



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년02월12일
(11) 등록번호 10-0941687
(24) 등록일자 2010년02월03일

(51) Int. Cl.

G01S 5/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0054188

(22) 출원일자 2009년06월18일

심사청구일자 2009년06월18일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020040058808 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

박관동

인천광역시 남구 용현동 인하대학교 4호관 305호

이창문

인천광역시 남구 용현동 인하대학교 4호관 310호

김혜인

인천광역시 남구 용현동 인하대학교 4호관 305호

(74) 대리인

권영규, 윤재석, 한지희

전체 청구항 수 : 총 11 항

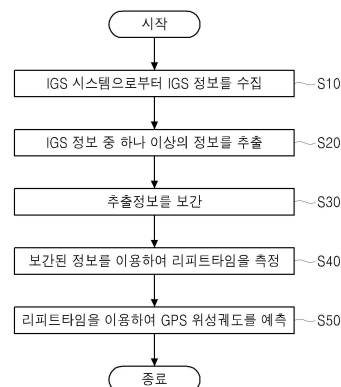
심사관 : 장석환

(54) GPS 위성 궤도 예측 방법, 시스템 및 이를 위한 기록 매체

(57) 요약

GPS(Global Positioning System) 위성 궤도 예측 방법, 시스템 및 이를 위한 기록 매체가 개시된다. 상기 위성 궤도 예측 방법은 외부 IGS(International Global positioning system Service) 시스템으로부터 IGS 정보를 수집하는 단계; 상기 수집된 IGS 정보 중, 하나 이상의 정보를 추출하는 단계; 상기 추출된 하나 이상의 정보를 보간 다항식을 이용해 보간하는 단계; 상기 보간된 하나 이상의 정보를 이용하여 GPS(Global Positioning System) 위성의 공전 시간인 리피트타임을 측정하는 단계; 및 상기 리피트타임을 이용하여 상기 GPS 위성의 궤도를 예측하는 단계를 포함하고, 상기 리피트타임을 이용하여 큰 오차 없이 상기 GPS 위성의 궤도를 예측할 수 있게 한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 38255-01

부처명 한국건설교통기술평가원

연구사업명 지능형국토정보기술혁신사업

연구과제명 지능형 국토정보기술혁신사업단 1단계 3차년도 총괄과제

주관기관 인하대학교

연구기간 2008-08-27~2009-06-26

특허청구의 범위

청구항 1

외부 IGS(International Global positioning system Service) 시스템으로부터 IGS 정보를 수집하는 단계;

상기 수집된 IGS 정보 중, 하나 이상의 정보를 추출하는 단계;

상기 추출된 하나 이상의 정보를 보간 다항식을 이용해 보간하는 단계;

상기 보간된 하나 이상의 정보를 이용하여 GPS(Global Positioning System) 위성의 공전 시간인 리피트타임을 측정하는 단계; 및

상기 리피트타임을 이용하여 상기 GPS 위성의 궤도를 예측하는 단계를 포함하며,

상기 하나 이상의 정보는 수집 시점을 기준으로 24시간 이전동안 상기 위성의 시간대별 위치가 기록된 관측궤도력 및 수집 시점을 기준으로 24시간 이후동안 상기 위성의 시간대별 위치가 예측된 예측궤도력을 포함하는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 리피트타임을 측정하는 단계는

상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간에 따른 상관 계수를 구하는 단계; 및

상기 상관 계수의 최대값에 대응하는 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간차(time lag)를 구하는 단계; 및

상기 시간차를 이용하여 상기 리피트 타임을 결정하는 단계를 포함하는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 추출된 하나 이상의 정보를 보간하는 단계는,

상기 추출된 하나 이상의 정보를 1초 간격으로 보간하는 단계인 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 리피트타임을 측정하는 단계는,

상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 중 어느 하나의 궤도력을 고정하고 다른 하나의 궤도력을 일정한 시간 간격 시프트하여, 상기 고정된 궤도력과 상기 시프트된 궤도력 간의 상관계수를 구하는 단계; 및

상기 상관 계수가 가장 클 때의 시프트 간격에 따라 상기 리피트타임을 결정하는 단계를 포함하는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 리피트타임을 상기 상관계수 k 에 의하여 결정되고,

$$k = \frac{\frac{1}{N} \sum_{r=1}^N (\alpha_r - \bar{\alpha})(\beta_r - \bar{\beta})}{S \cdot S'}$$

상기 상관계수 k 는 로 정의되며,

상기 리피트타임은 계산된 상기 상관계수 k 가 가장 클 때의 시프트 간격에 해당하는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

(여기서, $N=86400$, α_r 은 관측궤도력, β_r 은 예측궤도력, $\bar{\alpha}$ 은 관측궤도력의 평균값, $\bar{\beta}$ 는 예측궤도력의 평균값, S 은 관측궤도력의 표준편차, S' 는 예측궤도력의 표준편차)

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 위성의 시간대별 위치는 3차원 좌표의 x, y 및 z 성분으로 표시되고,

상기 리피트타임은 상기 x성분에 대한 제1리피트타임, 상기 y성분에 대한 제2리피트타임 및 상기 z성분에 대한 제3리피트타임 중 적어도 하나를 이용하여 산출되는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 리피트타임은 상기 제1리피트타임, 상기 제2리피트타임 및 상기 제3리피트타임의 평균값에 해당하는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 9

제1항, 제3항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 GPS 위성 궤도를 예측하는 단계는,

상기 관측궤도력의 시간대에 상기 리피트타임을 더하여 다음시간대별 위성의 위치를 예측하는 단계를 포함하는 GPS 위성 궤도 예측 방법.

청구항 10

외부 IGS 시스템으로부터 IGS 정보를 수집하는 정보수집부;

상기 수집된 IGS 정보로부터 관측 궤도력과 예측 궤도력을 추출하는 추출부;

상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력의 평균값 및 표준편차를 연산하는 연산부;

상기 관측 궤도력과 예측 궤도력을 보간 다항식을 이용해 보간하는 보간부;

상기 보간된 관측 궤도력과 예측 궤도력을 이용하여 GPS(Global Positioning System) 위성의 공전 시간인 리피트타임을 측정하는 측정부; 및

상기 리피트타임을 이용하여 상기 GPS 위성의 궤도를 예측하는 예측부를 포함하는 GPS 위성 궤도 예측 시스템.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 측정부는

상기 보간된 관측 궤도력과 상기 보간된 예측 궤도력 간의 시간에 따른 상관 관계를 구하고, 상기 상관 관계의 최대값에 대응하는 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간차(time lag)를 구하며, 상기 시간차를 이용하여 상기 리피트 타임을 결정하는 GPS 위성 궤도 예측 시스템.

청구항 13

제1항, 제3항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 실행하기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록한 기록매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 GPS(Global Positioning System) 위성 궤도 예측 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 리피트타임(repeat time)을 이용한 GPS 위성 궤도 예측 방법, 시스템 및 이를 위한 기록매체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현대 정보화 시대에서 GIS(Geographic Information System), 유비쿼터스 기술, LBS(Location Based Service) 등의 지리정보관련 산업이 발전함에 따라 위치정보의 중요성이 증대되고 있다. 위치정보를 얻을 수 있는 다양한 방법 중에서 GPS(Global Positioning System) 측량은 기존 측량방식의 단점을 보완하는 측량 방법으로 각광을 받고 있다. 그러나 GPS는 최소 4개 이상의 GPS 위성이 시야에 확보될 경우에 한하여 측점의 3차원 위치정보를 제공한다. 따라서 수신기 주변에 고층건물이나 복잡한 모형의 구조물이 존재하는 지역에서 GPS 측량을 할 경우, 동시에 4개 이상의 GPS 위성 신호 수신이 가능한 시간을 측량계획 단계에서 파악할 수 있어야 한다. 그러므로 특정지점에서의 시간대별 가시 위성을 파악하기 위해서는 위성의 예측궤도가 필수적이기 때문에 GPS 위성궤도를 예측할 수 있는 기술이 필요하다.

[0003] 기존의 GPS 위성의 궤도예측 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 먼저 GPS 위성으로부터 실시간으로 수신 가능한 방송궤도력을 사용하는 방법이 있다. 또한 미국해안경비대에서 제공하는 almanac을 기반으로 해서 GPS 궤도를 예측할 수도 있다. 하지만 위의 두 방법은 실제 수신된 데이터가 필요하거나 입력 데이터를 획득하기 위해 하루 이상의 시간이 소요된다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 리피트 타임을 이용하여 GPS 위성의 궤도를 예측할 수 있는 GPS 위성 궤도 예측 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

[0005] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 실시간으로 이용될 수 있고, 궤도 오차를 줄일 수 있는 GPS 위성 궤도 예측 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0006] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 GPS 위성 궤도 예측 방법은 외부 IGS(International Global positioning system Service) 시스템으로부터 IGS 정보를 수집하는 단계; 상기 수집된 IGS 정보 중, 하나 이상의 정보를 추출하는 단계; 상기 추출된 하나 이상의 정보를 보간 다항식을 이용해 보간하는 단계; 상기 보간된 하나 이상의 정보를 이용하여 GPS(Global Positioning System) 위성의 공전 시간인 리피트타임을 측정하는 단계; 및 상기 리피트타임을 이용하여 상기 GPS 위성의 궤도를 예측하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 하나 이상의 정보는 수집 시점을 기준으로 24시간 이전동안 상기 위성의 시간대별 위치가 기록된 관측궤도력 및 수집 시점을 기준으로 24시간 이후동안 상기 위성의 시간대별 위치가 예측된 예측궤도력을 포함할 수 있다.

[0008] 상기 리피트타임을 측정하는 단계는 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간에 따른 상관 관계를 구하

는 단계; 및 상기 상관 관계의 최대값에 대응하는 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간차(time lag)를 구하는 단계; 및 상기 시간차를 이용하여 상기 리피트 타임을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 추출된 하나 이상의 정보를 보간하는 단계는 상기 추출된 하나 이상의 정보를 1초 간격으로 보간하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 보간 다항식은 Lagrange 다항식을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 Lagrange 다항식은 13차 Lagrange 다항식을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 리피트타임을 측정하는 단계는 상기 예측궤도력을 1초 간격으로 시프트시키며 상관계수 k 를 계산하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 리피트타임은 상기 상관계수 k 에 의하여 정의되고, 상기 상관계수 k 는

$$k = \frac{\frac{1}{N} \sum_{r=1}^N (\alpha_r - \bar{\alpha})(\beta_r - \bar{\beta})}{S \cdot S'}$$

로 정의되며, 상기 리피트타임은 계산된 상기 상관계수 k 가 가

장 클 때의 시프트 간격에 해당할 수 있다. (여기서, $N=86400$, α_r 은 관측궤도력, β_r 은 예측궤도력, $\bar{\alpha}$ 은 관측궤도력의 평균값, $\bar{\beta}$ 는 예측궤도력의 평균값, S 은 관측궤도력의 표준편차, S' 는 예측궤도력의 표준편차)

[0013] 상기 위성의 시간대별 위치는 3차원 좌표의 x, y 및 z 성분으로 표시되고, 상기 리피트타임은 상기 x성분에 대한 제1리피트타임, 상기 y성분에 대한 제2리피트타임 및 상기 z성분에 대한 제3리피트타임 중 적어도 하나를 이용하여 산출될 수 있다.

[0014] 상기 리피트타임은 상기 제1리피트타임, 상기 제2리피트타임 및 상기 제3리피트타임의 평균값에 해당할 수 있다.

[0015] 상기 GPS 위성 궤도를 예측하는 단계는 상기 관측궤도력의 시간대에 상기 리피트타임을 더하여 다음시간대별 위성의 위치를 예측하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 GPS 위성 궤도 예측 시스템은 외부 IGS 시스템으로부터 IGS 정보를 수집하는 정보수집부; 상기 수집된 IGS 정보로부터 관측 궤도력과 예측 궤도력을 추출하는 추출부; 상기 관측 궤도력과 예측 궤도력을 보간 다항식을 이용해 보간하는 보간부; 상기 보간된 관측 궤도력과 예측 궤도력을 이용하여 GPS(Global Positioning System) 위성의 공전 시간인 리피트타임을 측정하는 측정부; 및 상기 리피트타임을 이용하여 상기 GPS 위성의 궤도를 예측하는 예측부를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 GPS 위성 궤도 예측 시스템은 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력의 평균값 및 표준편차를 연산하는 연산부를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 측정부는 상기 보간된 관측 궤도력과 상기 보간된 예측 궤도력 간의 시간에 따른 상관 관계를 구하고, 상기 상관 관계의 최대값에 대응하는 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간차(time lag)를 구하며, 상기 시간차를 이용하여 상기 리피트타임을 결정할 수 있다.

효과

[0019] 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법 및 시스템은 리피트타임을 이용하여 GPS 위성의 궤도를 예측할 수 있는 효과가 있다.

[0020] 본 발명에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법 및 시스템은 실시간으로 이용될 수 있는 효과가 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법 및 시스템은 궤도 오차를 줄일 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명과 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다. 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0023] 본 발명은 GPS 위성이 항성일을 주기로 일정한 궤도를 따라 공전하고 있다는 사실을 이용하여 궤도를 예측하는 기술이다. GPS 위성의 공전주기는 1/2 항성일이므로, GPS 위성은 지표면상의 측점을 기준으로 하여 대략 1 항성일이 지났을 때 전날과 같은 위치로 되돌아오게 된다. 이렇게 GPS 위성이 2차례 공전하여 다시 제자리로 돌아오는데 걸리는 시간을 리피트타임(repeat time)이라 정의한다. 리피트타임이 정확히 계산될 경우 이를 기반으로 GPS 위성의 궤도를 예측하는 것이 가능하다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 GPS 위성 궤도 예측 시스템을 나타내는 개략적인 블록도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 2에 도시된 GPS 위성 궤도 예측 방법은 도 1에 도시된 GPS 위성 궤도 예측 시스템에 의해 수행될 수 있다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하면, GPS 위성 궤도 예측 시스템(100)은 정보수집부(110), 추출부(120), 보간부(1230), 측정부(140) 및 예측부(150)를 포함한다. GPS 위성 궤도 예측 시스템(100)은 S/W, H/W 또는 S/W 및 H/W에 의해 구현될 수 있다.
- [0026] IGS 시스템(200)은 GPS 위성(300)으로부터 데이터를 수집한 후, 본 발명의 GPS 위성 궤도 예측 시스템(100)으로 IGS 정보를 전송한다. IGS 시스템(200)은 GPS의 다양한 활용 및 연구를 위한 국제 기구인 국제 GPS 서비스(International GPS Service) 기구에서 운영하는 시스템으로서, 수많은 관측소, 데이터 분석 센터 및 국제 데이터 센터를 포함한다. 데이터 분석 센터는 관측소의 데이터를 수집하여, GPS 궤도력, 지구 자전축 움직임 등 관련 요소들을 추정한다. 이 과정에서 생성된 궤도력들이 한 곳에서 취합되어 최적 조합된 정밀 궤도력(IGS 정밀 궤도력이라 하기도 함)이 만들어진다. 이와 같이 데이터 분석 센터에서 얻어진 데이터는 국제 데이터 센터를 통해 전 세계에 보급되며, GPS 위성 궤도 예측 시스템(100) 역시 이 데이터(IGS 정보라 함)를 수신한다.
- [0027] IGS 정보는 초신속궤도력 및 상술한 정밀 궤도력 등을 포함할 수 있다. 정밀 궤도력은 생성되기까지 최소 2주 이상의 시간이 소요되기 때문에, 신속한 데이터 처리가 필요한 응용분야를 위해 신속 궤도력이 제공되며, 실시간이나 준실시간 처리가 필요한 응용분야를 위해 초신속 궤도력이 제공된다.
- [0028] GPS 위성 궤도 예측 시스템(100)의 정보수집부(110)는 IGS 시스템(200)으로부터 상기 IGS 정보를 수신한다(S10). 추출부(120)는 상기 수집된 IGS 정보 중에서 하나 이상의 정보를 추출한다(S20). 여기서, 하나 이상의 정보는 관측궤도력과 예측궤도력을 포함할 수 있으며, 관측궤도력과 예측궤도력은 상술한 초신속 궤도력에 포함된 정보일 수 있다.
- [0029] 상기 관측 궤도력은 기준 시점(예컨대, 수집 시점)을 기준으로 24시간 이전동안 상기 위성의 시간대별 위치가 기록된 궤도력이고, 상기 예측 궤도력은 수집 시점을 기준으로 24시간 이후 동안 상기 위성의 시간대별 위치가 예측된 궤도력이다.
- [0030] 보간부(130)는 추출된 관측 궤도력과 예측 궤도력을 일정한 시간간격(예컨대, 1초 간격)으로 보간하며(S30), 측정부(140)는 보간된 관측 궤도력과 예측 궤도력을 이용하여 리피트타임을 측정한다(S40). 예컨대, 측정부(140)는 보간된 관측 궤도력과 보간된 예측 궤도력 간의 시간에 따른 상관관계를 구하고, 상관관계의 최대값에 따라 리피트 타임을 결정할 수 있다. 관측 궤도력과 예측 궤도력 간의 상관관계는 후술하는 수학적 식 1을 이용하여 구해질 수 있다.
- [0031] 이 후, 예측부(150)는 상기 측정된 리피트타임을 이용하여 상기 GPS 위성의 궤도를 예측한다(S50).
- [0032] 도면에는 개시되지 않았지만, 상기 GPS 위성 궤도 예측 시스템(100)은 상기 관측 궤도력과 예측 궤도력의 평균값 및 표준편차를 연산하는 연산부를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 또한 도면에는 개시되지 않았지만, 상기 GPS 위성 궤도 예측 방법은 상기 GPS 위성 궤도 예측 시스템(100)의 연산부(미도시)에 의해 상기 하나 이상의 정보의 평균값 및 표준편차가 연산되는 과정이 더 포함될 수 있다.

표 1

상관관계를 이용하여 측정한 리피트타임(sec)				
Type	X	Y	Z	평균
PRN 1	86152	86151	86152	86151.67
PRN 2	86162	86162	86160	86161.33
PRN 3	86153	86152	86153	86152.67
PRN 4	86161	86160	86158	86159.67
PRN 5	86146	86147	86148	86147.00
PRN 6	86149	86149	86151	86149.67
PRN 7	86156	86156	86156	86156.00
PRN 8	86155	86154	86154	86154.33
PRN 9	86158	86158	86157	86157.67
PRN 10	86150	86150	86152	86150.67
PRN 11	86155	86155	86155	86155.00
PRN 13	86160	86160	86159	86159.67
PRN 14	86161	86161	86159	86160.33
PRN 15	86160	86159	86157	86158.67
PRN 16	86157	86157	86156	86156.67
PRN 17	86146	86145	86148	86146.33
PRN 18	86151	86152	86151	86151.33
PRN 20	86160	86161	86158	86159.67
PRN 21	86158	86157	86156	86157.00
PRN 23	86167	86167	86163	86165.67
PRN 24	86145	86145	86148	86146.00
PRN 25	86148	86147	86149	86148.00
PRN 26	86152	86151	86152	86151.67
PRN 27	86148	86148	86150	86148.67
PRN 28	86154	86155	86154	86154.33
PRN 29	86157	86156	86155	86156.00
PRN 30	86156	86157	86155	86156.00
PRN 31	86153	86153	86153	86153.00
평 균	86154.70	86154.52	86154.30	86154.45

[0034]

[0035]

표 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법을 이용해 측정한 리피트타임을 위성별(PRN 1~PRN 31)로 비교하여 나타낸 것이다.

[0036]

GPS 위성(300)의 운동은 다양한 섭동력(perturbation forces)의 영향을 받지만, 짧은 기간의 궤도를 예측하는 경우 일정한 궤도를 공전한다고 가정할 수 있다.

[0037]

도 3은 GPS 위성 PRN 1의 4일 동안의 정밀궤도력을 지심회전(ECEF; Earth-centered, Earth-fixed) 좌표계의 X, Y, Z 성분으로 나타낸 것이다. 도 3을 통해 X, Y, Z 성분의 궤도력이 약 하루를 주기로 반복한다는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 초신속궤도력에 포함된 궤도력의 변화를 시간에 따라 분석하여 리피트타임을 산출한다.

[0038]

좀 더 구체적으로는, 본 발명의 실시예는 상기 GPS 위성(300)의 궤도가 약 하루를 주기로 반복된다는 점을 이용하여 2일간 궤도력의 시간에 따른 상관관계를 분석함으로써 리피트타임을 측정한다. 상기 IGS 시스템(200)에서 제공하는 초신속궤도력은 24시간 관측 궤도력과 24시간 예측 궤도력을 포함하고 있기 때문에 2일간 궤도력의 비교가 가능하다. 따라서 관측궤도력과 예측궤도력의 상관성 분석으로 계산된 시간차(time lag)를 이용하여 상기 GPS 위성(300)의 리피트타임을 측정할 수 있다.

[0039] 도 4는 가로축의 시간 범위를 24시간으로 동일하게 하여 특정일자 00시에 해당하는 초신속궤도력에 포함된 상기 PRN 1 위성의 X 성분 24시간 관측궤도력(상기 특정일자 00시를 기준으로 24시간 이전)과 24시간 예측궤도력(상기 특정일자 00시를 기준으로 24시간 이후)을 겹쳐서 표현한 것이다. 예컨대, 관측 궤도력을 24 시간 우측 방향 또는 +방향으로 이동하거나, 예측 궤도력을 24 시간 좌측 방향 또는 -방향으로 이동한 것이다. 그리고 우측 하단의 그래프는 좌측 상단 그래프의 44100초에서 45000초까지 구간을 확대하여 나타낸 것이다. 도 4를 통하여 상기 PRN 1 위성이 동일한 궤도를 지날 때의 시간은 상기 예측궤도력이 상기 관측궤도력에 비해서 248초 빠르다는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 상기 예측 궤도력을 248초 시프트하면 상기 관측 궤도력과 상관이 최대가 될 수 있다. 이 경우에는, 상관 관계의 최대값에 대응하는 상기 관측 궤도력과 상기 예측 궤도력 간의 시간차(time lag)는 248초이며, 이 시간차(예컨대, 248초)를 이용하여 리피트타임(예컨대, 리피트타임=86400-248=86152초)이 결정된다.

[0040] 상기 초신속궤도력은 15분 간격의 궤도력을 제공하고, 초신속궤도력에 포함된 15분 간격의 궤도력을 1초 간격의 궤도력으로 보간할 필요가 있을 경우 Lagrange 보간 다항식을 이용할 수 있다. 이때, Lagrange 보간 다항식은 13차 Lagrange 보간 다항식일 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예에 이용되는 보간 다항식은 달라질 수 있으며, 보간 다항식의 차수 역시 달라질 수 있음은 물론이다. 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에서는, 초신속궤도력에 포함된 관측궤도력 및 예측 궤도력이 각각 일정 시간 간격(예컨대, 1초 간격)으로 보간될 수 있다.

[0041] 본 발명의 실시예에 따른 관측 궤도력과 예측 궤도력 간의 상관관계(즉, 상관 계수)는 다음의 수학적 식 1을 이용하여 구해질 수 있다. 이 때, 상관계수(k)는 보간된 관측궤도력 및 예측 궤도력을 이용하여 산출될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

수학적 식 1

$$k = \frac{\frac{1}{N} \sum_{r=1}^N (\alpha_r - \bar{\alpha})(\beta_r - \bar{\beta})}{S \cdot S'}$$

[0042] (여기서 k 는 상관계수, $N=86400$, α_r 은 보간된 관측궤도력, β_r 은 보간된 예측궤도력, $\bar{\alpha}$ 은 관측궤도력의 평균값, $\bar{\beta}$ 는 예측궤도력의 평균값, S 은 관측궤도력의 표준편차, S' 는 예측궤도력의 표준편차이다.)

[0043] 본 발명의 실시예는 상기 수학적 식 1을 통해 초신속궤도력에 포함된 2일간 궤도력(즉, 24시간 관측 궤도력 및 24시간 예측 궤도력)의 시간에 따른 상관계수(k)를 계산하여 상기 GPS 위성(300)의 리피트타임을 측정할 수 있다.

[0044] 리피트타임을 측정하기 위해, 24시간 관측궤도력은 고정시키고 24시간 예측 궤도력을 1초 간격으로 시프트(shift)시키며 두 궤도력간의 상관계수(k)를 측정하여, 이때 가장 큰 상관계수(k)가 나타나는 시프트 시점이 두 궤도력이 가장 일치할 때이므로 그 시프트 간격이 리피트타임에 해당한다. 이때, 상기 리피트타임은 표1의 x,y,z 성분의 리피트타임 및 평균 리피트타임을 포함할 수 있다. 여기서, 평균 리피트타임은 x,y,z 성분의 리피트타임을 평균한 값이다.

[0045] 도 5는 특정시점의 초신속궤도력에 포함된 상기 PRN 1 위성의 상기 관측궤도력과 상기 예측궤도력의 시간에 따른 상관관계 분석 결과를 나타낸 것이다. 시간에 따른 2일간 궤도력의 최대 상관계수가 86152초에서 나타남을 알 수 있으며, 따라서 상기 PRN 1 위성의 리피트타임은 86152초가 된다.

[0046] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법 방법을 이용하여 측정한 100일 동안 5개 위성의 리피트타임을 변화를 나타낸 것이다.

[0047] 본 발명은 GPS 위성(300)의 궤도를 예측하기 위해, 상기 GPS 위성(300)이 리피트타임을 주기로 동일한 궤도를 지나는 패턴을 이용하여 초신속궤도력 기반의 최초 예측궤도력을 생성한 후, 상기 최초 예측궤도력을 사용자가 요구하는 시간간격으로 보간하는 방법을 사용한다.

[0048] 도 7a 및 7b는 초신속궤도력을 이용하여 PRN 1 위성의 최초 예측궤도력을 생성하는 원리를 나타낸 것이다. 도 7a에서 초신속궤도력에 포함된 48시간의 X 성분 궤도력과 리피트타임이 경과한 직후 궤도력이 반복되는 시점을

표시한 것이며 도 7b는 궤도력 반복이 발생하는 구간을 보다 상세하게 나타낸 것이다. 도 7b에서 확인할 수 있듯이 첫째 날의 0시 0분 0초 궤도력은 86152초가 지난 후의 궤도력과 동일하다. 86152초 이후의 궤도력은 첫째 날 궤도력이 반복된다. 따라서 첫째날 궤도력을 그대로 이용하여, 86152초에서 시작하는 일정 시간 간격(예컨대, 15분(900초) 간격)의 최초 예측궤도력을 생성할 수 있다.

표 2

24시간 관측 궤도력		repeat time 대입 (86152sec) ⇒ 최초 예측 궤도력 구성	최초 예측 궤도력	
시간 (sec)	위성 X성분 (km)		시간 (sec)	위성 X성분 (km)
0	17600.257701		86152	17600.257701
900	15730.129310		87052	15730.129310
1800	13838.012474		87952	13838.012474
2700	11968.892386		88852	11968.892386
⋮	⋮		⋮	⋮
83700	22212.989328		169852	22212.989328
84600	20638.717884		170752	20638.717884
85500	18916.174279		171652	18916.174279

[0049]

표 2는 특정 일자의 초신속궤도력을 이용하여 그 다음 일자의 최초 예측궤도력을 나타낸 것이다. 표 2를 통해 최초 예측궤도력의 X 성분 궤도력은 24시간 관측궤도력의 15분 간격 X 성분 궤도력을 그대로 사용한다는 것을 확인할 수 있다. 이때 표 2에서 궤도력 관측시간을 85500초까지 나타낸 이유는 초신속궤도력에 포함된 24시간 관측 궤도력의 관측시간이 23시 45분(85500초)에서 끝나기 때문이다.

본 발명의 실시예에서는 상기 최초 예측궤도력을 15분 단위로 보간한다. 즉, 생성된 최초 예측궤도력을 13차 Lagrange 다항식을 이용하여 0시 0분 0초에 시작하는 15분(900초) 간격의 궤도력으로 보간한다. Y 성분과 Z 성분의 예측 궤도력도 동일한 방식으로 생성한다. 그러나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 보간 다항식 및/또는 보간 간격은 얼마든지 달라질 수 있다.

도 7a, 7b 및 표 2가 나타내는 것은 초신속궤도력 관측일의 바로 다음날 궤도력을 예측하는 방법의 예시이다. 초신속궤도력은 이미 다음날 궤도력을 포함하고 있으므로 2일후 궤도력부터 예측해야 한다. 2일후 궤도력을 예측하는 방식도 1일후 궤도력을 예측하는 방식과 같다. 한 가지 다른 점은 대입하는 리피트타임의 크기가 두 배가 된다는 것이다. 따라서 일주일간의 궤도력을 예측하기 위해서는 시간이 경과함에 따라 리피트타임도 날짜에 비례하여 증가시킨 값을 대입해야 한다. 예를 들어 7일째 궤도력을 예측하기 위해서는 첫째 날 리피트타임에 7을 곱한 값을 이용한다.

도 8a, 8b, 8c 및 8d는 분석결과 가장 작은 오차를 나타낸 PRN 31 위성과 가장 큰 오차를 보인 PRN 23 위성의 성분별 오차와 3차원 오차를 나타낸다. 도 8b에 나타낸 PRN 31 위성 예측궤도력의 3차원 오차는 최대오차가 18.3km임을 알 수있고, 도 8d에 나타낸 PRN 23 위성은 3차원 오차가 119.5km임을 알 수 있다.

본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.

컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 본 발명에 따른 객체 정보 추정 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드는 캐리어 웨이브(예를 들어, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 전송될 수도 있다.

또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.

본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통

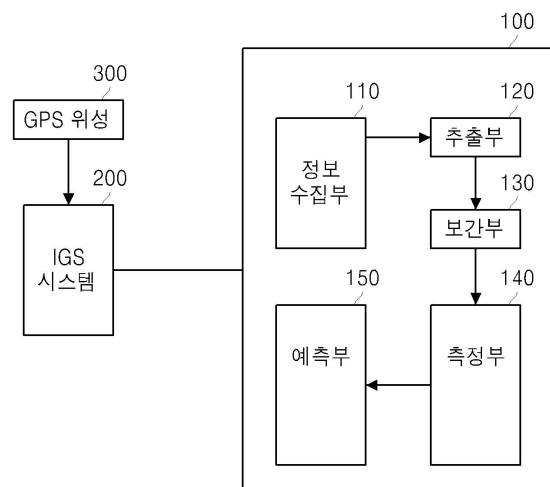
상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

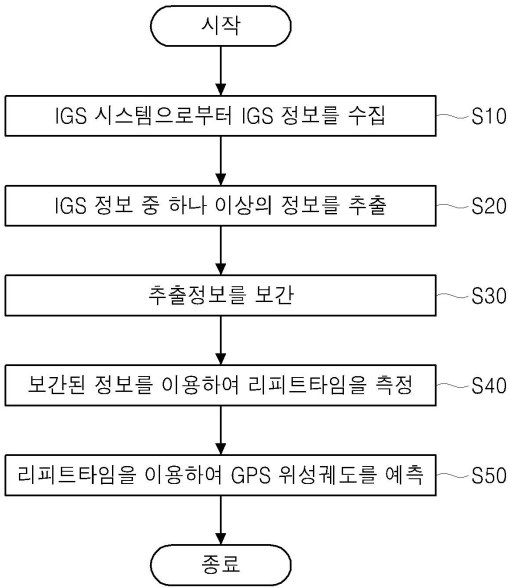
- [0058] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 GPS 위성 궤도 예측 시스템을 나타낸다.
- [0059] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 GPS 위성 궤도 예측 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0060] 도 3은 GPS 위성의 4일간 정밀궤도력을 나타낸다.
- [0061] 도 4는 초신속궤도력에 포함된 표1 PRN 1 위성의 관측궤도력과 예측궤도력이 동일한 궤도를 지날 때의 시간 차이를 설명하기 위한 도면이다.
- [0062] 도 5는 상관계수에 따른 리피트타임 선정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0063] 도 6은 날짜에 따른 표1의 일부 위성의 리피트타임의 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- [0064] 도 7a는 최초 예측궤도력의 생성 원리를 설명하기 위한 도면으로, 초신속궤도력 X성분의 48시간 패턴 및 궤도력 반복 시간을 설명하는 도면이다.
- [0065] 도 7b는 최초 예측궤도력의 생성 원리를 설명하기 위한 도면으로, 리피트타임과 1일후 궤도력 시작 시간과의 차이를 설명하는 도면이다.
- [0066] 도 8a는 초신속궤도력을 이용하여 예측한 7일간 GPS 위성 궤도력으로, 표1 PRN 31 위성의 성분별 오차를 설명하는 도면이다.
- [0067] 도 8b는 초신속궤도력을 이용하여 예측한 7일간 GPS 위성 궤도력으로, 표1 PRN 31 위성의 3차원 오차를 설명하는 도면이다.
- [0068] 도 8c는 초신속궤도력을 이용하여 예측한 7일간 GPS 위성 궤도력으로, 표1 PRN 23 위성의 성분별 오차를 설명하는 도면이다.
- [0069] 도 8d는 초신속궤도력을 이용하여 예측한 7일간 GPS 위성 궤도력으로, 표1 PRN 23 위성의 3차원 오차를 설명하는 도면이다.

도면

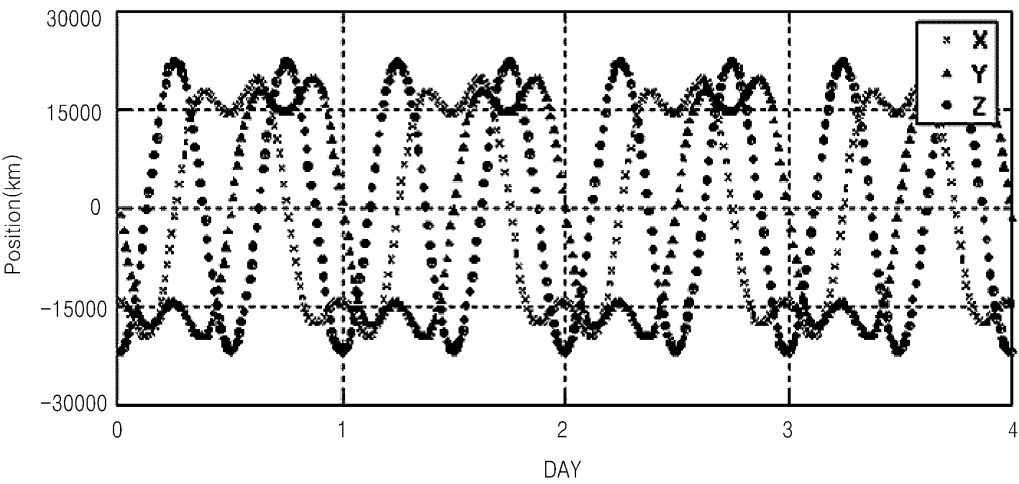
도면1



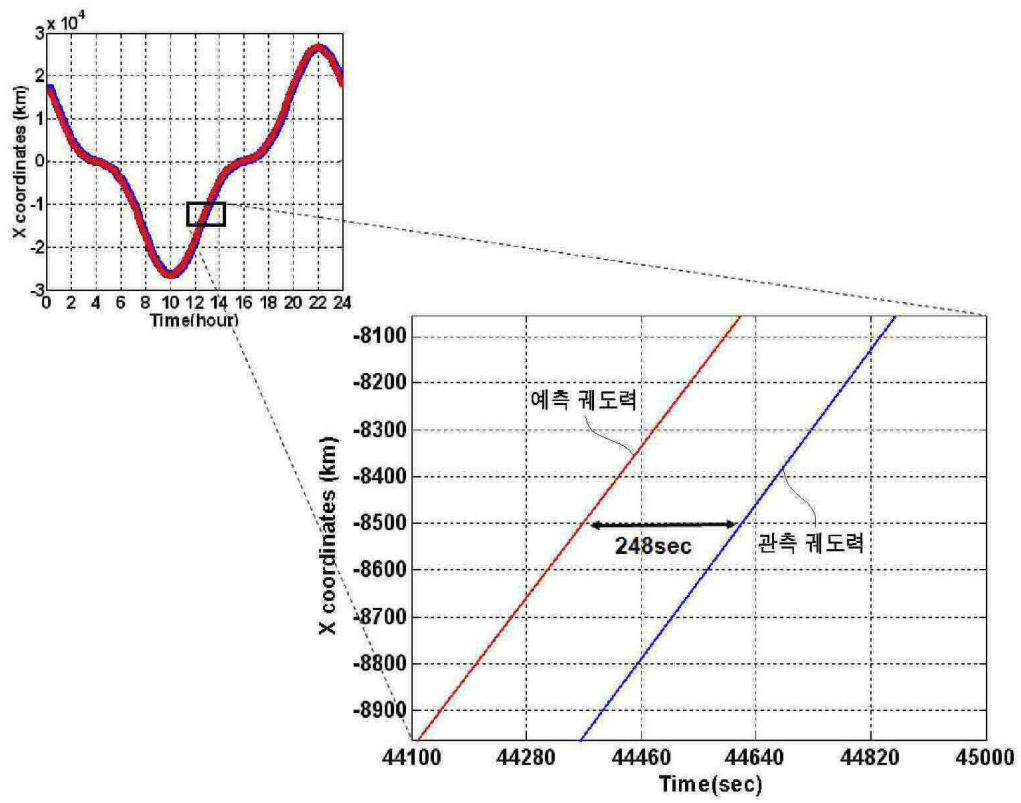
도면2



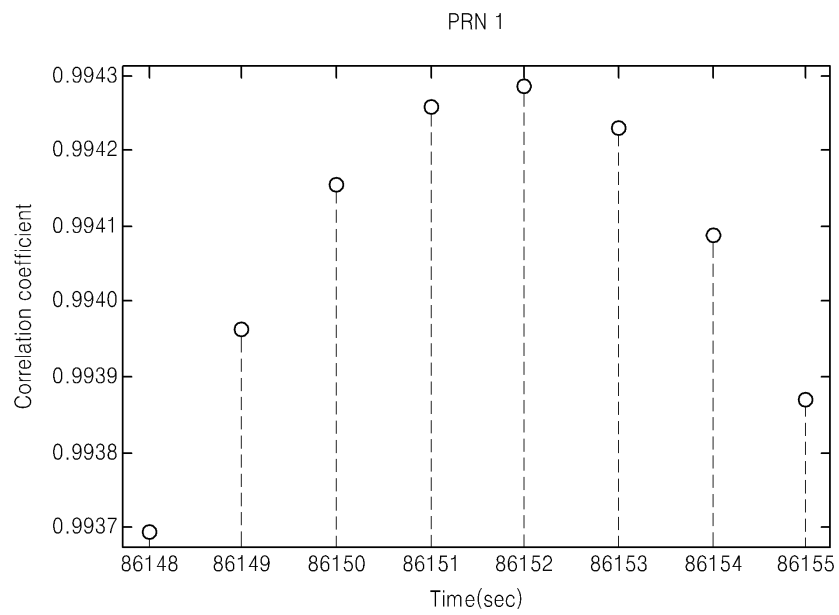
도면3



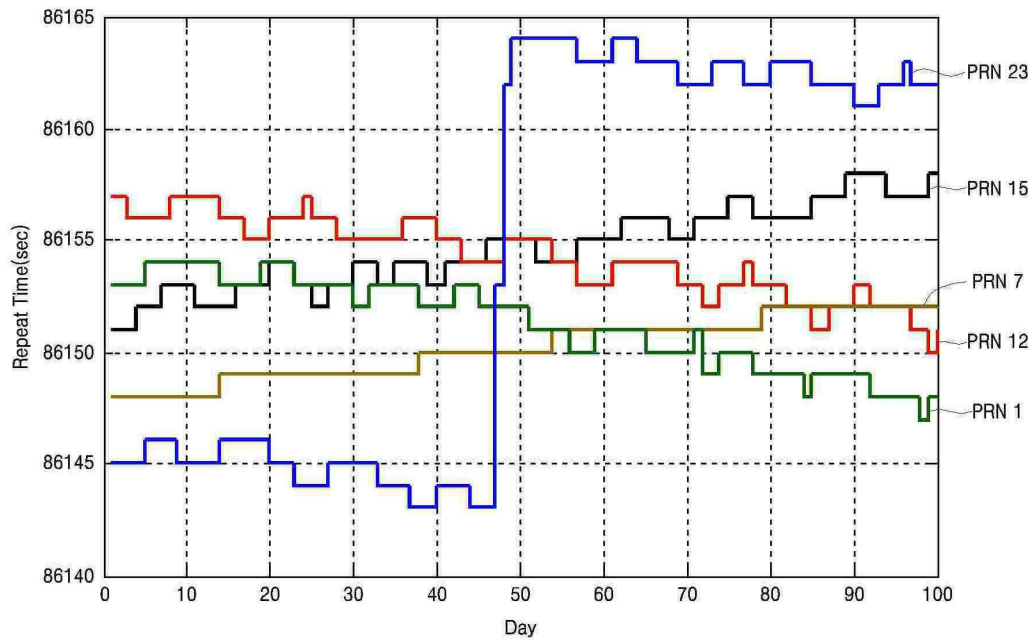
도면4



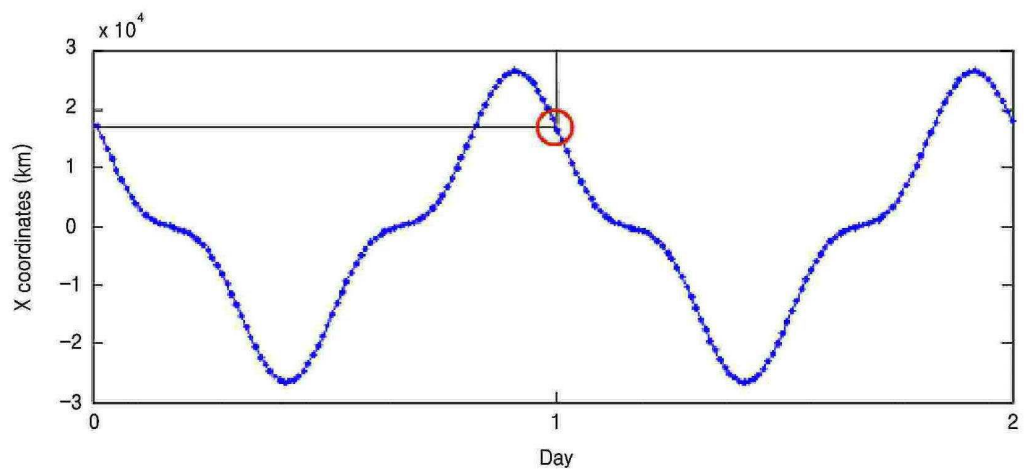
도면5



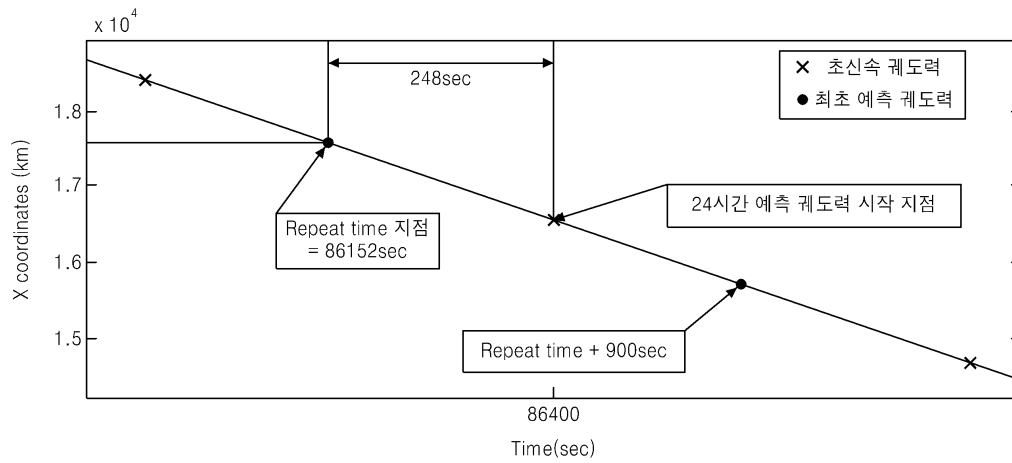
도면6



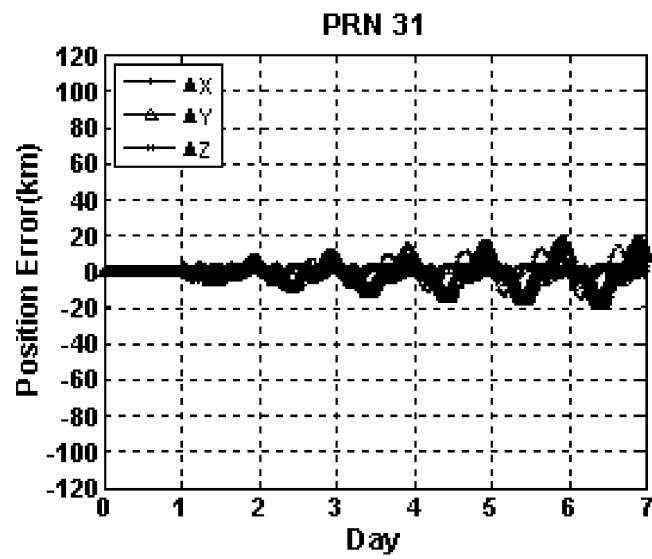
도면7a



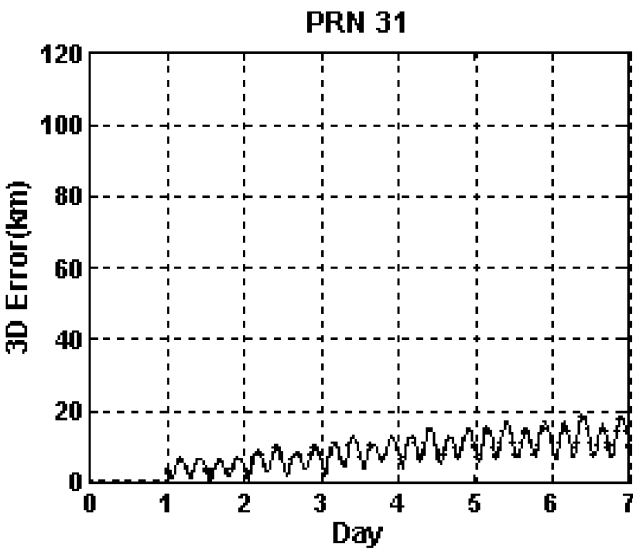
도면7b



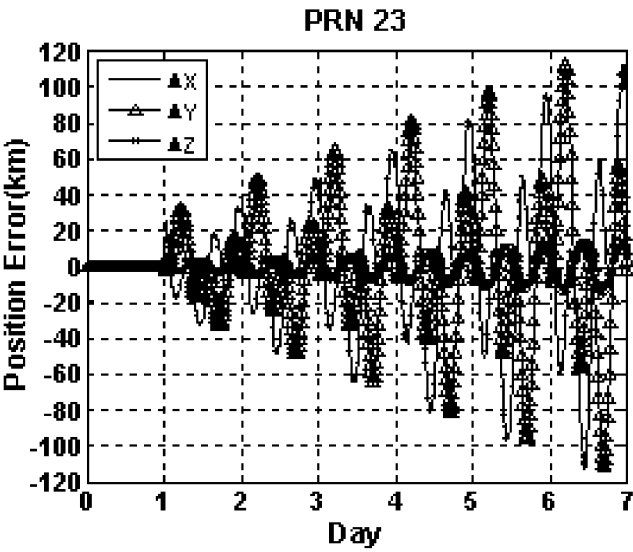
도면8a



도면8b



도면8c



도면8d

