



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년01월25일
(11) 등록번호 10-1700044
(24) 등록일자 2017년01월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 19/03 (2010.01) G01C 15/00 (2006.01)
G01S 15/87 (2006.01) G01S 15/89 (2006.01)
G01S 19/14 (2010.01) G01S 19/31 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01S 19/03 (2013.01)
G01C 15/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0139329

(22) 출원일자 2015년10월02일

심사청구일자 2015년10월02일

(56) 선행기술조사문헌

JP09211126 A*
KR1020060061945 A
KR101488134 B1*
KR100898618 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

기술이전 회망 : 기술양도

(73) 특허권자

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)

(72) 발명자

이홍규

경상남도 김해시 경원로55번길 9, 325동 104호(내동, 동아2차아파트)

류시완

경상남도 창원시 성산구 외동반림로 219, 112동 204호(반림동, 현대아파트)

(74) 대리인

김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 14 항

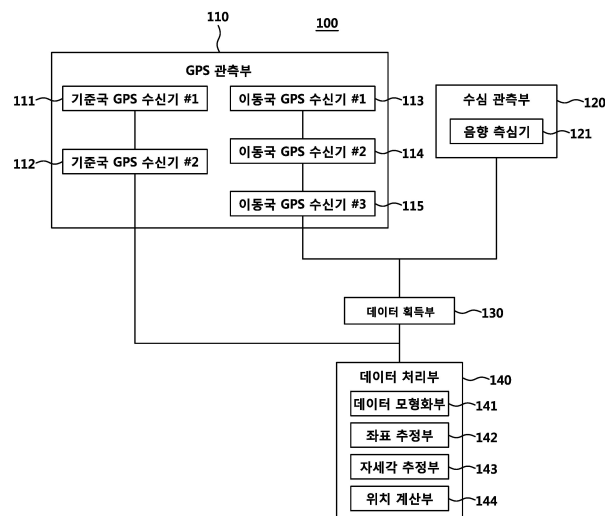
심사관 : 변영석

(54) 발명의 명칭 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템 및 방법

(57) 요약

본 명세서는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템 및 방법에 관한 것으로, 3차원 수중 지형정보 측량 시스템은 복수의 기준국 GPS 수신기 및 측량선에 설치된 복수의 이동국 GPS 수신기를 통해 위성신호 관측데이터를 취득하는 GPS 관측부; 음향 측심기를 통해 음파의 왕·복 전파시간을 측정하여 측정 경사수심을 결정하는 수심 관측부; 및 상기 취득된 위성신호 관측데이터를 결정된 측정 경사수심 이용하여 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표 및 측량선의 자세각을 추정하고, 상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하고, 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용해 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고(orthometric height)를 계산하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 데이터 처리부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 15/87 (2013.01)

G01S 15/8993 (2013.01)

G01S 19/14 (2013.01)

G01S 19/31 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 기준국 GPS 수신기 및 측량선에 설치된 복수의 이동국 GPS 수신기를 통해 위성신호 관측데이터를 취득하는 GPS 관측부;

음향 측심기를 통해 음파의 왕·복 전파시간을 측정하여 측정 경사수심을 결정하는 수심 관측부; 및

상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표 및 측량선의 자세각을 추정하고, 상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하고, 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용해 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 데이터 처리부를 포함하고,

상기 복수의 이동국 GPS 수신기 중에서 어느 하나의 이동국 GPS 수신기는 원점으로 지정되고, 상기 어느 하나의 이동국 GPS 수신기와 다른 이동국 GPS 수신기를 연결한 선을 기준으로 동체좌표계가 설정되고, 상기 설정된 동체좌표계에 대한 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표는 기측정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 간의 거리, 사잇각 및 높이 차이를 이용하여 각각 설정되는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 측량선에 위치하고, 상기 GPS 관측부의 이동국 GPS 수신기 및 상기 수심 관측부의 음향 측심기와의 통신을 통해 상기 취득된 위성신호 관측데이터 및 상기 결정된 측정 경사수심을 획득하여 저장하는 데이터 획득부

를 더 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 데이터 처리부는

상기 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성하는 데이터 모형화부;

상기 생성된 함수모형 및 통계모형을 이용하여 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 추정하는 좌표 추정부;

상기 추정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 이용하여 측량선의 자세각을 추정하는 자세각 추정부; 및

상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하고, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 계산하고, 상기 환산된 연직방향 수심 및 상기 계산된 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 위치 계산부

를 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 데이터 모형화부는

상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 복수의 기선에 대해 이중차분을 형성하고, 상기 형성된 이중차분

과 상기 이동국 GPS 수신기 사이의 거리 불변 조건식을 이용하여 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성하고, 상기 함수모형은 위성신호 관측데이터와 추정해야 하는 미지수 사이의 함수관계를 나타내고 상기 통계모형은 위성신호 관측데이터의 불확실성과 상관성을 나타내는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 좌표 추정부는

반송파 미지정수가 결정되지 않은 경우에 반송파 미지정수 추정 과정을 더 수행하고, 상기 반송파 미지정수가 결정된 경우에 기결정된 반송파 미지정수를 이용하여 이동국 GPS 수신기의 3차원 좌표를 최소제곱법 또는 칼만 필터에 따라 추정하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 위치 계산부는

상기 이동국 GPS 수신기의 안테나와 상기 음향 측심기가 이격되어 설치되는 경우, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 항법좌표를 동체좌표로 변환하는 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 계산하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 위치 계산부는

이동국 GPS 수신기의 ECEF 좌표를 경도, 위도 및 타원체고로 변환하고, 상기 변환된 경도, 위도를 투영함수를 이용하여 평면직교좌표로 변환하고, 상기 음향 측심기의 동체좌표를 회전행렬을 이용해 항법좌표로 변환하고, 상기 변환된 평면직교좌표에 상기 변환된 항법좌표를 합산하여 수중 지표면의 평면직교좌표를 계산하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 위치 계산부는

육상에 설치하는 GPS 기준국의 평면직교좌표, 타원체고 및 정표고를 이용하여 지오이드 모델을 통해 획득한 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 계산하고, 상기 음향 측심기 참조점의 타원체고에서 상기 계산된 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 차감하여 상기 음향 측심기의 참조점 정표고를 계산하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템.

청구항 10

복수의 기준국 GPS 수신기 및 측량선에 설치된 복수의 이동국 GPS 수신기를 통해 위성신호 관측데이터를 취득하는 단계;

음향 측심기를 통해 음파의 왕·복 전파시간을 측정하여 측정 경사수심을 결정하는 단계;

상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 추정하는 단계;

상기 추정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 이용하여 측량선의 자세각을 추정하는 단계;

상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하는 단계;

상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하는 단계; 및

상기 환산된 연직방향 수심 및 상기 계산된 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 이동국 GPS 수신기 중에서 어느 하나의 이동국 GPS 수신기를 원점으로 지정하는 단계;

상기 어느 하나의 이동국 GPS 수신기와 다른 이동국 GPS 수신기를 연결한 선을 기준으로 동체좌표계(body frame)를 설정하는 단계; 및

기측정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 간의 거리, 사잇각 및 높이 차이를 이용하여 상기 설정된 동체좌표계에 대한 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 각각 설정하는 단계를 더 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성하는 단계를 더 포함하고,

상기 안테나 좌표를 추정하는 단계는 상기 생성된 함수모형 및 통계모형을 이용하여 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 추정하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 함수모형과 통계모형을 생성하는 단계는

상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 복수의 기선에 대해 이중차분을 형성하고, 상기 형성된 이중차분과 상기 이동국 GPS 수신기 사이의 거리 불변 조건식을 이용하여 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성하고, 상기 함수모형은 위성신호 관측데이터와 추정해야 하는 미지수 사이의 함수관계를 나타내고 상기 통계모형은 위성신호 관측데이터의 불확실성과 상관성을 나타내는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 안테나 좌표를 추정하는 단계는

반송파 미지정수가 결정되는지를 확인하는 단계;

상기 확인 결과, 반송파 미지정수가 결정되지 않은 경우에 미지정수 추정하는 단계; 및

상기 확인 결과, 반송파 미지정수가 결정된 경우에 기결정된 미지정수를 이용하여 이동국 GPS 수신기의 3차원 좌표를 최소제곱법 또는 칼만 필터에 따라 추정하는 단계

를 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하는 단계는

상기 이동국 GPS 수신기의 안테나와 상기 음향 측심기가 이격되어 설치되는 경우, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 항법좌표를 동체좌표로 변환하는 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 계산하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하는 단계는

이동국 GPS 수신기의 ECEF 좌표를 경도, 위도 및 타원체고로 변환하는 단계;

상기 변환된 경도, 위도를 투영함수를 이용하여 평면직교좌표로 변환하는 단계;

상기 음향 측심기의 동체좌표를 회전행렬을 이용해 항법좌표로 변환하는 단계;

상기 변환된 이동국 GPS 수신기의 평면직교좌표에 상기 음향 측심기의 항법좌표를 합산하여 수중 지표면의 평면 직교좌표를 계산하는 단계;

육상에 설치하는 GPS 기준국의 평면직교좌표, 타원체고 및 정표고를 이용하여 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 계산하는 단계; 및

상기 음향 측심기 참조점의 타원체고에서 상기 계산된 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 차감하여 상기 음향 측심기의 참조점 정표고로 환산하는 단계

를 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 명세서는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 위성신호 관측데이터를 처리하여 추정된 위치 및 자세각 그리고 음향측심기 측정 수심을 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 정확하게 측량할 수 있는, 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 수중의 지형정보는 전지구적 위치 결정체계(GPS: Global Positioning System, 이하 GPS), 모션센서, 음향 측심기(echo sounder)에 의해 취득된다. 여기서, GPS는 음향 측심기의 2차원 수평위치(평면직교좌표 N과 E) 결정에 이용된다. 음향 측심기는 수심(water depth)을 측정한다. 모션센서는 자세각(attitude)을 측정하여 측심기의 중력방향 비정렬 오차를 보정하는데 이용된다.
- [0003] 음향 측심기의 위치를 센티미터 수준으로 결정하고 자세각을 수 분(arc-minutes)으로 정확히 결정하기 위해서, 매우 고가(高價)인 GPS 이중주파수(dual-frequencies) 수신기 2대와 관성항법장치(INS: Inertial Navigation System) 혹은 3축 자이로스코프가 수중 지형정보 측량 시스템 구성에 사용되어야 한다. 또한, 수중지형 정보는 일반적으로 2차원 평면위치와 수심으로 나타난다. 수중지형 정보의 관측 시마다 기준면이 되는 수면이 다르기 때문에, 중장기적인 지형의 변화를 모니터링 하고 육상과 연계하여 지형을 나타내는데 어려움이 있다.
- [0004] 한편, 수중 지형정보 측량 시스템은 상대적으로 저가(低價)인 단일 주파수 GPS 수신기를 사용하여 수중 지형정보 시스템을 구축할 수 있다. 그러나 이 경우에, 일반적인 위치결정 알고리즘(DGPS: Differential GPS)의 적용을 통해서도 확보 가능한 3차원 좌표추정 정확도가 최대 수심 센티미터 수준에 불과하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2010-0079894호(2010.07.08. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 명세서의 실시 예들은 복수의 단일주파수 GPS 수신기의 위성신호 관측데이터(반송파 및 의사거리)를 하나의 동적네트워크(kinematic network) 형태로 동시에 처리하여 센티미터 수준 정확도로 측량선의 위치와 정밀 자세

각을 추정한 후, 음향 측심기의 3차원 좌표를 GPS 안테나와의 오프셋(offset)과 회전행렬(rotation matrix)을 이용하여 계산하고, 음향 측심기에 의해 결정된 측정 경사수심(slant water depth)을 연직방향(vertical direction)으로 환산하여, 수중 지표면의 3차원 좌표를 정확하게 측량할 수 있는, 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템 및 방법을 제공하고자 한다.

[0007] 특히, 본 명세서의 실시 예들은 기준국(reference station)과 이동국(rover station)으로 구성하는 2대의 GPS 수신기를 사용하는 일반적인 상대측위 알고리즘의 위치추정 정확도를 크게 개선하고 측량선의 자세각을 추정하기 위해, 5대의 저가형 단일주파수 수신기에 의해 취득된 위성신호 관측데이터를 처리하는, 3차원 수중 지형정보 측량 시스템 및 방법을 포함하고 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 명세서의 제1 측면에 따르면, 복수의 기준국 GPS 수신기 및 측량선에 설치된 복수의 이동국 GPS 수신기를 통해 위성신호 관측데이터를 취득하는 GPS 관측부; 음향 측심기를 통해 음파의 왕·복 전파시간을 측정하여 측정 경사수심을 결정하는 수심 관측부; 및 상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표 및 측량선의 자세각을 추정하고, 상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하고, 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용해 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표(rectangular coordinates) 및 정표고(orthometric height)를 계산하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 데이터 처리부를 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템이 제공될 수 있다.

[0009] 상기 시스템은, 상기 측량선에 위치하고, 상기 GPS 관측부의 이동국 GPS 수신기 및 상기 수심 관측부의 음향 측심기와의 통신을 통해 상기 취득된 위성신호 관측데이터 및 상기 결정된 측정 경사수심을 획득하여 저장하는 데이터 획득부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 복수의 이동국 GPS 수신기 중에서 어느 하나의 이동국 GPS 수신기는 원점으로 지정되고, 상기 어느 하나의 이동국 GPS 수신기와 다른 이동국 GPS 수신기를 연결한 선을 기준으로 동체좌표계(body frame)가 설정되고, 상기 설정된 동체좌표계에 대한 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표는 기측정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 간의 거리, 사잇각 및 높이 차이를 이용하여 각각 설정될 수 있다.

[0011] 상기 데이터 처리부는 상기 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성하는 데이터 모형화부; 상기 생성된 함수모형 및 통계모형을 이용하여 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 추정하는 좌표 추정부; 상기 추정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 이용하여 측량선의 자세각을 추정하는 자세각 추정부; 및 상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하고, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 계산하고, 상기 환산된 연직방향 수심 및 상기 계산된 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 위치 계산부를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 데이터 모형화부는 상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 복수의 기선에 대해 이중차분을 형성하고, 상기 형성된 이중차분과 상기 이동국 GPS 수신기 사이의 거리 불변 조건식을 이용하여 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형(functional model)과 통계모형(stochastic model)을 생성할 수 있다. 여기서, 함수모형은 관측데이터와 추정해야 하는 미지수 사이의 함수관계를 나타내고 통계모형은 관측값의 불확실성과 그들의 상관성을 나타낸다.

[0013] 상기 좌표 추정부는 반송파 미지정수(carrier-phase integer ambiguity)가 결정되지 않은 경우에 반송파 미지정수 추정 과정을 더 수행하고, 상기 반송파 미지정수가 결정된 경우에 기결정된 반송파 미지정수를 이용하여 이동국 GPS 수신기의 3차원 좌표를 최소제곱법 또는 칼만 필터에 따라 추정할 수 있다.

[0014] 상기 위치 계산부는 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나와 상기 음향 측심기가 이격되어 설치되는 경우, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 항법좌표(navigational coordinate)를 동체좌표로 변환하는 회전행렬(rotation matrix)을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 계산할 수 있다.

[0015] 상기 위치 계산부는 이동국 GPS 수신기의 ECEF(Earth Centered and Earth Fixed) 좌표를 경도(latitude), 위도(longitude) 및 타원체고로 변환하고, 상기 변환된 경도, 위도를 투영함수(projection function)를 이용하여 평면직교좌표로 변환하고, 상기 음향 측심기의 동체좌표를 회전행렬을 이용해 항법좌표로 변환하고, 상기 변환된 평면직교좌표에 상기 변환된 항법좌표를 합산하여 수중 지표면의 평면직교좌표를 계산할 수 있다.

- [0016] 상기 위치 계산부는 육상에 설치하는 GPS 기준국의 평면직교좌표, 타원체고 및 정표고를 이용하여 지오이드 모델을 통해 획득한 지오이드고(geoidal height) 및 국부적 왜곡량(local distortion)을 계산하고, 상기 음향 측심기 참조점의 타원체고에서 상기 계산된 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 차감하여 상기 음향 측심기의 참조점 정표고를 계산할 수 있다.
- [0017] 한편, 본 명세서의 제2 측면에 따르면, 복수의 기준국 GPS 수신기 및 측량선에 설치된 복수의 이동국 GPS 수신기를 통해 위성신호 관측데이터를 취득하는 단계; 음향 측심기를 통해 음파의 왕·복 전파시간을 측정하여 측정 경사수심을 결정하는 단계; 상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 추정하는 단계; 상기 추정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 이용하여 측량선의 자세각을 추정하는 단계; 상기 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 상기 결정된 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하는 단계; 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하는 단계; 및 상기 환산된 연직방향 수심 및 상기 계산된 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산하는 단계를 포함하는 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법이 제공될 수 있다.
- [0018] 상기 방법은, 상기 복수의 이동국 GPS 수신기 중에서 어느 하나의 이동국 GPS 수신기를 원점으로 지정하는 단계; 상기 어느 하나의 이동국 GPS 수신기와 다른 이동국 GPS 수신기를 연결한 선을 기준으로 동체좌표계를 설정하는 단계; 및 기측정된 이동국 GPS 수신기의 안테나 간의 거리, 사잇각 및 높이 차이를 이용하여 상기 설정된 동체좌표계에 대한 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 각각 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 방법은, 상기 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성하는 단계를 더 포함하고, 상기 안테나 좌표를 추정하는 단계는 상기 생성된 함수모형 및 통계모형을 이용하여 이동국 GPS 수신기의 안테나 좌표를 추정할 수 있다.
- [0020] 상기 함수모형과 통계모형을 생성하는 단계는 상기 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 복수의 기선에 대해 이중차분을 형성하고, 상기 형성된 이중차분과 상기 이동국 GPS 수신기 사이의 거리 불변 조건식을 이용하여 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성할 수 있다.
- [0021] 상기 안테나 좌표를 추정하는 단계는 반송파 미지정수가 결정되는지를 확인하는 단계; 상기 확인 결과, 반송파 미지정수가 결정되지 않은 경우에 미지정수 추정하는 단계; 및 상기 확인 결과, 반송파 미지정수가 결정된 경우에 기결정된 미지정수를 이용하여 이동국 GPS 수신기의 3차원 좌표를 최소제곱법(least squares) 또는 칼만 필터(Kalman filter)에 따라 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하는 단계는 상기 이동국 GPS 수신기의 안테나와 상기 음향 측심기가 이격(offset)되어 설치되는 경우, 상기 음향 측심기의 동체좌표 및 항법좌표를 동체좌표로 변환하는 회전행렬을 이용하여 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표를 계산할 수 있다.
- [0023] 상기 음향 측심기 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하는 단계는 이동국 GPS 수신기의 ECEF 좌표를 경도, 위도 및 타원체고로 변환하는 단계; 상기 변환된 경도, 위도를 투영함수를 이용하여 평면직교좌표로 변환하는 단계; 상기 음향 측심기의 동체좌표를 회전행렬을 이용해 항법좌표로 변환하는 단계; 상기 변환된 이동국 GPS 수신기의 평면직교좌표에 상기 음향 측심기의 항법좌표를 합산하여 수중 지표면의 평면직교좌표를 계산하는 단계; 육상에 설치하는 GPS 기준국의 평면직교좌표, 타원체고 및 정표고를 이용하여 지오이드모델로부터 지오이드고 획득하고 이 값의 국부적 왜곡량을 계산하는 단계; 및 상기 음향 측심기 참조점의 타원체고에서 상기 계산된 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 차감하여 상기 음향 측심기의 참조점 정표고로 환산하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 명세서의 실시 예들은 복수의 단일주파수 GPS 수신기의 위성신호 관측데이터를 하나의 동적네트워크 형태로 동시에 처리하여 센티미터 수준 정확도로 측량선의 위치와 정밀 자세각을 추정한 후, 음향 측심기의 3차원 좌표를 GPS 안테나와의 오프셋과 회전행렬을 이용하여 계산하고, 음향 측심기에 의해 결정된 측정 경사수심을 연직방향으로 환산하여, 수중 지표면의 3차원 좌표를 정확하게 측량할 수 있다.
- [0025] 본 명세서의 실시 예들은 하상(河床)과 해저(海底) 지형의 3차원 좌표를 국가측량기준에 대해 센티미터 정확도로 결정할 수 있기 때문에 육지와 연결한 지형의 표현이 가능함을 물론 중장기적인 변동을 모니터링할 수 있다.

- [0026] 본 명세서의 실시 예들은 수중 지형의 높이를 공학적으로 의미가 있는 정표고로 결정할 수 있다.
- [0027] 본 명세서의 실시 예들은 종래의 이중 주파수 GPS 수신기와 모션센서로 이루어진 시스템에 비해 장비의 가격을 대폭 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 명세서의 일 실시 예에 따른 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 본 명세서의 일 실시 예에 따른 3차원 수중 지형정보 측량 시스템이 적용된 측량선과 복수의 GPS 수신기에 대한 설명도이다.
- 도 3은 본 명세서의 일 실시 예에 따른 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법의 데이터처리 흐름도이다.
- 도 4는 본 명세서의 일 실시 예에 따른 수중 지형정보 측량 방법에서의 수중 지형의 3차원 좌표 계산 과정에 대한 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 본 명세서의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 본 명세서에 따른 동작 및 작용을 이해하는 데 필요한 부분을 중심으로 상세히 설명한다. 본 명세서의 실시 예를 설명하면서, 본 명세서가 속하는 기술 분야에 익히 알려졌고 본 명세서와 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 명세서의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.
- [0030] 또한, 본 명세서의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 동일한 명칭의 구성 요소에 대하여 도면에 따라 다른 참조 부호를 부여할 수도 있으며, 서로 다른 도면임에도 동일한 참조부호를 부여할 수도 있다. 그러나 이와 같은 경우라 하더라도 해당 구성 요소가 실시 예에 따라 서로 다른 기능을 갖는다는 것을 의미하거나, 서로 다른 실시 예에서 동일한 기능을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니며, 각각의 구성 요소의 기능은 해당 실시 예에서의 각각의 구성 요소에 대한 설명에 기초하여 판단하여야 할 것이다.
- [0031] 도 1은 본 명세서의 일 실시 예에 따른 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템의 구성도이다.
- [0032] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 명세서의 일 실시 예에 따른 복수의 GPS 수신기(111 내지 115) 및 음향 측심기(121)를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 시스템(100)은 GPS 관측부(110), 수심 관측부(120) 및 데이터 처리부(140)를 포함한다. 여기서, 3차원 수중 지형정보 측량 시스템(100)은 데이터 획득부(130)를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 이하, 도 1의 3차원 수중 지형정보 측량 시스템(100)의 각 구성요소들의 구체적인 구성 및 동작을 설명한다.
- [0034] GPS 관측부(110)는 복수의 기준국 GPS 수신기(111, 112) 및 복수의 이동국 GPS 수신기(113 내지 115)를 포함한다. 기준국 GPS 수신기 #1(111) 및 기준국 GPS 수신기 #2(112)를 포함하는 복수의 기준국 GPS 수신기와, 이동국 GPS 수신기 #1(113), 이동국 GPS 수신기 #2(114) 및 이동국 GPS 수신기 #3(115)을 포함하는 복수의 이동국 GPS 수신기를 본 명세서의 일 실시 예로 설명하기로 한다. 여기서, GPS 수신기는 2개의 기준국 GPS 수신기 #1, #2(111, 112)와 3개의 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)으로 이루어진다. GPS 관측부(110)는 복수의 기준국 GPS 수신기 및 측량선에 설치된 복수의 이동국 GPS 수신기를 이용하여 위성신호 관측데이터를 취득한다.
- [0035] 그리고 수심 관측부(120)는 음향 측심기(121)를 통해 음파를 이용하여 경사수심(D_s)을 측정한다. 수심 관측부(120)는 음향 측심기(121)로 음파를 발사하여 반사되어 도달하는데 소요되는 시간을 측정하여 수중 거리를 계산한다. 이때, 측량선의 운동으로 음향 측심기(121) 기계축이 연직방향에 정렬되지 않는다. 따라서 수심 관측부(120)에서 측정된 수중 거리는 음향 측심기 기울기만큼의 연직방향에서 경사를 가지는 수심(측정 경사수심)이다. 여기서, 측정 경사수심은 음향 측심기(121) 참조점과 음파가 반사된 수중 지표면 사이의 거리를 나타낸다.
- [0036] 한편, 데이터 획득부(130)는 측량선에 위치한다. 데이터 획득부(130)는 GPS 관측부(110)의 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115) 및 수심 관측부(120)의 음향 측심기(121)와의 통신을 통해 GPS 관측부(110)에서 취

득된 위성신호 관측데이터 및 수심 관측부(120)의 측정 경사수심을 획득하여 저장한다.

- [0037] 이러한 데이터 획득부(130)는 휴대용 PC(personal computer)로 구현될 수 있으며, 측량선에 설치될 수 있다. 데이터 획득부(130)는 음향 측심기(121) 및 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)과 무선 통신망 또는 유선 통신망을 통해 통신할 수 있다. 데이터 획득부(130)는 GPS 시간에 관측한 위성신호 관측데이터(예컨대, 반송파 및 의사거리)와 음향 측심기(121)를 통해 결정된 측정 경사수심(D_s)을 구비된 메모리 등에 저장할 수 있다.
- [0038] 데이터 처리부(140)는 기준국 및 이동국 GPS 수신기(111 내지 115)의 위성신호 관측데이터, 음향 측심기(121)를 통해 결정된 측정 경사수심, 지오이드 모델 등을 이용하여 음파가 반사된 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산한다. 이후, 데이터 처리부(140)는 GPS 시간에 참조하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 저장할 수 있다.
- [0039] 구체적으로 살펴보면, 데이터 처리부(140)는 GPS 관측부(110)에서 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 안테나 좌표 및 측량선의 자세각을 추정한다. 그리고 데이터 처리부(140)는 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 수심 관측부(120)의 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산하고, 이동국 GPS 수신기 #1(113)의 안테나 좌표 음향 측심기(121)의 동체좌표 및 회전행렬을 이용하여 음향 측심기(121) 참조점의 평면직교좌표 및 정표고를 계산하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산한다.
- [0040] 본 명세서의 일 실시 예로서, 도 1에 도시된 데이터 처리부(140)는 데이터 모형화부(141), 좌표 추정부(142), 자세각 추정부(143) 및 위치 계산부(144)를 포함할 수 있다.
- [0041] 데이터 모형화부(141)는 GPS 관측부(110)에서 취득된 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성한다. 여기서, 데이터 모형화부(141)는 GPS 관측부(110)에서 취득된 위성신호 관측데이터를 이용하여 복수의 기선에 대해 이중차분을 형성한다. 이어서, 데이터 모형화부(141)는 그 형성된 이중차분과 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115) 사이의 거리 불변 조건식을 적용하여 위성신호 관측데이터에 대한 함수모형과 통계모형을 생성할 수 있다.
- [0042] 좌표 추정부(142)는 데이터 모형화부(141)에서 생성된 함수모형 및 통계모형을 이용하여 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 안테나 좌표를 추정한다. 여기서, 좌표 추정부(142)는 반송파 미지정수가 결정되지 않은 경우에 반송파 미지정수 추정 과정을 더 수행할 수 있다. 좌표 추정부(142)는 반송파 미지정수가 결정된 경우에 기결정된 반송파 미지정수를 이용하여 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 3차원 좌표를 최소제곱법 또는 칼만 필터를 통해 추정할 수 있다.
- [0043] 자세각 추정부(143)는 추정된 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 안테나 좌표를 이용하여 측량선의 자세각을 추정한다.
- [0044] 위치 계산부(144)는 자세각 추정부(143)에서 추정된 측량선의 자세각을 이용하여 수심 관측부(120)의 측정 경사수심을 연직방향 수심으로 환산한다. 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121)의 동체좌표 및 회전행렬을 이용하여 음향 측심기(121) 참조점의 평면직교좌표를 계산한다. 여기서, 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 안테나와 음향 측심기가 이격되어 설치되는 경우, 안테나의 평면직교좌표와 음향 측심기(121)의 동체좌표 그리고 회전행렬을 이용하여 음향 측심기(121) 참조점의 평면직교좌표를 계산할 수 있다.
- [0045] 그리고 위치 계산부(144)는 그 환산된 연직방향 수심 및 그 계산된 음향 측심기(121) 참조점의 평면직교좌표를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산한다. 여기서, 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1(113)의 ECEF 좌표를 경도, 위도 및 타원체고로 변환하고, 그 변환된 경도, 위도를 투영함수를 이용하여 평면직교좌표로 변환할 수 있다. 이어서, 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121)의 동체좌표를 회전행렬을 이용해 음향 측심기(121)의 항법좌표로 변환하고, 그 변환된 평면직교좌표에 그 변환된 음향 측심기(121)의 항법좌표를 합산하여 음향 측심기 참조점의 평면직각좌표를 계산한다. 이때, 음향 측심기의 참조점과 음파가 반사된 수중의 지표면이 동일한 연직선 상에 있다고 하면, 그 참조점과 수중 지표면의 평면직각좌표는 동일하다.
- [0046] 한편, 위치 계산부(144)는 GPS 기준국의 평면위치와 타원체고 및 정표고를 이용하여 지오이드 모델의 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 계산할 수 있다. 이후, 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121) 참조점의 타원체고에서 그 계산된 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 차감하여 음향 측심기(121)의 참조점 정표고로 환산할 수 있다. 그리고 위치 계산부(144)는 그 환산된 정표고 및 그 환산된 연직방향 수심을 이용하여 수중 지표면의 정표고를 계산할 수 있다.
- [0047] 도 2는 본 명세서의 일 실시 예에 따른 3차원 수중 지형정보 측량 시스템이 적용된 측량선(10)과 복수의 GPS 수신기에 대한 설명도이다.

- [0048] 도 2에 도시된 바와 같이, GPS 관측부(110)는 저가형 단일주파수를 이용한 5대의 GPS 수신기(111 내지 115)로 이루어질 수 있다. 5대의 GPS 수신기(111 내지 115)는 육상에 설치된 2대 기지국 GPS 수신기 #1, #2(111 내지 112)와, 측량선(10)에 설치된 3대의 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)을 포함할 수 있다.
- [0049] 이러한 GPS 수신기 중에서 2대의 기준국 GPS 수신기 #1, #2(도 2에 도시된 Ref.#1, Ref.#2)(111 내지 112)는 육상에 정지한 상태로 사전에 정밀 측량에 의해 그 3차원 좌표가 센티미터 수준 이상으로 정확히 알려진 곳에 설치된다. 이러한 2대의 기준국 GPS 수신기 #1, #2(111, 112)는 GPS 기준국으로 지칭된다. 2대의 GPS 기준국 #1, #2(111, 112)는 데이터 처리부(140)에서 GPS 상대측위를 위한 위성신호의 관측데이터 모형화에서 기지점(known point)으로 이용된다. 그 좌표는 지구중심지구고정(ECEF: Earth Centered Earth Fixed) 좌표 X, Y, Z와 정표고 H로 GPS 기준점측량 방식과 정밀수준측량에 의해 결정될 수 있다. GPS 기준국의 위성신호 관측데이터는 각 수신기의 내장 메모리에 저장될 수 있다.
- [0050] 기준국 GPS 수신기 #1(111) 및 기준국 GPS 수신기 #2(112)를 제외한 나머지 3대의 이동국 GPS 수신기(Rov.#1, Rov.#2, Rov.#3)(113 내지 115)는 이동국(rover station)으로 측량선(10)에 삼각형의 형태로 설치될 수 있다.
- [0051] 음향 측심기(121)가 측량선(10)에 설치되면, 수심측정 참조점의 동체좌표($\Delta b_{es} = (\Delta X, \Delta Y, \Delta h_{1.es})^T$)가 정확히 측정되어야 한다. 여기서, ΔX , ΔY 는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 X축 좌표, Y축 좌표를 나타내고, $\Delta h_{1.es}$ 는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 안테나와 음향 측심기(121) 참조점의 높이 차이를 나타낸다.
- [0052] 데이터 처리부(140)는 이러한 음향 측심기(121) 동체좌표(Δb_{es})를 이용하여 3개의 이동국 GPS 수신기(113 내지 115)의 안테나 좌표를 기준으로 음향 측심기(121) 참조점의 3차원 좌표를 계산한다.
- [0053] 복수의 이동국 GPS 수신기(113 내지 115) 중에서 어느 하나의 이동국 GPS 수신기 즉, 이동국 GPS 수신기 #1(113)은 원점으로 지정된다. 다른 이동국 GPS 수신기 #2, #3(114, 115)을 연결한 선을 X축 및 X 축에 직각인 방향을 Y축으로 하는 동체좌표계가 설정된다. 일례로, 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)은 원점으로 지정되고, 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)과 이동국 GPS 수신기 #3(Rov.#3)(115)을 연결한 선을 X축 그리고 이 축에 직각인 방향을 Y축으로 하는 동체좌표계가 설정된다.
- [0054] 기측정된 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 안테나 간의 거리(l_{12} , l_{13} , l_{23})와 그 l_{12} , l_{13} 의 사잇각(α) 및 높이 차이를 이용하여, 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 동체좌표는 $b_1 = (0, 0, 0)^T$, $b_2 = (l_{12}, 0, \Delta h_{12})^T$, $b_3 = (0, l_{13} \sin \alpha, \Delta h_{13})^T$ 와 같이 설정된다. 여기서, l_{12} 는 이동국 GPS 수신기 #1 및 #2(114, 115)의 안테나 간의 거리, l_{13} 는 이동국 GPS 수신기 #1 및 #3(113, 115)의 안테나 간의 거리, l_{23} 는 이동국 GPS 수신기 #2 및 #3(114, 115)의 안테나 간의 거리를 나타낸다. b_1 , b_2 , b_3 는 각각 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 동체좌표를 나타낸다. 여기서, Δh_{12} 와 Δh_{13} 은 원점에 해당하는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)과, 이동국 GPS 수신기 #2(Rov.#2)(114) 및 이동국 GPS 수신기 #3(Rov.#3)(115)의 안테나의 높이 차이를 나타낸다.
- [0055] 도 3은 본 명세서의 일 실시 예에 따른 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용한 3차원 수중 지형정보 측량 방법의 데이터처리 흐름도이다.
- [0056] 본 명세서에 따른 3차원 수중 지형정보 측량 시스템(100)에서 5대 단일 주파수 GPS 수신기의 위성신호 관측데이터, 음향 측심기(121)가 측정한 측정 경사수심(D_s), 지오이드 모델, 기준국 GPS 수신기 #1, #2(111, 112)의 정밀좌표를 이용하여 음파가 반사된 수중 지표면의 3차원 좌표를 센티미터 수준 정확도로 결정한다. 여기서, 지오이드 모델은 기준타원체(reference ellipsoid)에서 지오이드면까지 법선방향(normal line) 거리와 평면위치(위도와 경도 혹은 평면직각좌표)를 수학적으로 나타낸 것으로, 대한민국에서는 국토교통부 국토지리정보원의 정밀지오이드 "KNGeoid14"가 대표적이다. 또한, 지오이드는 대상 지역 전체에 걸쳐 최소제곱의 관점에서 평균해면과 가장 적합한 등중력 포텐셜면으로 결정하기 때문에 지역적 왜곡이 발생한다. 이것은 지오이드면의 수학적 추정에서 지역에 따른 중력의 분포를 완벽하기 반영할 수 없기 때문이다. 지역적 왜곡은 지오이드고(N :

geoidal height), 타원체고(h : ellipsoidal height), 정표고(H : orthometric height) 사이의 관계에 의해 계산될 수 있다.

- [0057] 본 명세서의 실시 예들은 복수의 GPS 수신기 및 음향 측심기를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 결정하기 위해, 위성신호 관측데이터를 모형화하는 단계(S302 단계, S304 단계), 다중 이동국 GPS 수신기(113 내지 115)의 안테나 정밀좌표를 추정하는 단계(S306 내지 S310 단계), 추정 이동국 정밀좌표에 의한 자세각을 결정하는 단계(S312 단계, S314 단계) 및 수중 지형의 3차원 좌표를 계산하는 단계(S316 단계, S318 단계)를 수행한다. 그리고 3차원 수중 지형정보 측량 시스템(100)은 각 과정에서 그 수행된 결과를 저장할 수 있다.
- [0058] 수중 지형정보를 측량하기 위해, GPS 관측부(110)는 복수의 기준국 GPS 수신기(111, 112) 및 복수의 이동국 GPS 수신기(113 내지 115)로부터 위성의 전자파 신호로부터 위치계산에 필요한 위성신호 관측데이터(반송파 및 의사거리)를 취득한다.
- [0059] S302 및 S304 단계를 살펴보면, 데이터 처리부(140)의 데이터 모형화부(141)는 2대의 기준국 GPS 수신기 #1, #2(111, 112)와 측량선(10)에 설치된 3대 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 위성신호 관측데이터를 이용하여 6개의 기선(baseline)에 대해 이중차분(double-differenced)을 형성한다(S302). 여기서, 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115) 사이의 거리는 강체(rigid body)로 가정하기로 한다. 그러면, 측량선(10)이 이동해도 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 안테나 사이 거리(l_{12}, l_{13}, l_{23})는 변하지 않는다는 조건식이 적용될 수 있다.
- [0060] 결국, 데이터 모형화부(141)는 상기 모든 GPS 이중차분의 위성신호 관측데이터와 조건식을 사용하여 미지수와 위성신호 관측데이터의 관계인 함수모형과 위성신호 관측데이터의 불확실성과 상관성을 나타내는 통계모형을 생성한다(S304).
- [0061] 이와 같이 모든 위성신호 관측데이터를 동시에 수학적으로 모형화하는 이유는 단일주파수 GPS 수신기의 고정밀 이동측위 분야 활용의 제약에 해당하는 낮은 반송파 미지정수결정(S308) 성능을 대폭 향상시키기 위함이다. 이러한 제약은 단일 주파수 GPS 수신기가 이동하는 경우에는 추정해야 하는 미지수(3차원 좌표)의 개수가 시간에 따라 증가하기 때문에, 추정 미지정수의 정밀도는 낮고 상관성이 높아 정확한 미지정수를 신속하게 결정할 수 없기 때문이다.
- [0062] S306 내지 S310 단계를 살펴보면, 좌표 추정부(142)는 이전 S308 단계에서 정확한 미지정수 결정의 여부를 확인한다(S306).
- [0063] 상기 확인 결과(S306), 미지정수가 결정되지 않은 경우, 데이터 모형화부(141)는 미지정수를 추정하는 과정을 부가적으로 수행한다(S308).
- [0064] 상기 확인 결과(S306), 정확한 미지정수가 결정된 경우, 좌표 추정부(142)는 기결정 미지정수를 이용하여 ECEF 3차원 좌표($E_1 = (X_1, Y_1, Z_1)^T$, $E_2 = (X_2, Y_2, Z_2)^T$, $E_3 = (X_3, Y_3, Z_3)^T$)를 최소제곱법 또는 칼만 필터에 따라 동시에 추정한다(S310).
- [0065] S312 및 S314 단계를 살펴보면, 자세각 추정부(143)에서는 우선적으로 이동국 GPS 수신기 #1, #2, #3(113 내지 115)의 이동국 안테나 ECEF 좌표를 항법좌표로 변환한다(S312).
- [0066] 자세각 추정부(143)는 3대 이동국 안테나의 항법좌표와 동체좌표를 이용하여 자세각을 추정한다(S314). 구체적으로 살펴보면, 자세각 추정부(143)는 GPS 이동국 안테나의 항법좌표와 동체좌표 사이의 관계($b = R_n^b n$)를 조건식으로 하여 자세각을 추정한다. 여기서 R_n^b 는 회전행렬(혹은 방향코사인행렬)로 원소는 자세각들의 삼각함수값과 그 곱으로 구성된다. 자세각 추정부(143)는 3대 이동국 안테나 #1, #2, #3의 동체좌표($b_1 = (0, 0, 0)^T$, $b_2 = (l_{12}, 0, \Delta h_{12})^T$, $b_3 = (0, l_{13} \sin \alpha, \Delta h_{13})^T$)와 이에 대응하는 항법좌표($n_1 = (N_1, E_1, h_1)^T$, $n_2 = (N_2, E_2, h_2)^T$, $n_3 = (N_3, E_3, h_3)^T$)를 측정값으로 하여 최소제곱법을 통해 회전행렬에 포함되어 있는 피치각(pitch), 롤각(roll), 요각(yaw)을 추정할 수 있다.
- [0067] S316 및 S318 단계를 살펴보면, 위치 계산부(144)는 GPS 이동국 안테나의 ECEF 좌표, 자세각 및 안테나와 음향

측심기 사이 동체좌표계에 대한 오프셋을 이용하여 음향 측심기(121)의 2차원 위치(평면직교좌표 N_{es}, E_{es})를 계산한다(S316).

[0068] 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121)에서 측정된 측정 경사수심을 S314 단계에서의 자세각을 이용하여 측량선(10)의 기울기 보정을 하여 연직방향 수심을 구하고, S310 단계에서의 GPS 안테나의 ECEF 좌표를 변환하여 얻어지는 타원체고와 지오이드고 및 국부적 왜곡량을 이용하여 음파가 반사된 수중 지표면의 정표고(H_{bottom})를 계산한다(S318). 따라서 수중 지표면의 3차원 좌표는 음향 측심기(121)에서 수면 아래 연직방향의 선분을 내렸을 때 지표면과 만나는 점(P_{bottom})의 3차원 좌표는 평면직교좌표(N_{bottom}, E_{bottom})와 정표고(H_{bottom})에 해당하며, 이때 평면직교좌표(N_{bottom}, E_{bottom})는 음향 측심기의 참조점의 그것(N_{es}, E_{es})과 동일 하다.

[0069] 이후, 데이터 처리부(140)는 계산된 수중 지표면 상의 한 점(P_{bottom})의 3차원 좌표를 저장한다(S320).

[0070] 도 4는 본 명세서의 일 실시 예에 따른 수중 지형정보 측량 방법에서의 수중 지형의 3차원 좌표 계산 과정에 대한 설명도이다.

[0071] 도 4는 수중 지표면 상의 한 점의 3차원 좌표 계산절차를 보다 상세하게 설명하기 위한 도면이다.

[0072] 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 ECEF 좌표(e_1), 음향 측심기(121)의 참조점 동체좌표(Δb_{es}), 측정 경사수심(D_s) 및 지오이드고(N)를 이용하여 수중 지표면의 3차원 좌표를 계산한다. 여기서, 지오이드고(N) 및 국부적 왜곡량($\Delta \hat{N}$)은 지오이드 모델을 통해 계산되며, 정표고 계산을 위한 데이터이다.

[0073] 수중 지표상의 한 점(P_{bottom})은 음향 측심기(121) 참조점과 동일한 연직선 상에 있기 때문에, 그 평면좌표(N_{bottom}, E_{bottom})는 음향 측심기(121)의 참조점 평면좌표(N_{es}, E_{es})와 동일하다.

[0074] 도 4에 도시된 바와 같이, 위치 계산부(144)는 원점으로 지정된 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 ECEF 좌표(e_1)와 음향 측심기(121)의 참조점 동체좌표(Δb_{es}) 및 측량선(10)의 자세각에 따른 회전행렬(R_n^b)을 이용하여 S402 내지 S408 단계에 따라 평면직교좌표(N_{es}, E_{es})를 계산한다.

[0075] 구체적으로 살펴보면, 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 ECEF 좌표(e_1)를 획득하고, 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 지리좌표인 경도(ϕ_1), 위도(λ_1), 타원체고(h_1)로 변환한다(S402).

[0076] 그리고 위치 계산부(144)는 S402 단계에서 변환된 경도(ϕ_1)와 위도(λ_1)를 투영함수를 이용하여 평면직교좌표(N_1, E_1)로 변환한다(S404).

[0077] 이어서, 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121)의 참조점 동체좌표(Δb_{es})를 회전행렬(R_n^b)을 이용하여 음향 측심기(121)의 항법좌표($\Delta n_{es} = R_n^b \Delta b_{es}$)로 변환한다(S406).

[0078] 그리고 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.1#)(113)의 평면직교좌표(N_1, E_1, h_1)에 음향 측심기(121)의 항법좌표($\Delta N_{es}, \Delta E_{es}, \Delta h_{es}$) 중 NE 성분을 합하여 음향 측심기(121)의 참조점 평면직교좌표(N_{es}, E_{es})를 계산한다(S408).

[0079] 이후, 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 타원체고(h_1), 자세각, 음향 측심기(121)의 항법좌표 중 높이성분(Δh_{es})과 측정 경사수심(D_s), 지오이드고(N) 및 국부적 왜곡량($\Delta \hat{N}$)을 이용하여 하기 S410 내지 S418 단계에 따라 수중 지표상의 한 점의 정표고(H_{bottom})를 계산한다.

[0080] S410 내지 S418 단계를 살펴보면, 위치 계산부(144)는 이동국 GPS 수신기 #1(Rov.#1)(113)의 타원체고(h_1)와 음향 측심기(121) 항법좌표 중 높이성분(Δh_{es})을 합하여 음향 측심기(121) 참조점의 타원체고(h_{es})를 계산한다(S410).

[0081] 한편, 위치 계산부(144)는 2대의 기준국 GPS 수신기 #1, #2(111, 112)가 위치한 GPS 기준국 2곳에서 지오이드고(N_i) 및 지오이드 왜곡량(δN_i)을 하기의 [수학식 1]과 같이 각각 계산하고, 그 계산된 두 지오이드 왜곡량을 산술평균하여 대향 측량지역의 국부적 왜곡량($\delta \hat{N}$)을 계산한다(S412). 이는 그 계산된 국부적 왜곡량을 통해 정표고 계산의 정확도를 향상하기 위함이다.

수학식 1

[0083]
$$\delta N_i = h_i - H_i - N_i$$

[0084] 여기서, δN_i 는 i번째 지오이드 왜곡량, N_i 는 i번째 지오이드고, h_i 는 i번째 타원체고를 나타내며, i는 GPS 기준국의 식별번호이다.

[0085] 그리고 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121)의 참조점 타원체고(h_{es})에서 지오이드고(N) 및 국부적 왜곡량($\delta \hat{N}$)을 차감하여 음향 측심기(121)의 참조점 정표고(H_{es})를 계산한다(S414).

[0086] 한편, 위치 계산부(144)는 GPS 추정 자세각 중 피치각과 롤각에 대한 삼각함수를 이용해 측정 경사수심(D_s)을 연직방향 수심(D_v)으로 환산한다(S416).

[0087] 그리고 위치 계산부(144)는 음향 측심기(121)의 참조점 정표고(H_{es})에서 연직방향 수심(D_v)을 차감하여 수중 지표상의 한점(P_{bottom})의 정표고(H_{bottom})를 계산한다(S418).

[0088] 이후, 위치 계산부(144)는 S408 단계에서 계산된 평면직교좌표(N_{es}, E_{es}) 및 S418 단계에서 계산된 수중 지표상의 한 점의 정표고(H_{bottom})를 수중 지표면의 3차원 좌표($N_{es}, E_{es}, H_{bottom}$)로 결정한다

[0089] 위치 계산부(144)는 모든 위성신호 관측데이터의 처리를 완료하면, GPS 시간에 3차원으로 이루어진 텍스트 파일을 생성할 수 있다. 또한, 위치 계산부(144)는 시각화를 통해 수중 지형수치지형모형(DTM: Digital Terrain Model)을 생성할 수 있다.

[0090] 이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 명세서가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0091] 100; 3차원 수중 지형정보 측량 시스템

10; 측량선

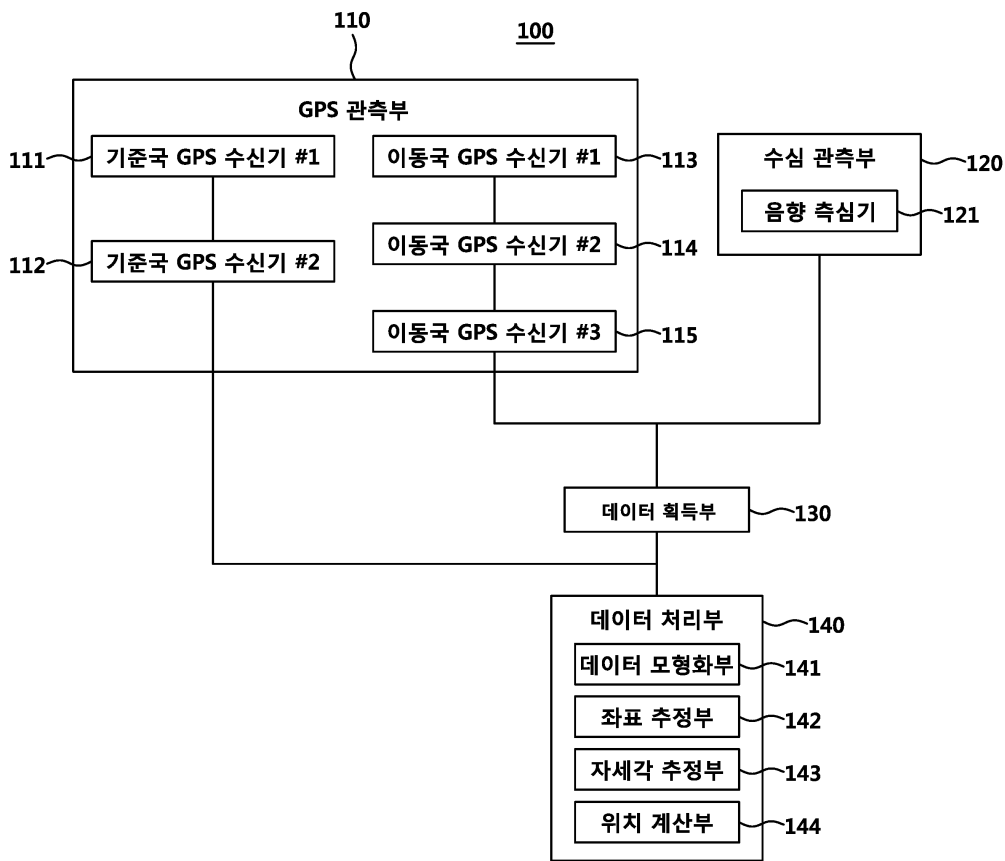
110; GPS 관측부

111; 기준국 GPS 수신기 #1

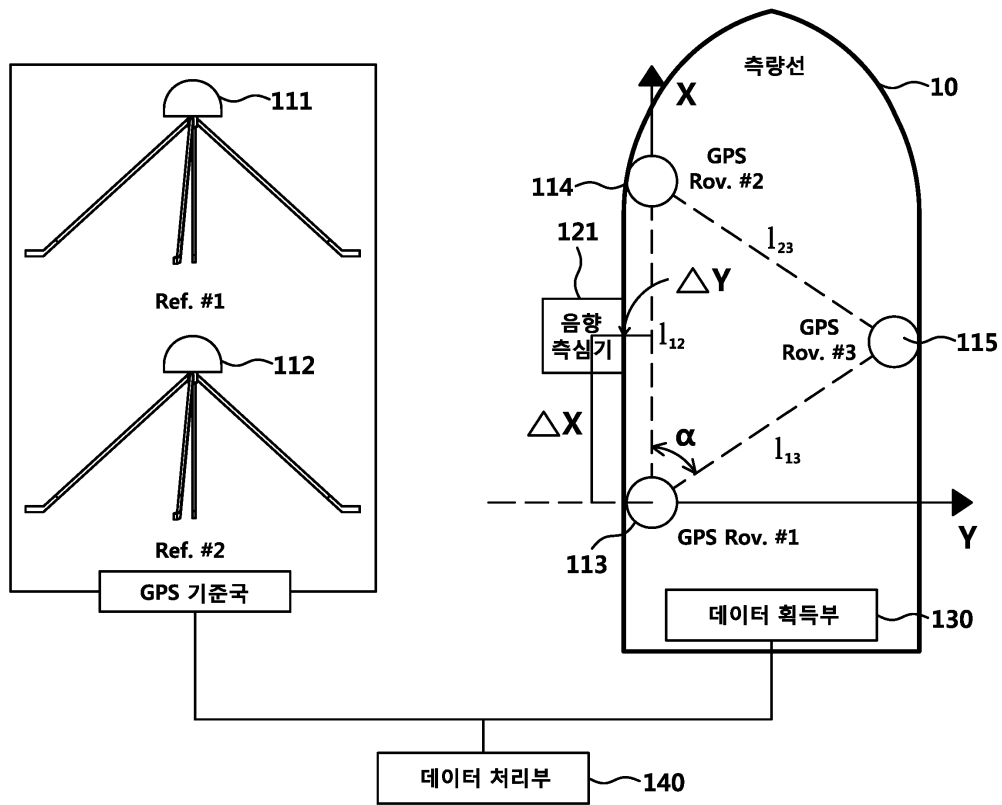
- 112: 기준국 GPS 수신기 #2
- 113: 이동국 GPS 수신기 #1
- 114: 이동국 GPS 수신기 #2
- 115: 이동국 GPS 수신기 #3
- 120: 수심 관측부
- 121: 음향 측심기
- 130: 데이터 획득부
- 140: 데이터 처리부
- 141: 데이터 모형화부
- 142: 좌표 추정부
- 143: 자세각 추정부
- 144: 위치 계산부

도면

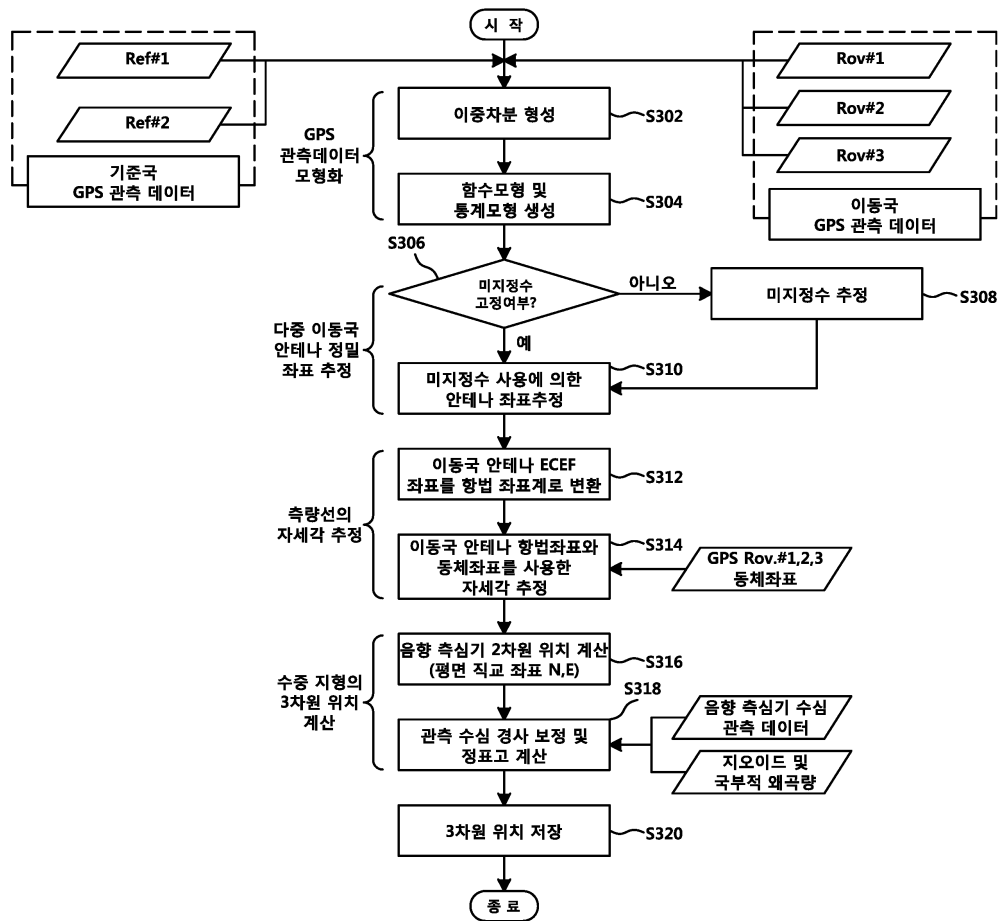
도면1



도면2



도면3



도면4

