기 제 3 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다. 단, 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 1607단계는 상기 단말이 다른 장치(예: 서버)로 측정 관련 정보를 송신하고, 측정된 위치를 수신하는 과정으로 대체될 수 있다.

[215] 또한, 1609단계에서, 상기 단말은 측정된 상기 단말의 위치와 인접 단말들 간의 각각의 거리 산출할 수 있다. 다시 말해, 상기 단말은, 1601단계 내지 1607단계를 통해 측정된 상기 단말의 위치 좌표를 기준으로, 상기 단말과 상기 제 1 단말 간의 거리, 상기 단말과 상기 제 3 단말 간의 거리, 상기 단말과 상기 제 3 단말 간의 거리를 각각 산출할 수 있다.

[216] 다음으로, 1611단계에서, 상기 단말은 위치가 측정된 상기 단말의 위치 및 인접 단말들 간에 산출된 각각의 거리가 모두 임계값 이하인지 여부를 판단한다. 다시 말해, 상기 도 13에서 상세하게 설명된 바와 같이, 위치가 측정된 상기 단말의 위치 및 인접 단말들 간에 산출된 각각의 거리가 모두 임계값 이하라면, 상기 단말은 NLOS 경로로 인한 오차가 비교적 작은 것으로 판단할 수 있고, 그 결과, 현재 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 신뢰할만한 값이라 최종적으로 평가할 수 있다.

[217] 반면에, 1603단계에서, 단말이 인접한 다수의 단말들로부터 3 개 이상의 측위 신호를 수신하지 아니한 경우, 다시 말해, 단말이 인접한 다수의 단말들로부터 2 개 이하의 측위 신호를 수신한 경우, 1613단계로 진행되어, 기지국 기반 위치 측정이 수행될 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 2 차원상의 좌표가 측정된다고 가정할 때, D2D 통신에 기반한 위치 측정을 위해서는 적어도 3 개 이상의 인접한 단말들로부터 측위 신호를 수신하여야 하는바, 이와 같은 요건이 충족되지 아니하는 경우, D2D 통신에 기반한 위치 측정은 불가능하며, 기지국 기반의 위치 측정이 수행되게 된다.

[218] 또한, 1611단계에서, 위치가 측정된 상기 단말의 위치 및 인접 단말들 간에 산출된 각각의 거리 가운데 적어도 하나가 상기 임계값 이상인 경우, 상기 단말은 NLOS 경로로 인한 오차가 존재하는 것으로 판단할 수 있고, 그 결과, 현재 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 신뢰하기 어려운 값이라 최종적으로 평가할 수 있으며, 이 경우, 상기 1613단계로 진행되어 기지국 기반 위치 측정이 수행되게 된다.

[219] 본 발명의 실시 예에 따라, 특정 조건이 충족되지 아니하는 경우, 상기 1613단계로 진행하여, 기지국 기반의 위치 측정이 수행되는 것으로 설명하였으나, 이는 예시에 불과하고, 경우에 따라서는 상기 1601단계 내지 상기

1611단계가 반복되어, D2D 기반 위치 측정 절차가 반복적으로 수행될 수도 있다.

[220] 도 17은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 인접 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 17은 상기 단말 110에 인접한 단말의 동작 방법을 예시한다.

[221] 먼저, 1701단계에서, 상기 단말과 인접한 상기 인접 단말은 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있다. 여기에서, 상기 위치 측정 요청 신호는 상기 단말 및 상기 단말과 인접한 다수의 인접 단말들 간에 D2D 통신에 기반한 위치 측정의 수행을 시작하기 위한 신호를 의미하며, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 인접 단말은 상기 단말로부터 상기 위치 측정 요청 신호를 수신하거나 기지국으로부터 상기 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있다.

[222] 다음으로, 1703단계에서, 상기 인접 단말은 인접한 다른 단말, 다시 말해, 단말로 상기 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호를 송신할 수 있다. 이 경우, 상기 측위 신호는 상기 단말 및 상기 다수의 인접 단말들 간에 D2D 통신에 기반한 위치 측정을 수행하기 위해 기준이 되는 신호를 의미하며, 상기 측위 신호를 수신한 상기 단말은 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다.

[223] 도 18은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 인접 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 18은 상기 단말 110에 인접한 단말의 동작 방법을 예시한다.

[224] 먼저, 1801단계에서, 단말과 인접한 단말은 기지국으로부터 측위 신호의 송신을 요청하는 요청 신호를 수신할 수 있다. 다시 말해, 상기 기지국은 상기 단말의 위치 측정을 위하여, 상기 인접한 단말로 측위 신호의 송신을 지시하는 상기 요청 신호를 송신할 수 있으며, 이에 대응하여, 상기 인접한 단말은 상기 요청 신호를 수신할 수 있다.

[225] 다음으로, 1803단계에서, 상기 인접한 단말은 상기 단말로 측위 신호를 송신할 수 있다. 이에 대응하여, 상기 측위 신호를 수신한 단말은 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다.

[226] 도 19는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 인접 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 19는 상기 단말 110에 인접한 단말의 동작 방법을 예시한다.

[227] 먼저, 1901단계에서, 상기 단말과 인접한 단말은 상기 단말로부터 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있다. 다시 말해, 상기 단말은 상기 단말의 위치 측정을 위하여, 상기 인접한 단말로 측위 신호의 송신을 지시하는 상기 위치 측정 요청 신호를 송신할 수 있으며, 이에 대응하여, 상기 인접한 단말은 상기 요청 신호를 수신할 수 있다.

[228] 다음으로, 1903단계에서, 상기 인접한 단말은 위치 측정 요청 신호의 수신 전력이 임계치 이상인지 여부를 판단할 수 있고, 상기 판단에 기초하여 측위 신호를 상기 단말로 송신할지 여부를 결정할 수 있다. 다시 말해, 상기 인접한 단말은 측정된 상기 위치 측정 요청 신호의 수신 전력 값이 상기 임계치 이상인 경우, 상기 단말과 상기 인접한 단말 간의 거리가 상대적으로 근접해 있다고 판단할 수 있고, 상기 단말과 상기 인접한 단말 간의 거리가 상대적으로 근접해 있는 경우, 상기 단말과 상기 인접한 단말 간에 LOS 경로가 확보될 확률이 상대적으로 높다고 판단할 수 있다. 그 결과, 1905단계로 진행될 수 있다.

[229] 또한, 1905단계에서, 상기 인접한 단말은 상기 인접한 단말의 위치가 고정되어 있거나 미리 결정되어 있는지 여부를 판단할 수 있다. 다시 말해, 상기 인접한 단말의 위치 정보가 결정되어 있지 아니한 경우, 상기 단말과 상기 인접한 단말 간의 거리가 상대적으로 근접해 있다 하더라도, 위치 정보가 결정되어 있지 아니한 상기 인접한 단말은 단말과 상기 근접한 단말 간의 거리를 결정하는데 있어 기여하지 못하게 된다. 따라서, 상기 인접한 단말의 위치가 고정되어 있거나 미리 결정되어 있는 경우, 1907단계로 진행되어, 상기 인접한 단말은 상기 단말로 측위 신호를 송신하게 된다.

[230] 반면에, 1903단계에서, 위치 측정 요청 신호의 수신 전력이 임계치 미만인 경우, 또는 1905단계에서, 상기 인접한 단말의 위치가 고정되어 있지 아니하고 미리 결정되어 있는지 아니한 경우, 상기 인접한 단말은 자신이 단말과 상기 인접한 단말 간의 거리 측정에 있어 기여하지 못하는 단말에 해당한다고 결정할 수 있고, 그 결과 본 발명의 실시 예에 따른 절차가 종료될 수 있다.

[231] 또한, 1907단계에서, 상기 인접한 단말은 상기 단말로 측위 신호를 송신할 수 있고, 1909단계에서, 상기 인접한 단말의 좌표 정보 및 상기 인접한 단말과 기지국과의 전파 지연 정보를 송신할 수 있다. 이 경우, 상기 측위 신호, 상기 인접한 단말의 좌표 정보 및 상기 인접한 단말과 기지국과의 전파 지연 정보를 수신한 단말은 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다.

[232] 일부 실시 예들에서, 상기 단말은 전파 지연 정보를 수신할 수 있다. 상기 전파 지연 정보는 기지국과 다른 단말들 간의 전파 지연 정보일 수 있다. 예를 들면, 상기 단말은 상기 전파 지연 정보를 상기 다른 단말들로부터 수신할 수 있다. 다른 예를 들면, 상기 단말은 상기 전파 지연 정보를 상기 기지국으로부터 수신할 수도 있다.

[233] 다른 일부 실시 예들에서, 상기 단말은 전파 지연 정보를 상기 측위 신호들로부터 확인할 수 있다.

[234] 도 20은 본 발명의 또 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 기지국의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[235] 먼저, 2001단계에서, 기지국은 상기 단말로부터 위치 측정을 요청하는 제 1

신호를 수신할 수 있다. 여기에서, 상기 제 1 신호는 상기 단말 및 상기 단말과 인접한 다수의 인접 단말들 간에 D2D 통신에 기반한 위치 측정의 수행을 시작하기 위한 신호를 의미한다.

[236] 다음으로, 2003단계에서, 상기 기지국은 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호의 송신을 요청하는 제 2 신호를 상기 단말과 인접한 다수의 다른 단말들, 다시 말해, 상기 다수의 인접 단말들로 송신할 수 있다.

[237] 이 경우, 상기 제 2 신호를 수신한 상기 인접 단말들은 상기 단말로 상기 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호를 송신할 수 있으며, 상기 측위 신호를 수신한 상기 단말은 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명된 바와 같이, 상기 측위 신호에 대한 전파 지연 시간 정보에 기초하여, 앞서 언급한 TOA, TDOA 방식 등을 통해 상기 단말의 위치 측정을 수행할 수 있다.

[238] 도 21은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 기지국의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[239] 먼저, 2101단계에서, 기지국은 단말로부터 위치 측정 요청 신호를 수신할 수 있다. 이를 통해, 상기 위치 측정 요청 신호를 수신한 기지국은 상기 단말 및 상기 단말과 인접한 다수의 단말들 간의 D2D 통신에 기반한 위치 측정 절차에 참여할 인접한 다수의 단말들을 결정할 수 있게 된다.

[240] 다음으로, 2103단계에서, 상기 기지국은 단말과 인접한 다수의 단말들로 측위 신호의 송신을 요청하는 요청 신호를 송신할 수 있다. 다시 말해, 상기 기지국은 상기 단말의 위치 측정을 위하여, 상기 인접한 다수의 단말들로 측위 신호의 송신을 지시하는 상기 요청 신호를 송신할 수 있으며, 이에 대응하여, 상기 인접한 단말들은 각각 상기 요청 신호를 수신할 수 있다.

[241] 또한, 2105단계에서, 상기 기지국은 측위 신호를 송신한 인접 단말들에 대한 부가 정보를 상기 단말로 송신할 수 있다. 다시 말해, 상기 기지국은 상기 측위 신호를 송신한 인접 단말들의 위치 좌표 정보, 상기 기지국과 상기 측위 신호를 송신한 인접 단말들 간의 전파 지연 시간 정보 등을 상기 위치 측정 단말로 송신할 수 있고, 상기 위치 측정 단말은 수신한 상기 정보들에 기초하여 상기 위치 측정 단말에 관한 위치 측정을 수행할 수 있다.

[242] 도 22는 본 발명의 또 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 위치 결정 장치의 동작에 관한 순서도를 도시한다. 상기 도 22는 상기 단말 110의 위치가 상기 단말 110이 아닌 다른 장치에 의해 측정되는 경우, 상기 다른 장치의 동작 방법을 예시한다.

[243] 먼저, 2201단계에서, 위치 결정 장치는 단말로부터 적어도 하나의 위치 측정 파라미터를 수신할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말을 위치 측정의 대상이 되는 단말로 지칭될 수 있으며, 상기 단말은 상기 도 11 및 상기 도 12에서 설명된 바와 같이, 상기 적어도 하나의 위치 측정 파라미터는 TOA_i 값 또는 $TDOA_{i,j}$ 값을 포함할 수 있으며, 그 결과, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말로부터 TOA_i 값 또는 $TDOA_{i,j}$ 값 가운데 적어도 하나를 수신할 수 있다.

[244] 다음으로, 2203단계에서, 상기 위치 결정 장치는 적어도 하나의 위치 측정 파라미터에 기초하여 단말의 위치 정보를 산출할 수 있다. 다시 말해, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말로부터 수신한 TOA_i 값 또는 $TDOA_{i,j}$ 값 가운데 적어도 하나에 기초하여, 상기 도 11 및 상기 도 12에서 상세하게 설명한 바와 같이 TOA 방식 또는 TDOA 방식에 따라 상기 단말의 위치 정보를 산출할 수 있다.

[245] 또한, 2205단계에서, 상기 위치 결정 장치는 산출된 단말의 위치 정보를 상기 단말로 송신할 수 있다. 다시 말해, 상기 TOA 방식 또는 TDOA 방식에 따라 결정된 상기 단말의 위치 좌표를 상기 단말로 송신할 수 있다.

[246] 상술한 다양한 실시 예들을 통해, 위치를 측정하기 위한 측정 파라미터들이 수집될 수 있다. 여기서, 상기 측정 파라미터들은 측위 신호에 대한 수신 시각, 수신 시각 차 등을 포함할 수 있다. 상기 측정 파라미터들에 기반한 위치 측정은 단말, 기지국 또는 별도의 장치에 의해 수행될 수 있다. 이때, 상기 위치 측정의 구체적인 과정은 다음과 같다.

[247] 상기 도 1 내지 상기 도 22에 관한 설명에서는 본 발명의 실시 예에 따라, 무선 통신 시스템에서 단말의 2 차원상 위치 결정 방식이 중심적으로 설명된 바 있다. 그러나, 앞서 언급하였듯이, 본 발명의 실시 예에 따른 단말의 위치 결정 방식은 2 차원상의 위치 결정에 제한되는 것이 아니라, 3 차원상의 위치 결정에도 적용될 수 있다. 즉, 이하 도 23과 같은 상황에도, 상술한 위치 결정 방식이 적용될 수 있다.

[248] 도 23은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 23을 참고하면, 상기 단말 110은 고층 건물들 사이에 위치한다. 상기 도 23에 도시된 바와 같이, 고층 건물 등에서 사용자가 위치하는 상황이 증가하고 있는 상황에서, 단순히, 2 차원상의 위치 결정 방식을 통해서는 상기 단말 110의 정확한 위치가 결정되기 어려우며, 3 차원상의 위치 결정 방식을 통해 상기 단말 110의 정확한 위치가 결정될 수 있게 된다. 따라서, 상기 단말의 3 차원상의 위치 결정에 있어 보다 효율적인 위치 결정 방식이 요구된다.

[249] 앞서 도 6에서 설명하였듯이, 상기 수학식 2에 따라, i 번째 기지국(기지국에 기반한 단말의 위치 결정이 이루어지는 경우) 또는 인접 단말(D2D 통신에 기반한 단말의 위치 결정이 이루어지는 경우)에 대한 $TDOA_i$ 값에 대응되는 다수의 쌍곡선 방정식들이 결정되고, 상기 다수의 쌍곡선 방정식들의 해를 결정하기 위한 결정(decision) 알고리즘(algorithm)을 통해, 상기 단말의 위치가 결정될 수 있다.

[250] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 결정 알고리즘은 테일러 급수(Taylor series) 기반 알고리즘을 포함할 수 있다. 다시 말해, 상기 테일러 급수 기반 알고리즘에 따르면, 일반적으로 해를 획득하기 어려운 비선형적 형태의 쌍곡선 방정식이 테일러 급수를 통해 선형적 형태의 방정식으로 전개될 수 있으며, 반복적인 추정을 통해 상기 쌍곡선 방정식의 근사적인 해를 결정할 수 있게 된다. 상기 쌍곡선 방정식을 테일러 급수를 통해 선형적 형태의 방정식으로 전개하여

근사화하는 과정은 아래의 수학식 14와 같다.

[251]

【수학식 14】

$$
\begin{aligned}
& r_{(t,i,j)}\left(x_t, y_t, x_i, y_i, x_j, y_j\right) \\
& = \sqrt{\left(x_t - x_i\right)^2 + \left(y_t - y_i\right)^2} - \sqrt{\left(x_t - x_j\right)^2 + \left(y_t - y_j\right)^2} \\
& = m_{(i,j)} - e_{(t,i,j)} \\
& = r_{(t,i,j)} + \frac{\partial r_{(t,i,j)}}{\partial x_t}\Delta x + \frac{\partial r_{(t,i,j)}}{\partial y_t}\Delta y + \cdots \\
& \cong r_{(t,i,j)} + \frac{\partial r_{(t,i,j)}}{\partial x_t}\Delta x + \frac{\partial r_{(t,i,j)}}{\partial y_t}\Delta y
\end{aligned}
$$

[252] 여기에서, $r_{(t,i,j)}$는 테일러 급수 기반 알고리즘을 t 회 수행하였을 때 i 번째 기지국 또는 단말과 j 번째 기지국 또는 단말을 기반으로 생성된 쌍곡선 방정식의 수신 시각 차이를 나타내며, $m_{(i,j)}$는 $r_{(t,i,j)}$의 실제 값, $e_{(i,j)}$는 $m_{(i,j)}$ 측정 시의 오차, △x와 △y는 테일러 급수 기반 알고리즘을 반복 수행하면서 발생하는 위치 변화량을 나타낸다.

[253] 상기 수학식 14에서, 2차 이상의 △x 항과 △y 항이 제거됨으로써, △x와 △y 에 대해 근사화된 일차 선형 방정식이 결정된다. 이후, 상기 수학식 14에서, (x_t,y_t)에 임의로 설정된 단말의 초기 위치 값을 대입한 후, △x 및 △y의 추정을 위한 행렬식을 생성할 수 있다. 이 경우, 상기 초기 위치 값은 위치를 결정하고자 하는 단말에 인접한 기지국들의 평균적인 위치 또는 D2D 기반 위치 결정이 이루어지는 경우, 인접한 고정 단말의 평균적인 위치로 설정될 수 있다. 여기에서, △x 및 △y의 추정을 위한 행렬식은 아래의 수학식 15와 같다.

[254]

【수학식 15】

$$
\begin{bmatrix}
\frac{\partial r_{(0,2,1)}}{\partial x_0} & \frac{\partial r_{(0,2,1)}}{\partial y_0} \\
\frac{\partial r_{(0,3,1)}}{\partial x_0} & \frac{\partial r_{(0,3,1)}}{\partial y_0}
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
\Delta x \\ \Delta y
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
m_{(2,1)} - r_{(0,2,1)} \\
m_{(3,1)} - r_{(0,3,1)}
\end{bmatrix}
-
\begin{bmatrix}
e_{(2,1)} \\ e_{(3,1)}
\end{bmatrix}
$$

[255] 여기에서, $r_{(t,i,j)}$는 테일러 급수 기반 알고리즘을 t 회 수행하였을 때 i 번째 기지국 또는 단말과 j 번째 기지국 또는 단말을 기반으로 생성된 쌍곡선 방정식의 수신 시각 차이를 나타내며, $m_{(i,j)}$는 $r_{(t,i,j)}$의 실제 값, $e_{(i,j)}$는 $m_{(i,j)}$ 측정 시의 오차, △x와 △y는 테일러 급수 기반 알고리즘을 반복 수행하면서 발생하는 위치

변화량을 나타낸다.

[256] 또한, 상기 수학식 15에서, 전치 행렬과 역행렬 연산을 수행함으로써, 상기 △x 및 △y의 행렬인 δ를 획득할 수 있다.

[257]

【수학식 16】

$$\boldsymbol{\delta} = \left[\mathbf{H}^{\mathrm{T}}\mathbf{Q}^{-1}\mathbf{H}\right]^{-1}\mathbf{H}^{\mathrm{T}}\mathbf{Q}^{-1}\mathbf{Z}$$

[258] 여기에서, 상기 행렬 H는 $\begin{bmatrix} \frac{\partial r_{(0,2,1)}}{\partial x_0} & \frac{\partial r_{(0,2,1)}}{\partial y_0} \\ \frac{\partial r_{(0,3,1)}}{\partial x_0} & \frac{\partial r_{(0,3,1)}}{\partial y_0} \end{bmatrix}$, 상기 행렬 Z는 $\begin{bmatrix} m_{(2,1)} - r_{(0,2,1)} \\ m_{(3,1)} - r_{(0,3,1)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} e_{(2,1)} \\ e_{(3,1)} \end{bmatrix}$, 상기 행렬 Q는 측위 오차에 대한 공분산 행렬을 나타낸다.

[259] 상기 수학식 16을 통해 획득한 △x, △y를 아래의 수학식 17과 같이 단말의 초기 위치 값 x_0, y_0에 반영함으로써 알고리즘을 1회 반복한 상기 단말 위치의 추정 값 x_1, y_1을 획득할 수 있으며, 위와 같은 행렬 연산을 반복적으로 수행함으로써, 최소 자승 해를 갖는 단말의 (x,y) 좌표를 결정할 수 있게 된다.

[260]

【수학식 17】

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

[261] 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 결정 알고리즘은 팡(Fang) 알고리즘을 포함할 수 있다. 다시 말해, 상기 팡 알고리즘에 따르면, 일반적으로 해를 획득하기 어려운 비선형적 형태의 쌍곡선 방정식을 평행 이동 및 회전 이동시키는 연산을 통해 상기 쌍곡선 방정식을 간략히 한 후, 연립 방정식의 해를 결정함으로써, 단말의 위치를 측정할 수 있게 된다. 이 경우, 상기 팡 알고리즘은 상기 테일러 급수 기반 알고리즘과는 달리 반복 연산이 없다는 특징을 가진다.

[262] 본 발명의 실시 예에 따라, 기지국 기반 위치 측정이 수행된다고 가정하였을 때, 위치 측정을 요하는 단말과 인접한 제 1 기지국, 제 2 기지국, 제 3 기지국이 존재하면, 팡 알고리즘의 적용을 위해, 상기 제 1 기지국의 위치 좌표, (x_1, y_1)은 임의의 좌표 평면상의 원점, (0,0)으로 설정될 수 있고, 상기 제 2 기지국이 상기

좌표 평면상의 x축 상에 위치하도록 상기 제 2 기지국의 위치 좌표는 $(x_2, 0)$으로 설정될 수 있다. 이에 따라, 상기 제 1 기지국 및 상기 제 2 기지국을 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식, $r_{(2,1)}$ 및 상기 제 1 기지국 및 상기 제 3 기지국을 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식, $r_{(3,1)}$은 아래의 수학식 18과 같이 결정될 수 있다.

[263] 【수학식 18】

$$r_{(2,1)} = \sqrt{(x_t - x_2)^2 + y_t^2} - \sqrt{x_t^2 + y_t^2}$$

$$r_{(3,1)} = \sqrt{(x_t - x_3)^2 + (y_t - y_3)^2} - \sqrt{x_t^2 + y_t^2}$$

[264] 여기에서, 상기 x_t 및 상기 y_t는 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_2는 제 2 기지국의 x축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_3 및 상기 y_3는 제 3 기지국의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미한다.

[265] 이 경우, 상기 수학식 18에 따른 각각의 쌍곡선 방정식의 양변을 제곱하여, x_t 및 y_t에 관한 방정식으로 정리하면, 아래의 수학식 19와 같이 결정된다.

[266] 【수학식 19】

$$y_t = gx_t + h$$

[267] 여기에서, $g = \left\{ r_{(3,1)} \left(x_2 / r_{(2,1)} \right) - x_3 \right\} / y_3$ 이고,

$h = \left\{ K_3 - r_{(3,1)}^2 + r_{(3,1)} \cdot r_{(2,1)} \left(1 - \left(x_2 / r_{(2,1)} \right)^2 \right) \right\} / 2y_3$ 이며, $K_3 = x_3^2 + y_3^2$ 이고, 상기 $r_{(2,1)}$은 제 1 기지국 및 제 2 기지국을 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식을 의미하고, $r_{(3,1)}$은 제 1 기지국 및 제 3 기지국을 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_t 및 상기 y_t는 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_2는 제 2 기지국의 x축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_3 및 상기 y_3는 제 3 기지국의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미한다.

[268] 또한, 상기 수학식 19를 상기 수학식 18 가운데 제 2 쌍곡선 방정식에 대입하면, 아래의 수학식 20과 같은 xt에 관한 이차 방정식으로 정리될 수 있다.

[269] 【수학식 20】

$$dx_t^2 + ex_t + f = 0$$

[270] 여기에서,

[271] $d=-\left\{1-\left(x_2/r_{(2,1)}\right)^2+g^2\right\}$ 이고, $e=x_2\left\{1-\left(x_2/r_{(2,1)}\right)^2\right\}-2gh$ 이며,

$f=(r_{(2,1)}^2/4)\left\{1-\left(x_2/r_{(2,1)}\right)^2\right\}^2-h^2$ 이고, 또한, $g=\left\{r_{(3,1)}\left(x_2/r_{(2,1)}\right)-x_3\right\}/y_3$ 이고,

$h=\left\{K_3-r_{(3,1)}^2+r_{(3,1)}\cdot r_{(2,1)}\left(1-\left(x_2/r_{(2,1)}\right)^2\right)\right\}/2y_3$ 이며, $K_3=x_3^2+y_3^2$ 이고, 상기 $r_{(2,1)}$은 제 1 기지국 및 제 2 기지국을 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식을 의미하고, $r_{(3,1)}$은 제 1 기지국 및 제 3 기지국을 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_t 및 상기 y_t는 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_2는 제 2 기지국의 x축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_3 및 상기 y_3는 제 3 기지국의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미한다.

[272] 이 경우, 상기 수학식 20의 해 x_t를 결정함으로써, 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표가 결정될 수 있고, 상기 x_t 값을 상기 수학식 19에 대입함으로써, y_t 값이 결정되고, 그 결과 상기 단말의 위치 좌표가 최종적으로 결정될 수 있다.

[273] 이상에서는 기지국 기반 위치 측정이 수행된다는 가정하에, 팡 알고리즘을 통한 위치 측정의 대상이 되는 단말의 위치 결정 과정이 설명되었으나, 이는 예시에 불과하고, D2D 기반 위치 측정이 수행되는 경우에도 상기 팡 알고리즘을 통한 위치 결정이 이루어질 수 있다. 이 경우, 앞서 예를 들었던 상기 제 1 기지국, 상기 제 2 기지국, 상기 제 3 기지국은 상기 위치 측정의 대상이 되는 단말과 인접한 제 1 단말, 제 2 단말, 제 3 단말로 대체될 수 있다.

[274] 도 24는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다. 다시 말해, 이하의 설명에서, 앞서 언급한 결정 알고리즘을 활용하여 단말의 3차원 위치를 결정하는 다양한 실시 예들이 설명될 것이다.

[275] 상기 도 24에 도시된 바와 같이, 상기 단말 110은 인접한 기지국 또는 AP(access point)들과의 관계에 기초하여 위치 측정을 수행할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말 110 및 상기 단말 110과 인접한 AP_{b1} 2451, AP_{b2} 2453, AP_{b3} 2455와의 관계에 기초하여, 상기 도 6에서 설명한 TDOA 방식에 따라, 아래의 수학식 21과 같은 쌍곡선 방정식들이 결정될 수 있다.

[276] 【수학식 21】

$$r_{xy(b1,c1)}=\sqrt{(x_t-x_{b1})^2+(y_t-y_{b1})^2}-\sqrt{(x_t-x_{c1})^2+(y_t-y_{c1})^2}$$

$$r_{xy(b2,c1)}=\sqrt{(x_t-x_{b2})^2+(y_t-y_{b2})^2}-\sqrt{(x_t-x_{c1})^2+(y_t-y_{c1})^2}$$

[277] 여기에서, 상기 x_t 및 상기 y_t는 위치 측정의 대상이 되는 단말의 x축 상의 좌표

및 y축 상의 좌표를 의미하고, $r_{xy(b1,c1)}$은 위치 측정의 대상이 되는 단말의 상기 x_t 좌표 및 상기 y_t 좌표를 결정하기 위해 AP_{b1} 및 AP_{c1}을 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식을 의미하고, $r_{xy(b2,c1)}$은 위치 측정의 대상이 되는 단말의 상기 x_t 좌표 및 상기 y_t 좌표를 결정하기 위해 AP_{b2} 및 AP_{c1}을 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_{b1} 및 상기 y_{b1}은 AP_{b1}의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_{b2} 및 상기 y_{b2}는 AP_{b2}의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_{c1} 및 상기 y_{c1}은 AP_{c1}의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미한다.

[278] 이 경우, 상기 도 23에서 설명한 테일러 급수 기반 결정 알고리즘 또는 팡 알고리즘을 통해, 상기 제 1 쌍곡선 방정식 및 상기 제 2 쌍곡선 방정식에 대응되는 해, (x_t, y_t)가 결정될 수 있다.

[279] 본 발명의 실시 예에 따라, 위와 같이 결정된 상기 단말 110의 (x_t, y_t)좌표를 기반으로, 상기 단말 110의 z축 상의 좌표 x_z를 결정하기 위해서, 상기 수학식 21 가운데, x_t 값 또는 y_t 값을 z_t 값으로 치환하여 새로운 쌍곡선 연립 방정식을 생성한 후, 각각의 해를 산출함으로써, 상기 z_t 값을 결정할 수 있다. 이와 같이 y_t 값을 z_t 값으로 치환하여 생성된 새로운 쌍곡선 연립 방정식은 아래의 수학식 22와 같고, x_t 값을 z_t 값으로 치환하여 생성된 새로운 쌍곡선 연립 방정식은 아래의 수학식 23과 같다.

[280] 【수학식 22】

$$r_{xz(b1,c1)} = \sqrt{(x_t - x_{b1})^2 + (z_t - z_{b1})^2} - \sqrt{(x_t - x_{c1})^2 + (z_t - z_{c1})^2}$$

$$r_{xz(b2,c1)} = \sqrt{(x_t - x_{b2})^2 + (z_t - z_{b2})^2} - \sqrt{(x_t - x_{c1})^2 + (z_t - z_{c1})^2}$$

[281] 여기에서, 상기 x_t 및 상기 z_t는 각각 위치 측정의 대상이 되는 단말의 x축 상의 좌표, z축 상의 좌표를 의미하고, $r_{xz(b1,c1)}$은 위치 측정의 대상이 되는 단말의 상기 x_t 좌표 및 상기 z_t 좌표를 결정하기 위해 AP_{b1} 및 AP_{c1}을 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식을 의미하고, $r_{xz(b2,c1)}$은 위치 측정의 대상이 되는 단말의 상기 x_t 좌표 및 상기 z_t 좌표를 결정하기 위해 AP_{b2} 및 AP_{c1}을 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_{b1} 및 상기 z_{b1}은 AP_{b1}의 x축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_{b2} 및 상기 z_{b2}는 AP_{b2}의 x축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_{c1} 및 상기 z_{c1}은 AP_{c1}의 x축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미한다.

[282]

【수학식 23】

$$r_{yz(b1,c1)} = \sqrt{(z_t - z_{b1})^2 + (y_t - y_{b1})^2} - \sqrt{(z_t - z_{c1})^2 + (y_t - y_{c1})^2}$$

$$r_{yz(b2,c1)} = \sqrt{(z_t - z_{b2})^2 + (y_t - y_{b2})^2} - \sqrt{(z_t - z_{c1})^2 + (y_t - y_{c1})^2}$$

[283] 여기에서, 상기 y_t 및 상기 z_t는 각각 위치 측정의 대상이 되는 단말의 y축 상의 좌표, z축 상의 좌표를 의미하고, $r_{yz(b1,c1)}$은 위치 측정의 대상이 되는 단말의 상기 y_t 좌표 및 상기 z_t 좌표를 결정하기 위해 AP_{b1} 및 AP_{c1}을 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식을 의미하고, $r_{yz(b2,c1)}$은 위치 측정의 대상이 되는 단말의 상기 y_t 좌표 및 상기 z_t 좌표를 결정하기 위해 AP_{b2} 및 AP_{c1}을 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 y_{b1} 및 상기 z_{b1}은 AP_{b1}의 y축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 y_{b2} 및 상기 z_{b2}는 AP_{b2}의 y축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 y_{c1} 및 상기 z_{c1}은 AP_{c1}의 y축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미한다.

[284] 이 경우, 상기 도 23에서 설명한 테일러 급수 기반 결정 알고리즘 또는 특히, 팡 알고리즘을 통해, 상기 수학식 22의 제 1 쌍곡선 방정식 및 제 2 쌍곡선 방정식에 대응되는 해, (x_t, z_t)가 결정되거나, 상기 수학식 23의 제 1 쌍곡선 방정식 및 제 2 쌍곡선 방정식에 대응되는 해, (y_t, z_t)가 결정될 수 있다 그 결과, 상기 위치 결정 요청 단말 2410의 3차원 상의 좌표, (x_t, y_t, z_t)가 최종적으로 결정될 수 있다.

[285] 도 25는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 25는 초기 값이 0인 경우를 예시한다. 상기 도 25에서, 위치를 결정하고자 하는 단말의 3차원 상 위치 좌표는 (x_t, y_t, z_t)로 표현된다.

[286] 상기 도 25에 도시된 바와 같이, 위치 결정은 하나의 좌표 축에 대한 초기 값에 기초하여 나머지 좌표 축들의 값을 결정하는 단계 A, 상기 단계 A의 결과에 기초하여 상기 초기 값에 대응하는 좌표 축의 값을 갱신하는 단계 B를 포함한다. 그리고, 상기 위치 결정은 상기 단계 B의 결과에 기초하여 상기 단계 A가 다시 수행됨으로써, 반복적으로(iterative) 수행된다.

[287] 상기 도 25를 참고하면, 상기 단계 A에서, z 축에 대한 초기 설정된 상기 단말의 위치 좌표 정보가 없다는 가정하에, 상기 단말과 인접한 다른 장치(예: 기지국, 인접한 단말 등)들, 예를 들어, 측위 신호를 송신한 다른 장치들 및 상기 단말과의 관계에 기반하여, (x_t, y_t) 좌표가 결정될 수 있다. 이하의 설명에서, 제 1 장치, 제 2 장치, 제 3 장치가 상기 측위 신호를 송신하였음이 가정된다. 여기서, 상기 (x_t, y_t) 좌표는 상기 도 6에서 설명한 바와 같은 TDOA 방식에 의하여 결정될 수 있다. 또한, 상기 도 23에서 예로 들었던 테일러 급수 기반 결정 알고리즘 또는 팡 알고리즘을 통해, 상기 단말의 2차원 상의 좌표 (x_t, y_t)가 먼저 결정될 수 있다. 이 경우, 최초로 결정된 상기 단말의 2차원 상의 좌표를 $(\hat{x}_t, \hat{y}_t)$ 로 나타낼 수

있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 좌표, $(\hat{x}_t, \hat{y}_t)$ 는 상기 단말에 의해 결정되거나, 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치, 예를 들면 서버 장치 등에 의해서 결정될 수 있다.

[288] 다음으로, 상기 단계 B에서, 상기 $(\hat{x}_t, \hat{y}_t)$ 좌표를 기초로, 상기 단말의 (x_t, z_t) 좌표를 결정하기 위한 TDOA가 수행되어, 상기 단말의 z_t 좌표가 결정될 수 있다. 상기 도 23에 도시된 팡 알고리즘에 따라, 이와 같은 결정 절차가 수행되기 위해서는 TDOA 방식에 따른 쌍곡선 방정식이 3가지 좌표에 대한 정보를 모두 반영할 수 있도록 구성되어 있어야 한다. 따라서, 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘은 상기 3가지 좌표에 대한 정보를 모두 반영하도록 아래의 수학식 24와 같이 확장될 필요가 있다. 다시 말해, 아래의 수학식 24는 앞서 단계 A에서 결정된 $\hat{y}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영한 결과이다. 이 경우, 상기 도 23에서 설명된 바와 유사하게, 상기 제 1 장치의 좌표, (x_1, y_1, z_1)은 좌표 평면상의 원점, (0, 0, 0)으로 설정될 수 있고, 상기 제 2 장치의 좌표, (x_2, y_2, z_2)은 xy평면상에 위치하도록 z_2 좌표가 '0'으로 설정될 수 있다.

[289]

【수학식 24】

$$r_{(2,1)} = \sqrt{(x_t - x_2)^2 + (\hat{y}_t - y_2)^2 + z_t^2} - \sqrt{x_t^2 + \hat{y}_t^2 + z_t^2}$$

$$r_{(3,1)} = \sqrt{(x_t - x_3)^2 + (\hat{y}_t - y_3)^2 + (z_t - z_3)^2} - \sqrt{x_t^2 + \hat{y}_t^2 + z_t^2}$$

[290] 여기에서, 상기 $\hat{y}_t$ 은 단계 A에서 결정된 단말의 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_t 및 상기 z_t는 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 $r_{(2,1)}$는 $\hat{y}_t$ 값이 보정된 결과, 상기 x_t 및 상기 z_t를 결정하기 위하여, 제 1 장치 및 제 2 장치를 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식, $r_{(3,1)}$는 $\hat{y}_t$ 값이 보정된 결과, 상기 x_t 및 상기 z_t를 결정하기 위하여, 제 1 장치 및 제 3 장치를 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_2 및 y_2는 제 2 장치의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_3, y_3, z_3는 각각 제 3 장치의 x축 상의 좌표, y축 상의 좌표, z축 상의 좌표를 의미한다.

[291] 이 경우, 상기 수학식 24에 따른 각각의 쌍곡선 방정식의 양변을 제곱하여, x_t 및 z_t에 관한 방정식으로 정리하면, 아래의 수학식 25와 같이 결정된다.

[292]

【수학식 25】

$$z_t = g' \cdot x_t + h'$$

[293] 여기에서, 상기

[294] $g' = \left\{ x_2 \left(r'_{(3,1)} / r'_{(2,1)} \right) - x_3 \right\} / z_3$ 이고, 상기

$$h' = \left\{ \begin{array}{l} K'_3 - r'^2_{(3,1)} + r'_{(3,1)} \cdot r'_{(2,1)} \left(1 - \left(\sqrt{K_2} / r'_{(2,1)} \right)^2 \right) \\ +2\hat{y}_t \left(y_2 \left(r'_{(3,1)} / r'_{(2,1)} \right) - y_3 \right) \end{array} \right\} / 2z_3$$ 이고, 상기

$K_2 = x_2^2 + y_2^2$, $K'_3 = x_3^2 + y_3^2 + z_3^2$ 이고, 상기 $\hat{y}_t$ 은 단계 A에서 결정된 단말의 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_t 및 상기 z_t는 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 $r_{(2,1)}$는 $\hat{y}_t$ 값이 보정된 결과, 상기 x_t 및 상기 z_t를 결정하기 위하여, 제 1 장치 및 제 2 장치를 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식, $r_{(3,1)}$는 $\hat{y}_t$ 값이 보정된 결과, 상기 x_t 및 상기 z_t를 결정하기 위하여, 제 1 장치 및 제 3 장치를 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_2 및 y_2는 제 2 장치의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_3, y_3, z_3는 각각 제 3 장치의 x축 상의 좌표, y축 상의 좌표, z축 상의 좌표를 의미한다.

[295] 또한, 상기 수학식 25를 상기 수학식 24 가운데 제 2 쌍곡선 방정식에 대입하면, 아래의 수학식 26과 같은 x_t에 관한 이차 방정식으로 정리될 수 있다.

[296] 【수학식 26】

$$d' \cdot x_t^2 + e' \cdot x_t + f' + i \cdot \hat{y}_t^2 + j \cdot \hat{y}_t = 0$$

[297] 여기에서, 상기 $d' = -\left\{ 1 - \left(x_2 / r'_{(2,1)} \right)^2 + g'^2 \right\}$ 이고, 상기

$e' = x_2 \left\{ 1 - \left(\sqrt{K_2} / r'_{(2,1)} \right)^2 + \hat{y}_t \left(2y_2 / r'^2_{(2,1)} \right) \right\} - 2g'h'$ 이고, 상기

$f' = \left(r'^2_{(2,1)} / 4 \right) \cdot \left\{ 1 \quad \left(\sqrt{K_2} / r'_{(2,1)} \right)^2 \right\}^2 \quad h'^2$ 이고, 상기 $i = -\left\{ 1 - \left(y_2 / r'_{(2,1)} \right)^2 \right\}$ 이고,

$j = y_2 \left\{ 1 - \left(\sqrt{K_2} / r'_{(2,1)} \right)^2 \right\}$ 이며, 상기 $g' = \left\{ x_2 \left(r'_{(3,1)} / r'_{(2,1)} \right) - x_3 \right\} / z_3$ 이고, 상기

$$h' = \left\{ \begin{array}{l} K'_3 - r'^2_{(3,1)} + r'_{(3,1)} \cdot r'_{(2,1)} \left(1 - \left(\sqrt{K_2} / r'_{(2,1)} \right)^2 \right) \\ +2\hat{y}_t \left(y_2 \left(r'_{(3,1)} / r'_{(2,1)} \right) - y_3 \right) \end{array} \right\} / 2z_3$$ 이고, 상기

$K_2 = x_2^2 + y_2^2$, $K_3' = x_3^2 + y_3^2 + z_3^2$ 이고, 상기 $\hat{y}_t$ 은 단계 A에서 결정된 단말의 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_t 및 상기 z_t는 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표 및 z축 상의 좌표를 의미하고, 상기 $r_{(2,1)}$는 $\hat{y}_t$ 값이 보정된 결과, 상기 x_t 및 상기 z_t를 결정하기 위하여, 제 1 장치 및 제 2 장치를 기반으로 생성된 제 1 쌍곡선 방정식, $r_{(3,1)}$는 $\hat{y}_t$ 값이 보정된 결과, 상기 x_t 및 상기 z_t를 결정하기 위하여, 제 1 장치 및 제 3 장치를 기반으로 생성된 제 2 쌍곡선 방정식을 의미하고, 상기 x_2 및 y_2는 제 2 장치의 x축 상의 좌표 및 y축 상의 좌표를 의미하고, 상기 x_3, y_3, z_3는 각각 제 3 장치의 x축 상의 좌표, y축 상의 좌표, z축 상의 좌표를 의미한다.

[298] 이 경우, 상기 수학식 26의 해 x_t를 결정함으로써, 위치 측정을 요하는 단말의 x축 상의 좌표가 결정될 수 있고, 상기 x_t 값을 상기 수학식 25에 대입함으로써, z_t 값이 결정될 수 있다. 이 경우, 결정된 상기 z_t 값은 $\hat{z}_t$ 값으로 설정될 수 있다.

[299] 이상의 설명에서는 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단계 A에서 결정된 $\hat{y}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과, $\hat{z}_t$ 값을 결정하는 과정을 설명하였다. 마찬가지로, 상기 수학식 24 내지 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 단계 A에서 결정된 $\hat{x}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과, $\hat{z}_t$ 값을 결정할 수 있다.

[300] 또한, 단계 C에서, 상기 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값 또는 상기 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값에 기초하여, 위치 측정을 요하는 단말의 (x_t, y_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 다시 말해, 상기 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값 또는 상기 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 재차 반영하여, 단말의 (x_t, y_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 이와 같이, 상기 단말의 (x_t, y_t) 좌표가 새롭게 결정되는 과정은 상기 단계 B에서 설명한 과정과 유사한 과정을 통해 수행될 수 있으며, 상기 단계 A 내지 단계 C가 반복적으로 수행된 결과, 최종적으로 결정된 상기 단말의 좌표가 더 이상 변화하기 않고 고정된 값으로 결정된다면, 이와 같은 반복 과정이 종료될 수 있다. 그 결과, 상기 단말의 3차원 상의 위치 좌표가 최종적으로 결정될 수 있게 된다.

[301] 도 26은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 26은 초기 값이 0이 아닌 경우를 예시한다.

[302] 특히, 위치를 결정하고자 하는 단말의 3차원 상 위치 좌표를 (x_t, y_t, z_t)라 한다면, 상기 단말의 위치 좌표는 상기 도 6에서 설명한 바와 같은 TDOA 방식에 의하여 결정될 수 있다. 특히, 상기 단말에 대한 위치 측정이 주기적으로 수행된다고 가정하였을 때, 상기 단말 또는 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치는 주기적으로 측정된 상기 단말의 위치 좌표를 상기 단말 또는 상기 위치 결정 장치에 포함된 저장 장치에 데이터베이스(data base)화 할 수 있다. 이 경우, 가장 최근에 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 초기 위치 좌표로 결정될 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 초기 위치 좌표 가운데 z 좌표값, z_0가 가장 높은 정확도를 가지는 값으로 결정될 수 있다.

[303] 단계 A에서, 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 z_0 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여, 상기 단말의 2차원 상의 좌표 (x_t, y_t)가 먼저 결정될 수 있다. 이 경우, 최초로 결정된 상기 단말의 2차원 상의 좌표를 $(\hat{x}_t, \hat{y}_t)$ 로 나타낼 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 좌표,$(\hat{x}_t, \hat{y}_t)$ 는 상기 단말에 의해 결정되거나, 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치, 예를 들면 서버 장치 등에 의해서 결정될 수 있다.

[304] 다음으로, 단계 B에서, 상기 $(\hat{x}_t, \hat{y}_t)$ 좌표를 기초로, 상기 단말의 (x_t, z_t) 좌표를 결정하기 위한 TDOA가 수행되어, 상기 단말의 z_t 좌표가 결정될 수 있다. 다시 말해, 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 단계 A에서 $\hat{y}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영한 결과 z_t 값이 결정될 수 있다. 이 경우, 결정된 상기 z_t 값은 $\hat{z}_t$ 값으로 설정될 수 있다. 마찬가지로, 상기 단계 A에서 결정된 $\hat{x}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과, $\hat{z}_t$ 값이 결정될 수 있다.

[305] 또한, 단계 C에서, 상기 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값 또는 상기 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값에 기초하여, 위치 측정을 요하는 단말의 (x_t, y_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 다시 말해, 상기 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값 또는 상기 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{z}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 재차 반영하여, 상기 단말의 (x_t, y_t)

좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 이와 같이, 상기 단말의 (x_t, y_t) 좌표가 새롭게 결정되는 과정은 상기 단계 A 내지 단계 B에서 설명한 과정과 유사한 과정을 통해 수행될 수 있으며, 상기 단계 A 내지 단계 C가 반복적으로 수행된 결과, 최종적으로 결정된 상기 단말의 좌표가 더 이상 변화하기 않고 고정된 값으로 결정된다면, 이와 같은 반복 과정이 종료될 수 있다. 그 결과, 상기 단말의 3차원 상의 위치 좌표가 최종적으로 결정될 수 있게 된다.

[306] 도 27은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 27은 초기 값이 0이 아닌 경우를 예시한다.

[307] 특히, 위치를 결정하고자 하는 단말의 3차원 상 위치 좌표를 (x_t, y_t, z_t)라 한다면, 상기 단말의 위치 좌표는 상기 도 6에서 설명한 바와 같은 TDOA 방식에 의하여 결정될 수 있다. 특히, 상기 단말에 대한 위치 측정이 주기적으로 수행된다고 가정하였을 때, 상기 단말 또는 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치는 주기적으로 측정된 상기 단말의 위치 좌표를 상기 단말 또는 상기 위치 결정 장치에 포함된 저장 장치에 데이터베이스화 할 수 있다. 이 경우, 가장 최근에 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 초기 위치 좌표로 결정될 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 초기 위치 좌표 가운데 x 좌표값, x_0가 가장 높은 정확도를 가지는 값으로 결정될 수 있다.

[308] 단계 A에서, 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 x_0 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여, 상기 단말의 2차원 상의 좌표 (y_t, z_t)가 먼저 결정될 수 있다. 이 경우, 최초로 결정된 상기 단말의 2차원 상의 좌표를 $(\hat{y}_t, \hat{z}_t)$로 나타낼 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 좌표, $(\hat{y}_t, \hat{z}_t)$는 상기 단말에 의해 결정되거나, 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치, 예를 들면 서버 장치 등에 의해서 결정될 수 있다.

[309] 다음으로, 단계 B에서, 상기 $(\hat{y}_t, \hat{z}_t)$ 좌표를 기초로, 상기 단말의 (x_t, z_t) 좌표를 결정하기 위한 TDOA가 수행되어, 상기 단말의 x_t 좌표가 결정될 수 있다. 다시 말해, 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 단계 A에서 $\hat{y}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영한 결과 xt 값이 결정될 수 있다. 이 경우, 결정된 상기 x_t 값은 $\hat{x}_t$ 값으로 설정될 수 있다.

마찬가지로, 상기 단계 A에서 결정된 $\hat{z}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과, $\hat{x}_t$ 값이 결정될 수 있다.

[310] 또한, 단계 C에서, 상기 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{x}_t$ 값 또는 상기 $\hat{z}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과

결정된 $\hat{x}_t$ 값에 기초하여, 위치 측정을 요하는 단말의 (y_t, z_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 다시 말해, 상기 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{x}_t$ 값 또는 상기 $\hat{z}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 재차 반영하여, 상기 단말의 (y_t, z_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 이와 같이, 상기 단말의 (y_t, z_t) 좌표가 새롭게 결정되는 과정은 상기 단계 A 내지 단계 B에서 설명한 과정과 유사한 과정을 통해 수행될 수 있으며, 상기 단계 A 내지 단계 C가 반복적으로 수행된 결과, 최종적으로 결정된 상기 단말의 좌표가 더 이상 변화하기 않고 고정된 값으로 결정된다면, 이와 같은 반복 과정이 종료될 수 있다. 그 결과, 상기 단말의 3차원 상의 위치 좌표가 최종적으로 결정될 수 있게 된다.

[311] 도 28은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 3차원 위치 결정 방식을 도시한다. 상기 도 28은 초기 값이 0이 아닌 경우를 예시한다.

[312] 특히, 위치를 결정하고자 하는 단말의 3차원 상 위치 좌표를 (y_t, z_t, z_t)라 한다면, 상기 단말의 위치 좌표는 상기 도 6에서 설명한 바와 같은 TDOA 방식에 의하여 결정될 수 있다. 특히, 상기 단말에 대한 위치 측정이 주기적으로 수행된다고 가정하였을 때, 상기 단말 또는 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치는 주기적으로 측정된 상기 단말의 위치 좌표를 상기 단말 또는 상기 위치 결정 장치에 포함된 저장 장치에 데이터베이스화 할 수 있다. 이 경우, 가장 최근에 결정된 상기 단말의 위치 좌표가 초기 위치 좌표로 결정될 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 초기 위치 좌표 가운데 y 좌표값, y_0가 가장 높은 정확도를 가지는 값으로 결정될 수 있다.

[313] 단계 A에서, 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 y_0 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여, 상기 단말의 2차원 상의 좌표 (x_t, z_t)가 먼저 결정될 수 있다. 이 경우, 최초로 결정된 상기 단말의 2차원 상의 좌표를 ($\hat{x}_t$, $\hat{z}_t$)로 나타낼 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 좌표, ($\hat{x}_t$, $\hat{z}_t$)는 상기 단말에 의해 결정되거나, 상기 단말과 결합된 위치 결정 장치, 예를 들면 서버 장치 등에 의해서 결정될 수 있다.

[314] 다음으로, 단계 B에서, 상기 ($\hat{x}_t$, $\hat{z}_t$) 좌표를 기초로, 상기 단말의 (x_t, y_t) 좌표를 결정하기 위한 TDOA가 수행되어, 상기 단말의 y_t 좌표가 결정될 수 있다. 다시 말해, 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 단계 A에서 $\hat{z}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영한 결과 y_t 값이 결정될 수 있다. 이 경우, 결정된 상기 y_t 값은 $\hat{y}_t$ 값으로 설정될 수 있다.

마찬가지로, 상기 단계 A에서 결정된 $\hat{x}_t$ 값을 상기 도 23에서 설명된 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과, $\hat{y}_t$ 값이 결정될 수 있다.

[315] 또한, 단계 C에서, 상기 $\hat{z}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{y}_t$ 값 또는 상기 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{y}_t$ 값에 기초하여, 위치 측정을 요하는 단말의 (x_t, z_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 다시 말해, 상기 $\hat{z}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{y}_t$ 값 또는 상기 $\hat{x}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 반영하여 연산한 결과 결정된 $\hat{y}_t$ 값을 상기 팡 알고리즘에 재차 반영하여, 상기 단말의 (x_t, z_t) 좌표를 새롭게 결정할 수 있다. 이와 같이, 상기 단말의 (x_t, z_t) 좌표가 새롭게 결정되는 과정은 상기 단계 A 내지 단계 B에서 설명한 과정과 유사한 과정을 통해 수행될 수 있으며, 상기 단계 A 내지 단계 C가 반복적으로 수행된 결과, 최종적으로 결정된 상기 단말의 좌표가 더 이상 변화하기 않고 고정된 값으로 결정된다면, 이와 같은 반복 과정이 종료될 수 있다. 그 결과, 상기 단말의 3차원 상의 위치 좌표가 최종적으로 결정될 수 있게 된다.

[316] 도 29는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 위치 결정을 위한 단말의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[317] 먼저, 2901단계에서, 위치 측정을 요하는 단말은 서빙 기지국으로 위치 측정 요청을 송신할 수 있다. 상기 위치 측정 요청을 통해, 상기 단말에 대한 위치 측정 과정이 시작될 수 있다.

[318] 다음으로, 2903단계에서, 상기 단말은 상기 서빙 기지국으로부터 위치 측정 관련 정보를 수신하였는지 여부를 판단할 수 있다. 여기에서, 상기 위치 측정 관련 정보는 위치 측정 과정에 참여할 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들에 관한 정보, 특히, 상기 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들의 위치 정보를 포함할 수 있다.

[319] 또한, 2905단계에서, 상기 단말은 인접한 기지국들로부터 각각의 측위 신호를 수신할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호는 상기 단말의 위치를 결정하기 위한 신호로써, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 측위 신호는 기준 신호(reference signal)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 2905단계에서, 상기 측위 신호가 상기 인접한 기지국들로부터 수신되는 것으로 설명되었으나, 이는 예시에 불과하고, 경우에 따라서는 상기 측위 신호가 인접한 단말들로부터 수신될 수도 있다.

[320] 다음으로, 2907단계에서, 상기 단말은 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들을 서빙 기지국으로 송신할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들은 상기 단말의 위치를 측정하는데 있어 기초가 되는 정보이며, 본

발명의 실시 예에 따라, 상기 도 6에서 설명된 TDOA 방식에 따라, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들에 관한 정보에 기초하여, 상기 단말의 위치가 결정될 수 있다.

[321] 또한, 2909단계에서, 상기 단말은 서빙 기지국으로부터 상기 단말의 위치 정보를 수신하는지 여부를 판단할 수 있다. 다시 말해, 상기 서빙 기지국에 의해 전달된 상기 단말의 위치 정보가 수신되는 경우, 상기 단말은 2911단계로 진행하여, 상기 단말의 위치를 최종적으로 확인할 수 있다.

[322] 도 30은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 기지국의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[323] 먼저, 3001단계에서, 기지국은 위치 측정을 요하는 단말로부터 위치 측정 요청을 수신하였는지 여부를 판단할 수 있다. 이와 같이, 상기 위치 측정 요청을 통해, 상기 단말에 대한 위치 측정 과정이 시작될 수 있다.

[324] 다음으로, 3003단계에서, 상기 기지국은 상기 기지국과 결합된 위치 결정 장치로 위치 측정 관련 정보의 제공을 요청할 수 있다. 여기에서, 상기 위치 측정 관련 정보는 위치 측정 과정에 참여할 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들에 관한 정보, 특히, 상기 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들의 위치 정보를 포함할 수 있다. 또한, 상기 위치 측정 관련 정보를 상기 위치 결정 장치로부터 수신하는 경우, 3005단계로 진행하여, 상기 기지국은 위치 측정 관련 정보를 상기 단말로 송신할 수 있다.

[325] 또한, 3007단계에서, 상기 기지국은 상기 단말로 측위 신호를 송신할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호는 상기 단말의 위치를 결정하기 위한 신호로써, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 측위 신호는 기준 신호를 포함할 수 있다. 또한, 상기 3007단계에서, 상기 기지국이 상기 단말로 상기 측위 신호를 송신하는 것으로 설명되었으나, 이는 예시에 불과하고, 경우에 따라서, 상기 기지국은 상기 단말과 인접한 단말들이 상기 측위 신호를 송신하게 할 수도 있다.

[326] 다음으로, 3009단계에서, 상기 기지국은 상기 단말이 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점을 상기 단말로부터 수신하는지 여부를 판단할 수 있고, 만약 상기 시점을 상기 단말로부터 수신하는 경우, 3011단계로 진행되어, 상기 기지국은 상기 위치 결정 장치로 상기 단말이 측위 신호를 수신한 각각의 시점을 송신할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들은 상기 단말의 위치를 측정하는데 있어 기초가 되는 정보이며, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 도 6에서 설명된 TDOA 방식에 따라, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들에 관한 정보에 기초하여, 상기 단말의 위치가 결정될 수 있다.

[327] 또한, 3013단계에서, 상기 기지국은 상기 위치 결정 장치로부터 상기 단말의 위치 정보를 수신하였는지 여부를 판단할 수 있고, 상기 단말의 위치 정보가 수신된 경우, 3015단계로 진행되어, 상기 기지국은 상기 단말로 상기 위치 정보를 송신할 수 있다.

[328] 도 31은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을

위한 위치 결정 장치의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[329] 먼저, 3101단계에서, 상기 위치 결정 장치는 적어도 하나의 위치 측정 파라미터를 획득할 수 있다. 이 경우, 상기 위치 결정 장치는 단말 또는 상기 단말과 결합된 별도의 장치를 포함할 수 있다. 여기에서, 상기 단말을 위치 측정을 요하는 단말에 해당하고, 상기 위치 측정 파라미터는 상기 단말이 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들로부터 측위 신호를 수신한 각각의 시점에 해당하는 정보를 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 위치 측정 파라미터는 상기 단말의 위치를 측정하는데 있어 기초가 되는 정보이며, 이하의 단계를 통해, 상기 위치 측정 파라미터에 기초하여 상기 단말의 위치가 결정될 수 있다.

[330] 다음으로, 3103단계에서, 상기 위치 결정 장치는 상기 적어도 하나의 위치 측정 파라미터에 기초하여 상기 단말의 위치 정보의 제 1 부분을 결정할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 도 6에서 설명된 TDOA 방식에 따라, 상기 위치 측정 파라미터에 기초하여, 상기 단말의 제 1 부분이 결정될 수 있는데, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제 1 부분은 상기 단말의 2차원 상의 위치 좌표, (x, y)가 될 수 있다.

[331] 또한, 3105단계에서, 상기 위치 결정 장치는 상기 제 1 부분에 기초하여 상기 단말의 제 2 부분을 결정할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제 1 부분에 대응하는 상기 단말의 위치 좌표는 (x, y)로 결정될 수 있고, 상기 단말의 위치 좌표 (x, y) 가운데, 하나의 좌표, 예를 들면, y 좌표에 기초하여, 상기 제 2 부분이 결정될 수 있다. 다시 말해, 상기 위치 결정 장치는 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 위치 측정 파라미터 및 상기 제 1 부분에서 결정된 상기 단말의 y 좌표에 기초하여, 상기 단말의 z 좌표를 결정할 수 있다.

[332] 도 32는 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정을 위한 위치 결정 장치의 동작에 관한 순서도를 도시한다.

[333] 먼저, 3201단계에서, 상기 위치 결정 장치는 위치 측정을 요하는 단말과 관련된 정보, 즉, 위치 측정 관련 정보에 대한 요청을 기지국으로부터 수신할 수 있다. 상기 위치 측정 관련 정보에 대한 요청을 통해, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말에 대한 위치 측정 과정이 시작됨을 인지할 수 있다.

[334] 다음으로, 3203단계에서, 상기 위치 결정 장치는 위치 측정 관련 정보를 상기 기지국으로 송신할 수 있다. 여기에서, 상기 위치 측정 관련 정보는 위치 측정 과정에 참여할 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들에 관한 정보, 특히, 상기 인접한 기지국들 또는 인접한 단말들의 위치 정보를 포함할 수 있다. 또한, 상기 위치 측정 관련 정보를 상기 위치 결정 장치로부터 수신하는 경우, 기지국은 위치 측정 관련 정보를 상기 단말로 송신할 수도 있다.

[335] 또한, 3205단계에서, 상기 위치 결정 장치는 상기 단말이 측위 신호를 수신한 각각의 시점을 상기 기지국으로부터 수신하였는지 여부를 판단할 수 있다. 여기에서, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들은 상기 단말의 위치를

측정하는데 있어 기초가 되는 정보이며, 이하의 단계에서, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들에 관한 정보에 기초하여 상기 단말의 위치가 결정될 수 있다.

[336] 또한, 상기 위치 결정 장치가 상기 기지국으로부터 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점에 관한 정보를 수신하는 경우, 3207단계로 진행되어, 상기 위치 결정 장치는 사전에 결정된 단말의 z 좌표를 반영하여, 상기 단말의 (x, y) 좌표를 결정할 수 있다. 여기에서, 상기 사전에 결정된 단말의 z 좌표는 상기 단말에 대한 위치 좌표가 반복적으로 결정된다는 전제하에, 이전 단계에서 결정된 단말의 z 좌표를 의미하는데, 상기 단말의 위치 결정이 3207단계에서 최초로 수행되는 경우, 상기 사전에 결정된 단말의 z 좌표는 '0'으로 결정될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 위치 결정 장치는 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들에 관한 정보 및 상기 사전에 결정된 단말의 z 좌표에 기초하여, 상기 단말의 (x, y) 좌표를 결정할 수 있다.

[337] 다음으로, 3209단계에서, 상기 위치 결정 장치는 결정된 상기 단말의 y 좌표를 반영하여, 상기 단말의 (x, z) 좌표를 결정할 수 있다. 여기에서, 상기 결정된 단말의 y 좌표는 상기 3207단계에서 결정된 상기 단말의 y 좌표를 포함할 수 있다. 이 경우, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 위치 결정 장치는 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들에 관한 정보 및 상기 사전에 결정된 단말의 y 좌표에 기초하여, 상기 단말의 (x, z) 좌표를 결정할 수 있다.

[338] 또한, 3211단계에서, 상기 위치 결정 장치는 결정된 단말의 x 좌표를 반영하여, 상기 단말의 (y, z) 좌표를 결정할 수 있다. 여기에서, 상기 결정된 단말의 x 좌표는 상기 3207단계에서 결정된 상기 단말의 x 좌표를 포함할 수 있다. 이 경우, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 위치 결정 장치는 상기 수학식 24 내지 상기 수학식 26에서 설명한 원리에 따라, 상기 측위 신호를 수신한 각각의 시점들에 관한 정보 및 상기 사전에 결정된 단말의 x 좌표에 기초하여, 상기 단말의 (y, z) 좌표를 결정할 수 있다.

[339] 다음으로, 3213단계에서, 상기 위치 결정 장치는 결정된 단말의 위치 좌표값에 변화가 존재하는지 여부를 판단할 수 있다. 만약 최초로 결정된 단말의 위치 좌표와, 상기 3207단계 내지 상기 3211단계를 거쳐 결정된 단말의 위치 좌표가 상이하다면, 상기 위치 결정 장치는 결정된 단말의 위치 좌표값에 변화가 존재한다고 판단할 수 있고, 그 결과, 상기 3207단계로 진행하여, 상기 단말의 위치 좌표를 반복적으로 결정할 수 있다. 반대로, 최초로 결정된 단말의 위치 좌표와, 상기 3207단계 내지 상기 3211단계를 거쳐 결정된 단말의 위치 좌표가 동일하다면, 상기 위치 결정 장치는 결정된 단말의 위치 좌표값에 변화가 존재하지 아니한다고 판단할 수 있다.

[340] 상기 3213단계에서, 결정된 단말의 위치 좌표값에 변화가 존재하지 아니한다고

판단된 경우, 3215단계로 진행되어, 상기 위치 결정 장치는 기지국으로 상기 단말의 위치 정보를 송신할 수 있다. 즉, 상기 위치 결정 장치는 상기 3207단계 내지 상기 3211단계를 통해 결정된 상기 단말의 최종 위치 정보를 상기 기지국으로 송신할 수 있다.

[341] 도 33은 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 최종적인 위치 결정 방식을 도시한다.

[342] 상기 도 25 내지 상기 도 32에서 설명한 방식에 따라, 위치 측정을 요하는 단말에 대한 위치 측정이 반복적으로 수행될 수 있고, 그 결과, 상기 단말에 대한 다수의 위치 추정 값 가운데, 상기 단말의 최종 위치 값을 결정하는 것이 필요하다. 상기 도 33은 이와 같이 단계 A 내지 단계 C가 반복적으로 수행된 결과, 상기 단말의 최종 위치 좌표, $(\hat{x}_t, \hat{y}_t, \hat{z}_t)$가 어떤 방식으로 결정될 것인지에 관한 상황을 도시하고 있다.

[343] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 최종 위치 좌표를 결정하기 위해서, 상기 다수의 위치 추정 값들을 평균화하는 방식을 사용할 수 있다. 나아가, 위치 측정의 정확성을 보다 향상시키기 위해서, 위치 측정 성능을 크게 열화시킬 수 있는 일부 부정확한 위치 추정 값을 사전에 제거할 필요성이 존재하는 바, 이를 위해, 아래의 수학식 27과 같은 가중 평균 추정 값을 고려할 수 있다.

[344] 【수학식 27】

$$\overline{z}_t = \sum_{k=1}^{N_z} w(k) z_t(k) \Big/ \sum_{k=1}^{N_z} w(k)$$

$$z_t(u) = \underset{u \in \mathbf{N}_z}{\mathrm{Max}} \left(\left| z_t(u) - \overline{z}_t \right| \right)$$

$$\hat{z}_t = \frac{1}{N_z - 1} \left(\sum_{k=1}^{N_z} z_t(k) - z_t(u) \right)$$

[345] 여기에서, 상기 $\overline{z}_t$는 가중 평균 추정 값, 상기 w(k)는 단말의 위치 측정과 관련하여, 미리 획득된 위치 추정 값들이 발생한 빈도 수와 관련된 가중치를 의미하고, 상기 $z_t(u)$는 RMSE(root mean square error)가 최대인 추정 값을 의미하고, 상기 $\hat{z}_t$ 은 단말의 z 좌표에 관한 최종 평균 측정값을 의미한다.

[346] 이 경우, 실제 값에 근접한 추정 값일수록 확률적으로 많이 발생한다는 특성을 고려해, 획득한 추정 값들이 발생한 빈도 수를 가중치로 갖는 가중 평균 추정 값, $\overline{z}_t$ 를 기준으로 RMSE가 최대인 추정 값, $z_t(u)$을 제거함으로써, 상기 단말의 z

좌표에 관한 최종 평균 측정값, $\hat{z}_t$ 가 결정될 수 있다.

[347] 도 34는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 최종적인 위치 결정 방식에 관한 그래프를 도시한다. 상기 그래프에서 가로축은 위치 측정을 요하는 단말에 대한 위치 측정의 반복 횟수를 의미하고, 세로축은 상기 단말의 z좌표를 의미한다.

[348] 상기 도 34를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 단말의 실제 z 좌표는 3401과 같이 1.5로 결정될 수 있다. 또한, 앞서 도 33에서 설명한 바에 따라, 상기 단말의 최종 위치 좌표를 결정하기 위해서, 상기 다수의 위치 추정 값들을 평균화하는 방식을 사용한 경우, 상기 단말의 z 좌표 평균 측정값은 3403과 같이 결정될 수 있다. 또한, 상기 도 33에서 설명한 바에 따라, 가중 평균 추정 값을 고려한 결과, 상기 단말의 z 좌표에 관한 최종 평균 측정값은 3405와 같이 결정될 수 있다. 특히, 가중 평균 추정 값을 고려하는 경우, 상기 단말에 대한 위치 측정의 반복 횟수가 증가함에 따라, 상기 최종 평균 측정값이 상기 단말의 실제 위치에 수렴해감을 확인할 수 있다.

[349] 도 35는 본 발명의 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[350] 상기 도 35를 참조하면, 상기 도 35에 도시된 그래프의 가로축은 위치 측정을 요하는 단말의 (x, y) 좌표에 대한 추정 에러를 의미하고, 세로축은 CDF(cumulative distribution function)를 의미한다. 또한, 상기 도 5에서 설명된 바와 같은 TOA 방식이 사용되었다는 전제하에, 3501은 기지국 기반 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3503은 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 3 개인 경우를 의미하고, 3505는 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 5 개인 경우를 의미하고, 3507은 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 12 개인 경우를 의미하고, 3509는 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 15 개인 경우를 의미한다.

[351] 상기 도 35에 도시된 바와 같이, 기지국 기반의 TOA 방식을 사용하여 위치 측정을 수행한 결과(3501)에 비하여, D2D 기반의 TOA 방식을 사용하여 위치 측정을 수행(3503 내지 3509)함으로써, 위치 측정 성능이 개선됨을 확인할 수 있다. 또한, D2D 기반의 TOA 방식을 사용하여 위치 측정을 수행하는 경우, 상기 위치 측정 방식에 참여하는 주변 단말의 수가 증가할수록 위치 측정 성능이 개선됨을 확인할 수 있다.

[352] 도 36은 본 발명의 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[353] 상기 도 36를 참조하면, 상기 도 36에 도시된 그래프의 가로축은 위치 측정을 요하는 단말의 (x, y) 좌표에 대한 추정 에러를 의미하고, 세로축은 CDF를 의미한다. 또한, 상기 도 6에서 설명된 바와 같은 TDOA 방식이 사용되었다는

전제하에, 3601은 기지국 기반 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3603은 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 3 개인 경우를 의미하고, 3605는 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 5 개인 경우를 의미하고, 3607은 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 12 개인 경우를 의미하고, 3609는 D2D 기반 위치 측정이 수행되었음을 전제로, 주변 단말의 수가 15 개인 경우를 의미한다.

[354] 상기 도 36에 도시된 바와 같이, 기지국 기반의 TDOA 방식을 사용하여 위치 측정을 수행한 결과(3601)에 비하여, D2D 기반의 TOA 방식을 사용하여 위치 측정을 수행(3603 내지 3609)함으로써, 위치 측정 성능이 개선됨을 확인할 수 있다. 또한, D2D 기반의 TDOA 방식을 사용하여 위치 측정을 수행하는 경우, 상기 위치 측정 방식에 참여하는 주변 단말의 수가 증가할수록 위치 측정 성능이 개선됨을 확인할 수 있다.

[355] 도 37은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[356] 상기 도 37를 참조하면, 상기 도 37에 도시된 그래프의 가로축은 위치 측정을 요하는 단말의 (x, y) 좌표에 대한 추정 에러를 의미하고, 세로축은 CDF를 의미한다. 또한, 3701은 테일러 급수 기반 방식을 사용하여 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3703은 상기 도 6에서 설명된 TDOA 방식을 사용하여 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3705는 상기 도 33에서 설명된 바와 같이 가중 평균 추정 값을 고려한 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3707은 상기 도 33에서 설명된 바와 같이 가중 평균 추정 값을 고려하여 반복된 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 상기 3709 및 3711은 각각 3705 및 3707에 대응되는 이상적인 결과 값을 의미한다.

[357] 이 경우, 상기 3701에 도시된 결과에 따르면, 확률 60% 부근에서 위치 측정값이 발산되는 반면, 상기 3709 및 3711에 도시된 결과와 같이 가중 평균 추정 값을 고려하여 위치 측정이 수행될 결과, 대략 확률 60% 초과 지점부터 위치 측정 성능의 개선 효과가 발생함을 확인할 수 있다.

[358] 도 38은 본 발명의 또 다른 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 위치 결정 방식에 따른 성능 개선 효과를 도시한다.

[359] 상기 도 38를 참조하면, 상기 도 38에 도시된 그래프의 가로축은 위치 측정을 요하는 단말의 z 좌표에 대한 추정 에러를 의미하고, 세로축은 CDF를 의미한다. 또한, 3801은 테일러 급수 기반 방식을 사용하여 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3803은 상기 도 33에서 설명된 바와 같이 가중 평균 추정 값을 고려하여, 상기 단말에 대한 x, y, z 좌표가 각각 측정된 경우를 의미하고, 3805는 상기 도 33에서 설명된 바와 같이 가중 평균 추정 값을 고려하여 위치 측정이 수행된 경우를 의미하고, 3807은 상기 도 33에서 설명된 바와 같이 가중 평균 추정 값을 고려하여 반복된 위치 측정이 수행된 경우를 의미한다. 또한, 상기 3809, 3811, 3813은 각각 3803, 3805, 3807에 대응되는 이상적인 결과 값을

의미한다.

[360] 이 경우, 상기 3801에 도시된 결과에 따르면, 확률 60% 부근에서 위치 측정값이 발산되는 반면, 상기 3803, 3805 및 3807에 도시된 결과와 같이 가중 평균 추정값을 고려하여 위치 측정이 수행될 결과, 대략 확률 60% 초과 지점부터 위치 측정 성능의 개선 효과가 발생함을 확인할 수 있다.

[361] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시 예와 도면에 의해 설명되었으나 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 본 발명의 실시 예에 따른 동작들은 단일의 프로세서에 의해 그 동작이 구현될 수 있을 것이다. 이러한 경우 다양한 컴퓨터로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령이 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판단 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM이나 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 본 발명에서 설명된 기지국 또는 릴레이의 전부 또는 일부가 컴퓨터 프로그램으로 구현된 경우 상기 컴퓨터 프로그램을 저장한 컴퓨터 판독 가능 기록 매체도 본 발명에 포함된다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 할 것이다.

청구범위

[청구항 1] 무선 통신 시스템에서 단말의 동작 방법에 있어서,
위치 측정을 요청하는 신호를 송신하는 과정과,
다수의 다른 단말들로부터 상기 단말의 상기 위치 측정을 위한 측위 신호들을 수신하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 측위 신호들에 기초하여 상기 단말의 위치를 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

[청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 측위 신호들에 대한 측정 파라미터(parameter)들을 송신하는 과정과,
상기 단말의 위치 정보를 수신하는 과정을 더 포함하는 방법.

[청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 다른 단말들의 각각의 위치 좌표에 관한 정보 및 기지국과 상기 다른 단말들 간의 전파 지연 정보 중 적어도 하나를 수신하는 과정을 더 포함하는 방법.

[청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 측위 신호들로부터, 상기 다른 단말들의 각각의 위치 좌표에 관한 정보 및 기지국과 상기 다른 단말들 간의 전파 지연 정보 중 적어도 하나를 확인하는 과정을 더 포함하는 방법.

[청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 측위 신호들에 기초하여 결정된 상기 단말의 위치를 기준으로, 상기 단말 및 상기 다른 단말들 간의 거리 값들을 각각 결정하는 과정과,
상기 거리 값들 가운데 적어도 하나의 거리 값이 임계값 이상인 경우, 상기 측위 신호들을 수신하고, 상기 측위 신호들에 기초하여 상기 단말의 위치를 결정하는 과정을 더 포함하는 방법.

[청구항 7] 무선 통신 시스템에서 단말의 동작 방법에 있어서,
위치 측정을 요청하는 신호를 수신하는 과정과,
다른 단말로 상기 다른 단말의 상기 위치 측정을 위한 측위 신호를 송신하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 8] 제 7 항에 있어서,
상기 위치 측정을 요청하는 신호를 수신하는 과정은,
상기 다른 단말로부터 상기 위치 측정을 요청하는 신호를 수신하는 과정을 포함하고,
상기 측위 신호를 송신하는 과정은,
상기 위치 측정을 요청하는 신호의 수신 전력 값이 임계값

이상이고, 상기 단말의 위치가 미리 결정된 경우, 상기 측위 신호를 송신하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 9] 무선 통신 시스템에서 기지국의 동작 방법에 있어서,
단말로부터 위치 측정을 요청하는 제 1 신호를 수신하는 과정과,
상기 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호의 송신을 요청하는 제 2 신호를 다수의 다른 단말들로 송신하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 10] 제 9 항에 있어서,
상기 다른 단말들의 각각의 위치 좌표에 관한 정보 및 상기 기지국과 상기 다른 단말들 간의 전파 지연 정보 중 적어도 하나를 상기 단말로 송신하는 과정을 더 포함하는 방법.

[청구항 11] 무선 통신 시스템에서 단말의 위치를 결정하기 위한 방법에 있어서,
적어도 하나의 위치 측정 파라미터(parameter)를 획득하는 과정과,
상기 적어도 하나의 위치 측정 파라미터에 기초하여 상기 단말의 위치 정보의 제 1 부분을 결정하는 과정과,
상기 제 1 부분에 기초하여 상기 단말의 위치 정보의 제 2 부분을 결정하는 과정을 포함하는 방법.

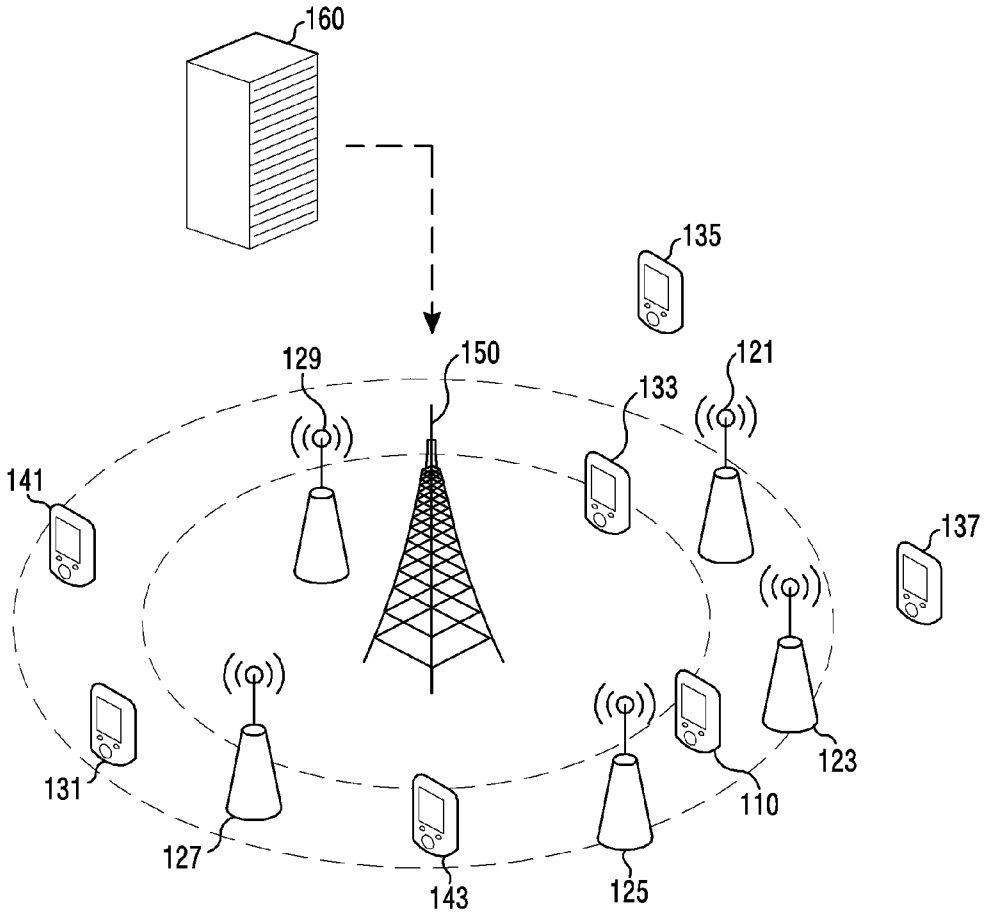
[청구항 12] 제 11 항에 있어서,
상기 제 1 부분은, 상기 단말의 3 차원상의 위치 좌표들 중 일부 평면에 관한 2 차원상의 위치 좌표들을 포함하고,
상기 제 2 부분은, 상기 3 차원상의 위치 좌표들 중 상기 제 1 부분을 제외한 나머지 적어도 하나의 좌표를 포함하는 방법.

[청구항 13] 제 11 항에 있어서,
상기 위치 측정 파라미터는, 제 1 장치, 제 2 장치, 제 3 장치에서 송신된 측위 신호들에 기반하여 결정되며,
상기 제 1 장치의 위치를 상기 위치 정보를 표현하기 위한 3 차원 좌표 축들의 원점으로 설정하는 과정과,
상기 제 2 장치가 상기 좌표 축들 중 하나의 축 상에 위치하도록 상기 3 차원 좌표 축들을 회전시키는 과정을 더 포함하는 방법.

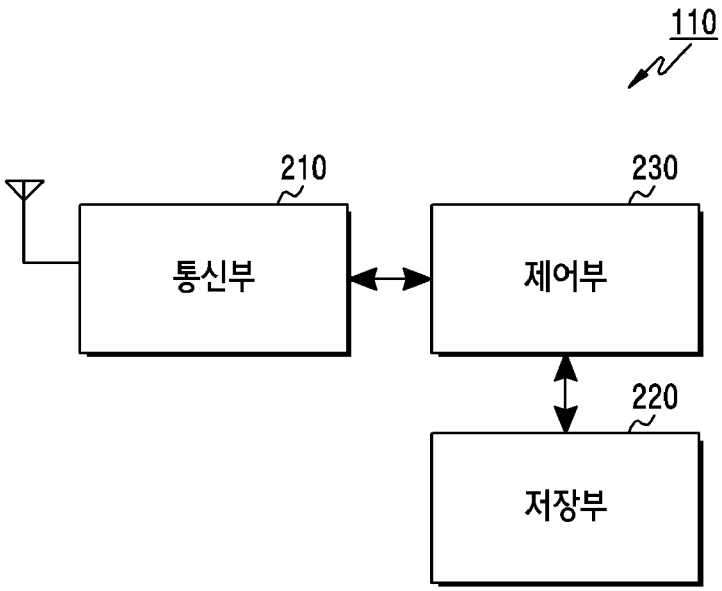
[청구항 14] 제 11 항에 있어서,
상기 제 1 부분을 결정하는 과정은,
미리 정의된 초기 값 또는 이전에 결정된 상기 단말의 위치 좌표값에 기초하여, 상기 제 1 부분을 결정하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 15] 제1항 내지 제14항 중 어느 한 항의 방법을 수행하도록 구성되는 장치.

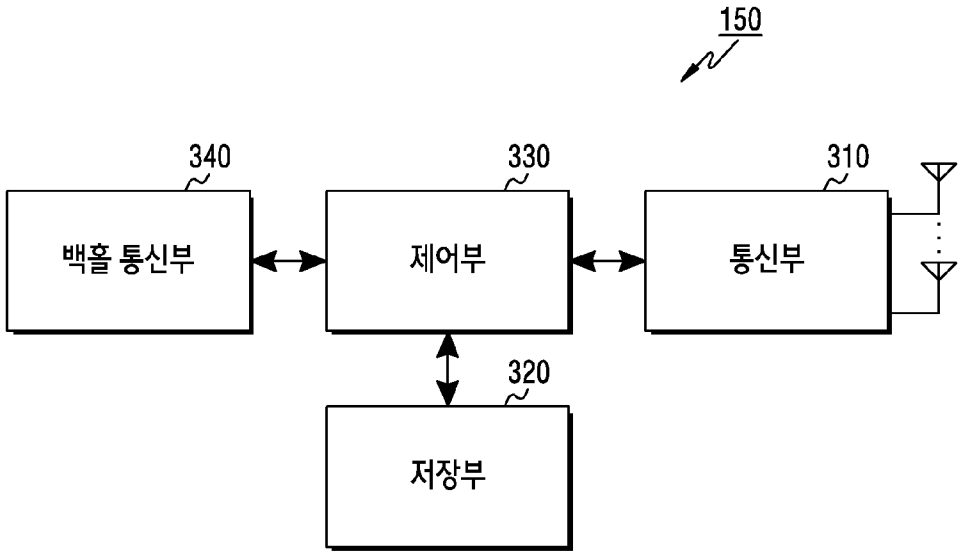
[Fig. 1]


160
135
129
150
121
133
141
137
131
123
110
127
143
125

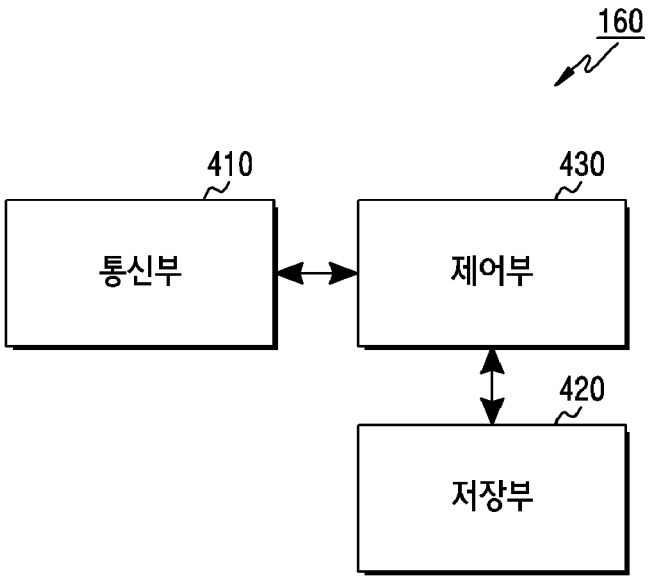
[Fig. 2]


110
210
230
통신부
제어부
220
저장부

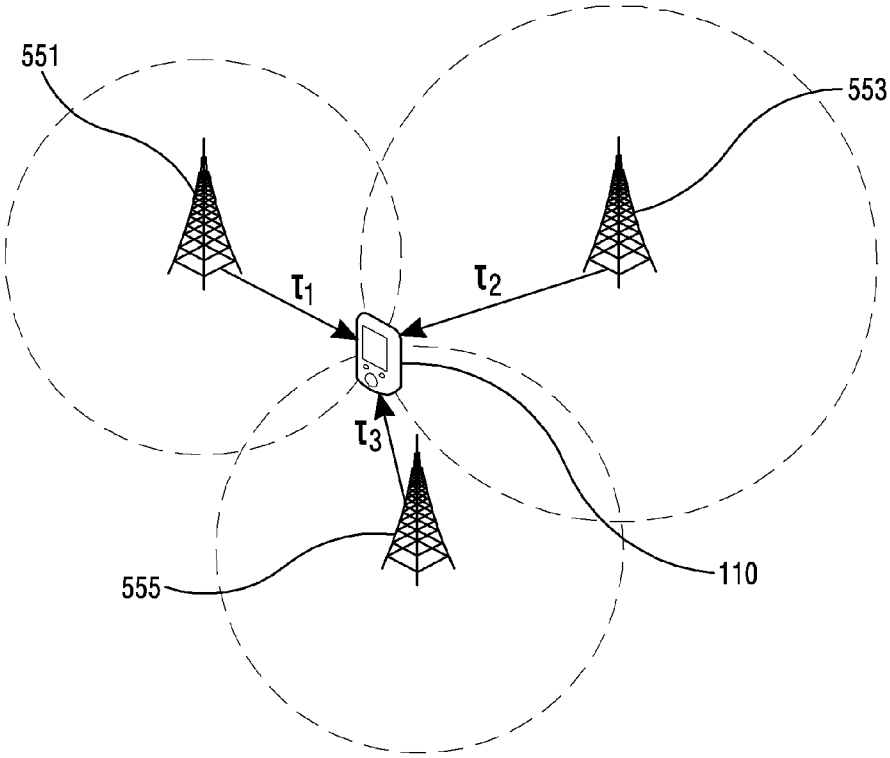
[Fig. 3]


150
340
330
310
백홀 통신부
제어부
통신부
320
저장부

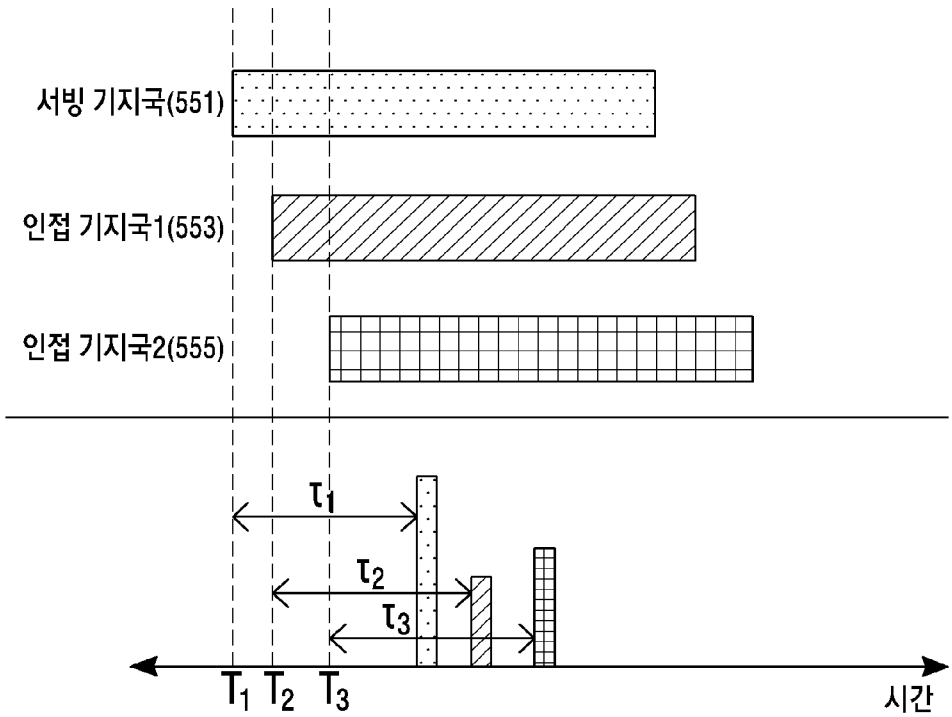
[Fig. 4]


160
410
430
통신부
제어부
420
저장부

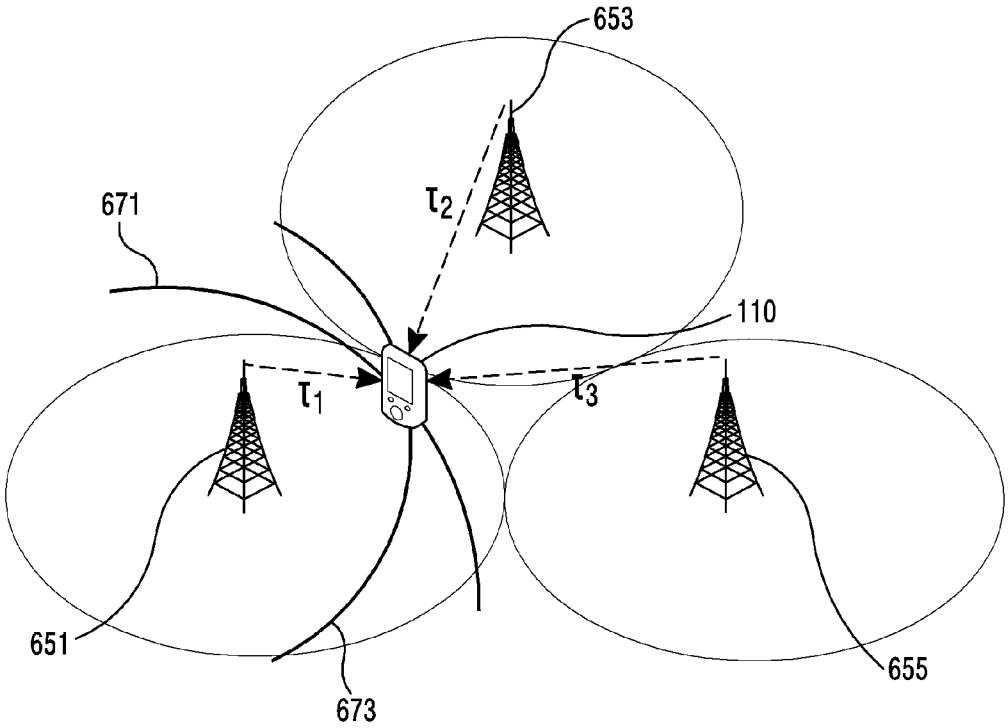
[Fig. 5a]


551
553
τ1
τ2
τ3
555
110

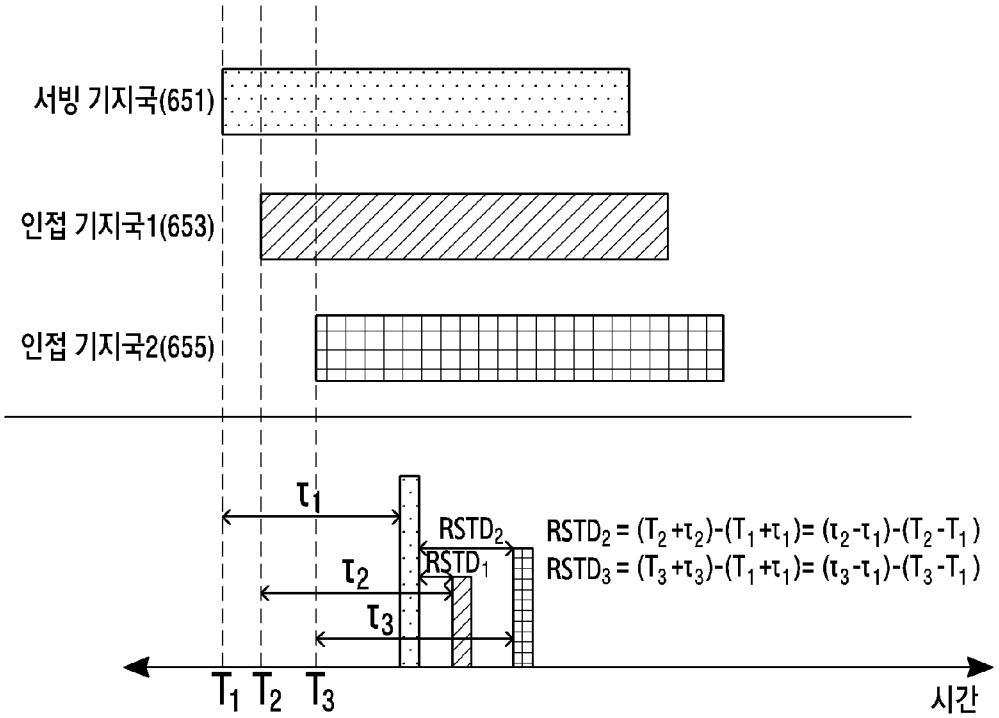
[Fig. 5b]


서빙 기지국(551)
인접 기지국1(553)
인접 기지국2(555)
τ1
τ2
τ3
T1 T2 T3
시간

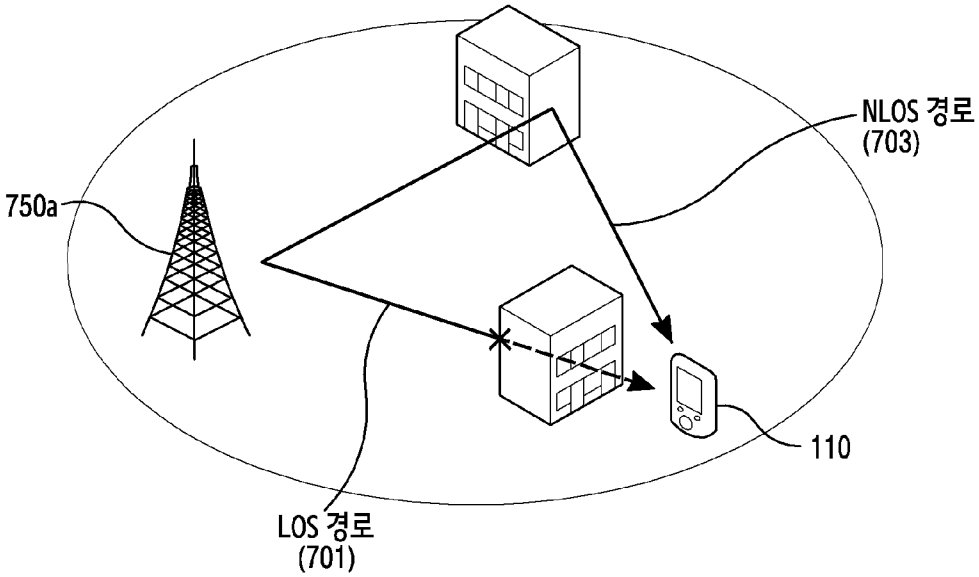
[Fig. 6a]


653
671
τ2
110
τ1
τ3
651
673
655

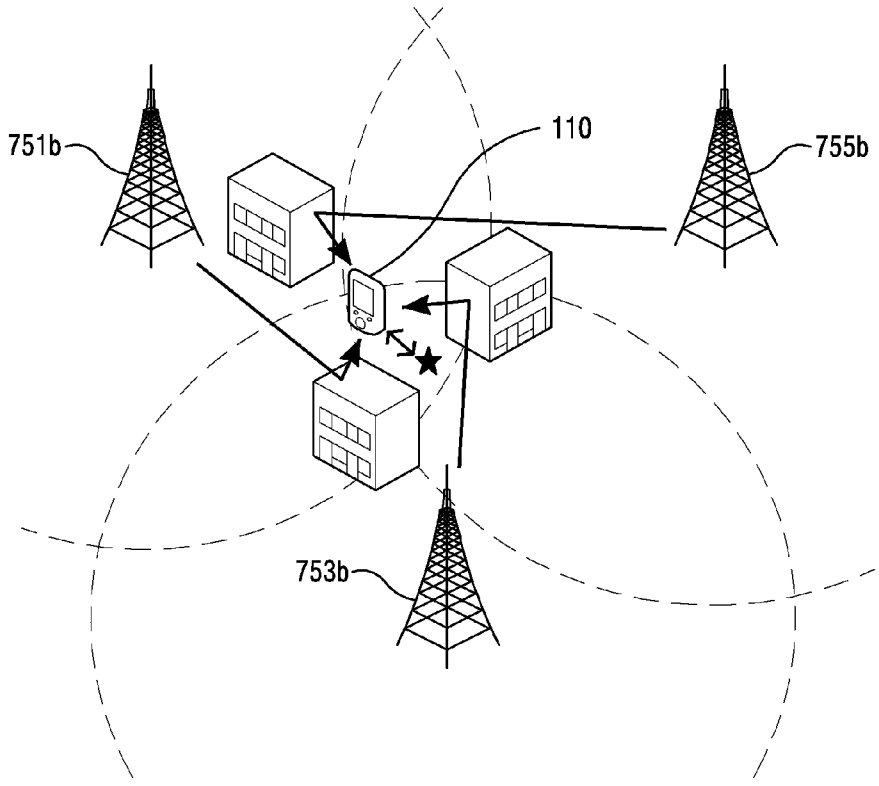
[Fig. 6b]


서빙 기지국(651)
인접 기지국1(653)
인접 기지국2(655)
τ1
RSTD2
RSTD1
τ2
τ3
RSTD2 = (T2 +τ2)-(T1 +τ1)= (τ2-τ1)-(T2 -T1)
RSTD3 = (T3 +τ3)-(T1 +τ1)= (τ3-τ1)-(T3 -T1)
T1 T2 T3
시간

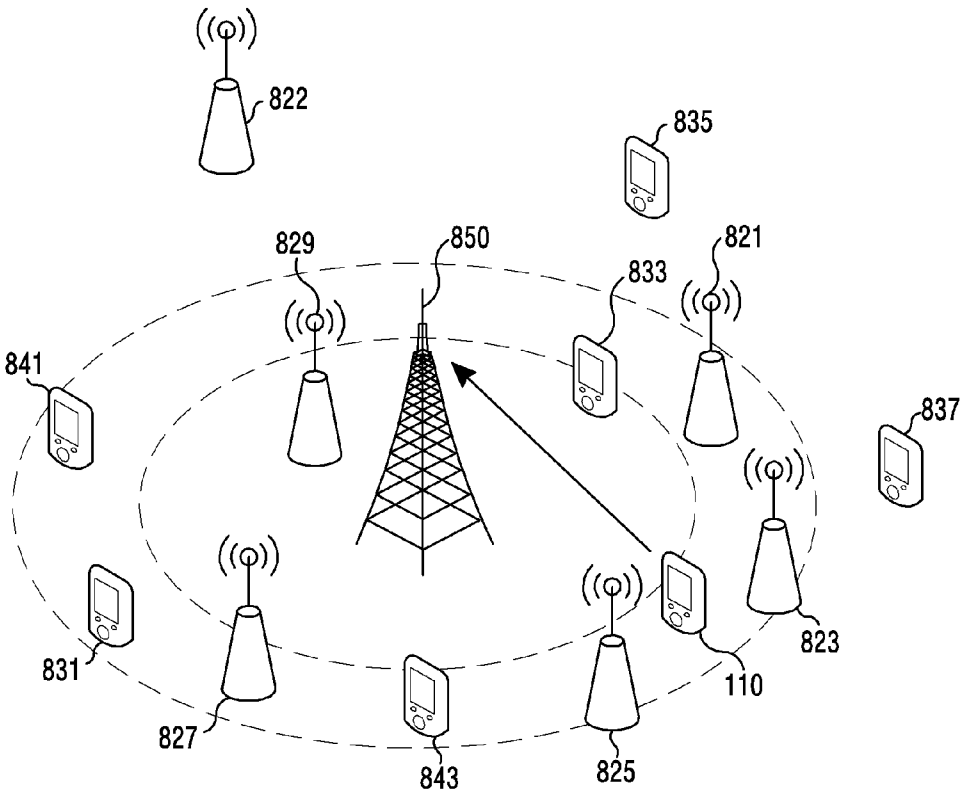
[Fig. 7a]



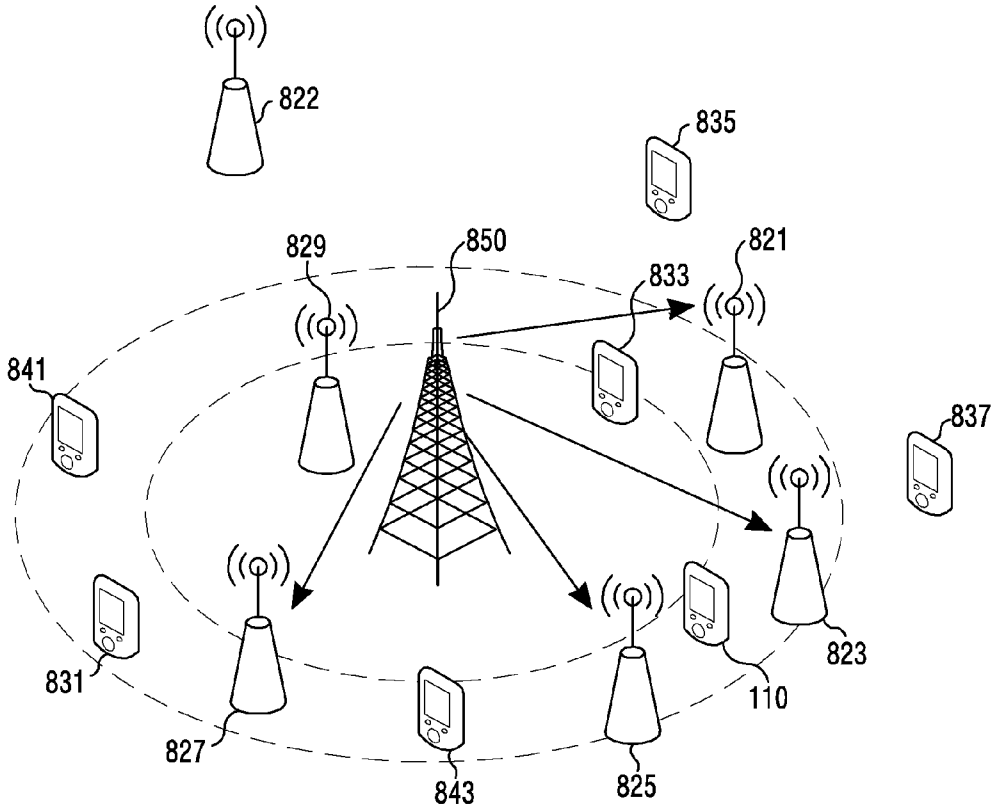
[Fig. 7b]



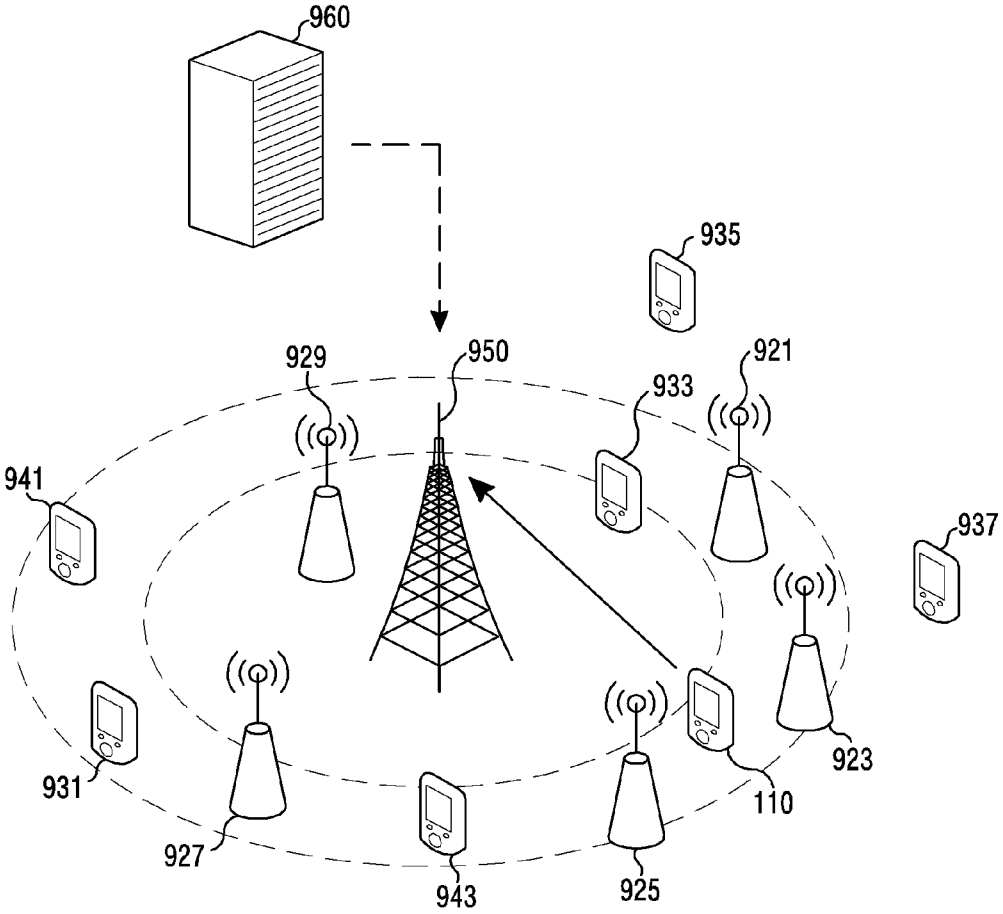
[Fig. 8a]


822
835
829
850
821
833
841
837
831
823
827
110
843
825

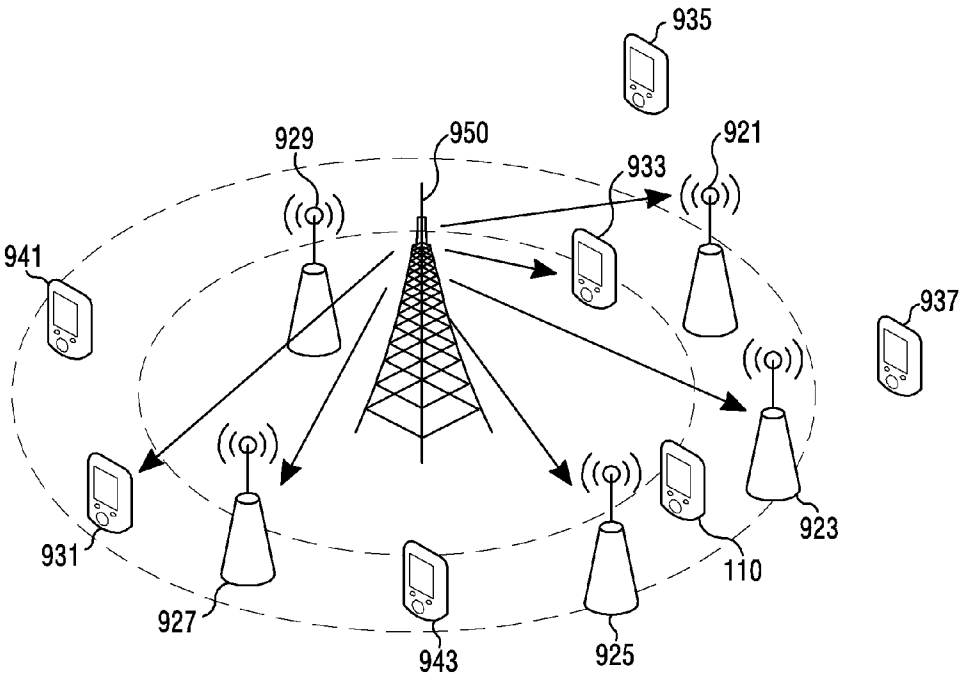
[Fig. 8b]


822
835
829
850
821
833
841
837
831
823
827
110
843
825

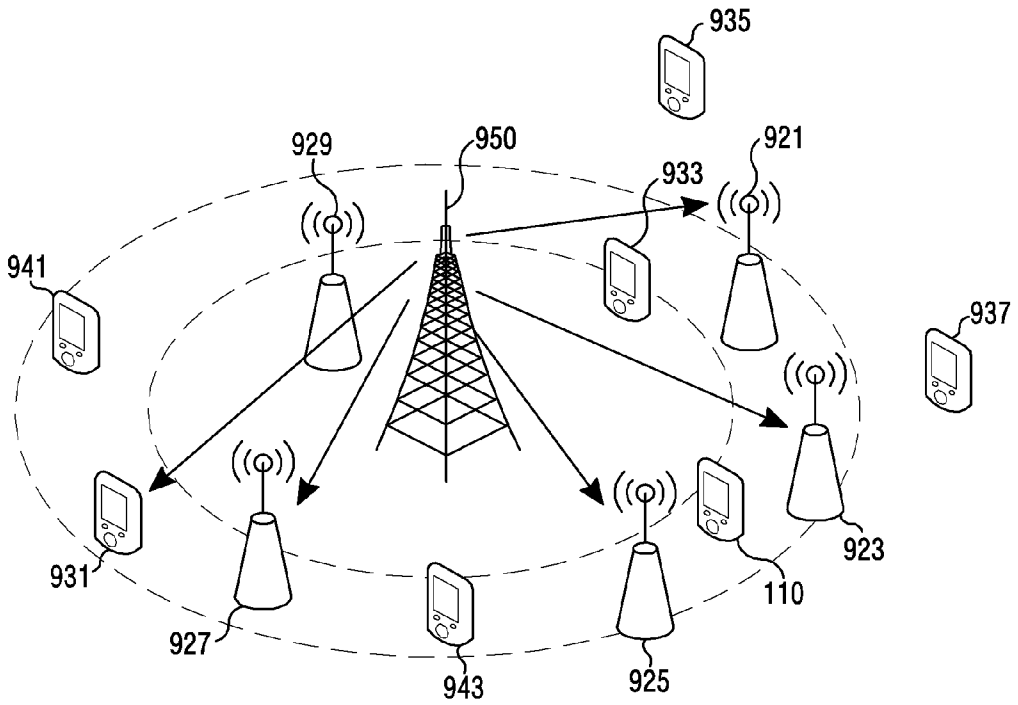
[Fig. 9a]


960
935
929
950
921
933
941
937
931
923
927
110
943
925

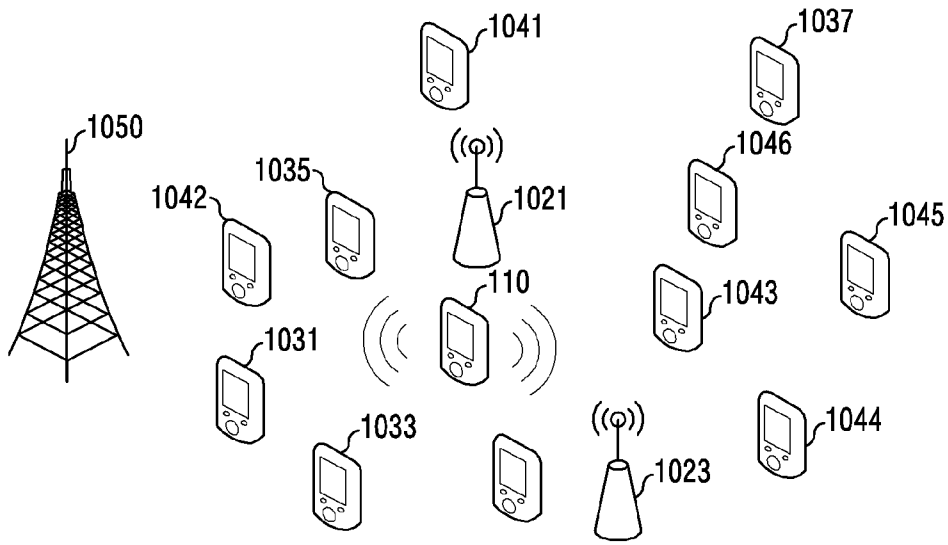
[Fig. 9b]


935
929
950
921
933
941
937
931
923
927
110
943
925

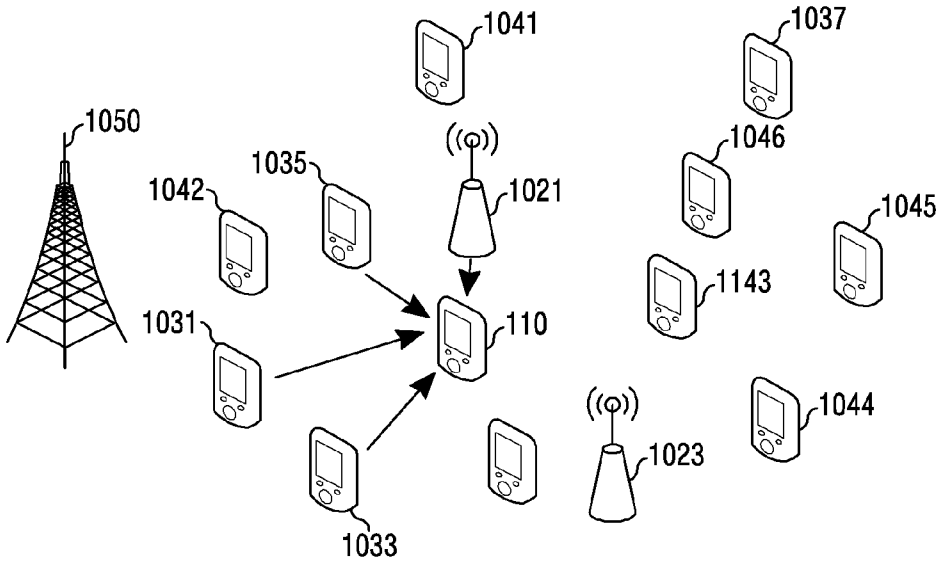
[Fig. 9c]



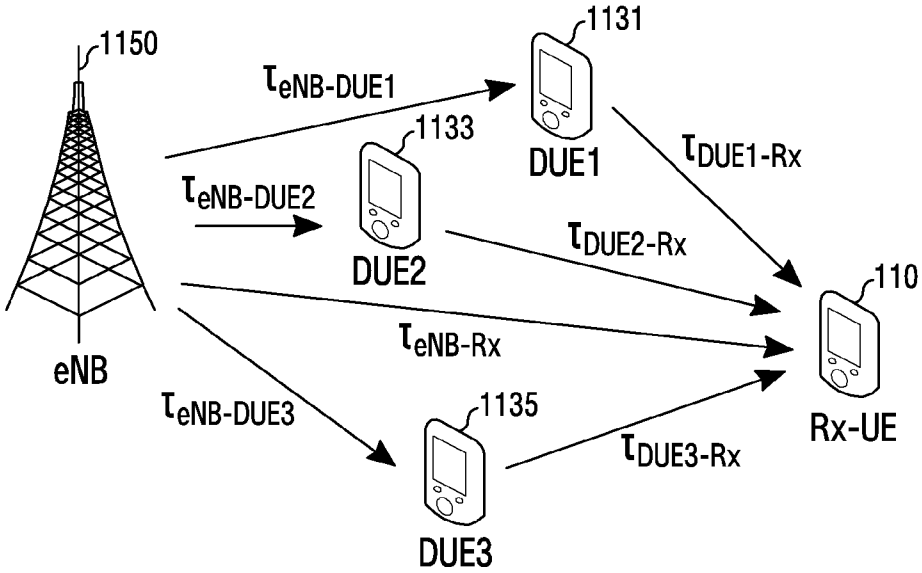
[Fig. 10a]



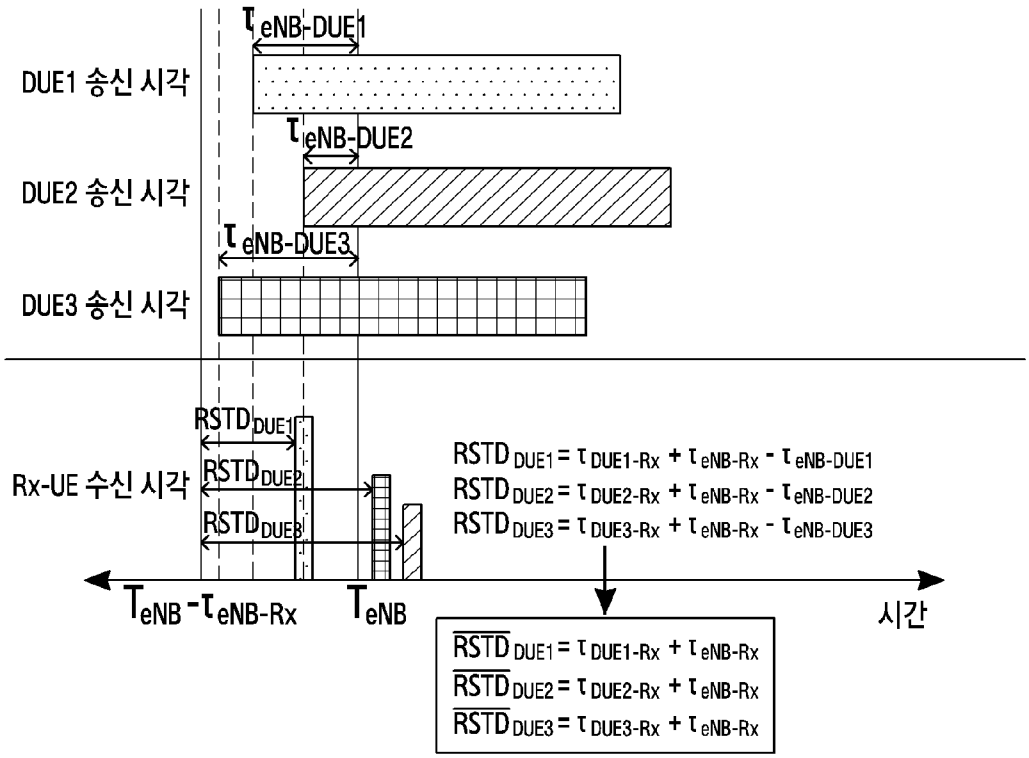
[Fig. 10b]



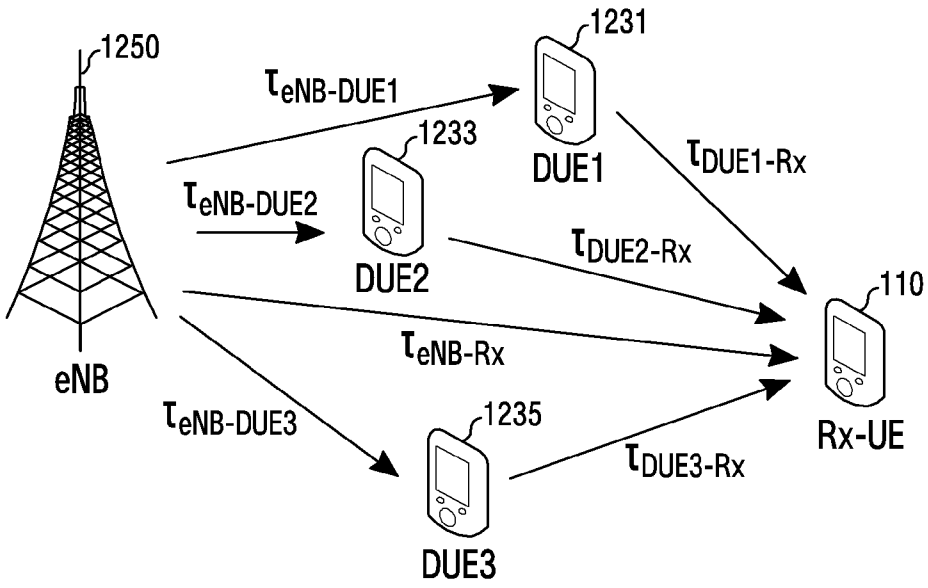
[Fig. 11a]



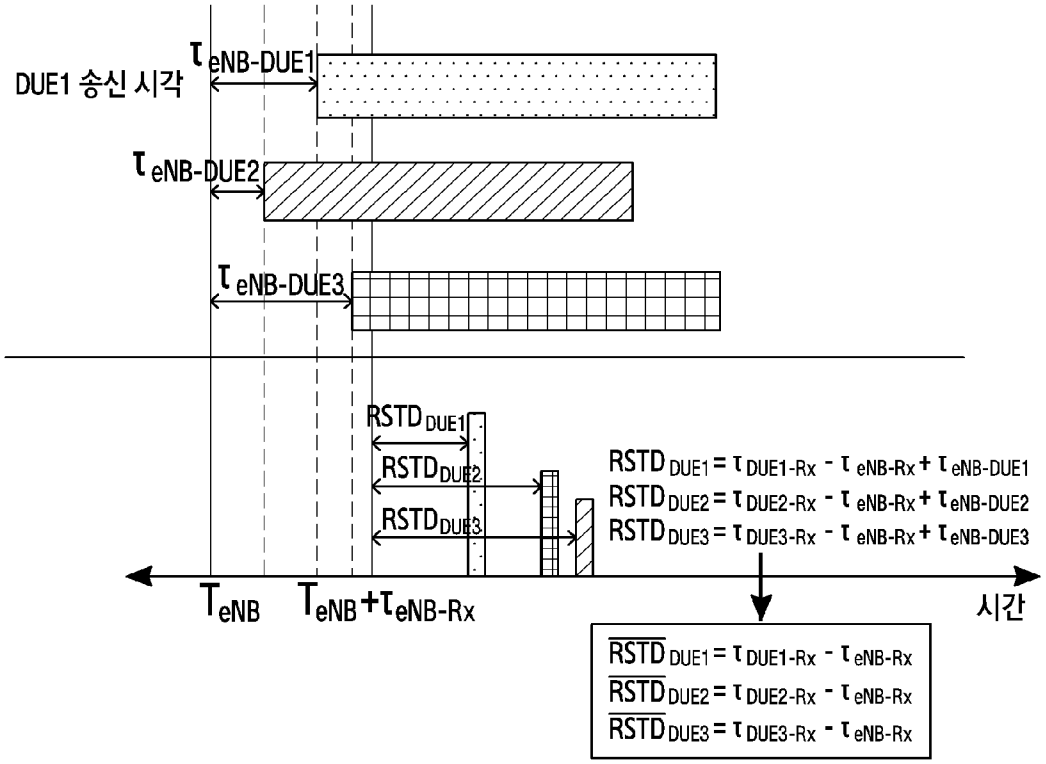
[Fig. 11b]



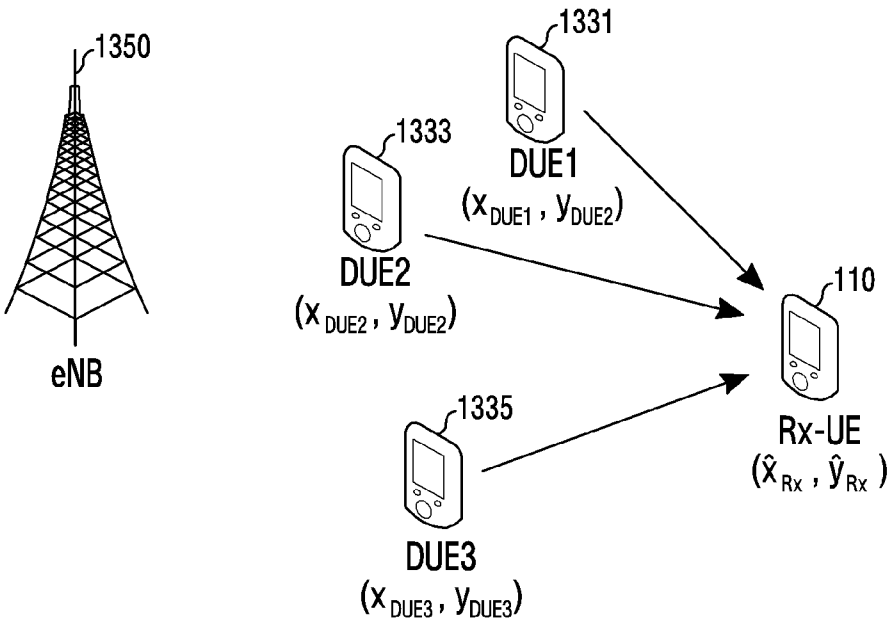
[Fig. 12a]



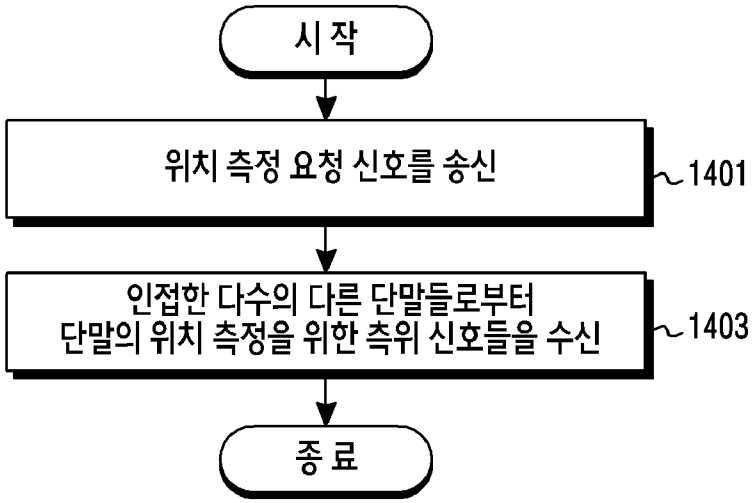
[Fig. 12b]



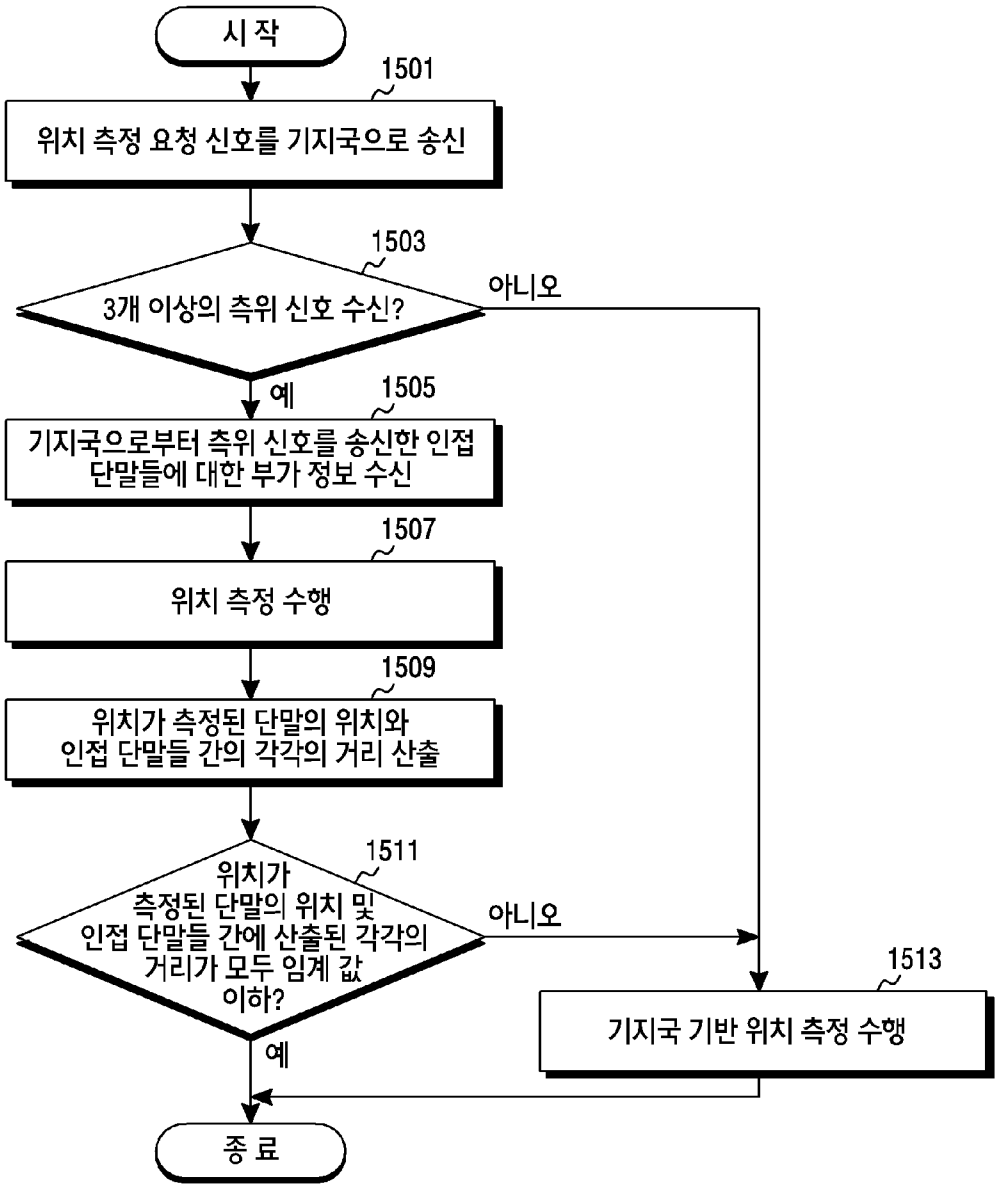
[Fig. 13]



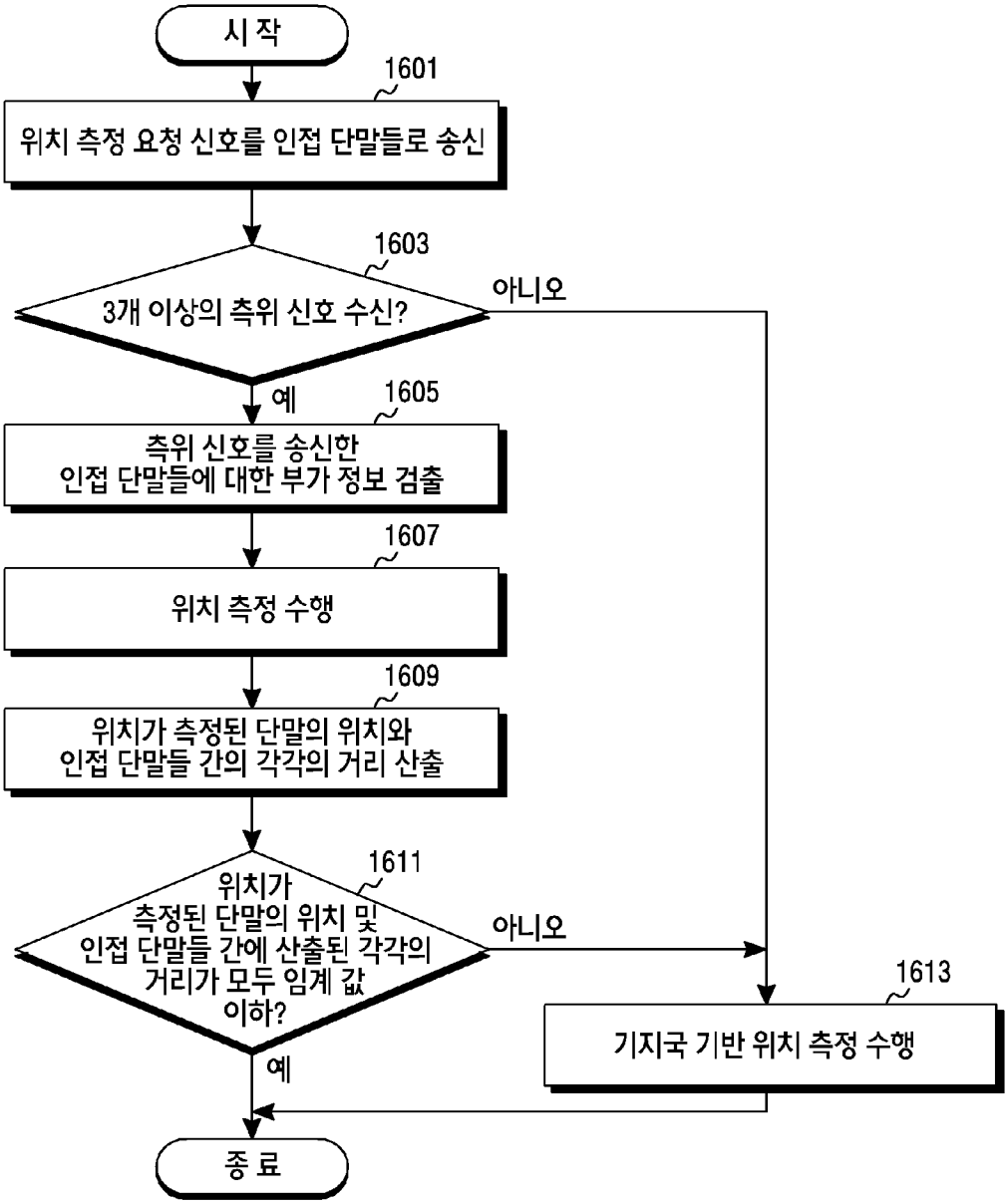
[Fig. 14]


시 작
위치 측정 요청 신호를 송신
1401
인접한 다수의 다른 단말들로부터
단말의 위치 측정을 위한 측위 신호들을 수신
1403
종 료

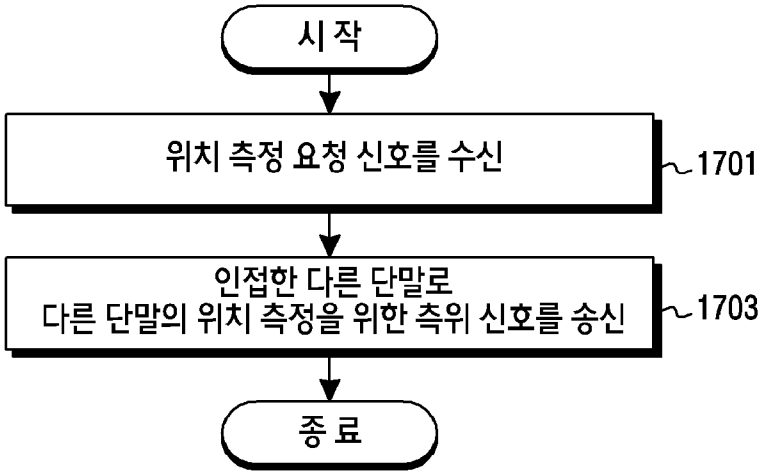
[Fig. 15]


시 작
1501
위치 측정 요청 신호를 기지국으로 송신
1503
3개 이상의 측위 신호 수신?
아니오
예
1505
기지국으로부터 측위 신호를 송신한 인접
단말들에 대한 부가 정보 수신
1507
위치 측정 수행
1509
위치가 측정된 단말의 위치와
인접 단말들 간의 각각의 거리 산출
1511
위치가
측정된 단말의 위치 및
인접 단말들 간에 산출된 각각의
거리가 모두 임계 값
이하?
아니오
예
1513
기지국 기반 위치 측정 수행
종 료

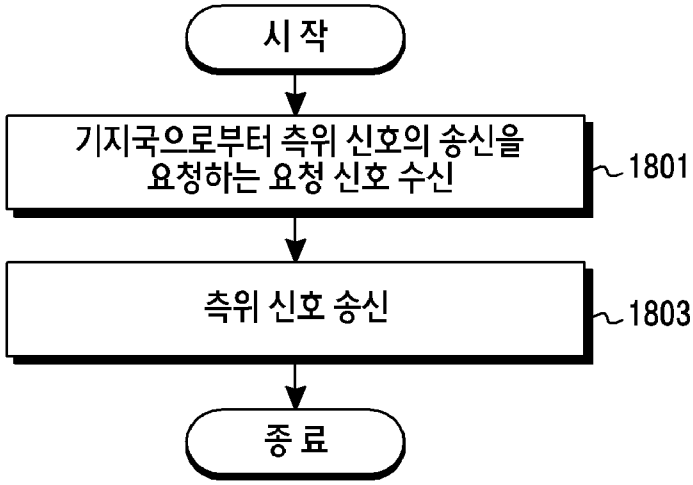
[Fig. 16]


시 작
1601
위치 측정 요청 신호를 인접 단말들로 송신
1603
3개 이상의 측위 신호 수신?
아니오
예
1605
측위 신호를 송신한
인접 단말들에 대한 부가 정보 검출
1607
위치 측정 수행
1609
위치가 측정된 단말의 위치와
인접 단말들 간의 각각의 거리 산출
1611
위치가
측정된 단말의 위치 및
인접 단말들 간에 산출된 각각의
거리가 모두 임계 값
이하?
아니오
예
1613
기지국 기반 위치 측정 수행
종 료

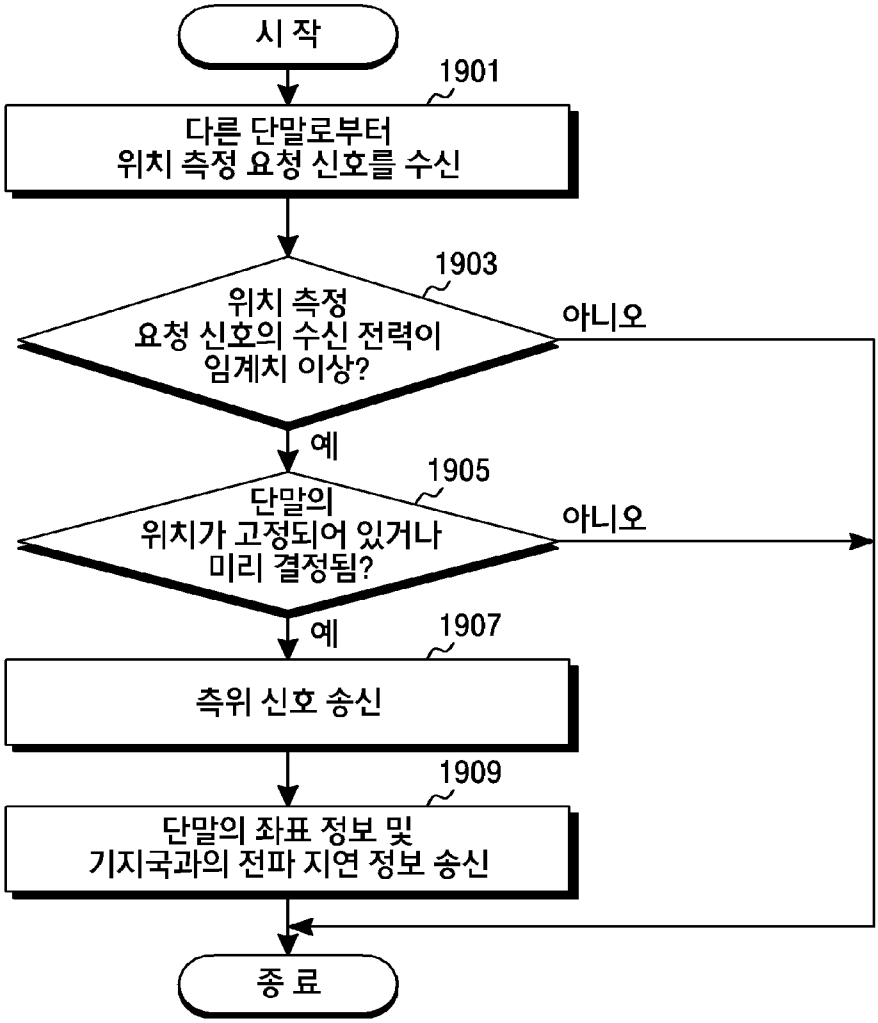
[Fig. 17]


시 작
위치 측정 요청 신호를 수신
1701
인접한 다른 단말로
다른 단말의 위치 측정을 위한 측위 신호를 송신
1703
종 료

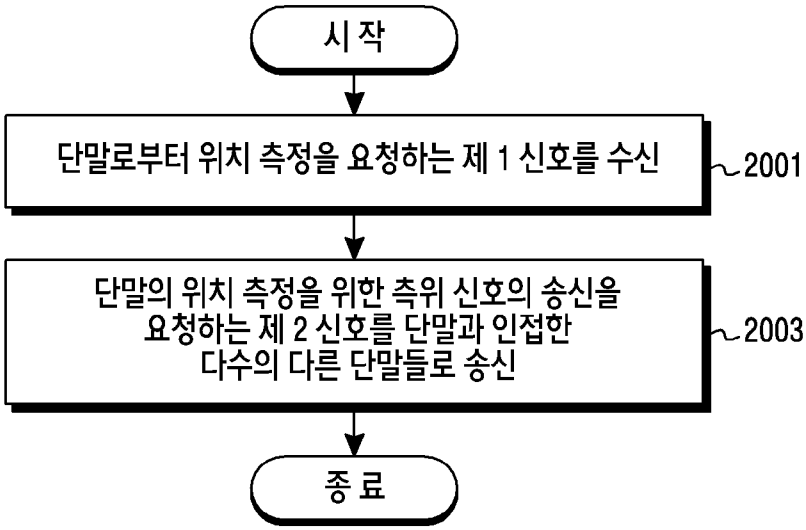
[Fig. 18]


시 작
기지국으로부터 측위 신호의 송신을 요청하는 요청 신호 수신
1801
측위 신호 송신
1803
종 료

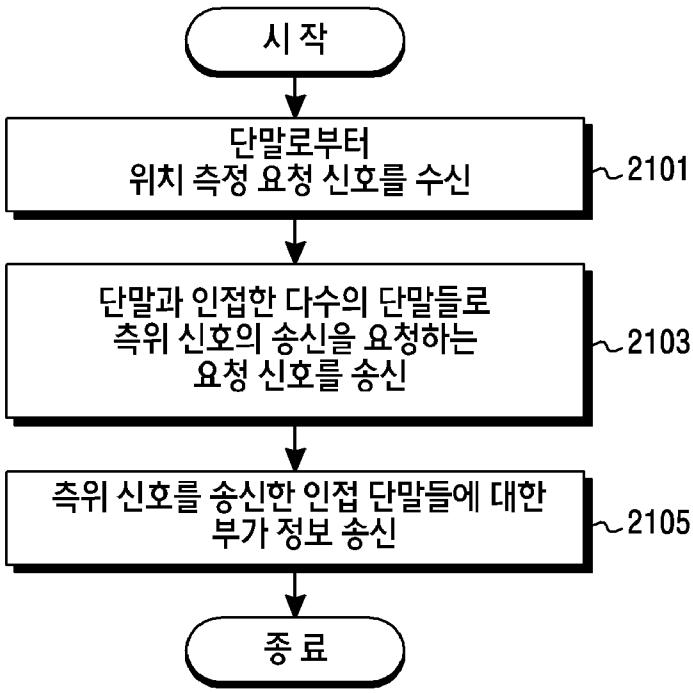
[Fig. 19]


시 작
1901
다른 단말로부터 위치 측정 요청 신호를 수신
1903
위치 측정 요청 신호의 수신 전력이 임계치 이상?
아니오
예
1905
단말의 위치가 고정되어 있거나 미리 결정됨?
아니오
예
1907
측위 신호 송신
1909
단말의 좌표 정보 및 기지국과의 전파 지연 정보 송신
종 료

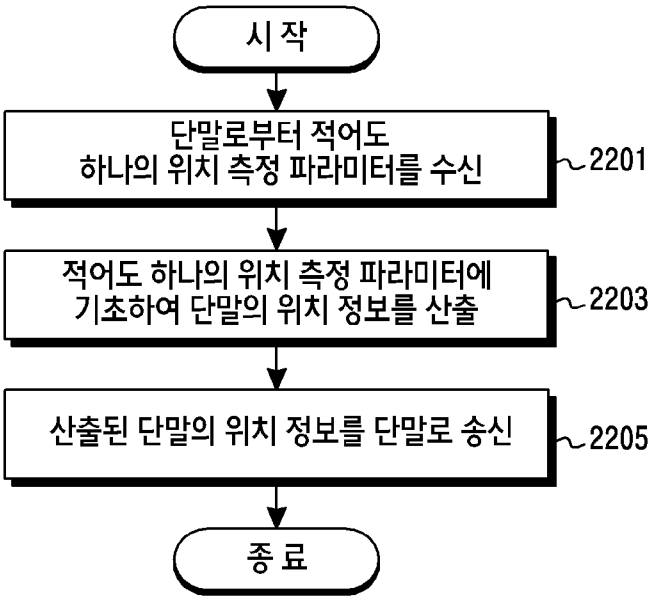
[Fig. 20]


시 작
단말로부터 위치 측정을 요청하는 제 1 신호를 수신
2001
단말의 위치 측정을 위한 측위 신호의 송신을 요청하는 제 2 신호를 단말과 인접한 다수의 다른 단말들로 송신
2003
종 료

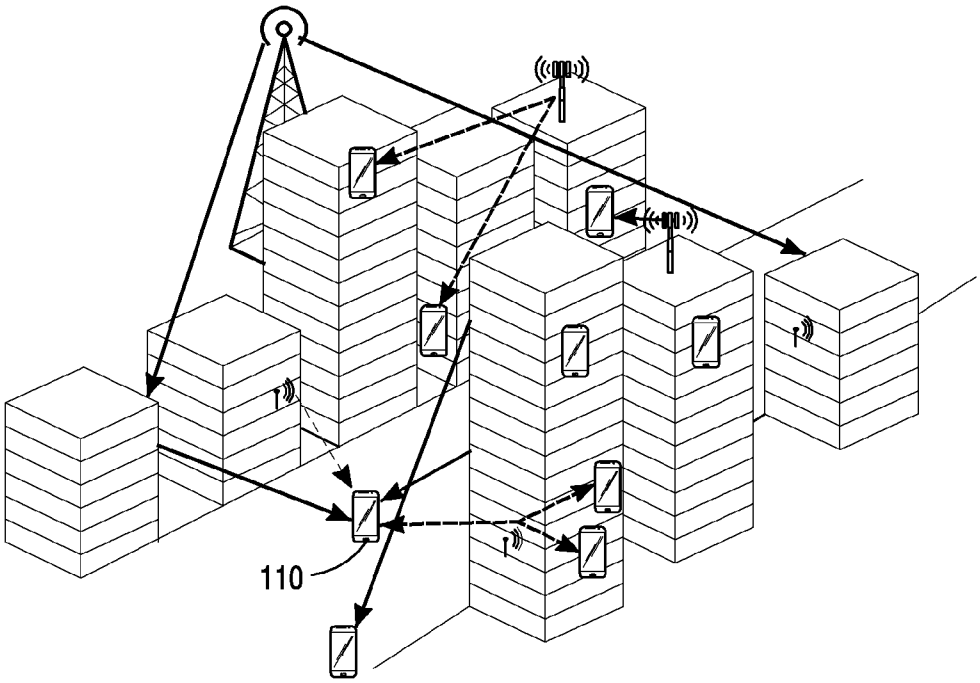
[Fig. 21]


시 작
단말로부터 위치 측정 요청 신호를 수신
2101
단말과 인접한 다수의 단말들로 측위 신호의 송신을 요청하는 요청 신호를 송신
2103
측위 신호를 송신한 인접 단말들에 대한 부가 정보 송신
2105
종 료

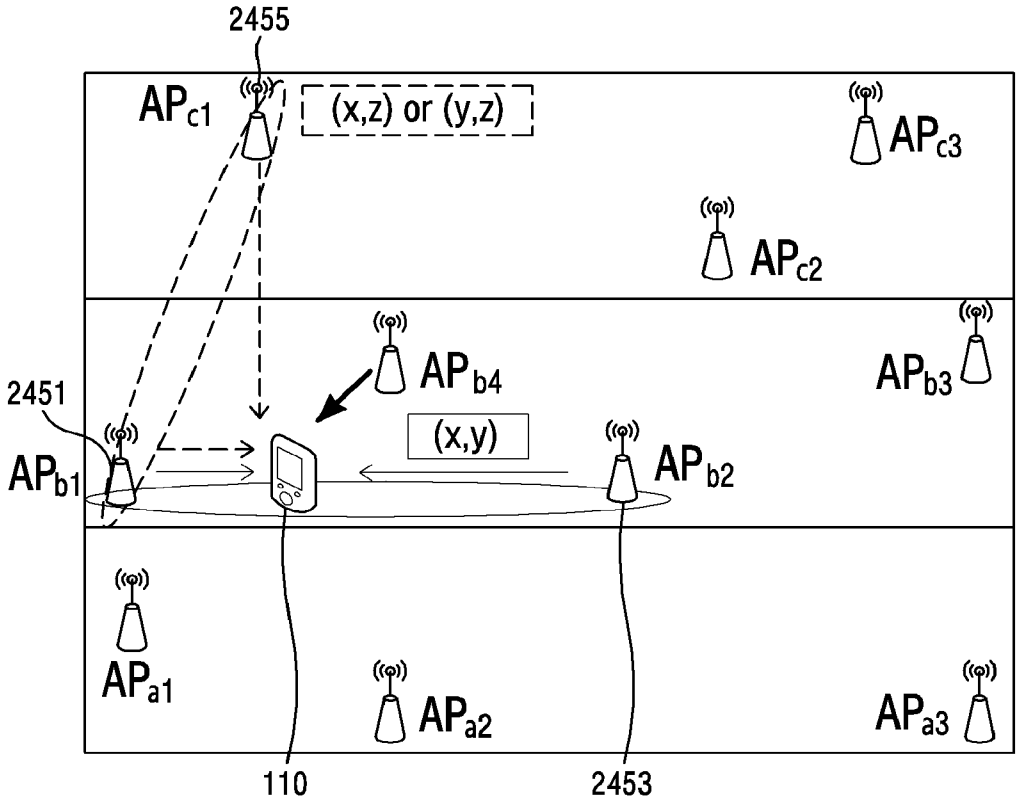
[Fig. 22]


시 작
단말로부터 적어도 하나의 위치 측정 파라미터를 수신
2201
적어도 하나의 위치 측정 파라미터에 기초하여 단말의 위치 정보를 산출
2203
산출된 단말의 위치 정보를 단말로 송신
2205
종 료

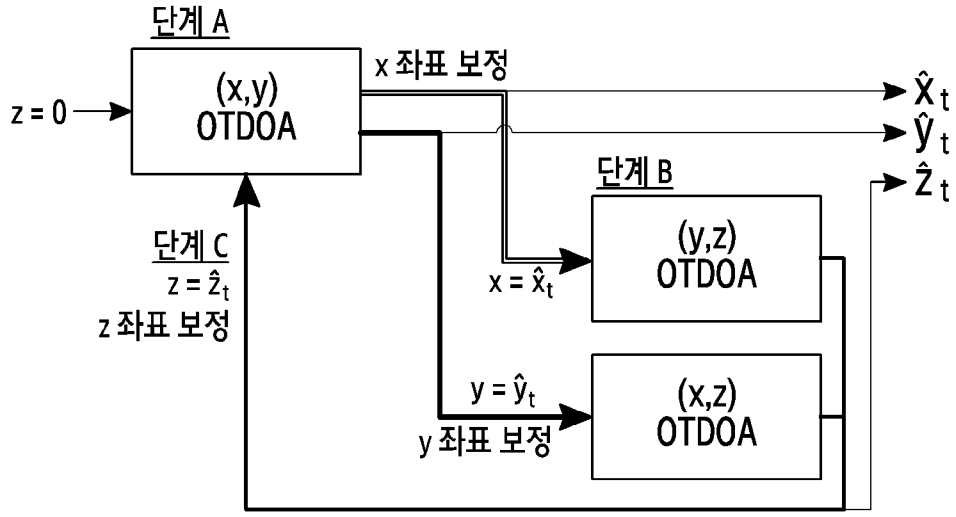
[Fig. 23]


110

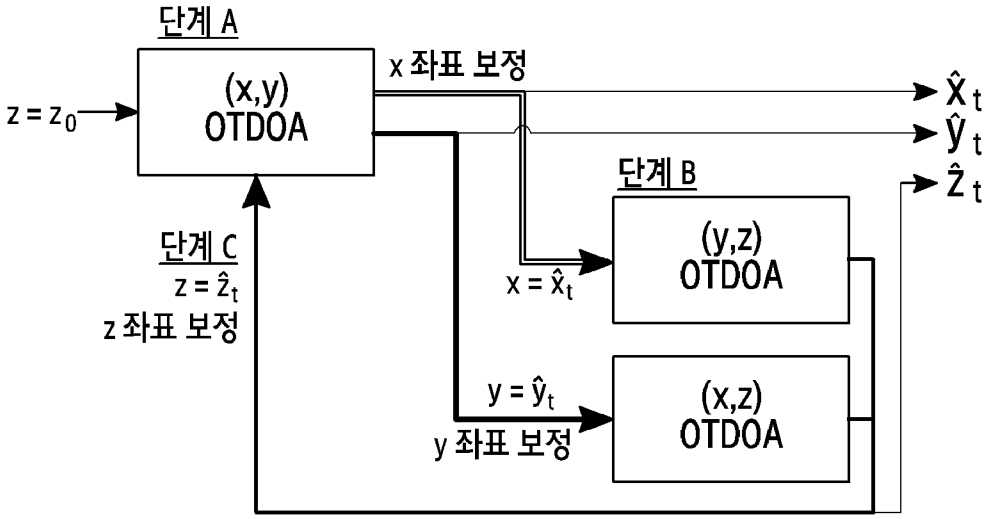
[Fig. 24]


2455
AP$_{c1}$
(x,z) or (y,z)
AP$_{c3}$
AP$_{c2}$
AP$_{b4}$
AP$_{b3}$
2451
(x,y)
AP$_{b1}$
AP$_{b2}$
AP$_{a1}$
AP$_{a2}$
AP$_{a3}$
110
2453

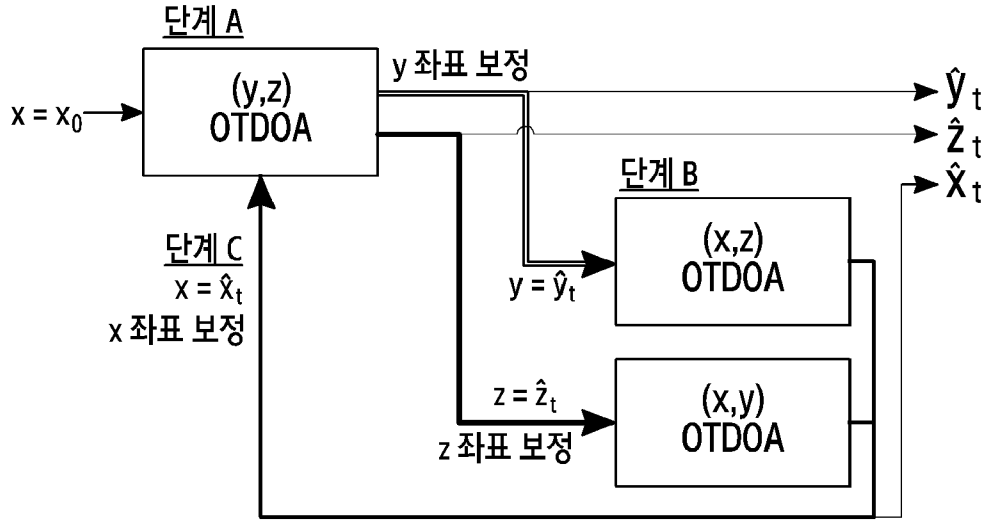
[Fig. 25]


단계 A
(x,y)
OTDOA
x 좌표 보정
z = 0
$\hat{x}_t$
$\hat{y}_t$
$\hat{z}_t$
단계 B
(y,z)
OTDOA
단계 C
$z = \hat{z}_t$
z 좌표 보정
$x = \hat{x}_t$
$y = \hat{y}_t$
y 좌표 보정
(x,z)
OTDOA

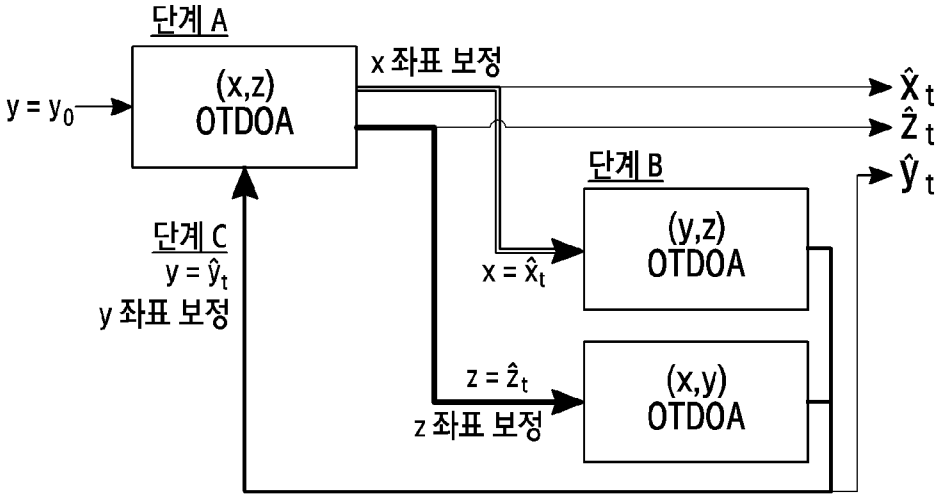
[Fig. 26]



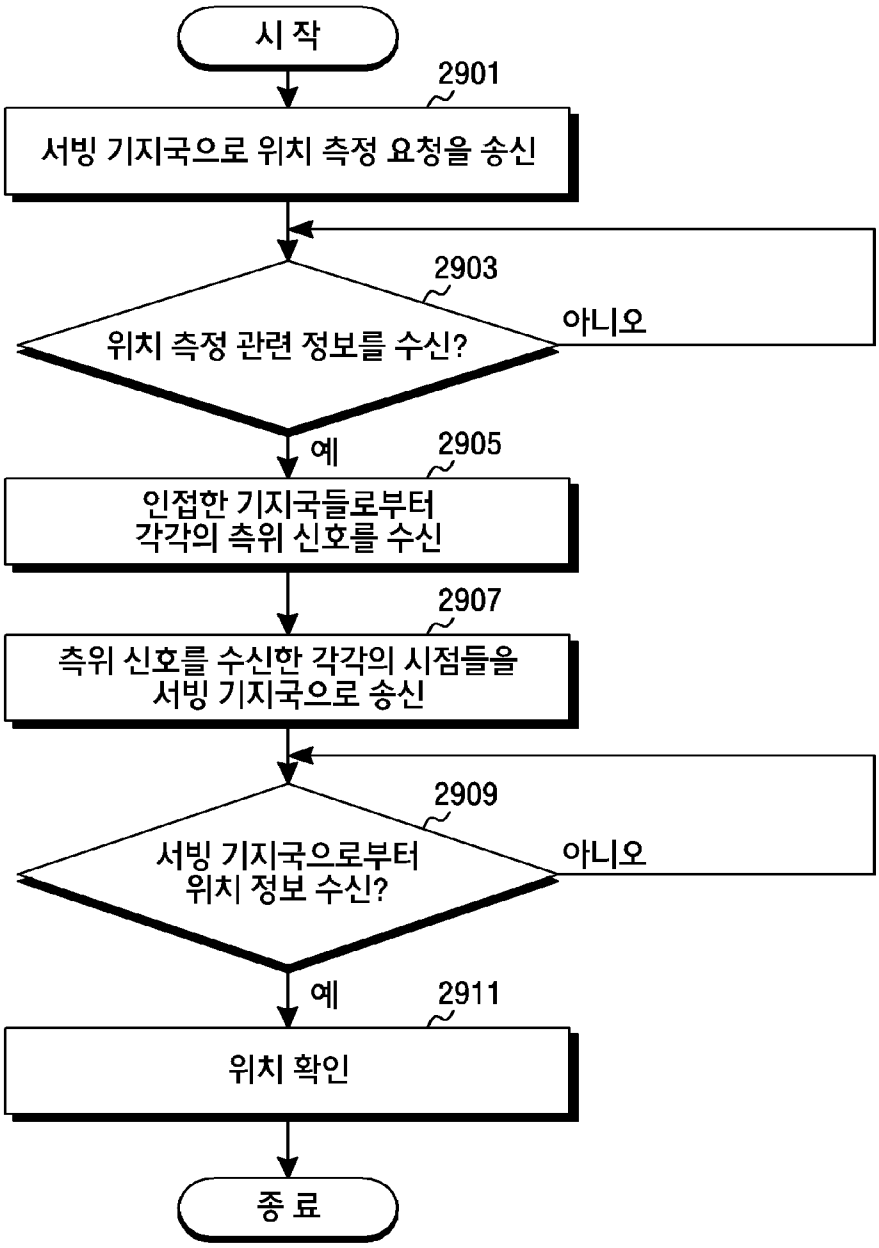
[Fig. 27]



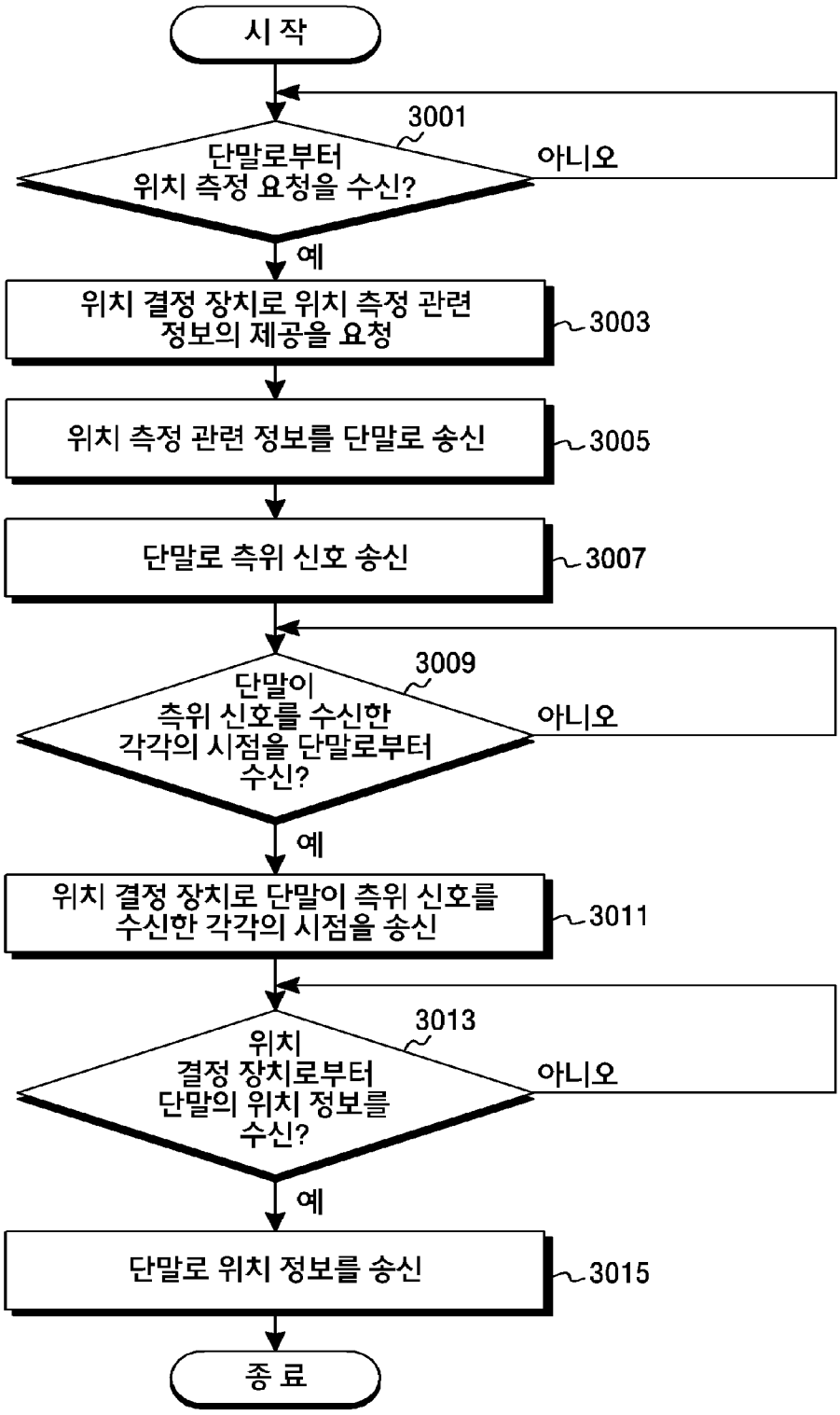
[Fig. 28]



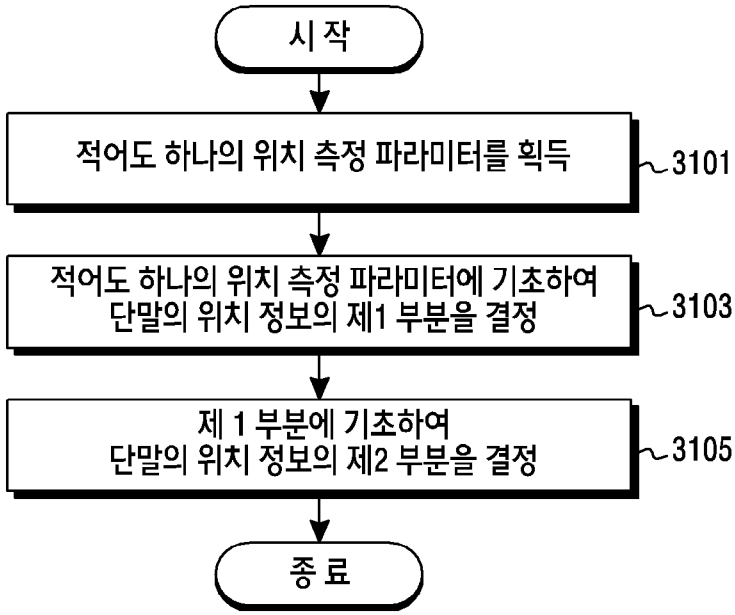
[Fig. 29]


시 작
2901
서빙 기지국으로 위치 측정 요청을 송신
2903
위치 측정 관련 정보를 수신?
아니오
예
2905
인접한 기지국들로부터
각각의 측위 신호를 수신
2907
측위 신호를 수신한 각각의 시점들을
서빙 기지국으로 송신
2909
서빙 기지국으로부터
위치 정보 수신?
아니오
예
2911
위치 확인
종 료

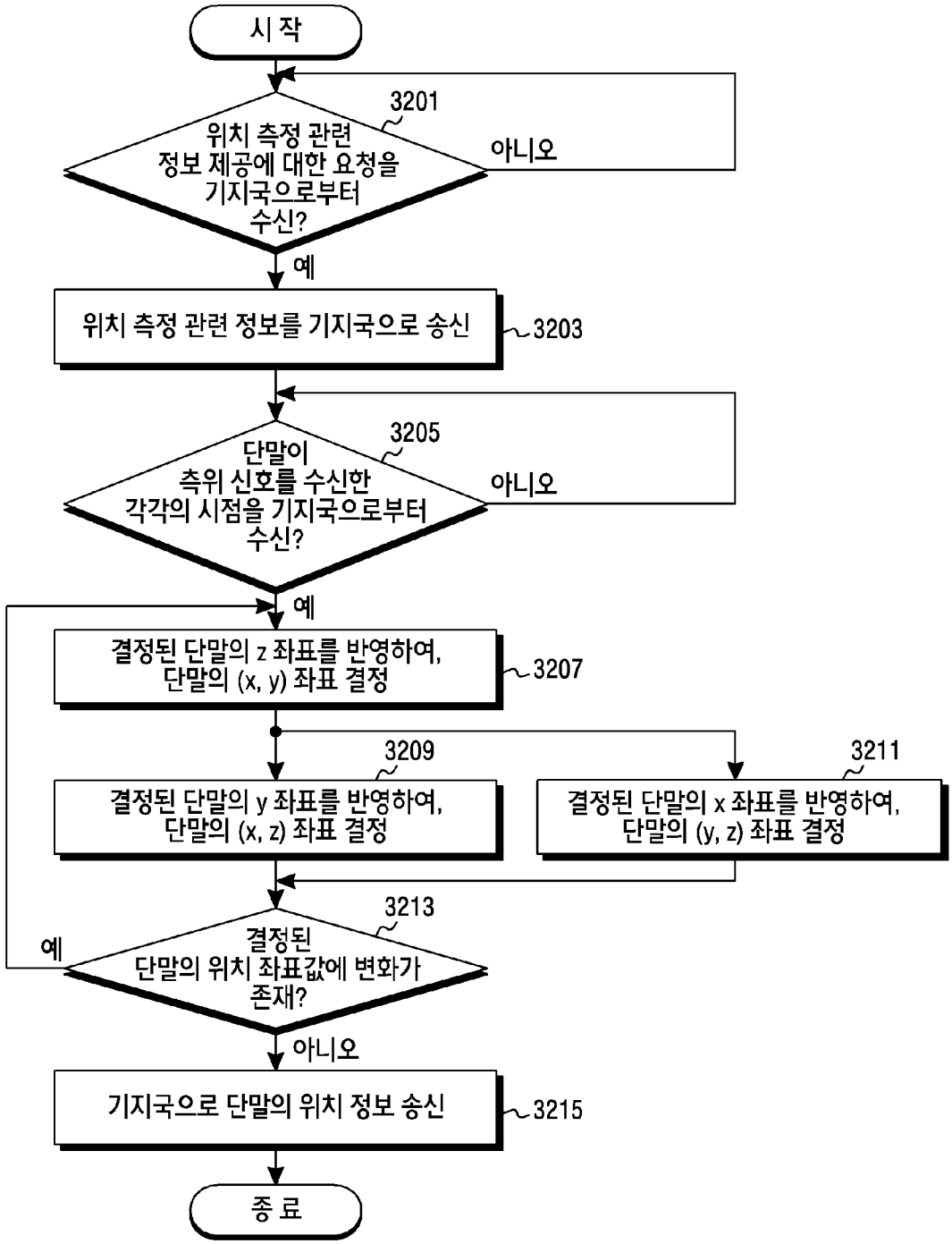
[Fig. 30]


시 작
3001
단말로부터 위치 측정 요청을 수신?
아니오
예
위치 결정 장치로 위치 측정 관련 정보의 제공을 요청
3003
위치 측정 관련 정보를 단말로 송신
3005
단말로 측위 신호 송신
3007
3009
단말이 측위 신호를 수신한 각각의 시점을 단말로부터 수신?
아니오
예
위치 결정 장치로 단말이 측위 신호를 수신한 각각의 시점을 송신
3011
3013
위치 결정 장치로부터 단말의 위치 정보를 수신?
아니오
예
단말로 위치 정보를 송신
3015
종 료

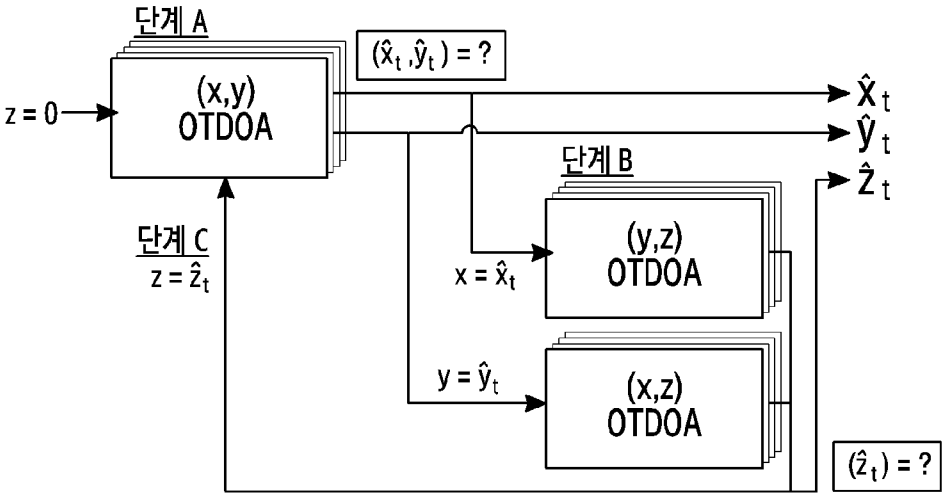
[Fig. 31]


시 작
적어도 하나의 위치 측정 파라미터를 획득
3101
적어도 하나의 위치 측정 파라미터에 기초하여
단말의 위치 정보의 제1 부분을 결정
3103
제 1 부분에 기초하여
단말의 위치 정보의 제2 부분을 결정
3105
종 료

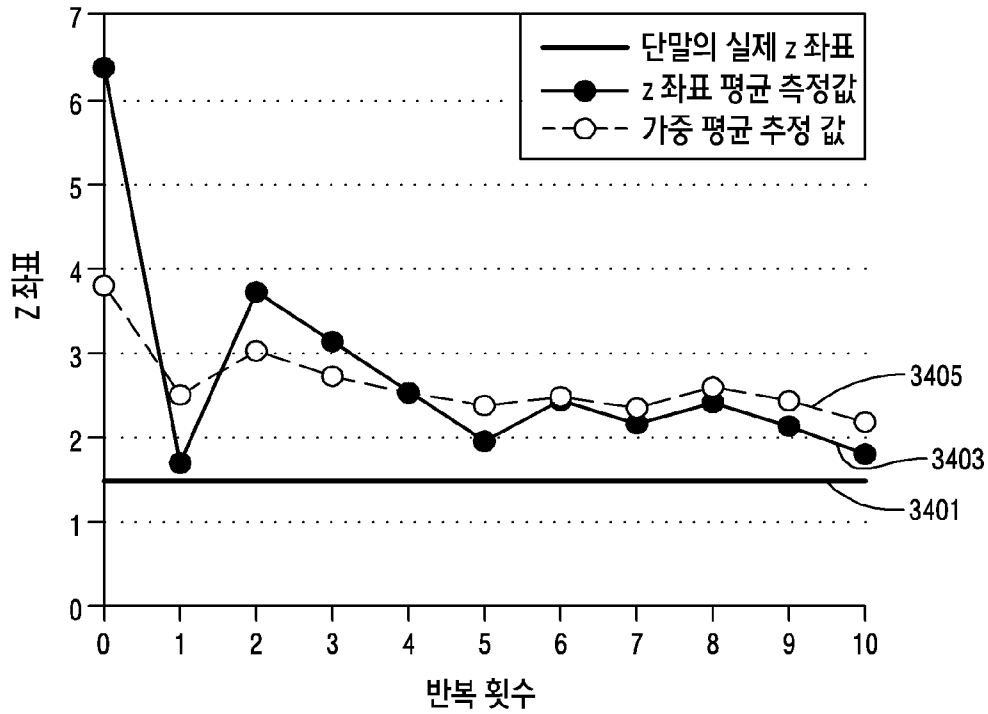
[Fig. 32]


시 작
3201
위치 측정 관련 정보 제공에 대한 요청을 기지국으로부터 수신?
아니오
예
위치 측정 관련 정보를 기지국으로 송신
3203
3205
단말이 측위 신호를 수신한 각각의 시점을 기지국으로부터 수신?
아니오
예
결정된 단말의 z 좌표를 반영하여, 단말의 (x, y) 좌표 결정
3207
3209
결정된 단말의 y 좌표를 반영하여, 단말의 (x, z) 좌표 결정
3211
결정된 단말의 x 좌표를 반영하여, 단말의 (y, z) 좌표 결정
3213
예
결정된 단말의 위치 좌표값에 변화가 존재?
아니오
기지국으로 단말의 위치 정보 송신
3215
종 료

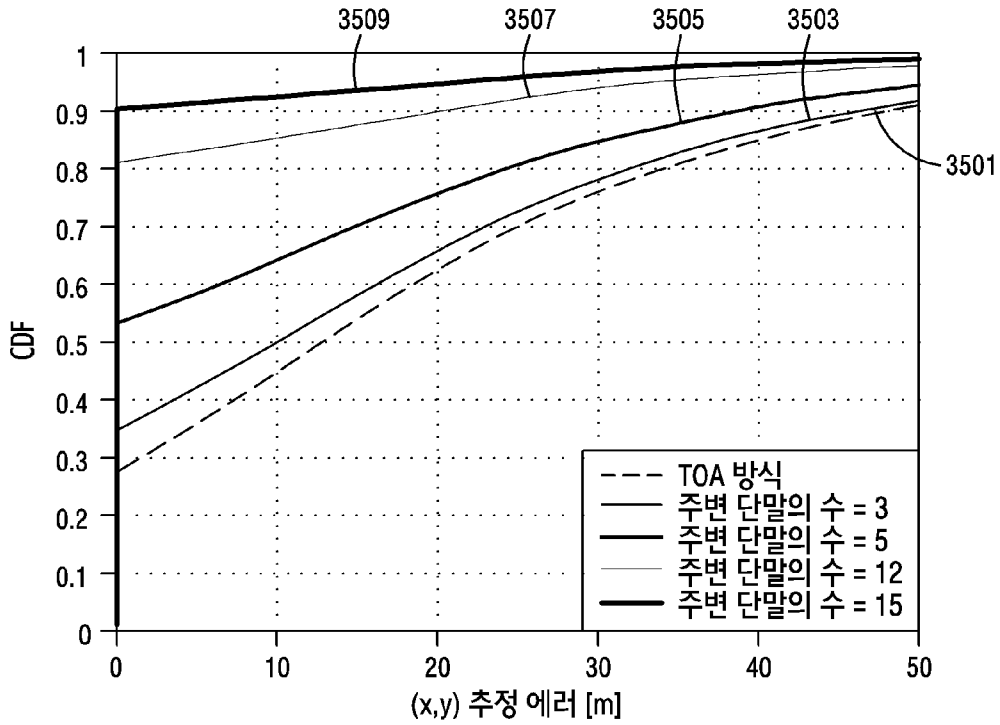
[Fig. 33]


단계 A
(x,y)
OTDOA
z = 0
$(\hat{x}_t, \hat{y}_t) = ?$
$\hat{x}_t$
$\hat{y}_t$
$\hat{z}_t$
단계 B
(y,z)
OTDOA
$x = \hat{x}_t$
단계 C
$z = \hat{z}_t$
$y = \hat{y}_t$
(x,z)
OTDOA
$(\hat{z}_t) = ?$

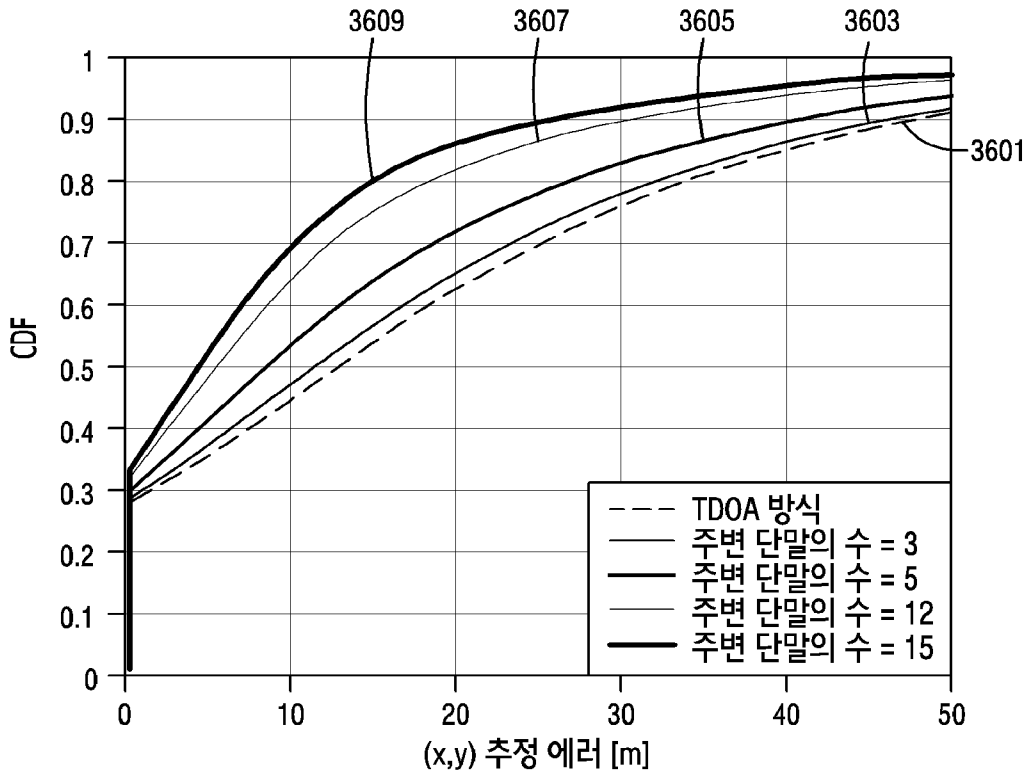
[Fig. 34]


단말의 실제 z 좌표
z 좌표 평균 측정값
가중 평균 추정 값
Z 좌표
반복 횟수
3405
3403
3401
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

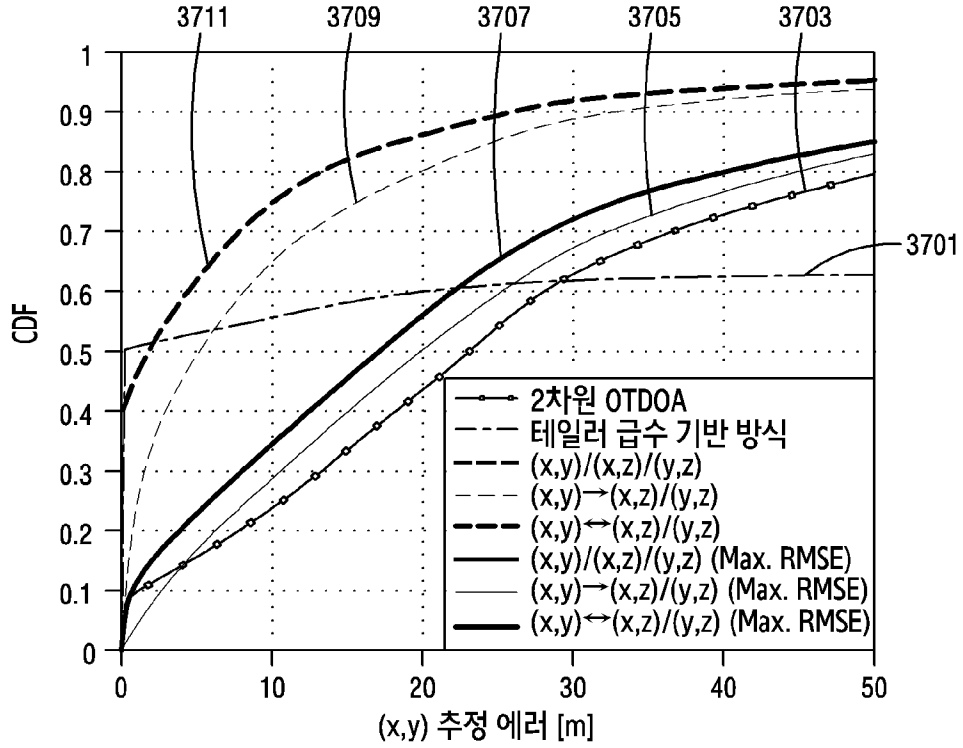
[Fig. 35]


3509
3507
3505
3503
3501
CDF
(x,y) 추정 에러 [m]
TOA 방식
주변 단말의 수 = 3
주변 단말의 수 = 5
주변 단말의 수 = 12
주변 단말의 수 = 15

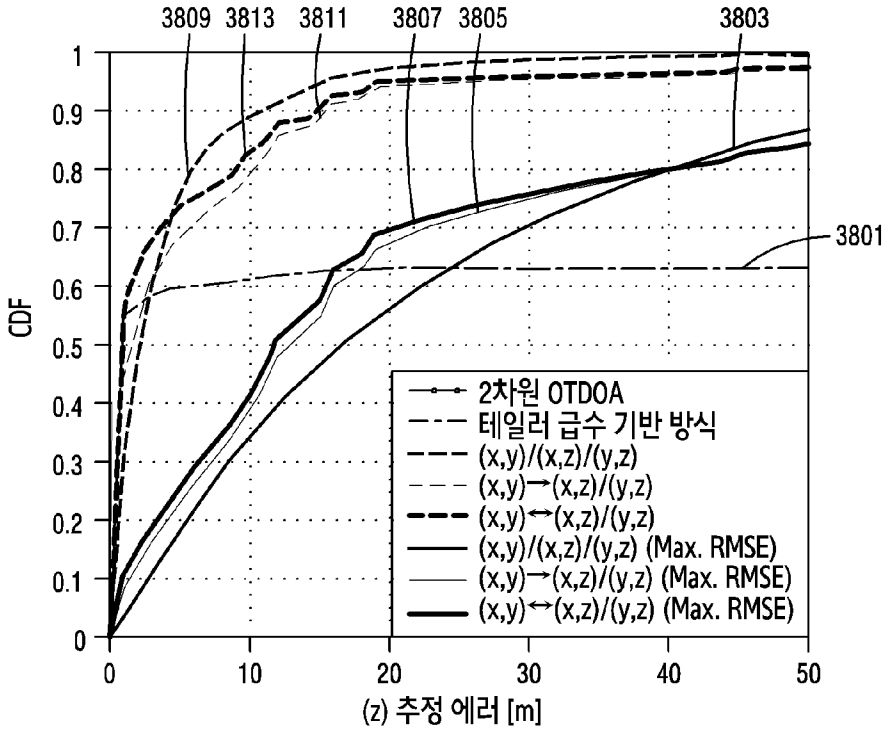
[Fig. 36]


3609
3607
3605
3603
3601
CDF
(x,y) 추정 에러 [m]
TDOA 방식
주변 단말의 수 = 3
주변 단말의 수 = 5
주변 단말의 수 = 12
주변 단말의 수 = 15

[Fig. 37]


3711
3709
3707
3705
3703
3701
CDF
(x,y) 추정 에러 [m]
2차원 OTDOA
테일러 급수 기반 방식
(x,y)/(x,z)/(y,z)
(x,y)→(x,z)/(y,z)
(x,y)↔(x,z)/(y,z)
(x,y)/(x,z)/(y,z) (Max. RMSE)
(x,y)→(x,z)/(y,z) (Max. RMSE)
(x,y)↔(x,z)/(y,z) (Max. RMSE)

[Fig. 38]


3809
3813
3811
3807
3805
3803
3801
CDF
(z) 추정 에러 [m]
2차원 OTDOA
테일러 급수 기반 방식
(x,y)/(x,z)/(y,z)
(x,y)→(x,z)/(y,z)
(x,y)↔(x,z)/(y,z)
(x,y)/(x,z)/(y,z) (Max. RMSE)
(x,y)→(x,z)/(y,z) (Max. RMSE)
(x,y)↔(x,z)/(y,z) (Max. RMSE)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2016/003706

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 5/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S 5/00; H04W 88/02; G08B 1/08; H04Q 7/20; H04W 4/02; H04B 10/2575; H04W 64/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: terminal location information, location measurement, parameter, positioning signal, request signal, coordinates information

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2014-0187259 A1 (CSR TECHNOLOGY INC.) 03 July 2014 See paragraphs [0042], [0054]; claims 1, 22; and figures 2-5.	1-15
Y	US 2004-0080412 A1 (SMITH et al.) 29 April 2004 See paragraph [0010]; and figures 1-2.	1-15
A	US 2014-0050482 A1 (CORNING CABLE SYSTEMS LLC.) 20 February 2014 See figure 8.	1-15
A	US 2006-0009240 A1 (KATZ) 12 January 2006 See figure 3.	1-15
A	WO 2014-193372 A1 (INTEL CORPORATION) 04 December 2014 See figures 1-2.	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 JULY 2016 (22.07.2016)	**25 JULY 2016 (25.07.2016)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2016/003706

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2014-0187259 A1	03/07/2014	DE 102013021439 A1	03/07/2014
		GB 2513211 A	22/10/2014
US 2004-0080412 A1	29/04/2004	NONE	
US 2014-0050482 A1	20/02/2014	CN 103548290 A	29/01/2014
		EP 2702710 A1	05/03/2014
		EP 2702710 A4	29/10/2014
		US 9184843 B2	10/11/2015
		WO 2012-148938 A1	01/11/2012
US 2006-0009240 A1	12/01/2006	US 7155238 B2	26/12/2006
		US RE042435 E1	07/06/2011
WO 2014-193372 A1	04/12/2014	US 2014-0357292 A1	04/12/2014

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2016/003706

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01S 5/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01S 5/00; H04W 88/02; G08B 1/08; H04Q 7/20; H04W 4/02; H04B 10/2575; H04W 64/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 단말 위치 정보, 위치 측정, 파라미터, 측위 신호, 요청 신호, 좌표 정보

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	US 2014-0187259 A1 (CSR TECHNOLOGY INC.) 2014.07.03 단락 [0042], [0054]; 청구항 1, 22; 및 도면 2-5 참조.	1-15
Y	US 2004-0080412 A1 (SMITH 등) 2004.04.29 단락 [0010]; 및 도면 1-2 참조.	1-15
A	US 2014-0050482 A1 (CORNING CABLE SYSTEMS LLC.) 2014.02.20 도면 8 참조.	1-15
A	US 2006-0009240 A1 (KATZ) 2006.01.12 도면 3 참조.	1-15
A	WO 2014-193372 A1 (INTEL CORPORATION) 2014.12.04 도면 1-2 참조.	1-15

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2016년 07월 22일 (22.07.2016)	2016년 07월 25일 (25.07.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관
강성철
전화번호 +82-42-481-8405

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2016/003706

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2014-0187259 A1	2014/07/03	DE 102013021439 A1	2014/07/03
		GB 2513211 A	2014/10/22
US 2004-0080412 A1	2004/04/29	없음	
US 2014-0050482 A1	2014/02/20	CN 103548290 A	2014/01/29
		EP 2702710 A1	2014/03/05
		EP 2702710 A4	2014/10/29
		US 9184843 B2	2015/11/10
		WO 2012-148938 A1	2012/11/01
US 2006-0009240 A1	2006/01/12	US 7155238 B2	2006/12/26
		US RE042435 E1	2011/06/07
WO 2014-193372 A1	2014/12/04	US 2014-0357292 A1	2014/12/04