(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0114039
(43) 공개일자 2011년10월19일

(51) Int. Cl.
G01S 19/47 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2010-0033449
(22) 출원일자 2010년04월12일
심사청구일자 2010년04월12일

(71) 출원인
전북대학교산학협력단
전주시 덕진구 덕진동1가 664-14
주식회사 디유에이엔아이
전북 완주군 봉동읍 둔산리 870-5
(72) 발명자
정길도
전라북도 전주시 덕진구 송천동1가 진흥더블파크 아파트 110-405
양범석
대전광역시 대덕구 법2동 191-1 보람아파트 106-406
(74) 대리인
임평섭, 김홍진, 최재희, 박원용

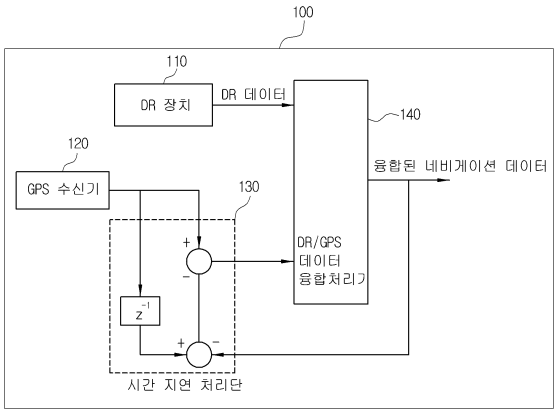
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) DR / GPS 데이터 융합 방법

(57) 요 약

본 발명은 DR/GPS 데이터 융합 방법에 관한 것으로서, 칼만 필터에 기반하여 DR 장치의 DR 데이터와 GPS 수신기의 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정을 거쳐 DR/GPS 데이터를 융합하며, 상기 DR 데이터와 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정은, 초기값을 이용하여 항체의 첫번째 위치를 추정하는 제 1 과정과; 두번째 위치부터 향후 모든 위치를 추정하는 제 2 과정을 포함하여 이루어지고, 상기 제 1과정은, GPS 데이터를 수집하는 단계와; DR 데이터를 측정하는 단계와; GPS 데이터를 이용하여 항체의 현재 위치를 GPS에 기반한 좌표로 설정하는 단계와; GPS 데이터와 DR 데이터를 융합하는 단계와; 융합된 DR/GPS 데이터를 출력하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면, 칼만 필터 기반 추측항법기법을 적용하여 GPS의 위치 오차를 줄여 GPS의 정확도를 높여줌으로써 선박의 자율운행 항해 및 선박 충돌 회피 등에 효과적으로 적용할 수 있다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 S5209I09500
부처명 중소기업청
연구관리전문기관
연구사업명 산학협력실사업
연구과제명 선박용 내비게이션 개발 및 알루미늄 선체 용접 기반기술 개발
기여율
주관기관 전북대학교
연구기간 2008년 07월 01일 ~ 2010년 06월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

DR 장치의 DR 데이터와 GPS 수신기의 GPS 데이터를 융합하는 방법으로서,

칼만 필터에 기반하여 DR 장치의 DR 데이터와 GPS 수신기의 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정을 거쳐 DR/GPS 데이터를 융합하는 것을 특징으로 하는 DR/GPS 데이터 융합 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서 상기 DR 데이터와 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정은,

초기값을 이용하여 항체의 첫번째 위치를 추정하는 제 1 과정과;

두번째 위치부터 향후 모든 위치를 추정하는 제 2 과정을 포함하여 이루어지고,

상기 제 1 과정은,

GPS 데이터를 수집하는 단계와;

DR 데이터를 측정하는 단계와;

GPS 데이터를 이용하여 항체의 현재 위치를 GPS에 기반한 좌표로 설정하는 단계와;

GPS 데이터와 DR 데이터를 융합하는 단계와;

융합된 DR/GPS 데이터를 출력하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 DR/GPS 데이터 융합 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서 상기 제 1,2 과정은,

시작점(1)에 가상 GPS 수신기가 있다고 가정하고, 항체가 시작점(1)에서 정지하고 있는 동안, GPS 수신기를 통해 GPS 데이터 GPS_x 와 GPS_y 를 취득하는 제 1 단계와;

시간 T에서 항체가 운항을 시작하면, 각 데이터의 공분산은 Q_x 와 Q_y 이고, DR 장치에 기반한 좌표를 시간 T에서 $x_{DR}(1|0)$ 와 $y_{DR}(1|0)$ 로 설정하는 제 2 단계와;

시간 T에서 GPS 수신기를 통해 실제 GPS 데이터 $GPS_x(1)$ 와 $GPS_y(1)$ 를 취득하는 제 3 단계와;

시간 T에서 가상 GPS 데이터 $GPS_{\hat{x}} = GPS_x$ 와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y$ 를 예측하는 제 4 단계와;

시간 T에서 실제 GPS 데이터와 가상 GPS 데이터의 차이를 이용하여, GPS에 기반한 항체의 좌표 $x_{GPS}(1) = GPS_x(1) - GPS_{\hat{x}}$ 와 $y_{GPS}(1) = GPS_y(1) - GPS_{\hat{y}}$ 를 예측하는 제 5 단계와;

DR 장치를 통해 DR 데이터를 취득하고, 취득한 DR 데이터를 이용하여 GPS에 기반한 $x_{GPS}(1)$ 와 $y_{GPS}(1)$ 의 공분산 R_x 와 R_y 를 계산하는 제 6 단계와;

$\frac{R_x}{Q_x + R_x}$, $\frac{R_y}{Q_y + R_y}$ 를 이용하여 DR 장치의 신뢰도를 계산하고, $\frac{Q_x}{Q_x + R_x}$, $\frac{Q_y}{Q_y + R_y}$ 를 이용하여 GPS 수신기의 신뢰도를 계산하는 제 7 단계와;

$x(1|1)$ 의 공분산은 $P_x(1|1)=\frac{Q_x R_x}{Q_x+R_x}$ 이고, $y(1|1)$ 의 공분산은 $P_y(1|1)=\frac{Q_y R_y}{Q_y+R_y}$ 이며,

$$x(1|1)=\frac{R_x}{Q_x+R_x}x_{DR}(1|0)+\frac{Q_x}{Q_x+R_x}x_{GPS}(1)$$

,

$$y(1|1)=\frac{R_y}{Q_y+R_y}y_{DR}(1|0)+\frac{Q_y}{Q_y+R_y}y_{GPS}(1)$$

을 이용하여 융합된 결과를 계산하는 제 8 단계와;

각 데이터의 공분산은 $P_x(1|1)$ 와 $P_y(1|1)$ 이며,

$GPS_{\hat{x}}=GPS_x(1)-x(1|1)$ 와 $GPS_{\hat{y}}=GPS_y(1)-y(1|1)$ 을 이용하여 현재의 가상 GPS값을 예측하는 제 9 단계와;

각 데이터의 공분산은 $P_x(k|k-1)=Q_x+P_x(k-1|k-1)$ 와 $P_y(k|k-1)=Q_y+P_y(k-1|k-1)$ 이며,

시간 kT에서 DR 장치의 좌표 $x_{DR}(k|k-1)$ 와 $y_{DR}(k|k-1)$ 를 취득하는 제 10 단계와;

실제 GPS 데이터로부터 $GPS_x(k)$ 와 $GPS_y(k)$ 를 취득하는 제 11 단계와;

가상 GPS에 대한 현재 시간의 데이터 $GPS_{\hat{x}}=GPS_x(k-1)-x(k-1|k-1)$ 와 $GPS_{\hat{y}}=GPS_y(k-1)-y(k-1|k-1)$ 를 예측하는 제 12 단계와;

$x_{GPS}(k)=GPS_x(k)-GPS_{\hat{x}}$ 와 $y_{GPS}(k)=GPS_y(k)-GPS_{\hat{y}}$ 로부터 현재 시간에 대한 GPS 기반 좌표를 예측하는 제 13 단계와;

상기 $x_{GPS}(1)$ 와 $y_{GPS}(1)$ 의 공분산 R_x 와 R_y 를 계산하는 제 6단계에서 언급한 GPS 기반 좌표의 공분산을 연산하는 제 14 단계와;

DR 장치의 신뢰도 $\frac{R_x}{P_x(k|k-1)+R_x}$, $\frac{R_y}{P_y(k|k-1)+R_y}$, GPS 수신기의 신뢰도 $\frac{P_x(k|k-1)}{P_x(k|k-1)+R_x}$, $\frac{P_y(k|k-1)}{P_y(k|k-1)+R_y}$ 를 산출하는 제 15 단계와;

$x(k|k)$ 의 공분산은 $P_x(k|k)=\frac{P_x(k|k-1)R_x}{P_x(k|k-1)+R_x}$ 이고,

$y(k|k)$ 의 공분산은 $P_y(k|k)=\frac{P_y(k|k-1)R_y}{P_y(k|k-1)+R_y}$ 이며,

$$x(k|k)=\frac{R_x}{P_x(k|k-1)+R_x}x_{DR}(k|k-1)+\frac{P_x(k|k-1)}{P_x(k|k-1)+R_x}x_{GPS}(k)$$

와

$$y(k|k)=\frac{R_y}{P_y(k|k-1)+R_y}y_{DR}(k|k-1)+\frac{P_y(k|k-1)}{P_y(k|k-1)+R_y}y_{GPS}(k)$$ 를 산출하는 제 16 단계와;

각 데이터의 공분산은 $P_x(k|k)$ 와 $P_y(k|k)$ 이며,

$GPS_{\hat{x}}=GPS_x(k)-x(k|k)$, $GPS_{\hat{y}}=GPS_y(k)-y(k|k)$ 를 이용하여 현재 시간에 대한 가상 GPS 수신기의 출력을 예측하는 제 17 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 DR/GPS 데이터 융합 방법.

청구항 4

청구항 3 에 있어서 상기 공분산 R_x 와 R_y 를 계산하는 제 6 단계에서,

$|x_{GPS}(1)-x_{DR}(1|0)|\le 0.1854m$ 이면 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산을 $0.1854\times 0.1854m^2$ 로 가정하고,

$|x_{GPS}(1)-x_{DR}(1|0)|\le 0.1854\times 2m$ 이면 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산을 $(0.1854\times 2)^2m^2$ 로 가정하며, 그외의 경우에는 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산이 매우 크다고 가정하는 것을 특징으로 하는 DR/GPS 데이터 융합 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 DR/GPS 데이터 융합 방법에 관한 것으로서, 특히 GPS의 위치 오차를 칼만 필터 기반 추측항법기법(Dead Reckoning)을 적용하여 줄일 수 있는 DR/GPS 데이터 융합 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 항법 시스템(navigation system)에서 가장 중요한 기술중 하나는 대상체의 정확한 위치를 얻는 일이다. 대상체의 위치를 구하기 위해서 일반적으로 위성체를 이용한 GPS(Global Positioning System) 및 자이로스코프와 가속도계와 같은 센서를 가지는 추측항법시스템(Dead Reckoning System; 이하 DR이라 한다)을 이용한다.

[0003] GPS는 항법위성을 이용하여 전세계 어디에서나 대상체(수신기)의 위치, 속도, 시간 정보를 알아낼 수 있는 전파항법 시스템이다. GPS의 항법해는 수신기 잡음, 다중경로 오차 등으로 인하여 단시간 안정성은 좋지 않지만 항상 일정 범위내의 오차를 가지기 때문에 장시간 안정성은 매우 뛰어나다. 그렇지만, GPS 수신기는 위성신호가 차단될 경우 항법해를 제공할 수 없다는 단점이 있다.

[0004] GPS 네비게이션 시스템에 대해서 좀 더 구체적으로 살펴보기로 한다.

[0005] 초기에는 GPS가 군사용으로 개발되었지만, 그 응용이 확대되어 지금은 네비게이션을 포함하여 일반적인 응용에 폭넓게 사용되고 있다. GPS 시스템은 최소 24개의 인공위성이 항상 동작하고 있으며, 그들은 각각의 위치와 현재 시간을 나타내는 데이터를 지상으로 실시간 전송한다. GPS 위성은 그들의 신호가 동시에 전송하고 GPS 수신장치가 2개 이상의 위성으로부터 데이터를 수신할 때, 데이터 도착 시간 차이를 이용하여 각각 위성과 수신자의 상대 거리를 계산할 수 있도록 데이터 전송을 동기화시킨다. GPS 수신기는 신호로부터 획득된 가상거리를 이용하여 위치정보를 계산한다. 4개 이상의 위성으로부터의 신호가 수신될 수 있을 때, GPS 수신기는 GPS 수신기 안테나 위치를 계산할 수 있게 된다.

[0006] GPS 정보의 정확도는 위성의 궤도 정보와 정확한 타이밍 구조에 의해 결정된다. GPS 적용에서, 중요한 사항은 위성과 수신기의 거리를 기반으로 가능한 한 정확하게 수신자의 위치를 획득하는 것이다. GPS는 일반적으로 야외에서 이용되기 때문에, 정밀도에 영향을 미치는 다양한 요소가 있다. 이러한 요소는 시계 오프셋, 대기나 전리층 영향, 다중 경로 영향 그리고 수신기에서 발생하는 잡음 등이 있다. 또한 위성에 대한 수신자의 기하학적 위치도 정확도에 영향을 미칠 수 있다. 2차원적 위치결정 경우를 위해, 정밀도의 수평 저하(HDOP) 요소가 GPS에 설계되어 있으며, 정밀도에 대해 위성의 기하학적 구조가 미치는 영향을 나타내는데 사용된다. 수신자의 추정 위치는 인지된 위성이 기하학적으로 잘 분산되어 있고 HDOP 요소가 작을 경우 더 정확하다. 뿐만 아니라, 측정시 이용 가능한 위성 수와 위치 변화도 정밀도에 영향을 미친다.

[0007] 표준 DGPS는 일반적으로 1 미터 이하의 정확도를 요구하는 경우 사용된다. DGPS는 차동 모드에서 작동하기 위한 여러 방법이 있고, DGPS기지국으로부터 보낸 정보를 활용한다. 가장 일반적인 방법은 데이터 기지국 수신기와 이동 수신기 구조를 가지며, 각각 수신자에 실시간으로 수신된 신호 사이의 차이를 분석하므로 이동 수신기의 위치를 파악하는 것이다. DGPS는 매우 정밀한 위치 측정 서비스를 제공할 수 있지만, 고가이고 기지국이 필요한 단점이 있다. 도 1 은 GPS 수신기를 이용하여 데이터를 습득한 후 습득한 데이터에서 데이터의 평균치를 뺀 값을 보여주는 도면이고, 도 2 는 인접한 샘플링 간의 GPS 출력 차이를 보여주는 도면이다. 도 1,2로부터 짧은 시간 동안 수신된 데이터를 볼 수 있고, 이런 종류의 GPS 수신기 데이터는 측정 시 인식된 위성이 변하지 않는 한 거의 유사하다. 데이터의 변화가 있을 때마다 GPS 수신기의 값들에서는 크기의 유동(drift)이 존재한다. 위도 값의 유동은 0.1854m 이고 경도 값의 유동은 0.1503m 이다.

[0008] 한편, DR은 항체의 위치설정과 네비게이션에 활용되는 일반적인 기술이다. 이동 물체의 위치와 경로 데이터를 인코더, 지자기센서, 전자콤파스 등의 센서를 이용하여 획득한다. 이 시스템은 짧은 시간 내에 매우 정확한 항해 정보를 제공하나 오류가 시간이 지남에 따라 무한대로 누적되기 때문에 단독으로 이동물체의 항법에 이용 될 수는 없다. 즉, DR은 연속적인 항법해를 제공하며, 단시간 안정성은 우수하지만 시간이 지날수록 오차가 누적하여 증가하기 때문에 장시간 안정성은 좋지 않다.

[0009] 현재 선박은 물류운송, 여객 및 연구 목적과 같은 여러 분야에서 다양한 목적에 활용되고 있다. 정확하고 신뢰할 만한 항법 시스템에 대한 필요는 항체가 목적지에 성공적으로 도달하는데 있어서 매우 중요하다.

[0010] 한편, 항체의 자동 운항에서 GPS와 GPS/DR을 융합한 항법을 응용한 많은 연구가 진행되고 있다. 예를 들면, 독립형 GPS를 사용하는 차량을 위한 추적 알고리즘을 연구가 진행되고 있으며, GPS/DR 기반 집적 항해 시스템에서 R-T-S 고정 간격 최적 평활화 기법의 응용 연구가 진행되고 있다. 또한, GPS/DR 데이터 융합을 위해 연합 칼만 필터가 제안되었고, 통합된 GPS/DR 네비게이션의 분야 실험으로부터 구한 데이터를 다루기 위해 적응 강인 확장된 칼만 필터링 기술이 제안되었다.

[0011] 다른 한편, 일반적으로 사용되는 GPS 수신기의 오류는 SA 정책이 제거되었을지라도 상당히 크고, 미분 GPS(DGPS)는 오차가 1미터 이하가 되며 보다 정확한 항해 정보를 제공할 수 있다. 그렇지만, DGPS는 상업적으로 이용하기에는 상대적으로 고가이며 오차 데이터를 제공하기 위한 기지국이 별도로 필요한 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 저렴한 GPS 수신기를 DR 장치와 결합하여 사용하면서 1미터 이하의 오차를 구현할 수 있도록 칼만 필터 기반의 DR/GPS 데이터 융합 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법은, 칼만 필터에 기반하여 DR 장치의 DR 데이터와 GPS 수신기의 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정을 거쳐 DR/GPS 데이터를 융합하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 여기에서, 상기 DR 데이터와 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정은, 초기값을 이용하여 항체의 첫번째 위치를 추정하는 제 1 과정과; 두번째 위치부터 향후 모든 위치를 추정하는 제 2 과정을 포함하여 이루어지고, 상기 제 1과정은, GPS 데이터를 수집하는 단계와; DR 데이터를 측정하는 단계와; GPS 데이터를 이용하여 항체의 현재 위치를 GPS에 기반한 좌표로 설정하는 단계와; GPS 데이터와 DR 데이터를 융합하는 단계와; 융합된 DR/GPS 데이터를 출력하는 단계를 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다.

[0015] 그리고, 상기 제 1,2 과정은, 시작점(1)에 가상 GPS 수신기가 있다고 가정하고, 항체가 시작점(1)에서 정지하고 있는 동안, GPS 수신기를 통해 GPS 데이터 GPS_x 와 GPS_y 를 취득하는 제 1 단계와; 시간 T에서 항체가 운항을 시작하면, 각 데이터의 공분산은 Q_x 와 Q_y 이고, DR 장치에 기반한 좌표를 시간 T에서 $x_{DR}(1|0)$ 와 $y_{DR}(1|0)$ 로 설정하는 제 2 단계와; 시간 T에서 GPS 수신기를 통해 실제 GPS 데이터 $GPS_x(1)$ 와

$GPS_y(1)$를 취득하는 제 3 단계와; 시간 T에서 가상 GPS 데이터 $GPS_{\hat{x}} = GPS_x$와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y$를 예측하는 제 4 단계와; 시간 T에서 실제 GPS 데이터와 가상 GPS 데이터의 차이를 이용하여, GPS에 기반한 항체의 좌표 $x_{GPS}(1) = GPS_x(1) - GPS_{\hat{x}}$와 $y_{GPS}(1) = GPS_y(1) - GPS_{\hat{y}}$를 예측하는 제 5 단계와; DR 장치를 통해 DR 데이터를 취득하고, 취득한 DR 데이터를 이용하여 GPS에 기반한 $x_{GPS}(1)$와 $y_{GPS}(1)$의 공분산 R_x와 R_y를 계산하는 제 6 단계와; $\frac{R_x}{Q_x + R_x}$, $\frac{R_y}{Q_y + R_y}$를 이용하여 DR 장치의 신뢰도를 계산하고, $\frac{Q_x}{Q_x + R_x}$, $\frac{Q_y}{Q_y + R_y}$를 이용하여 GPS 수신기의 신뢰도를 계산하는 제 7 단계와; $x(1|1)$의 공분산은 $P_x(1|1) = \frac{Q_x R_x}{Q_x + R_x}$이고, $y(1|1)$의 공분산은 $P_y(1|1) = \frac{Q_y R_y}{Q_y + R_y}$이며,

$$x(1|1) = \frac{R_x}{Q_x + R_x} x_{DR}(1|0) + \frac{Q_x}{Q_x + R_x} x_{GPS}(1)$$

,

$$y(1|1) = \frac{R_y}{Q_y + R_y} y_{DR}(1|0) + \frac{Q_y}{Q_y + R_y} y_{GPS}(1)$$

을 이용하여 융합된 결과를 계산하는 제 8 단계와; 각 데이터의 공분산은 $P_x(1|1)$와 $P_y(1|1)$이며, $GPS_{\hat{x}} = GPS_x(1) - x(1|1)$와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y(1) - y(1|1)$을 이용하여 현재의 가상 GPS값을 예측하는 제 9 단계와; 각 데이터의 공분산은 $P_x(k|k-1) = Q_x + P_x(k-1|k-1)$와 $P_y(k|k-1) = Q_y + P_y(k-1|k-1)$이며, 시간 kT에서 DR 장치의 좌표 $x_{DR}(k|k-1)$와 $y_{DR}(k|k-1)$를 취득하는 제 10 단계와; 실제 GPS 데이터로부터 $GPS_x(k)$와 $GPS_y(k)$를 취득하는 제 11 단계와; 가상 GPS에 대한 현재 시간의 데이터 $GPS_{\hat{x}} = GPS_x(k-1) - x(k-1|k-1)$와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y(k-1) - y(k-1|k-1)$를 예측하는 제 12 단계와; $x_{GPS}(k) = GPS_x(k) - GPS_{\hat{x}}$와 $y_{GPS}(k) = GPS_y(k) - GPS_{\hat{y}}$로부터 현재 시간에 대한 GPS 기반 좌표를 예측하는 제 13 단계와; 상기 $x_{GPS}(1)$와 $y_{GPS}(1)$의 공분산 R_x와 R_y를 계산하는 제 6단계에서 언급한 GPS 기반 좌표의 공분산을 연산하는 제 14 단계와; DR 장치의 신뢰도 $\frac{R_x}{P_x(k|k-1) + R_x}$, $\frac{R_y}{P_y(k|k-1) + R_y}$, GPS 수신기의 신뢰도 $\frac{P_x(k|k-1)}{P_x(k|k-1) + R_x}$, $\frac{P_y(k|k-1)}{P_y(k|k-1) + R_y}$를 산출하는 제 15 단계와; $x(k|k)$의 공분산은 $P_x(k|k) = \frac{P_x(k|k-1) R_x}{P_x(k|k-1) + R_x}$이고, $y(k|k)$의 공분산은 $P_y(k|k) = \frac{P_y(k|k-1) R_y}{P_y(k|k-1) + R_y}$이며,

$$x(k|k) = \frac{R_x}{P_x(k|k-1) + R_x} x_{DR}(k|k-1) + \frac{P_x(k|k-1)}{P_x(k|k-1) + R_x} x_{GPS}(k)$$

와

$$y(k|k)=\frac{R_y}{P_y(k|k-1)+R_y}y_{DR}(k|k-1)+\frac{P_y(k|k-1)}{P_y(k|k-1)+R_y}y_{GPS}(k)$$

를 산출하는 제 16 단계와; 각 데이터의 공분산은 $P_x(k|k)$ 와 $P_y(k|k)$ 이며, $GPS_{\hat{x}}=GPS_x(k)-x(k|k)$, $GPS_{\hat{y}}=GPS_y(k)-y(k|k)$ 를 이용하여 현재 시간에 대한 가상 GPS 수신기의 출력을 예측하는 제 17 단계를 포함하여 이루어진 것이 바람직하다.

[0016] 그리고, 상기 공분산 R_x 와 R_y 를 계산하는 제 6 단계에서, $|x_{GPS}(1)-x_{DR}(1|0)|\le 0.1854m$ 이면 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산을 $0.1854\times 0.1854m^2$ 로 가정하고, $|x_{GPS}(1)-x_{DR}(1|0)|\le 0.1854\times 2m$ 이면 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산을 $(0.1854\times 2)^2m^2$ 로 가정하며, 그외의 경우에는 $x_{GPS}(1)$의 공분산이 매우 크다고 가정할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, 칼만 필터 기반 추측항법기법을 적용하여 GPS의 위치 오차를 줄여 GPS의 정확도를 높여줌으로써 선박의 자율운행 항해 및 선박 충돌 회피 등에 효과적으로 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1 은 GPS 수신기를 이용하여 데이터를 습득한 후 데이터의 평균치를 제거한 GPS 데이터를 보여주는 도면.

도 2 는 GPS 데이터의 인접한 샘플링 간의 GPS 출력 차이를 보여주는 도면.

도 3 은 지속적인 이산 칼만 필터 주기를 보여주는 도면.

도 4 는 칼만 필터의 수행 과정을 보여주는 도면.

도 5 는 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 위한 DR/GPS 데이터 융합 시스템 개념도.

도 6 은 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 보여주는 제 1흐름도.

도 7 은 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 보여주는 제 2흐름도.

도 8 은 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 보여주는 제 3흐름도.

도 9 는 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법의 시뮬레이션 결과를 보여주는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

[0020] 먼저, 본 발명에 적용하는 칼만 필터에 관하여 설명하기로 한다.

[0021] 1960년, R.E. Kalman 은 이산 데이터의 선형 필터링 문제에 대해 재귀해법을 설명하는 그의 유명한 논문을 발표하였다. 그 당시 많은 부분에서 디지털 컴퓨터의 출현으로 인해 빛을 보게 되었고, 오늘까지 광범위한 분야에서 응용되어 왔다.

[0022] 칼만 필터는 상태방정식에서 다음 상태를 최적으로 recursive하게 예측하는 수단을 제공하도록 설정되어 있다. 이것은 여러 가지 측면에서 매우 강력하다. 그것은 과거, 현재, 그리고 미래에 대한 추측을 도와주고 정확한 성격을 알 수 없는 시스템을 모델링 할 수 있게 한다.

[0023] 칼만 필터는 선형 확률 차분방정식에 의해 결정되는 이산 제어 시스템의 상태 $x\in\mathbf{R}_n$ 을 예측하려는 일반적인 문제를 해결한다.

[0024] $$x_k=Ax_{k-1}+Bu_{k-1}+w_{k-1} \quad (1\text{-}1)$$

[0025] 측정치 $z \in \mathbf{R}^m$ 에 대한 방정식:

[0026] $$z_k = Hx_k + v_k \quad (1\text{-}2)$$

[0027] 임의의 변수 w_k 및 v_k 각각 프로세스 및 측정 잡음을 나타낸다. 그들은 서로 독립적이고, 백색인 일반적 확률 분포로 가정한다.

[0028] $$p(w) \sim N(0, Q) \quad (1\text{-}3)$$

[0029] $$p(v) \sim N(0, R) \quad (1\text{-}4)$$

[0030] 차분 방정식 (1-1)에서 현재 스텝 k에서의 상태에서의 $n \times n$ 행렬 A는 이전 시간 스텝 $k-1$에서 상태 관계되어 있다. 운동 함수 또는 프로세스 잡음은 무시한다. 각 시간 스텝에서 실제 A는 변화할 수 있다. 그러나 여기에서 그것이 일정하다고 가정한다. $n \times n$ 행렬 B는 상태 x에서 최적 제어 입력 $u \in \mathbf{R}^l$에 관계되어 있다. 측정 방정식 (1-2)에서 $n \times n$ 행렬 H는 측정치 z_k 에서 상태와 관련되어 있다. 실제 H는 각 시간이나 스텝에 따라 변화할 수 있다. 그렇지만 여기에서는 그것이 일정하다고 가정한다.

[0031] $\hat{x}_k^- \in \mathbf{R}$ 를 k 번째에서 알려진 이전 상태 평가치, $\hat{x}_k \in \mathbf{R}$ 를 측정치 z_k에서 주어진 k 번째에서 다음 상태 평가치로 정의한다. 이전과 다음 평가치 오차를 다음과 같이 정의할 수 있다.

[0032] $$e_k^- \equiv x_k - \hat{x}_k^-$$
$$e_k \equiv x_k - \hat{x}_k \quad (1\text{-}5)$$

[0033] 이전 평가치 에러 공분산은

[0034] $$P_k^- = E\left[e_k^- e_k^{-T}\right] \quad (1\text{-}6)$$

[0035] 다음 평가치 에러 공분산은

[0036] $$P_k = E\left[e_k e_k^T\right] \quad (1\text{-}7)$$

[0037] 칼만 필터는 피드백 제어 방식을 사용하여 과정을 추정한다. 필터는 몇몇 시간에서 상태를 추정하고 잡음 측정 방식에서 피드백을 얻는다. 이와 같이, 칼만필터에 대한 방정식은 시간 업데이트 방정식과 측정 업데이트 방정식 둘로 나누어진다. 시간 업데이트 방정식은 다음 시간 과정에 대해 최적 추정치를 얻기 위해 현재상태와 공분산 오차를 추정한다. 개선된 다음 추정치를 얻기 위해 최적 추정에 새로운 측정치를 넣는다. 시간 업데이트 방정식은 또한 측정 업데이트 방정식이 보정 방정식으로 간주되는 동안 예측 방정식으로써 생각할 수 있다. 실제로 최종치 추정 알고리즘은 도 3 에 나타난 바와 같이 수치 해석 문제에 대한 예측-보정 알고리즘과 유사하다.

[0038] 시간과 측정치 업데이트에 대한 자세한 방정식은 다음과 같다.

[0039] $$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1} \quad (1\text{-}8)$$

[0040] $$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \quad (1\text{-}9)$$

[0041] $$K_k = P_k^- H^T \left(H P_k^- H^T + R \right)^{-1} \quad (1\text{-}10)$$

[0042] $$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k \left(z_k - H\hat{x}_k^- \right) \quad (1\text{-}11)$$

[0043] $$P_k = \left(I - K_k H \right) P_k^- \quad (1\text{-}12)$$

[0044] 첫번째는 측정을 업데이트 하는 동안 칼만이득 *Kk* 를 계산하는 것이다. 다음 단계는 실제 *zk* 를 구하는 방법이고 식 (1-11)에서과 같은 측정치를 통합하여 다음 상태를 측정한다. 마지막 단계는 (1-12)를 통해 오차의 공분산을 업데이트 하는 방법이다. 각 시간 및 측정을 업데이트 후 과정을 반복한다. 이것은 이전 과정 또는 새로운 선형적 예측을 하는데 사용하고 있다. 이 재귀적 기법은 칼만 필터의 매우 매력적인 특징중 하나이다. 각 추적에 대한 모든 데이터가 직접 작동하도록 설계된 Wiener filter의 개발보다 더 실질적인 구현이다. 칼만 필터는 재귀적으로 모든 과거의 측정에 대한 현재를 추정하는 것을 대신한다. 도 4 는 칼만 필터의 수행 과정을 나타낸다.

[0045] 이제, 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 구체적으로 설명하기로 한다.

[0046] 도 5 에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 위한 DR/GPS 데이터 융합 시스템(100)은 항체의 위치이동과 자세변화를 감지하고, 항체의 속도를 감지하는 DR 장치(110), 항법위성을 이용하여 항체의 위치, 속도 및 자세측정치를 산출하는 GPS 수신기(120), GPS 수신기(120)의 GPS 데이터를 시간 지연 시키기 위한 시간 지연 처리단(130) 및 DR 장치(110)의 DR 데이터와 GPS 수신기(120)의 GPS 데이터를 수신하여 융합하는 DR/GPS 데이터 융합 처리기(140)를 포함하여 이루어지는데, DR/GPS 데이터 융합 시스템(100)을 이용하여 DR/GPS 데이터를 융합하는 방법은 칼만 필터에 기반하여 DR 장치(110)의 DR 데이터와 GPS 수신기(120)의 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정을 거쳐 DR/GPS 데이터를 융합하게 된다. 즉, DR 장치(110)의 DR 데이터와 GPS 수신기(120)의 GPS 데이터의 가중치를 적절히 조절하여 융합함으로써 네비게이션 데이터의 정확도를 높여주게 되는 것이다.

[0047] 보다 구체적으로, DR 장치(110)의 DR 데이터와 GPS 수신기(120)의 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정을 살펴보기로 한다.

[0048] 먼저, GPS 수신기(120)를 위한 특성은 X와 Y(X는 위도를 나타내고, Y는 경도를 나타낸다.)가 매우 천천히 특성변화가 일어나고 모든 특성변화는 X와 Y의 정확도를 결정하게 된다. X와 Y의 DR 장치(110)의 공분산이 Q라고 가정하자. 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법의 유도를 위해, 먼저 시작하는 점에 가상 GPS 수신기가 있다고 가정한다. 그리고 다음과 같은 단계를 순차적으로 실행한다.

[0049] 도 6 에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 DR 데이터와 GPS 데이터의 가중치를 조절하는 과정은, 크게 초기값을 이용하여 항체의 첫번째 위치를 추정하는 제 1 과정(S110)과, 두번째 위치부터 향후 모든 위치를 추정하는 제 2 과정(S120)을 포함하여 이루어진다.

[0050] 그리고, 도 7 에 도시한 바와 같이, 상기 제 1 과정(S110)은 GPS 수신기(120)에서 GPS 데이터를 수집하는 단계(S111), DR 장치(110)에서 DR 데이터를 측정하는 단계(S112), DR/GPS 데이터 융합처리기(140)에서 GPS 데이터를 이용하여 항체의 현재 위치를 GPS에 기반한 좌표로 설정하는 단계(S113), DR/GPS 데이터 융합처리기(140)에서 GPS 데이터와 DR 데이터를 융합하는 단계(S114) 및 DR/GPS 데이터 융합처리기(140)에서 융합된 DR/GPS 데이터를 출력하는 단계(S115)를 포함하여 이루어진다.

[0051] 이하, 상기 제 1,2과정(S110),(S120)을 좀 더 구체적으로 설명하기로 한다.

[0052] 제 1 단계 : 항체가 시작점에서 정지하고 있는 동안, GPS_x 와 GPS_y 를 얻기 위해 GPS 데이터를 수집한다. 상기 제 1 단계는 상기 S111 단계에 해당한다.

[0053] 제 2 단계 : 시간 T에서 항체가 운항을 시작한다(편의상 시작점을 '1'이라 한다). 실제 DR 장치에 기반한 좌표를 시간 T에서 $x_{DR}(1|0)$ 와 $y_{DR}(1|0)$ 로 설정한다. 상응하는 데이터의 공분산은 Q_x 와 Q_y 이다. 상기

제 2 단계는 상기 S112 단계에 해당한다.

[0054] 제 3 단계 : 시간 T에서 실제 GPS 데이터 $GPS_x(1)$ 와 $GPS_y(1)$ 를 얻는다.

[0055] 제 4 단계 : GPS 수신기의 출력이 매우 천천히 특성변화가 일어나므로, 시간 T에서 동시에 발생하는 가상 GPS 출력 $GPS_{\hat{x}} = GPS_x$ 와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y$ 를 예측한다.

[0056] 제 5 단계 : 시간 T에서 실제 GPS 데이터와 가상 GPS 데이터의 차이를 이용하여, GPS에 기반한 항체의 좌표 $x_{GPS}(1) = GPS_x(1) - GPS_{\hat{x}}$ 와 $y_{GPS}(1) = GPS_y(1) - GPS_{\hat{y}}$ 를 예측한다. 제 3 단계 내지 제 5 단계는 상기 S113 단계에 해당된다.

[0057] 제 6 단계 : 한 개의 샘플링 동안, DR 장치는 정확한 짧은 시간의 네이게이션 정보를 제공할 수 있는데, 이것을 이용하여 GPS에 기반한 좌표의 공분산을 계산한다.

[0058] 만약 $|x_{GPS}(1) - x_{DR}(1|0)| \le 0.1854m$ 이면 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산을 $0.1854 \times 0.1854m^2$ 로 가정하고, $|x_{GPS}(1) - x_{DR}(1|0)| \le 0.1854 \times 2m$ 이면 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산을 $(0.1854 \times 2)^2 m^2$ 로 가정한다. 그외의 경우에는 $x_{GPS}(1)$ 의 공분산이 매우 크다고 가정한다. 이 과정을 통해 $x_{GPS}(1)$와 $y_{GPS}(1)$의 공분산 R_x와 R_y 를 계산할 수 있다.

[0059] 제 7 단계 : $\frac{R_x}{Q_x + R_x}$, $\frac{R_y}{Q_y + R_y}$ 를 이용하여 DR 장치의 신뢰도를 계산하고, $\frac{Q_x}{Q_x + R_x}$, $\frac{Q_y}{Q_y + R_y}$ 를 이용하여 GPS 수신기의 신뢰도를 계산한다.

[0060] 제 8 단계 ; 다음 식을 이용하여 융합된 결과를 계산한다.

[0061] $$x(1|1) = \frac{R_x}{Q_x + R_x} x_{DR}(1|0) + \frac{Q_x}{Q_x + R_x} x_{GPS}(1)$$,

[0062] $$y(1|1) = \frac{R_y}{Q_y + R_y} y_{DR}(1|0) + \frac{Q_y}{Q_y + R_y} y_{GPS}(1)$$

[0063] $x(1|1)$ 의 공분산은 $P_x(1|1) = \frac{Q_x R_x}{Q_x + R_x}$ 이고, $y(1|1)$ 의 공분산은 $P_y(1|1) = \frac{Q_y R_y}{Q_y + R_y}$ 이다. 상기 제 6 단계 ~ 제 8 단계는 상기 S114 단계에 해당한다.

[0064] 제 9 단계 : 가상 GPS 수신기의 현재 시간을 $GPS_{\hat{x}} = GPS_x(1) - x(1|1)$ 와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y(1) - y(1|1)$ 을 이용하여 예측한다. 이 데이터의 공분산은 $P_x(1|1)$ 와 $P_y(1|1)$ 이다. 상기 제 9 단계는 상기 S115 단계에 해당한다.

[0065] 제 10 단계 : 시간 kT(k=2,3...)에서 DR 장치의 좌표 $x_{DR}(k|k-1)$ 와 $y_{DR}(k|k-1)$ 를 취득한다. 이 데이터에 대한 공분산은 $P_x(k|k-1) = Q_x + P_x(k-1|k-1)$ 와 $P_y(k|k-1) = Q_y + P_y(k-1|k-1)$ 이다.

[0066] 제 11 단계 : 실제 GPS 데이터로부터 $GPS_x(k)$ 와 $GPS_y(k)$ 를 취득한다.

[0067] 제 12 단계 : 가상 GPS에 대한 현재 시간의 데이터 $GPS_{\hat{x}} = GPS_x(k-1) - x(k-1|k-1)$ 와 $GPS_{\hat{y}} = GPS_y(k-1) - y(k-1|k-1)$ 를 예측한다.

[0068] 제 13 단계 : 현재 시간에 대한 GPS 기반 좌표 $x_{GPS}(k) = GPS_x(k) - GPS_{\hat{x}}$ 와 $y_{GPS}(k) = GPS_y(k) - GPS_{\hat{y}}$ 를 예측한다.

[0069] 제 14 단계: 제 6 단계에서 언급한 GPS 기반 좌표의 공분산에 대해 연산한다.

[0070] 제 15 단계 : DR 장치의 신뢰도 $\frac{R_x}{P_x(k|k-1)+R_x}$, $\frac{R_y}{P_y(k|k-1)+R_y}$, GPS 수신기의 신뢰도 $\frac{P_x(k|k-1)}{P_x(k|k-1)+R_x}$, $\frac{P_y(k|k-1)}{P_y(k|k-1)+R_y}$ 를 산출한다.

[0071] 제 16 단계 : 융합된 결과를 계산하면 다음과 같다.

[0072] $$x(k|k) = \frac{R_x}{P_x(k|k-1)+R_x} x_{DR}(k|k-1) + \frac{P_x(k|k-1)}{P_x(k|k-1)+R_x} x_{GPS}(k)$$ 와

$$y(k|k) = \frac{R_y}{P_y(k|k-1)+R_y} y_{DR}(k|k-1) + \frac{P_y(k|k-1)}{P_y(k|k-1)+R_y} y_{GPS}(k)$$

[0073] $x(k|k)$ 의 공분산은 $P_x(k|k) = \frac{P_x(k|k-1)R_x}{P_x(k|k-1)+R_x}$ 이고,

[0074] $y(k|k)$ 의 공분산은 $P_y(k|k) = \frac{P_y(k|k-1)R_y}{P_y(k|k-1)+R_y}$ 이다.

[0075] 제 17 단계 : $GPS_{\hat{x}} = GPS_x(k) - x(k|k)$, $GPS_{\hat{y}} = GPS_y(k) - y(k|k)$ 를 이용하여 현재 시간에 대한 가상 GPS 수신기의 출력을 예측한다.

[0076] 이 데이터에 대한 각각의 공분산은 $P_x(k|k)$ 와 $P_y(k|k)$ 이다. 상기 제 10 단계 ~ 제 17 단계는 상기 제 2 과정(S120)에 해당한다.

[0077] 이 융합 과정은 반복 과정을 통하여 계산된다.

[0078] 시뮬레이션

[0079] 본 시뮬레이션에서는 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법과 칼만 필터 방법을 실제 GPS 데이터에 적용하였다. 도 9 에 나타난 바와 같이, 일반적인 GPS 수신기에 대해 적용한 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법과 칼만 필터 방법에 대한 출력 성능이 비슷하다고 볼 수 있다. 여기에서 시뮬레이션 동안 GPS 수신기가 원활하게 작동하고 있었다는 것을 주목하여야 한다.

[0080] 종종 GPS 수신기가 잘 동작하지 않는다. 작동되지 않는 경우의 예로 기후 변화에 따라 충분한 위성 또는 위성 위치로부터 데이터를 수신할 수 없는 경우를 들 수 있다. 이 경우에 GPS의 에러가 매우 크게 되고 칼만 필터는 좋은 성능을 제공할 수 없게 된다. 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법은 GPS 수신기의 신뢰를 수정한 뒤 측정하면 더 좋은 성능을 보여준다. GPS 수신기의 신뢰가 낮을 경우는 DR 장치를 항해 정보에 주로 사용하게 된다.

[0081] 한편, 본 발명에 따른 DR/GPS 데이터 융합 방법을 한정된 실시예에 따라 설명하였지만, 본 발명의 범위는 특정

실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명과 관련하여 통상의 지식을 가진자에게 자명한 범위내에서 여러 가지의 대안, 수정 및 변경하여 실시할 수 있다.

부호의 설명

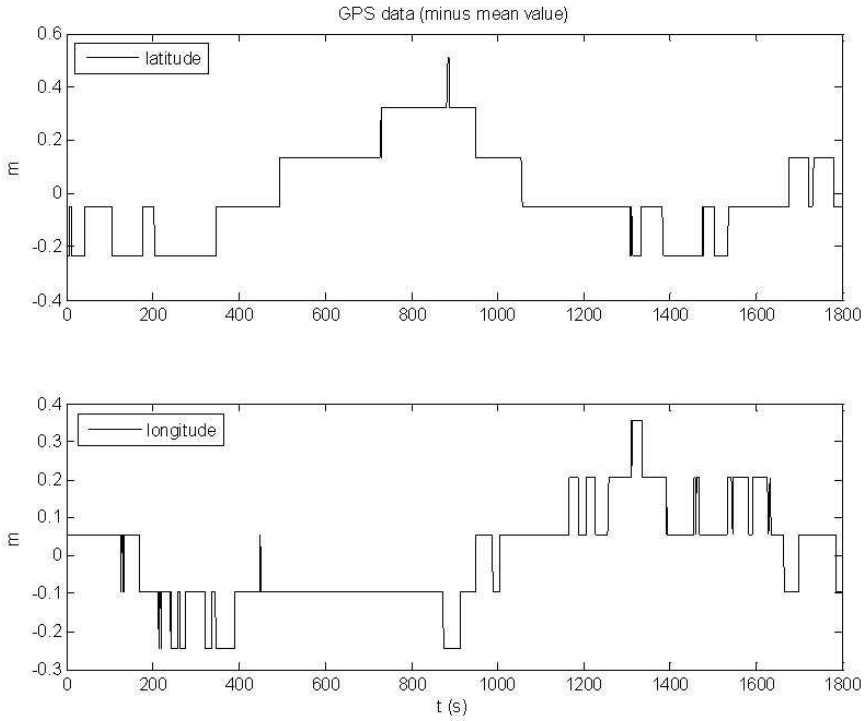
[0082] 100 : DR/GPS 데이터 융합 시스템 110 : DR 장치

120 : GPS 수신기 130 : 시간 지연 처리단

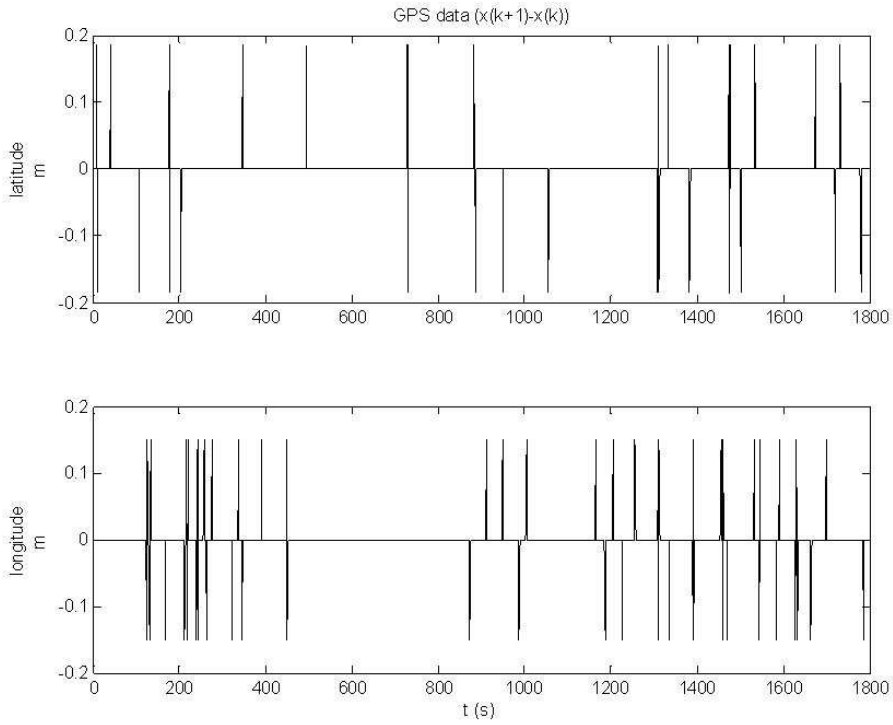
140 : DR/GPS 데이터 융합처리기

도면

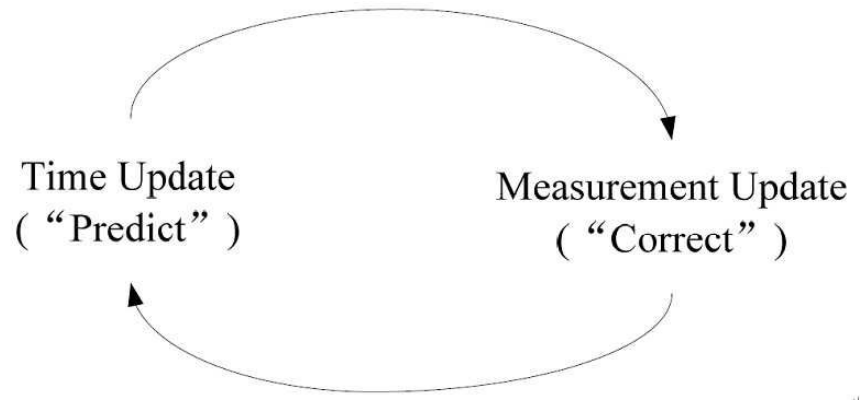
도면1



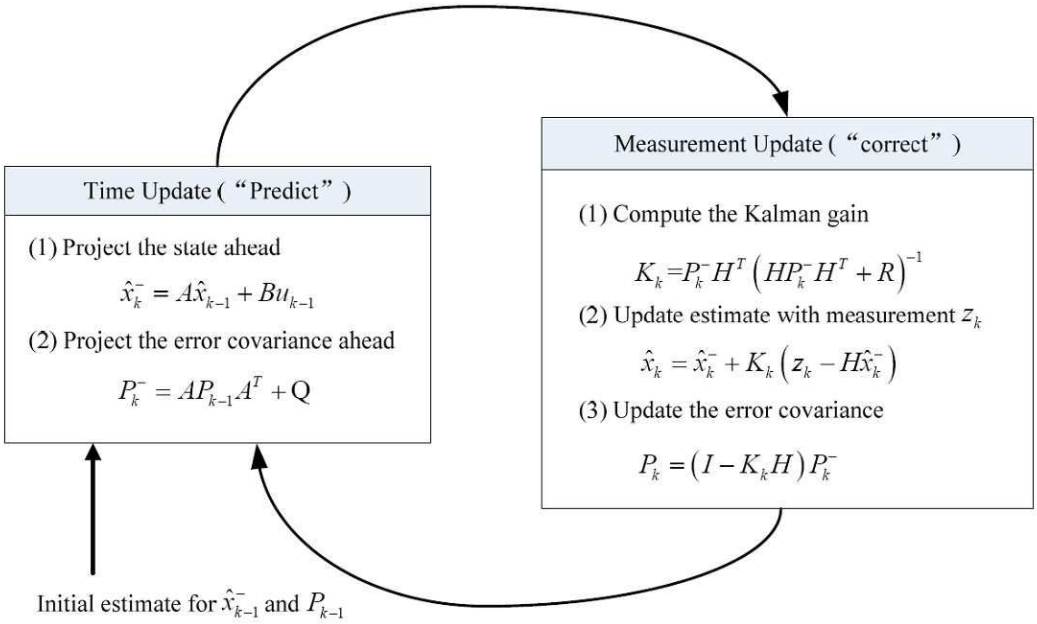
도면2


GPS data (x(k+1)-x(k))
latitude
m
longitude
m
t (s)
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

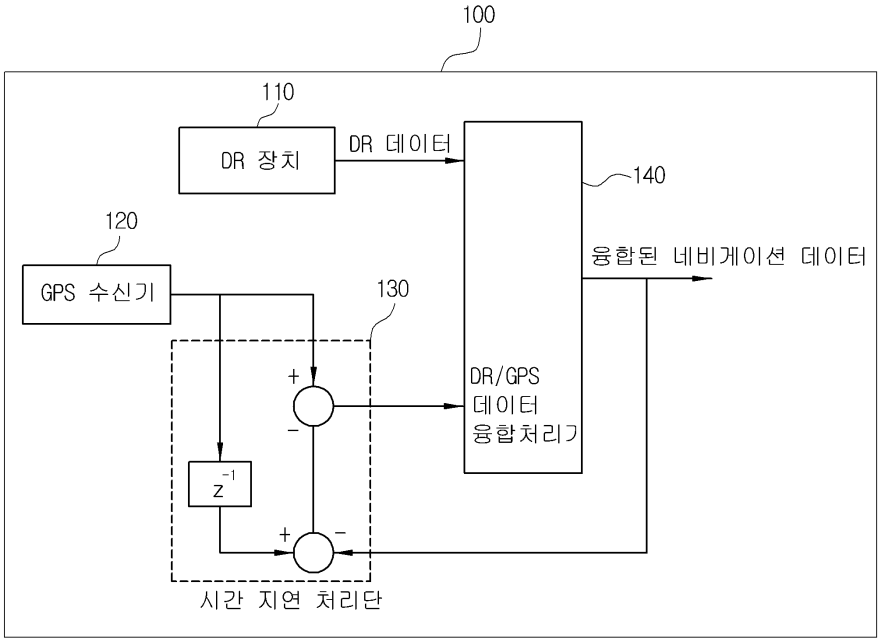
도면3


Time Update
(“Predict”)
Measurement Update
(“Correct”)

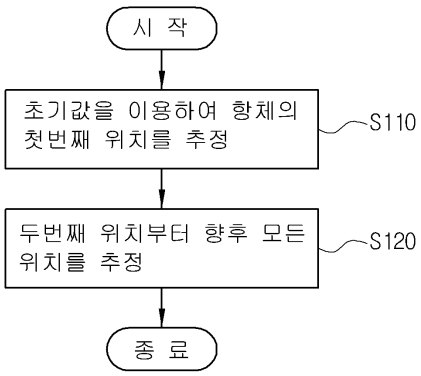
도면4


Time Update ("Predict")
(1) Project the state ahead
$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1}$
(2) Project the error covariance ahead
$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$
Measurement Update ("correct")
(1) Compute the Kalman gain
$K_k = P_k^- H^T \left(HP_k^- H^T + R\right)^{-1}$
(2) Update estimate with measurement z_k
$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k\left(z_k - H\hat{x}_k^-\right)$
(3) Update the error covariance
$P_k = \left(I - K_k H\right)P_k^-$
Initial estimate for $\hat{x}_{k-1}^-$ and P_{k-1}

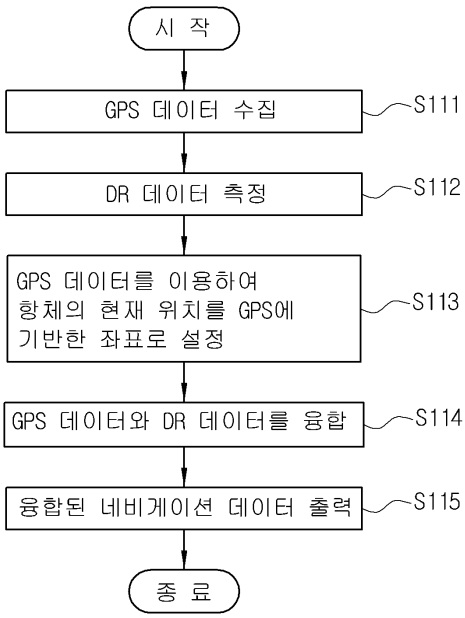
도면5


100
110
DR 장치
DR 데이터
140
120
GPS 수신기
융합된 네비게이션 데이터
130
DR/GPS
데이터
융합처리기
+
−
z^{-1}
+
−
시간 지연 처리단

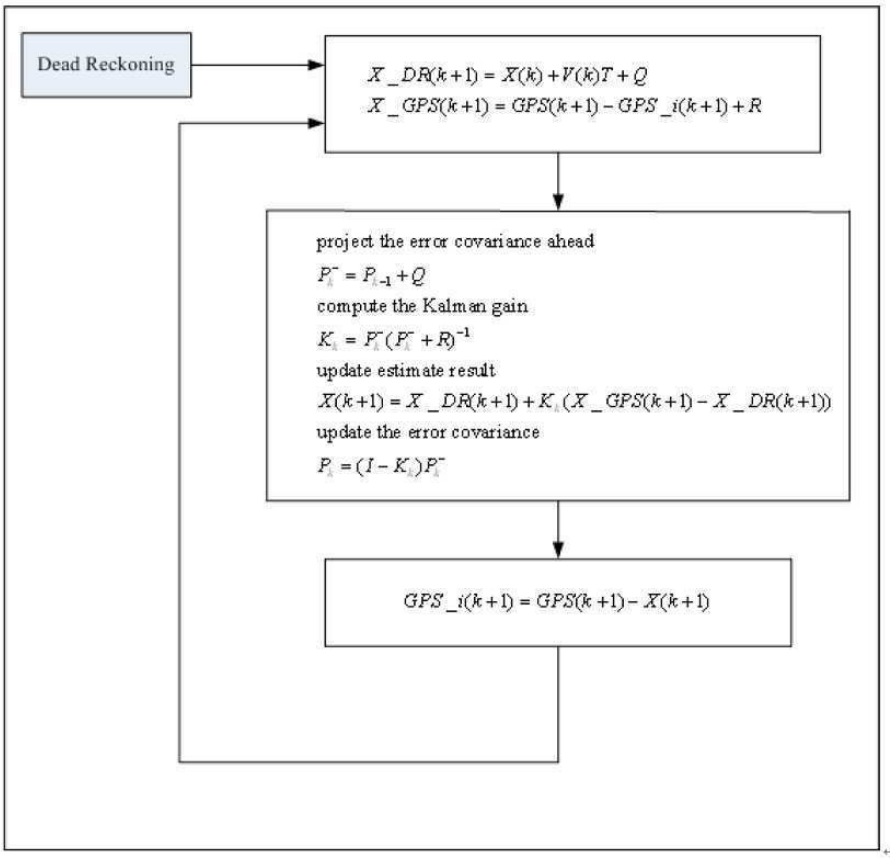
도면6


시 작
초기값을 이용하여 항체의 첫번째 위치를 추정
S110
두번째 위치부터 향후 모든 위치를 추정
S120
종 료

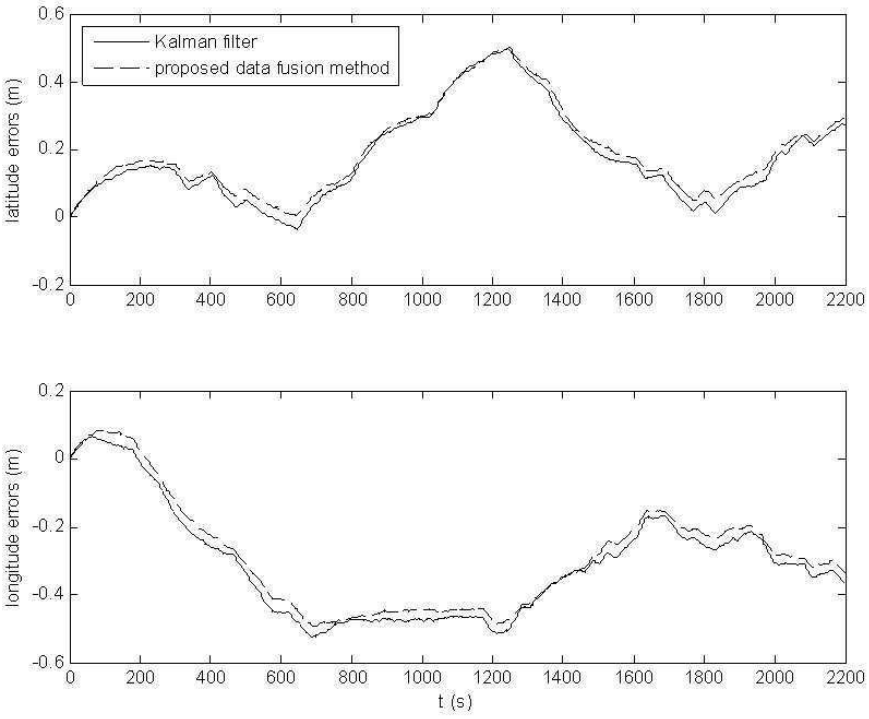
도면7


시 작
GPS 데이터 수집
S111
DR 데이터 측정
S112
GPS 데이터를 이용하여 항체의 현재 위치를 GPS에 기반한 좌표로 설정
S113
GPS 데이터와 DR 데이터를 융합
S114
융합된 네비게이션 데이터 출력
S115
종 료

도면8


Dead Reckoning
$X_DR(k+1) = X(k) + V(k)T + Q$
$X_GPS(k+1) = GPS(k+1) - GPS_i(k+1) + R$
project the error covariance ahead
$P_k^- = P_{k-1} + Q$
compute the Kalman gain
$K_k = P_k^-(P_k^- + R)^{-1}$
update estimate result
$X(k+1) = X_DR(k+1) + K_k(X_GPS(k+1) - X_DR(k+1))$
update the error covariance
$P_k = (I - K_k)P_k^-$
$GPS_i(k+1) = GPS(k+1) - X(k+1)$

도면9


Kalman filter
proposed data fusion method
latitude errors (m)
longitude errors (m)
t (s)
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
2200