

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2018년 8월 23일 (23.08.2018)



WIPO PCT



(10) 국제공개번호

WO 2018/151404 A1

(51) 국제특허분류:

G01S 19/20 (2010.01)

G05D 1/02 (2006.01)

G01S 19/42 (2010.01)

G05D 1/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2017/014982

(22) 국제출원일:

2017년 12월 19일 (19.12.2017)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2017-0020479 2017년 2월 15일 (15.02.2017) KR

(71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).

(72) 발명자: 정우진 (CHUNG, Woo-Jin); 03168 서울시 종로구 사직로8길 4, 106-701, Seoul (KR). 이우식 (LEE, Woo-Sik); 04575 서울시 중구 난계로 163, 1-404, Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인 남촌 (NAMCHON INTERNATIONAL PATENT AND LAW FIRM); 03173 서울시 종로구 새문안로5길 37, 도림빌딩 406호 (도림동), Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국

내 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, 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 역

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

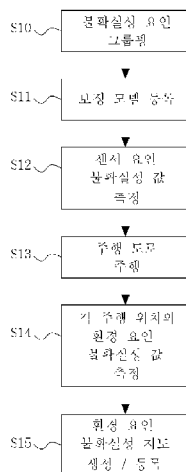
공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: METHOD FOR MEASURING UNCERTAINTY OF GNSS-BASED POSITION ESTIMATION

(54) 발명의 명칭: GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법

[도1]



S10 ... Group uncertainty factors

S11 ... Register correction model

S12 ... Measure sensor factor uncertainty value

S13 ... Travel on road of travel

S14 ... Measure environment factor uncertainty value of each traveling position

S15 ... Generate/register environment factor uncertainty map

(57) Abstract: The present invention relates to a method for measuring the uncertainty of a GNSS-based position estimation, the method comprising the steps of: (A) measuring a sensor factor uncertainty value of a sensor factor uncertainty group under conditions where no environment factor uncertainty group and no model factor uncertainty group are generated; (B) measuring a model factor uncertainty value of the model factor uncertainty group under conditions where the environment factor uncertainty group is not generated while applying the sensor factor uncertainty value thereto; (C) measuring an environment factor uncertainty value of the environment factor uncertainty group while applying the sensor factor uncertainty value and the model factor uncertainty value thereto; and (D) measuring an uncertainty value of the GNSS-based position estimation on the basis of the sensor factor uncertainty value, the model factor uncertainty value, and the environment factor uncertainty value, wherein the sensor factor uncertainty group, the environment factor uncertainty group, and the model factor uncertainty group are obtained by grouping a plurality of uncertainty factors causing uncertainty of the GNSS-based position estimation according to causes that generate uncertainty. Accordingly, uncertainty generated during GNSS sensor-based position measurement, which is used for a self-driving vehicle that employs a GNSS sensor or for self-driving of an outdoor moving robot, for example, can be accurately measured and reflected for accurate position estimation of the self-driving vehicle.

[다음 쪽 계속]

(57) 요약서: 본 발명은 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 관한 것으로, (A) 센서 요인 불확실성 그룹의 센서 요인 불확실성 값이 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는 단계와, (B) 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 모델 요인 불확실성 값이 상기 환경 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되며 상기 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (C) 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 상기 센서 요인 불확실성 값 및 상기 모델 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (D) 상기 센서 요인 불확실성 값, 상기 모델 요인 불확실성 값 및 상기 환경 요인 불확실성 값에 기초하여 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이 측정되는 단계를 포함하며; 상기 센서 요인 불확실성 그룹, 상기 환경 요인 불확실성 그룹 및 상기 모델 요인 불확실성 그룹은 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 야기하는 복수의 불확실성 요인이 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑되는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, GNSS 센서를 이용하는 자율 주행 차량 또는 실외 이동 로봇의 자율 주행 등에 이용되는 GNSS 센서의 위치 측정에서 발생하는 불확실성을 정확히 측정하여 자율 주행 차량의 정확한 위치 추정에 반영할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 GNSS 센서를 이용하는 자율 주행 차량 또는 실외 이동 로봇(이하, '자율 주행 차량'이라 함)의 자율 주행 등에 이용되는 GNSS 센서의 위치 측정에서 발생하는 불확실성을 정확히 측정하여 자율 주행 차량의 정확한 위치 추정에 반영할 수 있는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 자율 주행 차량의 정밀한 위치 추정을 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 위치 추정을 위해서는 환경이나 위치를 측정한 센서 데이터가 필요하며, 위치 추정의 정밀도를 높이기 위해 다양한 센서 데이터를 융합하기도 한다.
- [3] 센서 데이터를 융합하기 위해서는 각 센서의 측정값과 측정값의 불확실성을 알아야 하는데, 이를 센서 모델이라고 한다. 그리고, 센서 모델이 정확하게 설계될수록 해당 센서 모델을 사용하는 위치 추정 알고리즘도 보다 정확히 동작하게 된다.
- [4] GNSS(Global Navigation Satellite System) 센서는 다른 센서들과 융합되는 형태로 오랫동안 자율 주행 차량의 위치 추정에 사용되어 왔으며, 따라서 자율 주행 차량의 정밀한 위치 추정을 위해서는 GNSS 센서 모델을 정확히 설계하는 것이 중요하다.
- [5] 기존에 가장 많이 사용되어온 GNSS 센서 모델 설계 방법은 GNSS 센서의 측정값과 GNSS 센서가 제공하는 NMEA 0183 규격 정보로부터 측정값의 불확실성을 계산하는 방법이다.
- [6] 하지만 도시환경에서는 멀티패스 영향(Multipath effect)과 신호 가림(Foliage attenuation)에 의해 GNSS 센서 측정값의 실제 불확실성과 GNSS 센서가 제공한 정보로부터 계산한 불확실성이 일치하지 않는 경우가 발생한다.
- [7] 상기와 같은 불확실성 요인 외에도, 다양한 불확실성 요인이 GNSS 센서의 불확실성을 야기하는데, Parkinson 등의 논문 "Progress in Astronautics and Aeronautics(Global Positioning System: Theory and Applications. Vol. 2. Aiaa, 1996.)"에서는 GNSS 위치 추정의 오차를 야기하는 불확실성 요인으로 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인, 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인, 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인, GNSS 센서의 하드웨어적 요인과 소프트웨어적 요인, 그리고, DOP(Delusion of Precision)을

제시하고 있다.

- [8] 여기서, DOP는 위성의 기하학적 배치 구조에 의해 야기되는 불확실성 요인이고, 나머지 불확실성 요인(이하, 레인지 에러(Range error)라 함)은 위성 신호에서 야기되는 불확실성이다.
- [9] 보다 구체적으로 설명하면, DOP는 위성들의 상대적인 배치에 의한 기하학적 관계가 위치 측정에 미치는 오차를 나타내며, 무차원의 수이다. 여기서, DOP는 GNSS 센서가 위치 추정의 과정에서 계산되며, GNSS 센서를 사용하는 환경에서 NMEA 0183 규정 정보로 실시간으로 획득되는 바, 본 발명에서도 이를 사용하게 된다.
- [10] 레인지 에러는 위성으로부터 송출된 위성 신호가 GNSS 센서까지 도달하는 동안 신호의 이동에 영향을 미치는 오차 원인들에 해당한다.
- [11] 먼저, 전리층 영향 요인은 위성 신호가 대기의 전리층을 통과할 때, 전리층의 자유 전자에 의해 위성 신호가 이상적인 빛의 속도로 진행하지 못하는 현상에서 야기된다.
- [12] 대기층 영향 요인은 위성 신호가 대기층을 통과할 때, 대기의 공기 분자에 의해 이상적인 빛의 속도로 진행하지 못하는 현상에서 야기된다.
- [13] 천문력 오차 요인은 인공위성의 배치 정보에 오차가 있는 경우 발생하여, 일반적으로 측당 0.05m 이하의 오차를 발생한다.
- [14] 위성 시간 오차 요인은 위성이 가지고 있는 시간 정보에 오차가 있는 경우에 발생하며, 일반적으로 0.2m 이하의 오차를 보인다.
- [15] 멀티패스 영향 요인은 위성 신호가 GNSS 센서 주변의 높은 건물, 절벽 등으로부터 반사되어 line of sight보다 긴 경로를 갖게 되는 경우 발생한다. GNSS 센서의 수신기 내부의 필터, 안테나 설계 등으로 오차를 줄일 수 있으나 약 15m 이상의 오차가 나는 경우도 있다.
- [16] 신호 가림 요인은 GNSS 센서와 위성 사이의 line of sight에 장애물이 있는 경우에 야기되는 불확실성 요인이다. 이 경우 위성 신호의 세기가 감소함에 따라 위치 추정 불확실성이 증가하며 50m 이상의 오차를 발생하는 경우도 있다.
- [17] 그리고, GNSS 센서의 하드웨어적 요인과 소프트웨어적 요인은 하드웨어 및 소프트웨어의 발달을 통해 감소되고 있으며, 근래의 장비는 1σ 0.3m 이하의 정밀도를 가지고 있다.
- [18] 상기와 같은 불확실성 요인에 대해, Parkinson 등의 논문에서는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값을 [수학식 1]과 같이 정의하고 있다.
- [19] [수학식 1]
- [20]
$$\sigma_g = DOP \times \sqrt{\sum Range\ error^2}$$
- [21] σ_g 는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이고, DOP는 Delusion of Precision이고, Range error는 레인지 에러를 구성하는 불확실성 요인들이다.
- [22] 그런데, 레인지 에러를 구성하는 상술한 불확실성 요인들은 각 불확실성

요인들이 개별적으로 측정되거나 계산되어야 [수학식 1]에 적용될 수 있는데, 상술한 불확실성 요인들을 개별적으로 측정하거나 계산할 수 없어, [수학식 1]의 경우 이론적인 의미만 가질 뿐, 이를 실제 GNSS 센서의 불확실성을 측정하는데 적용하지 못하고 있다.

- [23] 이를 보완하기 위해, 대표적으로 GNSS 측정값들 간의 마할나노비스(Mahalanobis) 거리를 이용해 측정값을 선별적으로 사용하는 방법이 Bouvet, Denis, 및 Gaetan Garcia의 논문 "Improving the accuracy of dynamic localization systems using RTK GPS by identifying the GPS latency(Robotics and Automation, 2000. Proceedings. ICRA'00. IEEE International Conference on. Vol. 3. IEEE, 2000.)" 등을 통해 제안되었지만, 불확실성을 고려해 측정값이 위치 추정에 미치는 영향을 줄인 것이 아니기 때문에 정확한 GNSS 센서 모델의 설계라고 보기 어렵다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [24] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로써, GNSS 센서를 이용하는 자율 주행 차량의 자율 주행 등에 이용되는 GNSS 센서의 위치 측정에서 발생하는 불확실성을 정확히 측정하여 자율 주행 차량의 정확한 위치 추정에 반영할 수 있는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [25] 상기 목적은 본 발명에 따라, GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 있어서, (a) 센서 요인 불확실성 그룹의 센서 요인 불확실성 값이 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는 단계와, (b) 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 상기 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되되 상기 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (c) 상기 센서 요인 불확실성 값 및 상기 환경 요인 불확실성 값에 기초하여 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이 측정되는 단계를 포함하며; 상기 센서 요인 불확실성 그룹, 상기 환경 요인 불확실성 그룹 및 상기 모델 요인 불확실성 그룹은 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 야기하는 복수의 불확실성 요인이 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 의해서 달성된다.

- [26] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 있어서, (A) 센서 요인 불확실성 그룹의 센서 요인 불확실성 값이 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는 단계와, (B) 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 모델 요인 불확실성 값이 상기 환경 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서

측정되되 상기 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (C) 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 상기 센서 요인 불확실성 값 및 상기 모델 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (D) 상기 센서 요인 불확실성 값, 상기 모델 요인 불확실성 값 및 상기 환경 요인 불확실성 값에 기초하여 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이 측정되는 단계를 포함하며; 상기 센서 요인 불확실성 그룹, 상기 환경 요인 불확실성 그룹 및 상기 모델 요인 불확실성 그룹은 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 야기하는 복수의 불확실성 요인이 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 의해서도 달성된다.

- [27] 여기서, 상기 센서 요인 불확실성 그룹에는 GNSS 센서 자체에 의해 야기되는 불확실성 요인들로 그룹핑되고, 상기 환경 요인 불확실성 그룹에는 위성과 상기 GNSS 센서 사이의 장애물에 의해 야기되는 불확실성 요인들로 그룹핑되며, 상기 모델 요인 불확실성 그룹에는 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 적용되는 보정 모델의 종류에 따라 불확실성이 변하는 불확실성 요인들이 그룹핑될 수 있다.
- [28] 그리고, 상기 센서 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 상기 GNSS 센서의 하드웨어적 불확실성 요인과 소프트웨어적 불확실성 요인을 포함하고; 상기 환경 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인과, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인을 포함하며; 상기 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인 및 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인을 포함할 수 있다.
- [29] 여기서, 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계에서 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않은 조건은 상기 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 적용되어 만족될 수 있다.
- [30] 또한, 상기 (A) 단계에서 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않은 조건은 상기 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 임시 적용되어 만족되며; 상기 (B) 단계에서 상기 모델 요인 불확실성 값은 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 실제 적용된 보정 모델이 적용되어 측정될 수 있다.
- [31] 그리고, 상기 (a) 단계 및 상기 (A) 단계에서 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않는 조건은 상기 위성과 상기 GNSS 센서 사이에 장애물이 존재하지 않는 위치에서 측정하는 것에 의해 만족되며; 상기 장애물이 존재하지 않는 위치에서 측정된 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와 실제 위치 간의 편차에 의해 상기 환경 요인 불확실성 값이 측정될 수 있다.
- [32] 그리고, 상기 (b) 단계 및 상기 (C) 단계에서는 실제 주행 도로에서의 주행

과정을 통해 각각의 주행 위치에서 측정된 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와 실제 위치 간의 편차에 의해 각 주행 위치에서의 상기 환경 요인 불확실성 값이 측정될 수 있다.

- [33] 또한, 상기 환경 요인 불확실성 값은 상기 주행 도로의 지도 상의 위치에 대응하여 맵핑되어 환경 요인 불확실성 지도 형태로 등록될 수 있다.

- [34] 그리고, 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값은 수학식

$$\sigma_G = DOP \times \sqrt{AS^2 + RE^2 + LC^2} \quad (\sigma_G \text{는 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성}$$

값이고, DOP는 Delusion of Precision이고, AS는 상기 모델 요인 불확실성 값이고, RE는 상기 센서 요인 불확실성 값이고, LC는 상기 환경 요인 불확실성 값이다)로 표현될 수 있다.

발명의 효과

- [35] 상기 구성에 따라 본 발명에 따르면, GNSS 센서를 이용하는 자율 주행 차량 또는 실외 이동 로봇의 자율 주행 등에 이용되는 GNSS 센서의 위치 측정에서 발생하는 불확실성을 정확히 측정하여 자율 주행 차량의 정확한 위치 추정에 반영할 수 있는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [36] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 GNSS 센서 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법을 설명하기 위한 도면이고,
 [37] 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 GNSS 센서 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법을 설명하기 위한 도면이고,
 [38] 도 3 내지 도 12는 본 발명에 따른 GNSS 센서 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법의 효과를 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [39] 본 발명은 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 관한 것으로, (A) 센서 요인 불확실성 그룹의 센서 요인 불확실성 값이 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는 단계와, (B) 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 모델 요인 불확실성 값이 상기 환경 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되며 상기 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (C) 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 상기 센서 요인 불확실성 값 및 상기 모델 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와, (D) 상기 센서 요인 불확실성 값, 상기 모델 요인 불확실성 값 및 상기 환경 요인 불확실성 값에 기초하여 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이 측정되는 단계를 포함하며; 상기 센서 요인 불확실성 그룹, 상기 환경 요인 불확실성 그룹 및 상기 모델 요인 불확실성 그룹은 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 야기하는 복수의 불확실성 요인이 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑되는 것을 특징으로 한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [40] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예에 대해 상세히 설명한다.
- [41] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 GNSS 센서 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [42] 먼저, 본 발명에 따른 GNSS 센서 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에서는 복수의 불확실성 요인이 복수의 불확실성 그룹으로 그룹핑된다(S10). 본 발명에서는 불확실성 요인이 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인, 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인, 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인, GNSS 센서의 하드웨어적 요인과 소프트웨어적 요인, 그리고, DOP(Delusion of Precision)을 포함하는 것을 예로 한다.
- [43] 여기서, DOP는 상술한 바와 같이, GNSS 센서가 위치 추정의 과정에서 계산되며, GNSS 센서를 사용하는 환경에서 NMEA 0183 규정 정보로 실시간으로 획득되는 바, 본 발명에서도 이를 이용하게 된다.
- [44] DOP를 제외한 나머지의 불확실성 요인은 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑된다. 보다 구체적으로 설명하면, GNSS 센서 자체에 의해 야기되는 불확실성 요인들이 센서 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑된다. 센서 요인 불확실성 그룹을 구성하는 불확실성 요인은 GNSS 센서의 하드웨어적 불확실성 요인과 소프트웨어적 불확실성 요인을 포함할 수 있다.
- [45] 불확실성 요인 중 GNSS 센서와 위성 사이의 장애물에 의해 야기되는 불확실성 요인들은 환경 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑된다. 여기서, 환경 요인 불확실성 그룹을 구성하는 불확실성 요인은 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인과, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인을 포함할 수 있다.
- [46] 그리고, 불확실성 요인 중 센서 요인 불확실성 그룹과 환경 요인 불확실성 그룹에 속하는 불확실성 요인을 제외한 나머지는 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는데, 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인 및 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인을 포함할 수 있다. 모델 요인 불확실성은 GNSS 기반의 위치 추정에 적용되는 보정 모델의 종류에 따라 불확실성 값이 변하는 불확실성 요인들이 그룹핑된다.
- [47] 불확실성 요인들이 센서 요인 불확실성 그룹, 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되면, GNSS 센서의 보정을 위한 보정 모델이 등록된다(S11). 여기서, 본 발명의 제1 실시예에 따른 보정 모델은 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 등록되는데, 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

- [48] 불확실성 요인들의 그룹핑과 보정 모델이 등록된 상태에서, 센서 요인 불확실성 그룹에 대한 센서 요인 불확실성 값이 측정된다(S12). 여기서, 센서 요인 불확실성 그룹에 대한 센서 요인 불확실성 값은 나머지 불확실성 그룹, 즉 환경 요인 불확실성 그룹과 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않는 조건 하에서 측정된다.
- [49] 모델 요인 불확실성 그룹을 구성하는 불확실성 요인인 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인 및 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인은 보정 모델에 따라 모델 요인 불확실성 값이 변할 수 있다. 본 발명에서는 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않은 조건으로 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 GNSS 센서에 적용되어 만족시키는 것을 예로 하는데, 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델로 리얼 타임 키네매틱(Real time kinematic) 보정 모델이 적용되는 것을 예로 한다.
- [50] 또한, 환경 요인 불확실성 그룹의 불확실성 요인들이 발생하지 않은 조건은 위성과 GNSS 센서 사이에 장애물이 존재하지 않은 위치에서 측정함으로써, 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값을 '0'으로 설정할 수 있게 된다.
- [51] 본 발명에서는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값을 [수학식 2]와 같이 표현할 수 있다.
- [52] [수학식 2]
- [53]
$$\sigma_G = DOP \times \sqrt{AS^2 + RE^2 + LC^2}$$
- [54] [수학식 2]에서 σ_G 는 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이고, DOP는 DOP(Delusion of Precision)이고, AS는 모델 요인 불확실성 값이고, RE는 센서 요인 불확실성 값이고, LC는 환경 요인 불확실성 값이다.
- [55] 따라서, 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹에 속하는 불확실성이 발생하지 않은 조건 하에서, 즉 리얼 타임 키네매틱(Real time kinematic) 보정 모델을 사용하고, 위성과 GNSS 센서 사이에 장애물이 존재하지 않은 위치, 예를 들어, 장애물이 없는 개활지나 빌딩의 옥상에서 측정하게 되면, [수학식 2]는 [수학식 3]과 같이 표현될 수 있다.
- [56] [수학식 3]
- [57]
$$RE = \sigma_G \sqrt{DOP}$$
- [58] [수학식 3]을 이용하여 장애물이 없는 위치에서 장시간 측정한 데이터를 이용하여 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와, 실제 위치 간의 편차에 의해 센서 요인 불확실성 값의 측정이 가능하게 된다.
- [59] 상기와 같이, 센서 요인 불확실성 값이 측정되면, 센서 요인 불확실성 값을 이용하여 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 측정된다. 환경

요인 불확실성 값의 측정시에는 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는데, 상술한 바와 같이, 모델 요인 불확실성 그룹의 모델 요인 불확실성 값은 리얼 타임 키네매틱(Real time kinematic) 보정 모델의 사용을 통해 '0'으로 추정할 수 있다.

- [60] 환경 요인 불확실성 그룹은 상술한 바와 같이, 위상과 GNSS 센서 사이에 장애물, 예를 들어, 건물이나 유리나 같은 반사 물체 등이 존재할 때 발생하는 불확실성으로 자율 주행 차량의 주행 위치에 따라 달라진다.
- [61] 따라서, 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값을 측정하는데 있어서는 자율 주행 차량이 주행 도로를 주행하는 동안(S13), 각 주행 위치에 대해 환경 요인 불확실성 값이 측정된다(S14).
- [62] 즉, 자율 주행 차량의 실제 주행 도로에서의 주행 과정을 통해 각각의 주행 위치에서 측정되는 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와, 실제 위치 간의 편차에 의해 각 주행 위치에서의 환경 요인 불확실성 값이 측정된다. 이 때, [수학식 2]에서 센서 요인 불확실성 값은 상술한 측정 과정을 통해 측정된 상태이고, 모델 요인 불확실성 값은 리얼 타임 키네매틱(Real time kinematic) 보정 모델의 적용을 통해 '0'으로 추정된다.
- [63] 상기와 같이, 각각의 주행 위치에서 측정된 환경 요인 불확실성 값은 주행 도로의 지도 상의 위치에 대응하여 맵핑되어 환경 요인 불확실성 지도 형태로 생성되어 등록된다(S15).
- [64] 상기와 같은 과정을 통해, 센서 요인 불확실성 값 및 환경 요인 불확실성 값의 등록이 완료되면, 자율 주행 차량의 주행 과정에서 해당 위치에서의 환경 요인 불확실성 값, 센서 요인 불확실성 값, 그리고 리얼 타임으로 계산되는 DOP 값을 이용하여 해당 위치에서의 불확실성 값이 산출되고, 산출된 불확실성 값이 자율 주행 차량의 위치 추정에 적용 가능하게 된다.
- [65] 이하에서는, 도 2를 참조하여 본 발명의 제2 실시예에 따른 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 대해 상세히 설명한다.
- [66] 먼저, 복수의 불확실성 요인이 복수의 불확실성 그룹으로 그룹핑된다(S20). 제1 실시예에서와 마찬가지로, 불확실성 요인이 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인, 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인, 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인, GNSS 센서의 하드웨어적 요인과 소프트웨어적 요인, 그리고, DOP(Delusion of Precision)을 포함하는 것을 예로 한다.
- [67] 또한, DOP는 제1 실시예에서와 마찬가지로, GNSS 센서가 위치 추정 과정에 계산되며, GNSS 센서를 사용하는 환경에서 NMEA 0183 규정 정보로 실시간으로 획득된다.
- [68] 그리고, 불확실성 요인 그룹은 센서 요인 불확실성 그룹, 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되고, 각 불확실성 그룹을 구성하는

불확실성 요인은 제1 실시예와 동일하다.

[69] 이와 같이, 불확실성 요인들이 센서 요인 불확실성 그룹, 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되면, GNSS 센서의 보정을 위한 보정 모델이 등록된다(S21). 본 발명의 제2 실시예에 따른 보정 모델은 센서 요인 불확실성 값의 산출에 적용되는 보정 모델과, 실제 자율 주행 차량의 주행시 GNSS 기반의 위치 추정에 실제 적용되는 보정 모델로 구분되는데, 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

[70] 불확실성 요인들의 그룹핑과 보정 모델이 등록된 상태에서, 센서 요인 불확실성 그룹에 대한 센서 요인 불확실성 값이 측정된다(S22). 여기서, 센서 요인 불확실성 그룹에 대한 센서 요인 불확실성 값은 나머지 불확실성 그룹, 즉 환경 요인 불확실성 그룹과 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않는 조건 하에서 측정된다.

[71] 여기서, 제1 실시예에서와 마찬가지로, 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않은 조건으로 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 GNSS 센서에 적용되어 만족시키는 것을 예로 하며, 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델로 리얼 타임 키네매틱(Real time kinematic) 보정 모델이 적용되는 것을 예로 한다.

[72] 또한, 환경 요인 불확실성 그룹의 불확실성 요인들이 발생하지 않은 조건은 위성과 GNSS 센서 사이에 장애물이 존재하지 않은 위치, 예를 들어 개활지나 건물의 옥상에서 측정함으로써, 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값을 '0'으로 설정할 수 있게 된다.

[73] 이를 통해, [수학식 3]과 같이 표현된 수학적식을 통해, 장애물이 없는 위치에서 장시간 측정한 데이터를 이용하여 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와, 실제 위치 간의 편차에 의해 센서 요인 불확실성 값의 측정이 가능하게 된다.

[74] 상기과 같이, 센서 요인 불확실성 값이 측정되면, 모델 요인 불확실성 그룹의 모델 요인 불확실성 값이 측정된다(S23). 여기서, 모델 요인 불확실성 값은 환경 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건, 예컨대 상술한 바와 같이, 개활지나 건물의 옥상 등에서 측정되며, S22 단계에서 측정된 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정된다.

[75] 보다 구체적으로 설명하면, 자율 주행 차량의 실제 주행시 GNSS 기반의 위치 추정에 적용될 보정 모델이 적용된 상태에서, 환경 요인 불확실성 값이 '0'인 조건 하에서 측정하게 되면, [수학식 2]는 [수학식 4]와 같이 표현될 수 있다.

[76] [수학식 4]

$$[77] \quad AS = \sqrt{\frac{\sigma_G^2}{DOP^2} - RE^2}$$

[78] 즉, 모델 요인 불확실성 그룹에 속하는 불확실성 요인들은 보정 모델에 따라 그 값이 변하므로, 자율 주행 차량에 실제 적용되는 보정 모델이 적용된 상태에서

측정된 값과 실제 위치 간의 편차를 이용하여 모델 요인 불확실성 값의 측정이 가능하게 된다.

- [79] 상기와 같이, 센서 요인 불확실성 값과 모델 요인 불확실성 값의 측정이 완료되면, 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값을 측정하게 된다(S25). 제1 실시예에서와 마찬가지로, 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값을 측정하는데 있어서는 자율 주행 차량이 주행 도로를 주행하는 동안(S24), 각 주행 위치에 대해 환경 요인 불확실성 값이 측정된다(S25).
- [80] 즉, 자율 주행 차량의 실제 주행 도로에서의 주행 과정을 통해 각각의 주행 위치에서 측정되는 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와, 실제 위치 간의 편차에 의해 각 주행 위치에서의 환경 요인 불확실성 값이 측정된다. 이 때, [수학식 2]에서 센서 요인 불확실성 값과 모델 요인 불확실성 값은 측정된 상태이므로, 최종적으로 환경 요인 불확실성 값의 산출이 가능하게 된다.
- [81] 상기와 같이, 각각의 주행 위치에서 측정된 환경 요인 불확실성 값은 주행 도로의 지도 상의 위치에 대응하여 맵핑되어 환경 요인 불확실성 지도 형태로 생성되어 등록된다(S15).
- [82] 이하에서는 도 3 내지 도 12를 참조하여 본 발명에 따른 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법의 효과에 대해 설명한다. 도 3은 본 발명에 따른 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법을 실험하기 위한 실제 주행 도로의 위성 사진으로, 흰색으로 표시된 구간이 실험에 적용된 경로이다. 실제 주행 도로는 주변 건물의 높이가 높아 위성 신호 수신에 방해가 발생하는 도시 환경의 특징을 갖는다.
- [83] 도 4의 (a)는 도 3에 도시된 주행 도로를 10회 반복 주행하여 환경 요인 불확실성 값을 측정하고, 측정된 환경 요인 불확실성 값을 지도상에 맵핑하여 환경 요인 불확실성 지도를 작성한 것이다. 환경 요인 불확실성 지도에서 붉은색일수록, 즉 그라데이션 점수가 높을수록 불확실성이 큰 것을 나타내고 있다.
- [84] 도 4의 (b)는 GNSS 센서에 의한 측정값(GNSS data)과 실제 위치(Ground truth)를 나타낸 도면이다. 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, GNSS 센서의 측정값의 오차가 큰 지역에서 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 환경 요인 불확실성 값이 크게 나타남을 확인할 수 있다.
- [85] 도 5 내지 도 7은 본 발명에 따른 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 의해 측정된 불확실성 값, 기존의 GNSS 센서에서 산출되는 불확실성 값, 그리고 실제 위치 오차를 비교한 도면이다.
- [86] 도 5 내지 도 7에서는 불확실성 모델의 2시그마를 비교한 것으로, 붉은색 선(2σ of the proposed method)이 본 발명에 따른 GNSS 센서 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 의한 2시그마 값이고, 초록색 선(2σ receiver estimated)이 GNSS 센서가 출력한 2시그마 값이고, 파란색 선(Position error)이 실제 발생한 위치 오차이다.

- [87] 도 5의 (a)는 도 3에 도시된 전체 구간의 그래프를 나타낸 것이고, 도 5의 (b)는 도 5의 (a)의 A 영역을 확대한 도면이다. 도 5의 (b)를 참조하여 설명하면, 위치 오차가 0.3m 이내로 작은 구간에서는 본 발명에 따른 방법과 기존 모델과 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있으며, 다만 기존의 GNSS 센서의 출력에 따른 불확실성 값이 실제 위치 오차의 크기와 무관하게 크게 측정되는 경우(도 5의 (b)의 원 참조)가 발생하는 것을 확인할 수 있다.
- [88] 도 6의 (a) 및 (b)는 도 5의 B 영역을 확대한 도면이다. 위치 오차가 크게 발생한 영역으로, 도 6의 (a)를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 방법이 위치 오차를 감싸는 형태로, 불확실성을 잘 표현하고 있음을 확인할 수 있으며, GNSS 센서의 출력에 따른 불확실성 값이 다수의 구간에서 실제 위치 오차보다 매우 크게 나타남을 확인할 수 있다.
- [89] 또한, 도 6의 (b)를 참조하여 설명하면, 위치 오차가 10m 이상인 경우에는 GNSS 센서의 출력에 따른 불확실성 값이 실제 오차보다 작은 값으로 제공되는 것을 확인할 수 있으며, 반면, 본 발명에 따른 방법의 불확실성 값은 실제 위치 오차를 약간 상회하는 크기로 제공되어 실제 위치 오차에 근접함을 확인할 수 있다.
- [90] 도 7은 도 5의 C 영역을 확대한 도면이다. 도 7을 참조하여 설명하면, C 영역 또는 전술한 A 및 B 영역과 동일한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 실제 위치 오차가 본 발명에 따른 방법의 불확실성 값으로 잘 반영되고 있음을 확인할 수 있다.
- [91] 도 8 내지 도 12는 본 발명에 따른 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법을 통해 제공되는 불확실성 값을 이용하여 오도메트리 값과 보정 모델을 융합한 위치 추정의 실험 결과를 나타낸 도면이다.
- [92] 도 8은 전체 구간을 나타낸 도면이고, 도 9, 도 10, 도 11 및 도 12는 도 8의 A 영역, B 영역, C 영역 및 D 영역을 각각 확대하여 나타낸 도면이다. 도 8 내지 도 12에서 선 'EKF(proposed)'는 본 발명에 따른 방법이 적용되어 얻은 모델의 결과값이고, 선 'EKF(receiver)'는 GNSS 센서의 출력이 적용되어 얻은 모델의 결과값이고, 선 'GNSS data'는 GNSS 센서의 측정값이고, 선 'Ground truth'는 실제 위치이다.
- [93] 도 9를 참조하여 설명하면, 도 8의 A 영역에서의 위치 추정 결과, 본 발명에 따른 방법과 기존의 GNSS 센서의 출력을 이용한 방법을 비교할 때, GNSS 센서가 정밀한 경우에는 큰 차이를 보이지 않음을 확인할 수 있다.
- [94] 일반적인 주행 차로의 폭이 3.2m이기 때문에 위치 추정 오차가 1.6m를 넘어가게 되면 다른 차로에 있다고 위치 추정을 하게 되는 것이므로, 이를 크리티컬 포인트라고 생각하여 1.6m 이내로 오차가 나타난 구간을 조사해 보면, 두 경우 모두 100%로 나타났다.
- [95] 도 10을 참조하여 설명하면, 위치 추정 오차가 큰 경우에는, 기존 방법이 GNSS 위치 추정 오차에 비해 낮은 불확실성을 계산하여 결과값이 매우 큰 오차를 나타냈지만, 본 발명에 따른 방법은 큰 불확실성 값을 부여해 정밀한 위치 추정

결과를 나타냈다.

- [96] 도 11을 참조하여 설명하면, 위치 추정 오차가 작은 구간으로, A 영역에서와 마찬가지로, 본 발명에 따른 방법과 기존 방법 큰 차이가 나타나지 않지만, 본 발명에 따른 방법이 보다 정밀함을 확인할 수 있다.
- [97] 도 12를 참조하여 설명하면, GNSS 위치 측정 오차가 큰 구간으로 B 영역과 마찬가지로, 본 발명에 따른 방법이 좀 더 좋은 성능을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.
- [98] 도 13은 본 발명에 따른 본 발명에 따른 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법과 기존의 GNSS 센서의 출력이 적용되어 얻은 위치추정 모델의 평균 제공근 오차를 나타낸 도면으로, 추가적인 8번의 실험 데이터가 적용되었다. 'EKF proposed'가 본 발명에 따른 불확실성을 측정하는 방법의 평균 제공근 오차이고, 'EKF conventional'이 기존의 GNSS 센서의 출력이 적용되어 얻은 위치추정 모델의 평균 제공근 오차이다. 도 13에 도시된 바와 같이, 모든 환경에서 본 발명에 따른 방법이 평균 제공근 오차가 줄어들었음을 확인할 수 있다.
- [99] 도 14 내지 도 21은 도 13의 가로축에 나타난 숫자, 즉 1번부터 8번까지의 실험환경 및 실험 데이터를 나타내고 있다. 도 14 내지 도 21의 (a)는 실제 주행 도로의 위성사진으로 흰색으로 표시된 구간이 실험에 적용된 경로로, 표기된 숫자는 도 13의 실험 번호이다. 도 14 내지 도 21의 (c)는 도 14 내지 도 21의 (a)의 주행 도로를 10회 반복 주행하여 측정된 환경 요인 불확실성 값을 지도상에 맵핑하여 환경 요인 불확실성 지도를 작성한 것이다. 파란색에 가까울수록, 즉 그라데이션 값이 작을수록 불확실성이 크기가 작아지고, 노란색에 가까울수록, 즉 그라데이션 값이 클수록 불확실성 크기가 큰 것을 의미한다. 그리도, 도 14 내지 도 21의 (b)는 실제 주행 환경의 일부를 촬영한 도면이다.
- [100] 도 14 내지 도 21의 (d)에서 선 'EKF proposed'가 본 발명에 따른 방법이 적용되어 얻은 모델의 결과값이고, 선 'EKF conventional'이 GNSS 센서에서 제공되는 불확실성 값이 그대로 적용된 모델의 결과값이고, 선 'GNSS'가 GNSS 센서의 측정값이고, 선 'Ground truth'가 실제 위치이다.
- [101] 본 발명에 따른 불확실성을 측정하는 방법이 적용된 위치 추정 모델이 GNSS 센서에서 제공하는 불확실성을 그대로 사용하는 방법보다 실제 위치인 Ground truth와 근접하는 것을 확인할 수 있으며, GNSS에 대한 신뢰도를 낮추어 좋은 위치 추정 결과를 확인할 수 있다.
- [102] 도 18의 (b)를 참조하여 설명하면, 도 13의 5번 실험 환경에서 실험 환경 주변에 고가도로가 존재하는 환경이고, 도 20의 (b)를 참조하여 설명하면 도 16의 7번 실험 환경으로 육교가 존재하는 환경이다. 두 환경 모두 GNSS 센서를 가리게 되어 GNSS 센서 수신에 영향을 주는 환경이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 주위에 높은 건물이 존재하는 환경과 함께 실제 주행에서 GNSS 센서 정확도를 떨어뜨리는 대표적인 환경임을 확인할 수 있다.

- [103] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

산업상 이용가능성

- [104] 본 발명은 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법으로 GNSS 센서를 이용하는 자율 주행 차량 또는 실외 이동 로봇의 자율 주행에 사용될 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 있어서,
 (a) 센서 요인 불확실성 그룹의 센서 요인 불확실성 값이 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는 단계와,
 (b) 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 상기 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되되 상기 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와,
 (c) 상기 센서 요인 불확실성 값 및 상기 환경 요인 불확실성 값에 기초하여 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이 측정되는 단계를 포함하며;
 상기 센서 요인 불확실성 그룹, 상기 환경 요인 불확실성 그룹 및 상기 모델 요인 불확실성 그룹은 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 야기하는 복수의 불확실성 요인이 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 센서 요인 불확실성 그룹에는 GNSS 센서 자체에 의해 야기되는 불확실성 요인들로 그룹핑되고,
 상기 환경 요인 불확실성 그룹에는 위성과 상기 GNSS 센서 사이의 장애물에 의해 야기되는 불확실성 요인들로 그룹핑되며;
 상기 모델 요인 불확실성 그룹에는 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 적용되는 보정 모델의 종류에 따라 불확실성이 변하는 불확실성 요인들이 그룹핑되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 센서 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 상기 GNSS 센서의 하드웨어적 불확실성 요인과 소프트웨어적 불확실성 요인을 포함하고;
 상기 환경 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인과, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인을 포함하며;
 상기 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인 및 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인을 포함하는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.

- [청구항 4] 제3항에 있어서,
 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계에서 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않은 조건은 상기 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 적용되어 만족되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 5] 제3항에 있어서,
 상기 (a) 단계에서 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않는 조건은 상기 위성과 상기 GNSS 센서 사이에 장애물이 존재하지 않는 위치에서 측정하는 것에 의해 만족되며;
 상기 장애물이 존재하지 않는 위치에서 측정된 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와 실제 위치 간의 편차에 의해 상기 환경 요인 불확실성 값이 측정되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 6] 제3항에 있어서,
 상기 (b) 단계에서는
 실제 주행 도로에서의 주행 과정을 통해 각각의 주행 위치에서 측정된 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와 실제 위치 간의 편차에 의해 각 주행 위치에서의 상기 환경 요인 불확실성 값이 측정되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,
 상기 환경 요인 불확실성 값은 상기 주행 도로의 지도 상의 위치에 대응하여 맵핑되어 환경 요인 불확실성 지도 형태로 등록되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 8] 제3항에 있어서,
 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값은 수학적식

$$\sigma_G = DOP \times \sqrt{AS^2 + RE^2 + LC^2}$$
 (σ_G 는 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이고, DOP는 Delusion of Precision이고, AS는 상기 모델 요인 불확실성 값이고, RE는 상기 센서 요인 불확실성 값이고, LC는 상기 환경 요인 불확실성 값이다)
- [청구항 9] GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법에 있어서,
 (A) 센서 요인 불확실성 그룹의 센서 요인 불확실성 값이 환경 요인 불확실성 그룹 및 모델 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되는 단계와,
 (B) 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 모델 요인 불확실성 값이 상기 환경 요인 불확실성 그룹이 발생하지 않는 조건 하에서 측정되되 상기 센서 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와,

(C) 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 환경 요인 불확실성 값이 상기 센서 요인 불확실성 값 및 상기 모델 요인 불확실성 값이 적용되어 측정되는 단계와,

(D) 상기 센서 요인 불확실성 값, 상기 모델 요인 불확실성 값 및 상기 환경 요인 불확실성 값에 기초하여 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이 측정되는 단계를 포함하며;

상기 센서 요인 불확실성 그룹, 상기 환경 요인 불확실성 그룹 및 상기 모델 요인 불확실성 그룹은 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 야기하는 복수의 불확실성 요인이 불확실성의 발생 원인에 따라 그룹핑되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.

[청구항 10] 제9항에 있어서,
상기 센서 요인 불확실성 그룹에는 GNSS 센서 자체에 의해 야기되는 불확실성 요인들로 그룹핑되고,
상기 환경 요인 불확실성 그룹에는 위성과 상기 GNSS 센서 사이의 장애물에 의해 야기되는 불확실성 요인들로 그룹핑되며;
상기 모델 요인 불확실성 그룹에는 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 적용되는 보정 모델의 종류에 따라 불확실성이 변하는 불확실성 요인들이 그룹핑되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.

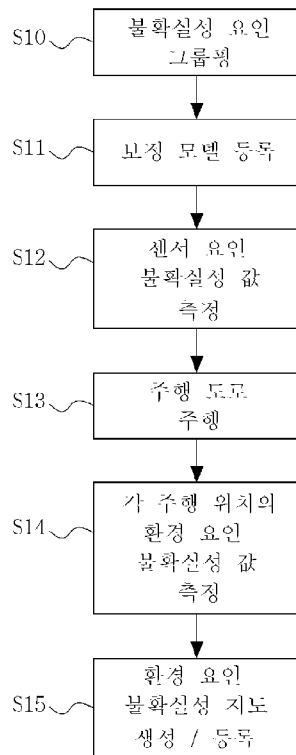
[청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 센서 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 상기 GNSS 센서의 하드웨어적 불확실성 요인과 소프트웨어적 불확실성 요인을 포함하고;
상기 환경 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 멀티패스 영향(Multipath effect) 요인과, 신호 가림(Foliage attenuation) 요인을 포함하며;
상기 모델 요인 불확실성 그룹으로 그룹핑되는 불확실성 요인은 천문력 오차(Ephemeris error) 요인, 위성 시계 오차(Satellite clock error) 요인, 전리층 영향(Ionospheric effect) 요인 및 대기층 영향(Tropospheric effect) 요인을 포함하는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.

[청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 (A) 단계에서 상기 모델 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않은 조건은 상기 모델 요인 불확실성 값을 '0'으로 하는 보정 모델이 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 임시 적용되어 만족되며;
상기 (B) 단계에서 상기 모델 요인 불확실성 값은 상기 GNSS 기반의 위치 추정에 실제 적용된 보정 모델이 적용되어 측정되는 것을 특징으로 하는

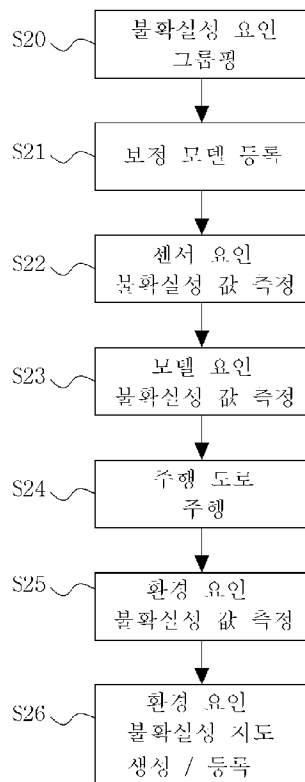
GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.

- [청구항 13] 제11항에 있어서,
 상기 (A) 단계에서 상기 환경 요인 불확실성 그룹의 불확실성이 발생하지 않는 조건은 상기 위성과 상기 GNSS 센서 사이에 장애물이 존재하지 않는 위치에서 측정하는 것에 의해 만족되며;
 상기 장애물이 존재하지 않는 위치에서 측정된 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와 실제 위치 간의 편차에 의해 상기 환경 요인 불확실성 값이 측정되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 14] 제11항에 있어서,
 상기 (C) 단계에서는
 실제 주행 도로에서의 주행 과정을 통해 각각의 주행 위치에서 측정된 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 측정 위치와 실제 위치 간의 편차에 의해 각 주행 위치에서의 상기 환경 요인 불확실성 값이 측정되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 15] 제14항에 있어서,
 상기 환경 요인 불확실성 값은 상기 주행 도로의 지도 상의 위치에 대응하여 맵핑되어 환경 요인 불확실성 지도 형태로 등록되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.
- [청구항 16] 제11항에 있어서,
 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값은 수학적식
- $$\sigma_G = DOP \times \sqrt{AS^2 + RE^2 + LC^2}$$
- (σ_G 는 상기 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성 값이고, DOP는 Delusion of Precision이고, AS는 상기 모델 요인 불확실성 값이고, RE는 상기 센서 요인 불확실성 값이고, LC는 상기 환경 요인 불확실성 값이다)
 로 표현되는 것을 특징으로 하는 GNSS 기반의 위치 추정의 불확실성을 측정하는 방법.

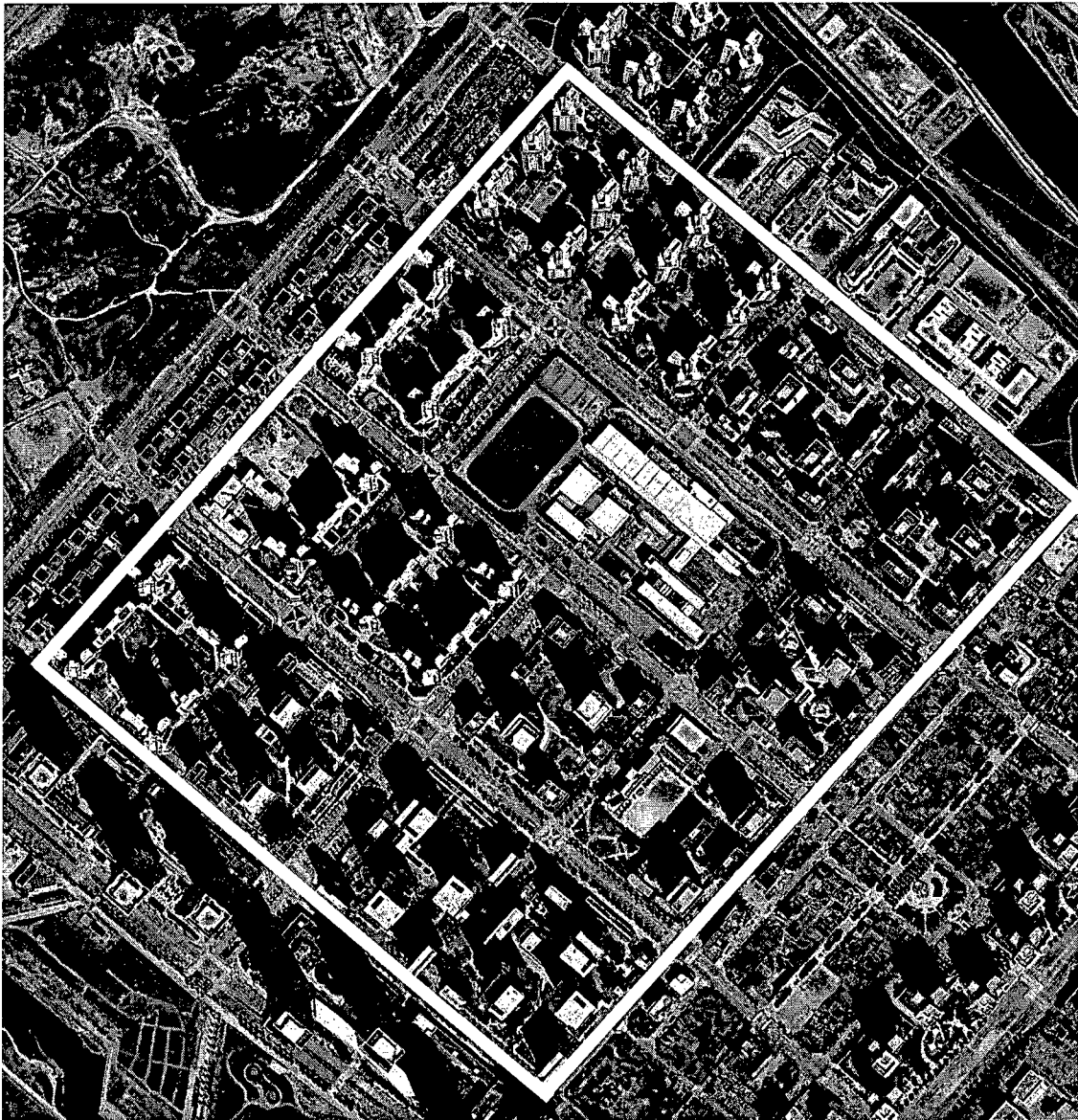
[도1]



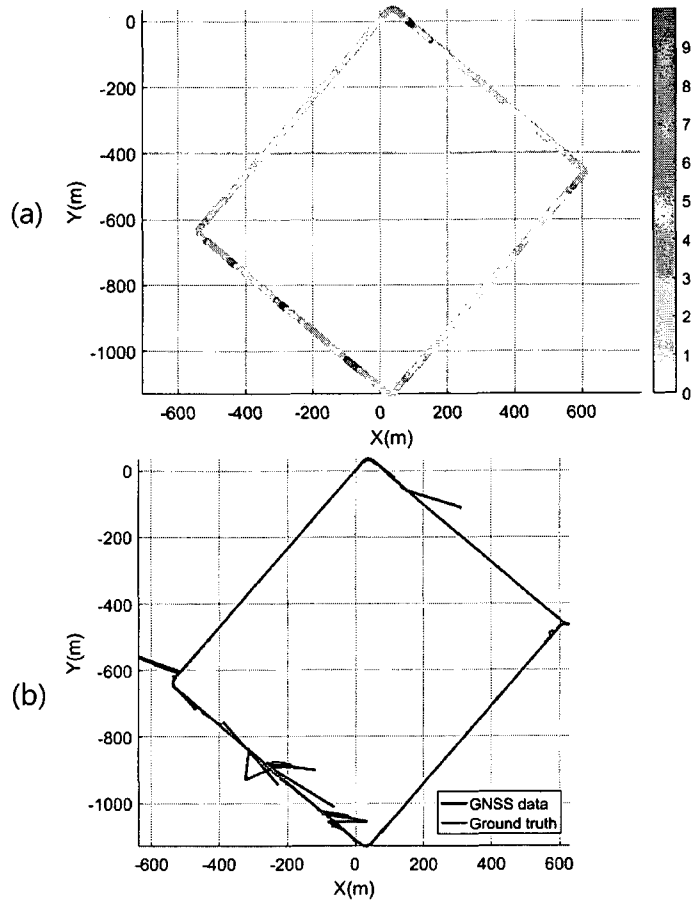
[도2]



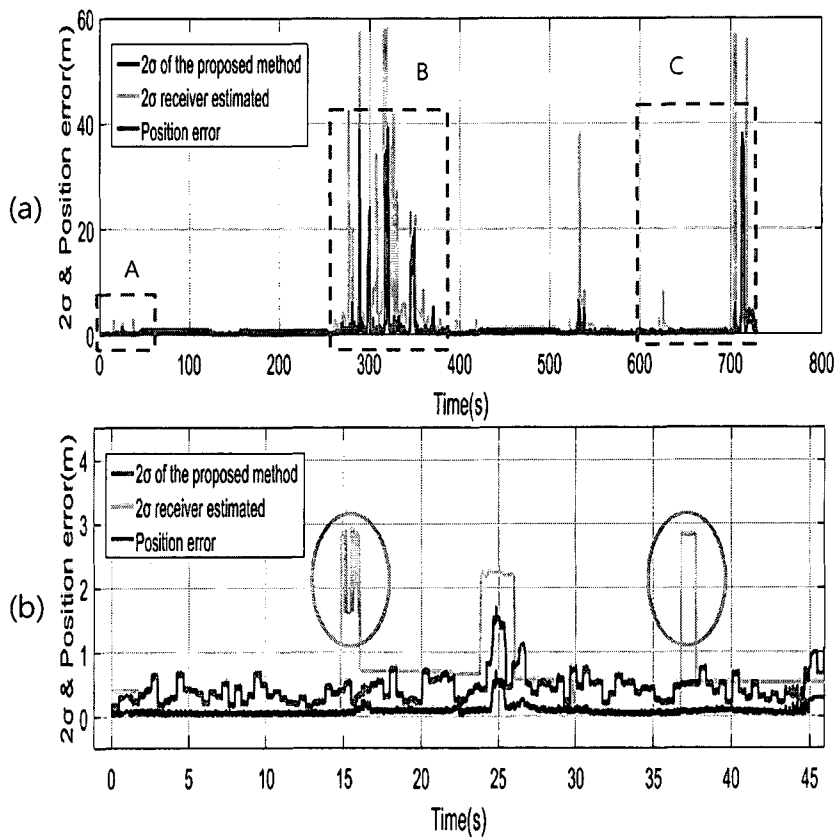
[도3]



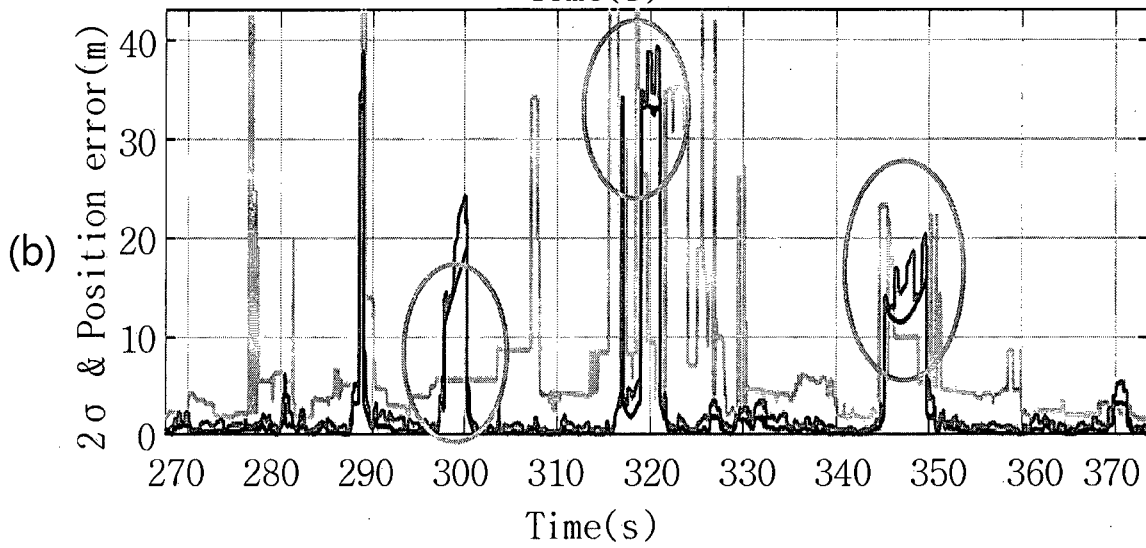
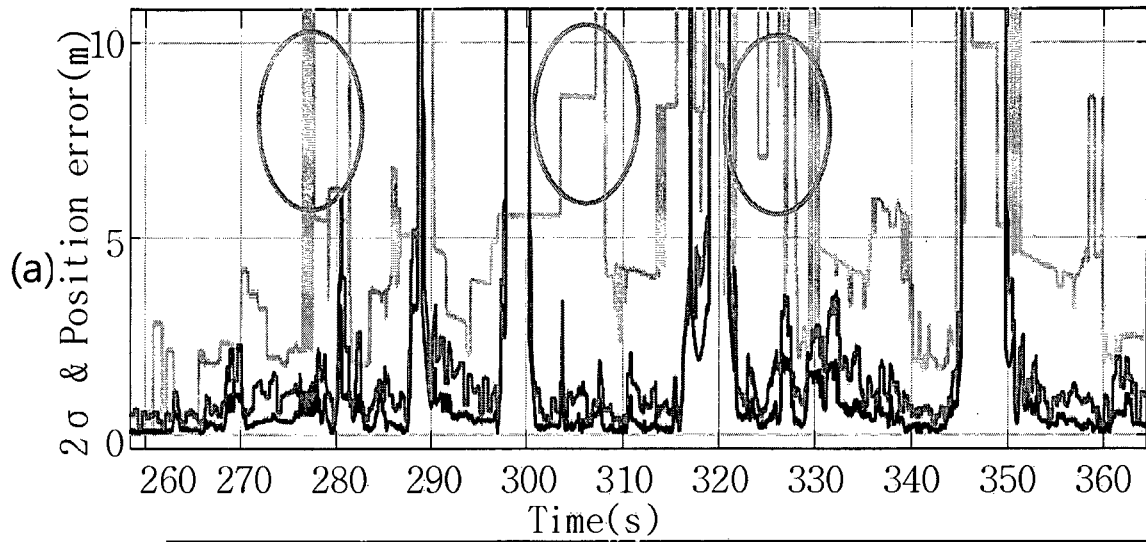
[도4]



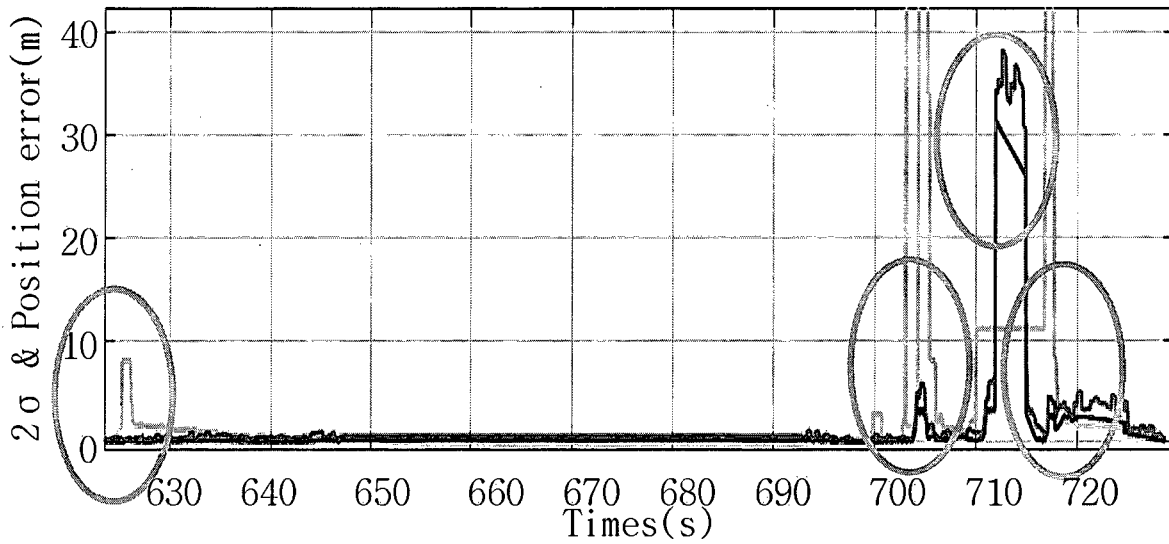
[도5]



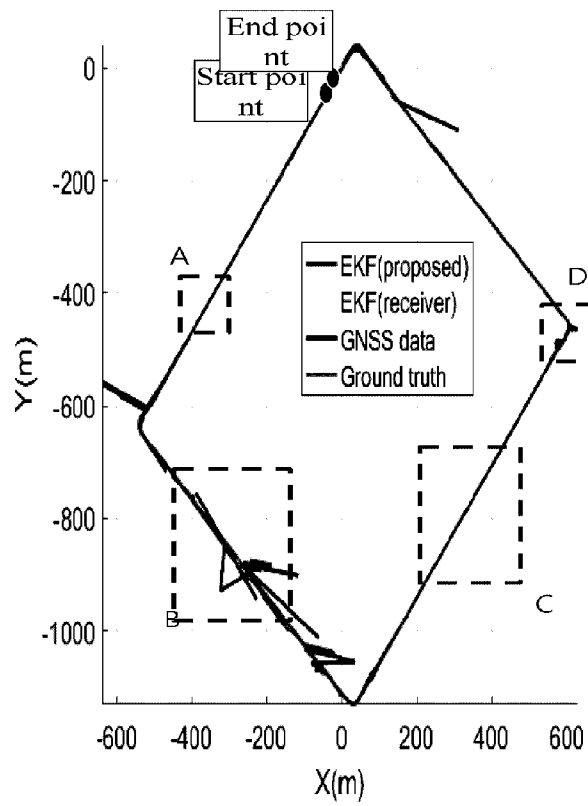
[도6]



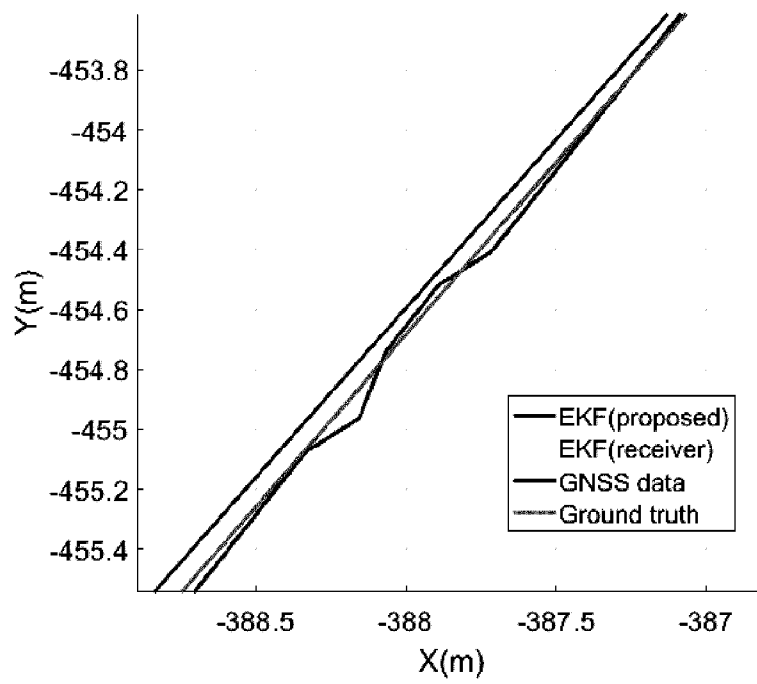
[도7]



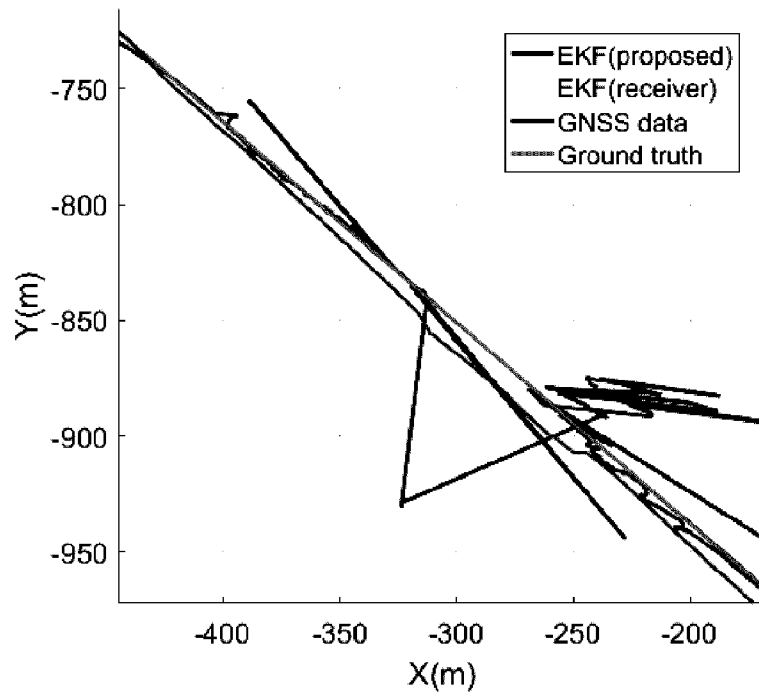
[도8]



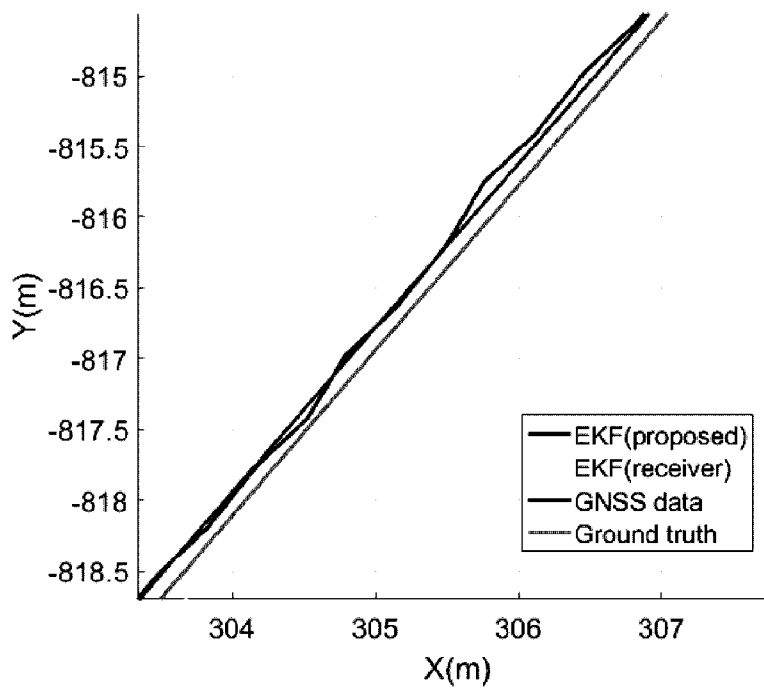
[도9]



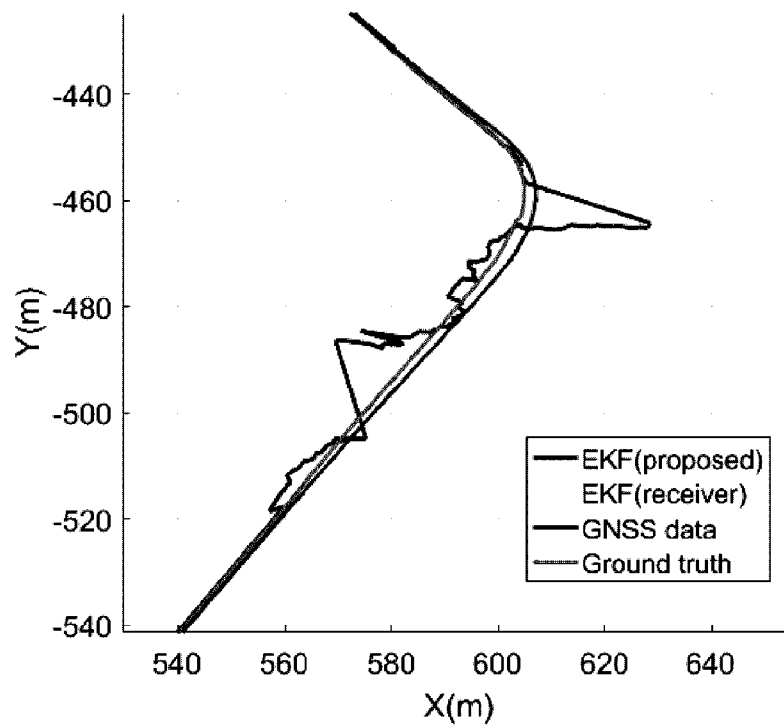
[도10]



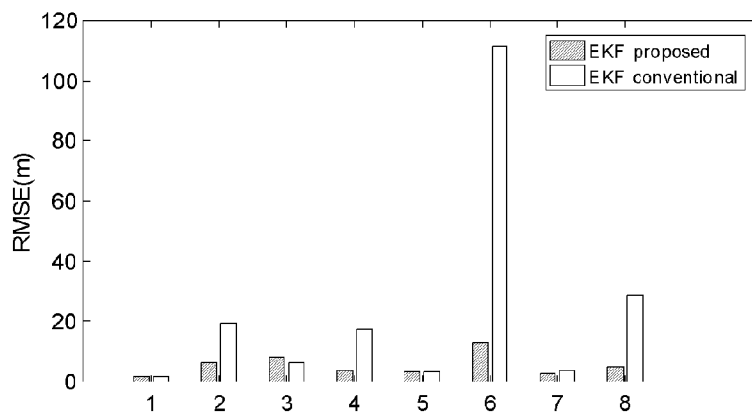
[도11]



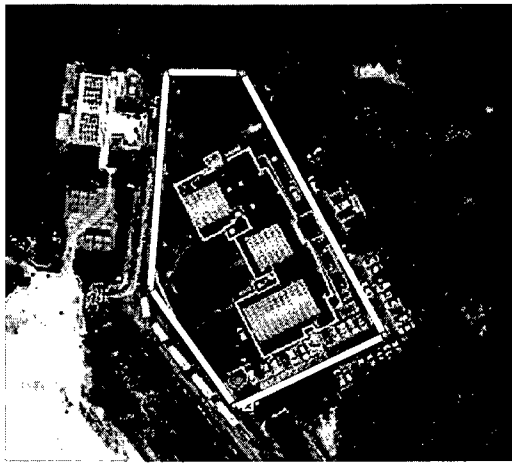
[도12]



[도13]



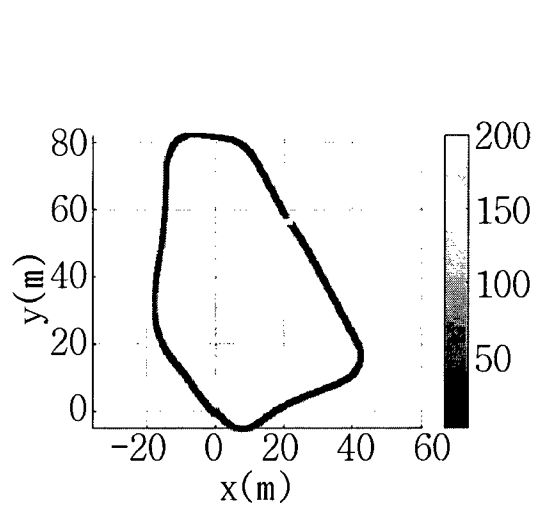
[도14]



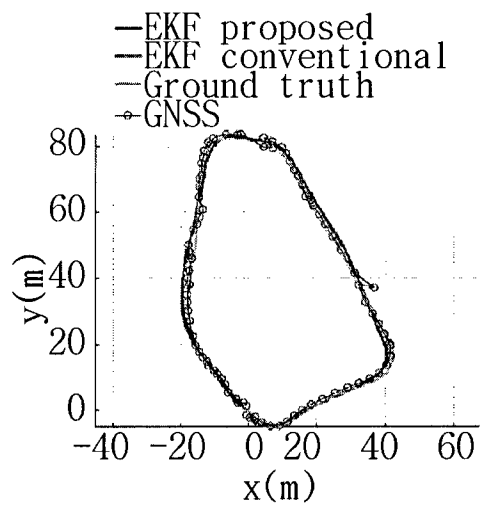
(a)



(b)

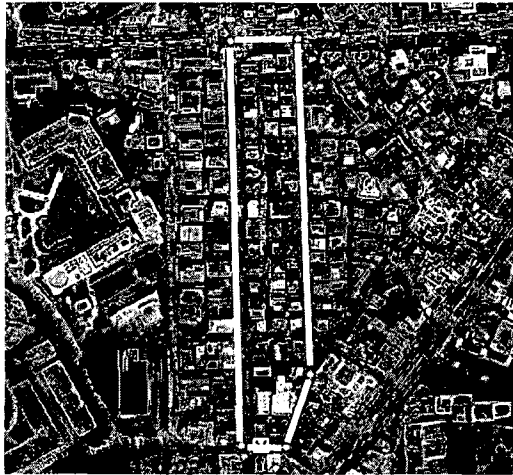


(c)



(d)

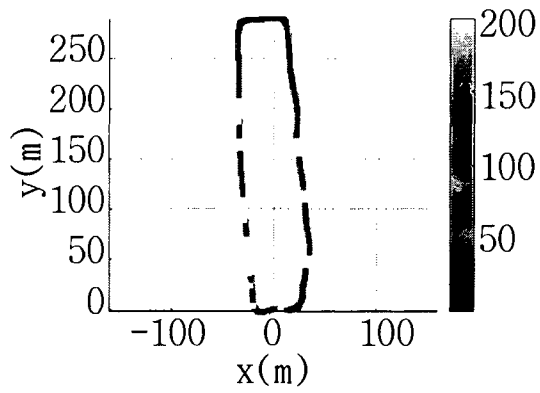
[도15]



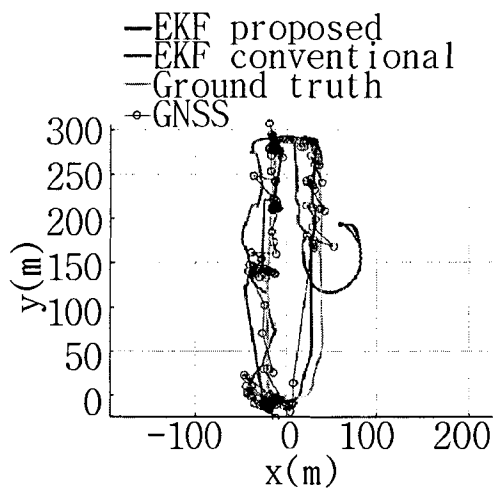
(a)



(b)

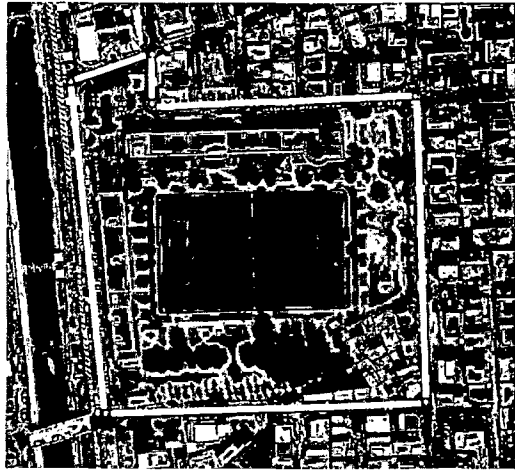


(c)



(d)

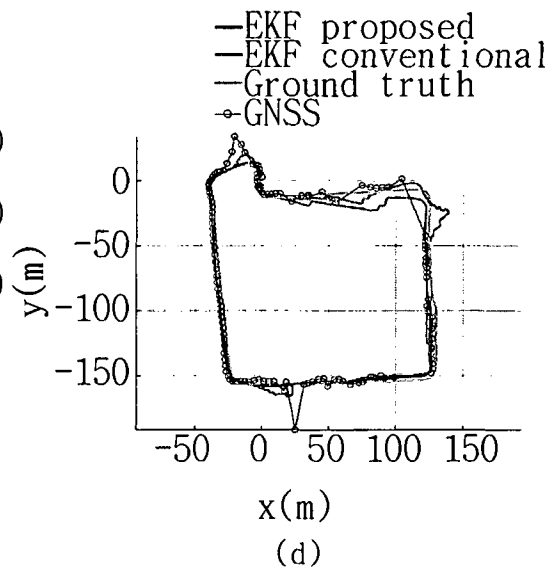
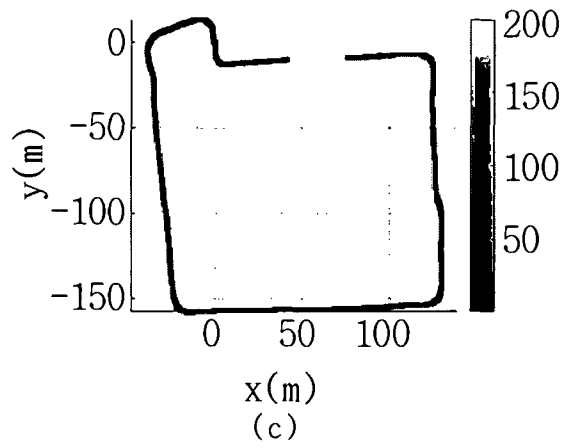
[도16]



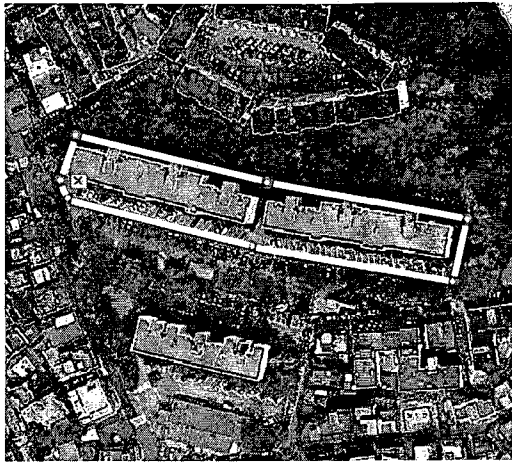
(a)



(b)



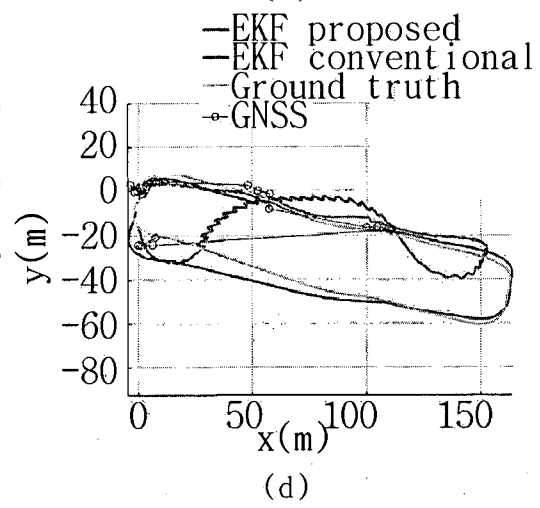
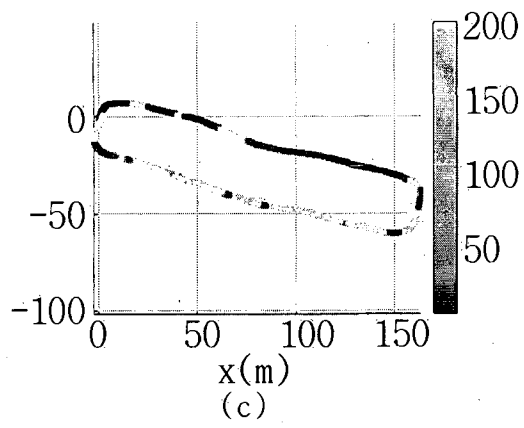
[도17]



(a)



(b)



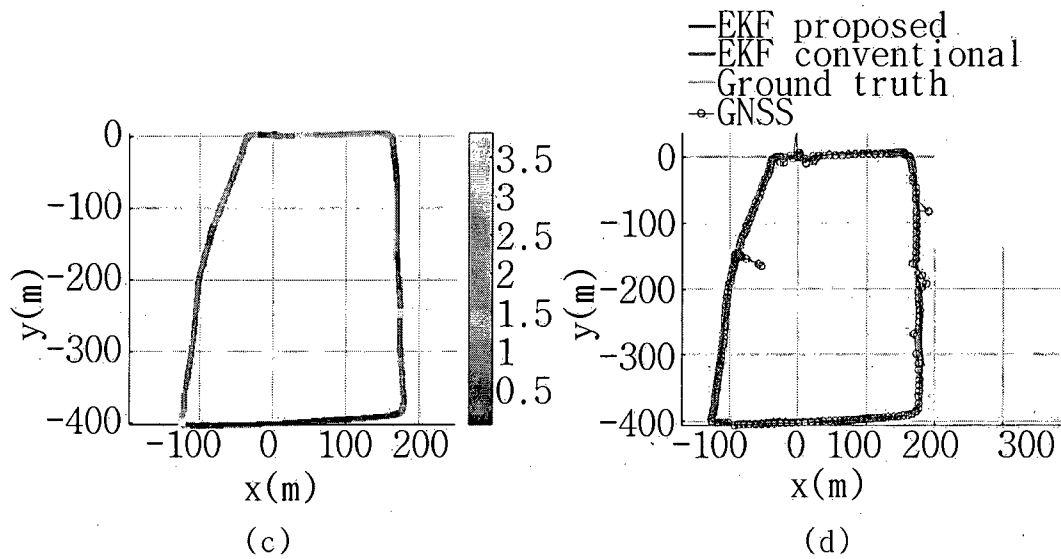
[도18]



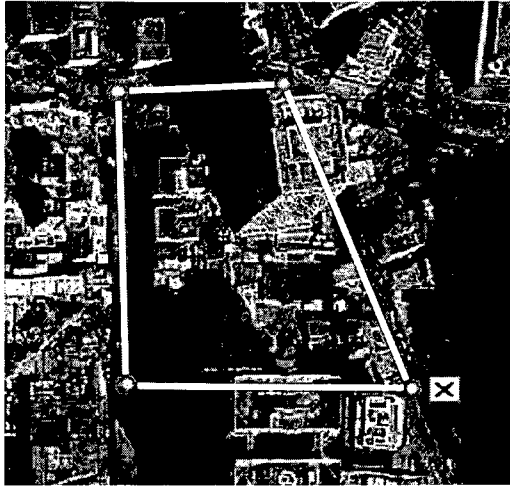
(a)



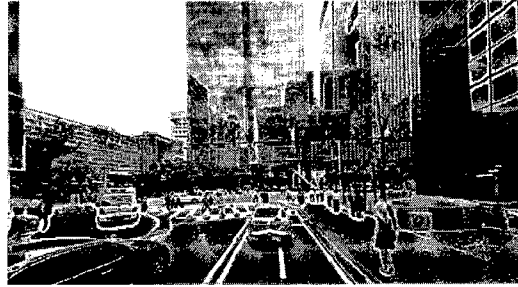
(b)



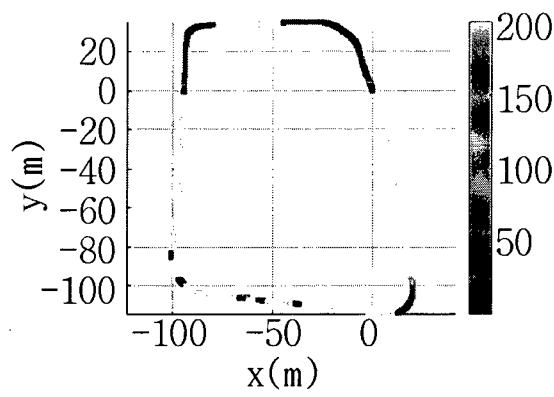
[도 19]



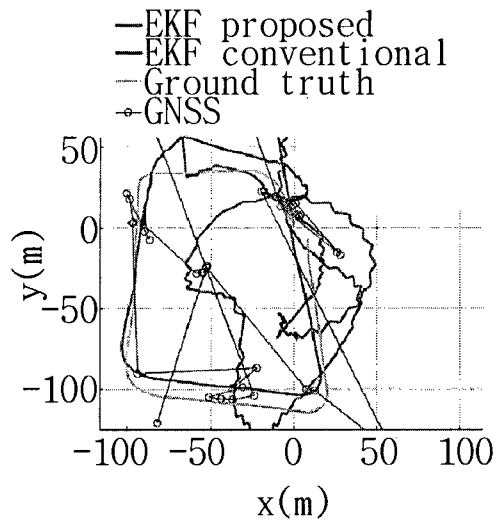
(a)



(b)



(c)



(d)

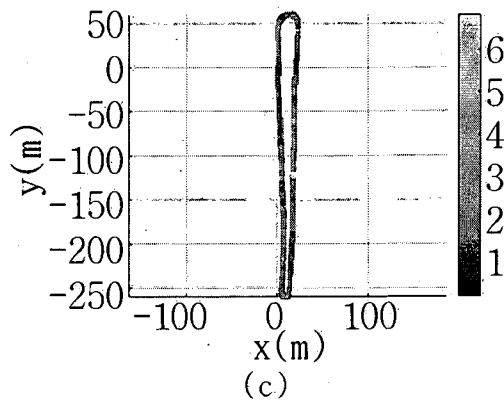
[도20]



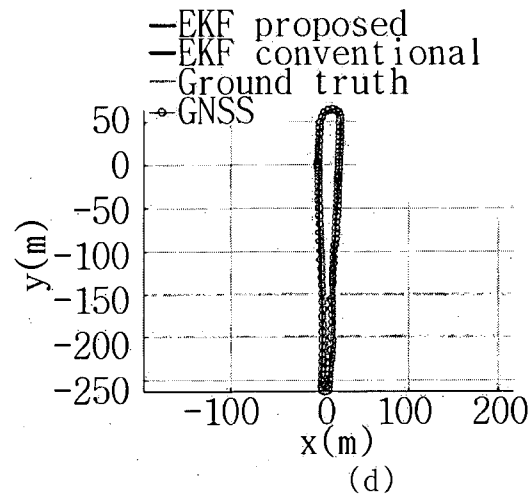
(a)



(b)

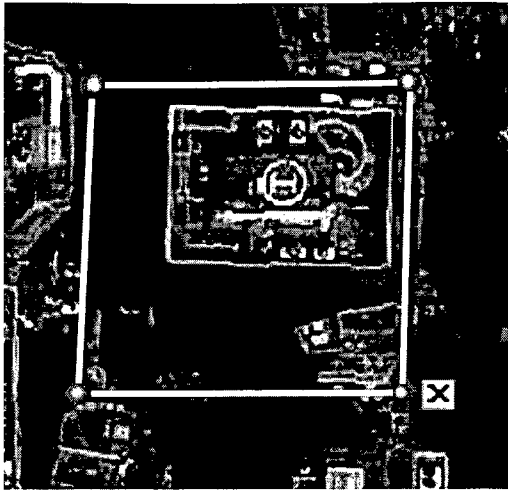


(c)



(d)

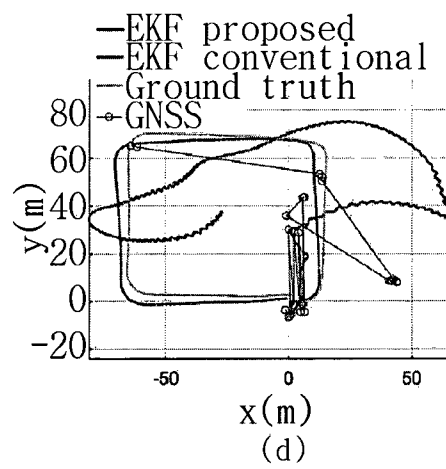
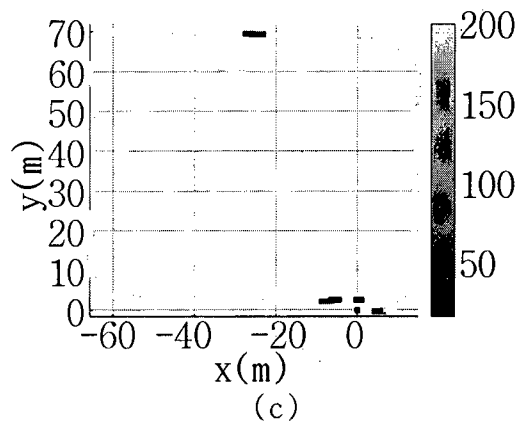
[도21]



(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/014982**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****G01S 19/20(2010.01)i, G01S 19/42(2010.01)i, G05D 1/02(2006.01)i, G05D 1/00(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 19/20; G01S 19/52; G01S 19/37; G01C 21/20; G01C 22/00; G01S 5/02; G01S 19/42; G05D 1/02; G05D 1/00

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: GNSS, location, estimation, uncertainty, sensor, environment, model, multipath, disability

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 9467803 B2 (SIOMINA et al.) 11 October 2016 See column 19, line 38-column 20, line 26; claim 1; and figures 5-7.	1-16
A	KR 10-2017-0013257 A (QUALCOMM INCORPORATED) 06 February 2017 See paragraphs [0037]-[0045]; and figures 1, 2a-2b.	1-16
A	KR 10-2016-0003111 A (QUALCOMM INCORPORATED) 08 January 2016 See figures 2a-2b.	1-16
A	US 8525727 B2 (ROH et al.) 03 September 2013 See figures 6, 7a-7c.	1-16
A	US 9223004 B2 (QUALCOMM INCORPORATED) 29 December 2015 See figures 3, 5.	1-16



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

19 APRIL 2018 (19.04.2018)

Date of mailing of the international search report

19 APRIL 2018 (19.04.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/014982

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 9467803 B2	11/10/2016	CN 104798393 A	22/07/2015
		EP 2901737 A1	05/08/2015
		EP 2901737 A4	15/06/2016
		US 2014-0087754 A1	27/03/2014
		WO 2014-047824 A1	03/04/2014
KR 10-2017-0013257 A	06/02/2017	CN 106461398 A	22/02/2017
		EP 3152586 A1	12/04/2017
		JP 2017-520762 A	27/07/2017
		US 2015-0354969 A1	10/12/2015
		US 9528837 B2	27/12/2016
		WO 2015-187890 A1	10/12/2015
KR 10-2016-0003111 A	08/01/2016	CN 105164546 A	16/12/2015
		CN 105164546 B	27/06/2017
		EP 2992354 A1	09/03/2016
		EP 2992354 B1	31/05/2017
		JP 2016-522403 A	28/07/2016
		TW 201445172 A	01/12/2014
		TW 1529406 B	11/04/2016
		US 2014-0329538 A1	06/11/2014
		US 9078232 B2	07/07/2015
		WO 2014-179399 A1	06/11/2014
US 8525727 B2	03/09/2013	US 2009-168843 A1	02/07/2009
		US 2010-171659 A1	08/07/2010
		US 2010-271261 A1	28/10/2010
		US 2011-103432 A1	05/05/2011
		US 2011-156954 A1	30/06/2011
		US 2013-093496 A1	18/04/2013
		US 2013-162477 A1	27/06/2013
		US 2015-017939 A1	15/01/2015
		US 2015-160350 A1	11/06/2015
		US 2015-195003 A1	09/07/2015
		US 2016-306049 A1	20/10/2016
		US 8305270 B2	06/11/2012
		US 8331898 B2	11/12/2012
		US 9036683 B2	19/05/2015
		US 9110161 B2	18/08/2015
		US 9407318 B2	02/08/2016
		WO 2009-046244 A2	09/04/2009
		WO 2009-046244 A3	22/05/2009
US 9223004 B2	29/12/2015	US 2014-0288822 A1	25/09/2014
		WO 2014-153506 A1	25/09/2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01S 19/20(2010.01)i, G01S 19/42(2010.01)i, G05D 1/02(2006.01)i, G05D 1/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01S 19/20; G01S 19/52; G01S 19/37; G01C 21/20; G01C 22/00; G01S 5/02; G01S 19/42; G05D 1/02; G05D 1/00

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: GNSS, 위치, 추정, 불확실성, 센서, 환경, 모델, 다중 경로, 장애

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 9467803 B2 (SIOMINA 등.) 2016.10.11 컬럼 19, 라인 38 - 컬럼 20, 라인 26; 청구항 1; 및 도면 5-7 참조.	1-16
A	KR 10-2017-0013257 A (켈컴 인코포레이티드) 2017.02.06 단락 [0037]-[0045]; 및 도면 1, 2a-2b 참조.	1-16
A	KR 10-2016-0003111 A (켈컴 인코포레이티드) 2016.01.08 도면 2a-2b 참조.	1-16
A	US 8525727 B2 (ROH 등.) 2013.09.03 도면 6, 7a-7c 참조.	1-16
A	US 9223004 B2 (QUALCOMM INCORPORATED) 2015.12.29 도면 3, 5 참조.	1-16

☐ 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

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

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

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

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

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

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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2018년 04월 19일 (19.04.2018)

국제조사보고서 발송일

2018년 04월 19일 (19.04.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

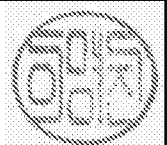
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이명진

전화번호 +82-42-481-8474



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 9467803 B2	2016/10/11	CN 104798393 A EP 2901737 A1 EP 2901737 A4 US 2014-0087754 A1 WO 2014-047824 A1	2015/07/22 2015/08/05 2016/06/15 2014/03/27 2014/04/03
KR 10-2017-0013257 A	2017/02/06	CN 106461398 A EP 3152586 A1 JP 2017-520762 A US 2015-0354969 A1 US 9528837 B2 WO 2015-187890 A1	2017/02/22 2017/04/12 2017/07/27 2015/12/10 2016/12/27 2015/12/10
KR 10-2016-0003111 A	2016/01/08	CN 105164546 A CN 105164546 B EP 2992354 A1 EP 2992354 B1 JP 2016-522403 A TW 201445172 A TW I529406 B US 2014-0329538 A1 US 9078232 B2 WO 2014-179399 A1	2015/12/16 2017/06/27 2016/03/09 2017/05/31 2016/07/28 2014/12/01 2016/04/11 2014/11/06 2015/07/07 2014/11/06
US 8525727 B2	2013/09/03	US 2009-168843 A1 US 2010-171659 A1 US 2010-271261 A1 US 2011-103432 A1 US 2011-156954 A1 US 2013-093496 A1 US 2013-162477 A1 US 2015-017939 A1 US 2015-160350 A1 US 2015-195003 A1 US 2016-306049 A1 US 8305270 B2 US 8331898 B2 US 9036683 B2 US 9110161 B2 US 9407318 B2 WO 2009-046244 A2 WO 2009-046244 A3	2009/07/02 2010/07/08 2010/10/28 2011/05/05 2011/06/30 2013/04/18 2013/06/27 2015/01/15 2015/06/11 2015/07/09 2016/10/20 2012/11/06 2012/12/11 2015/05/19 2015/08/18 2016/08/02 2009/04/09 2009/05/22
US 9223004 B2	2015/12/29	US 2014-0288822 A1 WO 2014-153506 A1	2014/09/25 2014/09/25