



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0051026
(43) 공개일자 2017년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 1/22 (2006.01) G01S 19/01 (2010.01)
G01S 19/14 (2010.01) G01V 1/16 (2006.01)
G01V 1/28 (2006.01) G01V 9/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01V 1/223 (2013.01)
G01S 19/01 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0153329
(22) 출원일자 2015년11월02일
심사청구일자 2015년11월02일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
이홍규
경상남도 김해시 경원로55번길 9, 325동 104호(내동, 동아2차아파트)
조인수
경상남도 창원시 진해구 안창북로 15, 307동 901호(청안동, 부영3차아파트)
(74) 대리인
김종선, 이형석

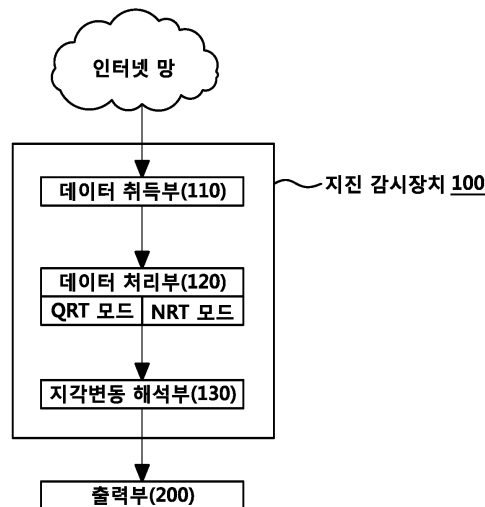
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 위성항법시스템을 이용한 지진 감시 장치 및 방법에 관한 것으로, 위성항법시스템(GNSS)을 이용하여 인공위성으로부터 연속적으로 송출하는 전자파 신호에 대한 상시관측소들의 관측데이터를 인터넷망을 통해 수신하여 상기 상시관측소들의 고정밀 3차원 절대좌표를 추정함으로써, 실시간으로 지진 예측 및 발생 유무를 감지하는 지진 감시 장치 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01S 19/14 (2013.01)

G01V 1/162 (2013.01)

G01V 1/28 (2013.01)

G01V 9/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345228120

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원

구 연구과제명 준실시간 지각변동 모니터링 체계 구축을 위한 초고정밀 GPS 관측데이터 연속처리기술 연

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교

연구기간 2014.11.01 ~ 2017.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

GNSS(Global Navigation Satellites System) 상시관측소로부터 관측데이터를 인터넷망을 통해 N-trip을 이용하여 실시간으로 수신하고 저장하는 데이터 취득부;

상기 데이터 취득부로부터 수신한 상기 관측데이터를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 데이터 처리부; 및

상기 데이터 처리부로부터 수신한 상기 3차원 절대좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 시계열 분석하고, 지진 발생 여부를 감시하는 지각변동 해석부;를 포함하고,

상기 데이터 처리부에서,

지각변위의 변화가 감지되지 않는 평상시에는 QRT(의사실시간, Quasi Real-time) 모드로 동작하고, 지각변위 및 지각변동 요소의 변화가 감지되는 긴급시에는 NRT(준실시간, Near Real-time) 모드로 동작하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 QRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 상대측위방식(static relative positioning)으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 NRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 및 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 NRT 모드에서,

상기 관측데이터에 칼만필터 또는 최소제곱법을 적용하여 정적 상대측위방식으로 미지정수 및 대류층 천정지연(ZPD, Zenith Path Delay)을 추정하고, 추정된 상기 미지정수 및 대류층 천정지연을 이용하여 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치.

청구항 5

GNSS(Global Navigation Satellites System) 상시관측소로부터 관측데이터를 인터넷망을 통해 N-trip을 이용하여 실시간으로 수신하고 저장하는 데이터 취득단계;

상기 데이터 취득단계에서 저장한 상기 관측데이터를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 데이터 처리단계; 및

상기 데이터 처리단계에서 추정한 상기 3차원 절대좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 시계열 분석하고, 지진 발생 여부를 감시하는 지각변동 해석단계;를 포함하고,

상기 데이터 처리단계에서,

지각변위의 변화가 감지되지 않는 평상시에는 QRT(의사실시간, Quasi Real-time) 모드로 동작하고, 지각변위 및 지각변동 요소의 변화가 감지되는 긴급시에는 NRT(준실시간, Near Real-time) 모드로 동작하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 QRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 상대측위방식(static relative positioning)으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 NRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 및 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 NRT 모드에서,

상기 관측데이터에 칼만필터 또는 최소제곱법을 적용하여 정적 상대측위방식으로 미지정수 및 대류층 천정지연(ZPD, Zenith Path Delay)을 추정하고, 추정된 상기 미지정수 및 대류층 천정지연을 이용하여 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellites System)을 이용하여 상시관측소((CORS: Continuously Operating Reference Station)들의 고정밀 3차원 절대좌표 정보를 추정함으로써 실시간으로 지진을 감시하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 지진은 지각 내에 축적된 변형 에너지가 탄성한계를 초과할 때, 암석이 파괴되면서 일시적으로 에너지가 방출되는 자연현상으로, 2000년 이후에 발생한 인도네시아, 중국, 일본, 네팔 대지진은 유례없는 심각한 인명피해와 재산피해를 야기시켰다. 그러므로 현재 지진 발생 초기에 신속하게 지진을 감지하여 피해를 최소화할 수 있도록 정보 시스템을 구축해야 할 필요가 있다.

[0004] 지진은 대륙간 판구조 및 이들의 상대적인 운동에 매우 밀접한 관련이 있기 때문에, 종래의 지진 감지 기술은 시간에 따른 주기적 지각 변위 측정 및 지각변동 요소(주변형률, 최단전단변형률, 면적변화율 등)를 계산하여 분석하는 방법을 사용하고 있다.

- [0005] 종래의 지진 감시 장치로 지진계(seismometer) 또는 가속도계(accelerometer)가 있으며, 이는 지진으로 인하여 발생하는 진동의 속도 또는 가속도만을 감지하므로 시간에 따른 지각의 3차원 공간적 절대변위를 측정하는 것이 불가능하다. 따라서 지진계 또는 가속도계만으로 지각변위 및 지각변동 요소 분석을 통한 지진 예측이 불가능하고, 특히 대규모 지진(진도 7이상)이 발생하는 경우에 규모(magnitude), 진원(epicenter) 및 피해 대상지역 등을 신속하게 분석하기가 어렵다.
- [0006] 위성항법시스템 즉, GNSS는 인공위성의 전자파 신호를 지구 공간에서 수신하여 3차원 위치, 속도 및 시간을 정확히 결정하는 시스템으로 미국 GPS, 러시아 GLONASS, 유럽연합 GALILEO 및 중국 BEIDOU가 대표적이며, 각각의 시스템을 독립적으로 혹은 상호보완적으로 통합하여 활용이 가능하다.
- [0007] GNSS 상시관측소는 연속적으로 인공위성의 전자파 측위 신호를 수신하는 영구적인 관측점으로, 필러(pillar), 안테나, 수신기 및 통신설비를 포함하며 인공위성 관측데이터를 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime service) 10410.1-NTRIP(Network Transport of RTCM via Internet Protocol)에 의해 인터넷망으로 송출이 가능하다. 따라서 인터넷망을 통해 전세계적으로 분포하고 있는 GNSS 상시관측소의 관측데이터를 최대 1초 간격으로 실시간 수신하여 센티미터 수준으로 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정할 수 있다.
- [0008] 2015년 국내 GNSS 상시관측소는 각종 정부기관, 정부연구소, 정부투자기관, 지방자치단체 등에서 약 100 여개를 운영하고 있으며, 국외에는 세계적으로 약 400 여개의 국제 상시관측소가 IGS를 통하여 실시간으로 관측데이터를 제공하고 있어 이를 활용한다면, 추가적인 인프라 건설을 하지 않고 지진 감시망을 용이하게 구축할 수 있다.
- [0009] 상시관측소는 반송파(carrier-phase) 및 의사거리(pseudorange)와 같은 관측데이터를 인공위성으로부터 수신하는데, 관측데이터를 상대측위방식 또는 절대측위방식 알고리즘에 적용하여 처리함으로써, 상시관측소의 3차원 절대좌표를 센티미터 수준으로 추정할 수 있다.
- [0010] 상대측위방식(static relative positioning)은 간섭계의 원리를 적용한 방식으로, GNSS 상시관측소에 수신한 인공위성 관측데이터를 차분(difference)하여 공간적 상관성에 의한 3차원 절대좌표의 오차를 최소화시킨다. 또한, 절대측위방식은 IGS(International GNSS Service)의 해석센터(analysis center)에서 오차모델을 제공하는데, 이를 이용하여 3차원 절대좌표의 오차를 최소화한다.
- [0011] 그러나 절대측위방식은 센티미터 이상 수준의 정확도로 위치 좌표를 추정하기 위하여 12 시간 이상 즉, 장시간의 관측을 필요로 하며, IGS의 해석센터에서 오차모델을 배포할 때까지 3차원 절대좌표의 추정이 지연되므로 지진 감시를 위한 지각변동 측정에 이용하기에는 어려운 문제가 있다.
- [0012] 우리나라에서도 소규모 지진 발생 추이가 지속적으로 증가하고 있어 대규모 지진을 발생 위험에 대비하기 위하여 지각변동을 지속적으로 모니터링할 수 있는 체계의 구축이 매우 시급한 실정이다. 이를 위하여 발명에서는 우리나라에서 운영 중에 있는 지진 관측망의 조기감지 및 분석의 정확성과 신뢰성 향상을 위하여 국내/외 GNSS 상시관측소 데이터를 준실시간적으로 처리하여 수 센티미터 정확도 확보가 가능한 시스템의 개념을 설계하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellites System)을 인공위성 전자파신호를 연속적으로 취득하는 상시관측소의 관측데이터(의사거리 및 반송파)를 인터넷망을 통해 수신하여 상기 상시관측소들의 고정밀 3차원 절대좌표를 추정함으로써, 준실시간으로 지진의 발생 여부를 감시하는 장치 및 방법을 제공하는 것이 목적이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치(100)는 GNSS(Global Navigation Satellites System) 상시관측소로부터 관측데이터를 인터넷망을 통해 N-trip을 이용하여 실시간으로 수신하고 저장하는 데이터 취득부(110), 데이터 취득부(110)로부터 수신한 상기 관측데이터를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 데이터 처리부(120) 및 데이터 처리부(120)로부터 수신한 상기 3차원 절대좌표를 이용하여

상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 시계열 분석하고, 지진 발생 여부를 감시하는 지각변동 해석부 (130)를 포함한다.

[0017] 데이터 처리부(120)에서, 지각변위의 변화가 감지되지 않는 평상시에는 QRT(의사실시간, Quasi Real-time) 모드로 동작하고, 지각변위 및 지각변동 요소의 변화가 감지되는 긴급시에는 NRT(준실시간, Near Real-time) 모드로 동작한다.

[0018] 상기 QRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 상대측위방식(static relative positioning)으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정한다.

[0019] 상기 NRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 및 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정한다.

[0020] 상기 NRT 모드에서, 상기 관측데이터에 칼만필터 또는 최소제곱법을 적용하여 정적 상대측위방식으로 미지정수 및 대류층 천정지연(ZPD, Zenith Path Delay)을 추정하고, 추정된 상기 미지정수 및 대류층 천정지연을 이용하여 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정한다.

[0021] 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법은 GNSS(Global Navigation Satellites System) GNSS(Global Navigation Satellites System) 상시관측소로부터 관측데이터를 인터넷망을 통해 N-trip을 이용하여 실시간으로 수신하고 저장하는 데이터 취득단계, 상기 데이터 취득단계에서 저장한 상기 관측데이터를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 데이터 처리단계 및 상기 데이터 처리단계에서 추정한 상기 3차원 절대좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 시계열 분석하고, 지진 발생 여부를 감시하는 지각변동 해석단계를 포함한다.

[0022] 상기 데이터 처리단계에서, 지각변위의 변화가 감지되지 않는 평상시에는 QRT(의사실시간, Quasi Real-time) 모드로 동작하고, 지각변위 및 지각변동 요소의 변화가 감지되는 긴급시에는 NRT(준실시간, Near Real-time) 모드로 동작한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템을 이용한 지진 감시 장치 및 방법에 따르면 지진발생 전후의 지각변위를 측정하고, 지각변동 요소를 분석하여 지진, 여진 및 쓰나미를 정확하고 신속하게 예측할 수 있는 효과가 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템을 이용한 지진 감시 장치는 종래의 지진계에 추가적으로 설치할 수 있으며, 이는 장치의 기능을 상호보완적으로 활용하므로 지진 감지 및 해석에 대한 정확성 및 신뢰성을 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템 및 지진 감시 장치를 도시한 도면이다.

도 2는 발명의 실시예에 따른 지진 감시 장치 및 출력부를 간략하게 도시한 블록구성도이다.

도 3은 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법을 보여주는 흐름도이다.

도 4는 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법의 QRT 모드에서 GNSS 관측데이터를 선택하는 방법을 나타내는 도면이다.

도 5는 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법의 NRT 모드에서 GNSS 관측데이터를 선택하는 방법을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 다양한 변형 및 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본

발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0029] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템 및 지진 감시 장치를 도시한 도면이고, 도 2는 발명의 실시예에 따른 지진 감시 장치 및 출력부를 간략하게 도시한 블록구성도이다.
- [0031] 도시된 바와 같이 GNSS(Global Navigation Satellites System) 위성군 및 국내 및 국외에 설치된 다수의 GNSS 상시관측소로부터 생성된 관측데이터는 N-trip을 통해 실시간으로 인터넷망으로 전송된다.
- [0032] 구체적으로, GNSS 상시관측소는 국외에 IGS(International GNSS Service) 관측소와 국내 정부기관에서 운영하는 상시관측소가 설치되어 있으며, 본 발명에 따른 지진 감시 장치(100)를 위하여 지진을 감시하고자 하는 위치에 추가적으로 상시관측소를 설치할 수도 있다. 지진을 감시하기 위해 필요한 GNSS 상시관측소는 적어도 세 곳 이상이며, 위치 간격은 30 내지 40 km인 것이 바람직하다.
- [0033] 상기 관측데이터는 위성에서 연속적으로 송출하는 전자파에 대한 상기 상시관측소의 다중주파수 이중차분 의사거리 및 반송파이며, 인터넷망으로 전송된 상기 관측데이터는 지진 감시 장치(100)로 전송된다.
- [0034] 지진 감시 장치(100)는 상기 관측데이터를 인터넷망을 통하여 연속적으로 수신하고, 상기 관측데이터를 처리하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 시계열로 추정한다. 이때 추정된 상기 3차원 절대좌표를 이용하여 지각변위 및 지각변동 요소(주변형률, 최대전단변형률, 면적변화율)를 분석한다.
- [0035] 도 2를 참조하면, 위성항법시스템에 의한 지진 감시 장치(100)는 GNSS(Global Navigation Satellites System) 상시관측소로부터 관측데이터를 인터넷망을 통해 N-trip을 이용하여 실시간으로 수신하고 저장하는 데이터 취득부(110), 데이터 취득부(110)로부터 수신한 상기 관측데이터를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 데이터 처리부(120) 및 데이터 처리부(120)로부터 수신한 상기 3차원 절대좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 시계열 분석하고, 지진 발생 여부를 감시하는 지각변동 해석부(130)를 포함한다.
- [0036] 그리고 데이터 처리부(120)에서는 지각변위의 변화가 감지되지 않는 평상시에는 QRT(의사실시간, Quasi Real-time) 모드로 동작하고, 지각변위 및 지각변동 요소의 변화가 감지되는 긴급시에는 NRT(준실시간, Near Real-time) 모드로 동작한다.
- [0037] 구체적으로, 데이터 취득부(110)에서는 인터넷망으로부터 연속적으로 관측데이터를 수신하는데, 1초 간격으로 상기 관측데이터를 저장한다.
- [0038] 그리고 데이터 처리부(120)에서는 수신한 상기 관측데이터, 즉 다중주파수의 이중차분 의사거리 및 반송파를 전리층 영향이 최소화되도록 선형결합(linear combination)시키고, 이를 관측데이터로 사용함으로써 3차원 절대좌표 성분을 센티미터 이상의 수준으로 정확도를 높여 추정한다.
- [0039] 또한, 칼만필터 또는 최소제곱법을 적용하여 미지정수 및 대류층 천정지연(ZPD, Zenith Path Delay)을 동시에 또는 순차적으로 추정하고, 이를 이용하여 상기관측소의 3차원 절대좌표를 보정함으로써 정확도를 향상시킨다.
- [0040] 지각변동 해석부(130)에서는 추정된 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 이용하여 지각변위 및 지각변동 요소의 변화를 감지하고, 지진에 의한 이상 지각변위 및 지각변동이 감지될 때에는 상기 지각변위 및 지각변동 요소의 변화값을 시계열로 분석하는데, 이는 지진의 규모, 진앙의 위치를 파악하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.
- [0041] 또한, 지진 감시 장치(100)는 지각변동 해석부(130)로부터 수신한 지진에 대한 정보를 출력하는 출력부(200)를 추가하여 구비할 수 있다.
- [0042] 구체적으로, 출력부(200)는 지진이 발생한 경우, 긴급 경보 또는 주의보를 발령하고 지각변동 해석부(130)에서 판단한 지진의 규모, 진앙의 위치, 여진 및 쓰나미 예측 등과 같은 지진에 대한 정보 및 알림메시지를 출력한다.
- [0043] 도 3은 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템을 이용한 지진 감시 방법을 보여주는 흐름도이다.
- [0044] 본 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템에 의한 지진 감시 방법은 GNSS(Global Navigation Satellites System) 상시관측소로부터 관측데이터를 인터넷망을 통해 N-trip을 이용하여 실시간으로 수신하여 저장하는 데이터 취득단계, 상기 데이터 취득단계에서 저장한 상기 관측데이터를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌

표를 추정하는 데이터 처리단계 및 상기 데이터 처리단계에서 추정한 상기 3차원 절대좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 시계열 분석하고, 지진 발생 여부를 감시하는 지각변동 해석단계를 포함한다.

- [0045] 상기 데이터 처리단계에서, 지각변위의 변화가 감지되지 않는 평상시(normal)에는 QRT(의사실시간, Quasi Real-time) 모드로 동작하고, 지각변위 및 지각변동 요소의 변화가 감지되는 긴급시(emergency)에는 NRT(준실시간, Near Real-time) 모드로 동작한다. 따라서 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 시계열로 추정 및 분석해야 하는 데이터 처리부(120)의 연산 부담을 최소화시킬 수 있다.
- [0046] 도 3을 참조하면, 국외 IGS 관측소 또는 국내 GNSS 상시관측소의 관측데이터를 N-tirp을 통해 실시간으로 인터넷망으로 전송하고, 인터넷망과 연결된 지진 감시 장치(100)에 상기 GNSS 관측데이터를 전송한다(S10). 그리고 위성궤도 정보 또는 IGS 관측소의 신속해석 결과물인 오차모델링을 추가하여 전송할 수 있다.
- [0047] 이때 지진 감시 장치(100)의 데이터 취득부(110)에서는 상기 관측데이터를 실시간으로 수신하고 1초 간격으로 상기 관측데이터를 저장한다(S10).
- [0048] 데이터 처리부(120)는 지진의 징후가 없는 평상시 모드인 QRT 모드로 시작하며, 수신한 상기 관측데이터를 약 3 시간 간격으로 선택하여 연산 처리한다(S20).
- [0049] 이때 상기 관측데이터에 정적 상대측위 알고리즘을 적용하여 미지좌표를 추정한다(S21).
- [0050] 추정한 상기 미지좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 시계열로 추정하고, 추정한 상기 3차원 절대좌표를 지각변동 해석부(130)로 전송하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 계산하고 분석한다(S22).
- [0051] 그리고 지각변동 해석부(130)에서 계산한 시계열의 지각변위 및 지각변동 요소에서 급격한 증가 또는 감소 변화가 발생하면, 통계검정을 통해 상기 변화값이 지진 징후로 판단되는 제1 임계값 이상인지 판별한다(S30).
- [0052] 이때 이상 지각변위가 감지되지 않은 경우에는 데이터 처리부(120)의 동작을 QRT 모드 그대로 유지하여 준실시간으로 수신하는 상기 관측데이터를 QRT 모드로 처리한다(S20).
- [0053] 반면, 지진 징후와 같은 이상 지각변위를 감지한 경우에는 데이터 처리부(120)의 동작을 긴급시 모드인 NRT 모드로 변경한다(S40).
- [0054] NRT 모드에서, 칼만필터 또는 최소제곱법을 이용하여 정적측위 알고리즘으로 미지정수 및 대류층 천정지연(ZPD, Zenith Path Delay)을 추정한다(S41).
- [0055] 추정된 상기 미지정수 및 대류층 천정지연과 상기 관측데이터를 동적측위 알고리즘에 적용하여 1초 간격으로 미지좌표를 추정한다(S42).
- [0056] 추정한 상기 미지좌표를 이용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 1초 간격의 시계열로 형성하고, 시계열로 형성된 상기 3차원 절대좌표를 지각변동 해석부(130)로 전송하여 상기 상시관측소의 지각변위 및 지각변동 요소를 계산하고 분석한다(S43).
- [0057] 지각변동 해석부(130)에서 계산한 시계열의 지각변위 및 지각변동 요소가 지진으로 확인되는 제2 임계값 이상인지 판별한다(S50).
- [0058] 이때 NRT 모드에서, 3차원 절대좌표 시계열 분석 결과 이상 지각변동 징후가 발견되지 않는 경우에는 데이터 처리부(120)의 동작을 QRT 모드 변경하여 준실시간으로 수신하는 상기 관측데이터를 QRT 모드로 처리한다(S20).
- [0059] 반면, 지진으로 판단되는 경우에는 출력부를 통해 긴급 경보 또는 주의보를 발령하고 지각변동 해석부(130)에서 판단한 지진의 규모, 진앙의 위치, 여진 및 쓰나미 예측 등과 같은 지진에 대한 정보를 출력한다.
- [0060] 도 4는 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템을 이용한 지진 감시 방법의 QRT 모드에서 GNSS 관측데이터를 선택하는 방법을 나타내는 도면이다.
- [0061] 상기 QRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정한다.
- [0062] 슬라이딩 윈도우 기법, 즉 이동창 기법은 흐름제어의 방식으로서 전송스테이션이 윈도우 안에 순서화된 PDU(Protocol Data Unit)를 전송하는데, 이때 윈도우는 동적으로 변화함으로써 PDU를 전송한다. 따라서 동일한

데이터 유닛을 중복 처리하는 것이 가능하므로 상기 상시관측소의 관측데이터를 선택하여 3차원 절대좌표를 추정하는데 적용할 수 있다. 즉, 절대좌표를 추정하는 기준시간 간격의 2 배가 되는 시간 동안의 관측데이터를 3차원 절대좌표를 추정하는 데에 사용하므로 정밀한 추정 결과를 가질 수 있다.

[0063] 도 4를 참조하면, 지진 징후가 발생하지 않는 평상시 모드인 상기 QRT 모드에서 윈도우의 길이는 6 시간(6 box)이며 윈도우의 이동 간격은 3 시간이다. 따라서 정적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하기 위한 기준시간은 상기 관측데이터의 유닛(6 box)의 중앙에 해당한다. 이때 상기 관측데이터의 유닛의 처리 소요시간은 지연시간을 포함하여 3 시간 이상이 될 수 있다.

[0064] 예를 들어, 하루 24시간 기준으로 할 때 6시, 9시, 12시, 15시, 18시, 21시, 24시에 관측데이터의 유닛을 처리한다면, 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 기준시간은 3시, 6시, 9시, 12시, 15시, 18시, 21시, 24시가 된다. 이와 같이 상기 관측데이터의 유닛은 3시간 간격으로 정적 상대측위방식으로 처리되며, 처리된 상기 관측데이터는 6시간 동안 사용할 수 있고, 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표는 수평 및 수직방향에 대하여 각각 1 cm, 1.5 cm 내외의 정확도로 추정할 수 있다.

[0065] 도 5는 발명의 실시예에 따른 위성항법시스템을 이용한 지진 감시 방법의 NRT 모드에서 GNSS 관측데이터를 선택하는 방법을 나타내는 도면이다.

[0066] 상기 NRT 모드는 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법을 적용하여 정적 및 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 시계열 3차원 절대좌표를 추정한다.

[0067] 또한 상기 NRT 모드에서, 상기 관측데이터에 칼만필터 또는 최소제곱법을 적용하여 정적 상대측위방식으로 미지정수 및 대류층 천정지연(ZPD, Zenith Path Delay)을 추정하고, 추정된 상기 미지정수 및 대류층 천정지연을 이용하여 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정할 수 있다.

[0068] 도 5를 참조하면, 지진 발생 징후가 발견되는 긴급시 모드인 NRT 모드에서 윈도우의 길이는 3분(3 box)이며 윈도우 이동 간격은 1분이다. 즉, 3분 동안의 관측데이터를 이용하여 정적측위 알고리즘을 통해 미지정수 및 관련 오차를 추정한 후, 이를 이용하여 동적 상대측위방식으로 3차원 절대좌표를 1초 간격으로 추정한다.

[0069] 상기 NRT 모드에서는, 상기 상시관측소의 관측데이터에서 이중차분을 통해 제거하지 못한 대류층 천정지연과 같은 오차 보정, 미지정수 및 3차원 절대좌표 추정을 동시에 수행해야 하기 때문에 상기 관측데이터의 부족으로 인하여 동적 상대측위방식에 바로 적용할 수 없다. 따라서 정적 상대측위방식으로 3차원 절대좌표를 추정하고, 정적측위 알고리즘을 통해 추정된 3차원 절대좌표와 오차 보정을 위한 미지정수 및 대류층 천정지연을 동적 상대측위방식 알고리즘에 적용하여 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 1초 간격(1 Hz)으로 재추정하는 과정을 수행한다.

[0070] 이때 동적 상대측위방식으로 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하기 위한 기준시간은 상기 관측데이터의 유닛(3 box)의 마지막 1분에 해당한다. 예를 들어, 도 5와 같이 0 내지 3 분에 해당하는 관측데이터 유닛을 처리한다면, 상시관측소의 3차원 절대좌표를 추정하는 기준시간은 2 내지 3분 사이가 된다. 이때 동적측위 알고리즘을 적용한 2 내지 3분 사이의 상기 3차원 절대좌표는 1초 간격의 시계열로 형성되며, 상기 상시관측소의 3차원 절대좌표는 수평 및 수직방향에 대하여 각각 1.5 cm 및 2.0 cm 내외의 정확도로 추정할 수 있다.

[0071] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시 예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

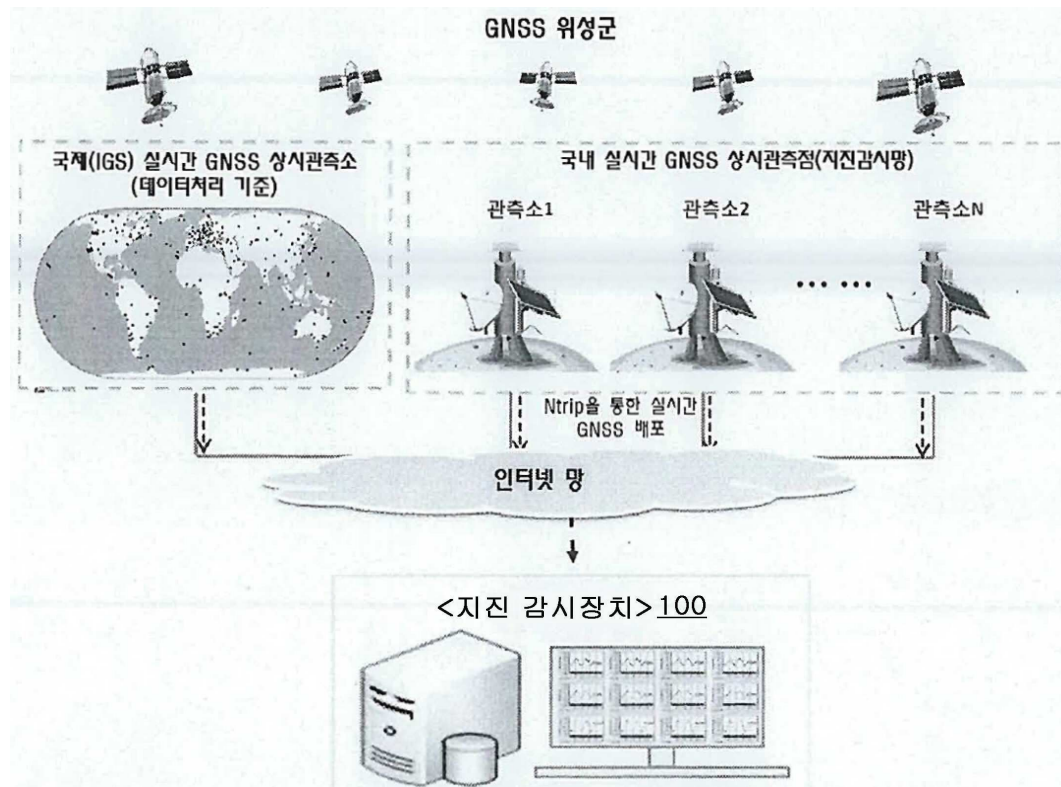
[0073] 100 : 지진 감시 장치
110 : 데이터 취득부
120 : 데이터 처리부

130 : 지각변동 해석부

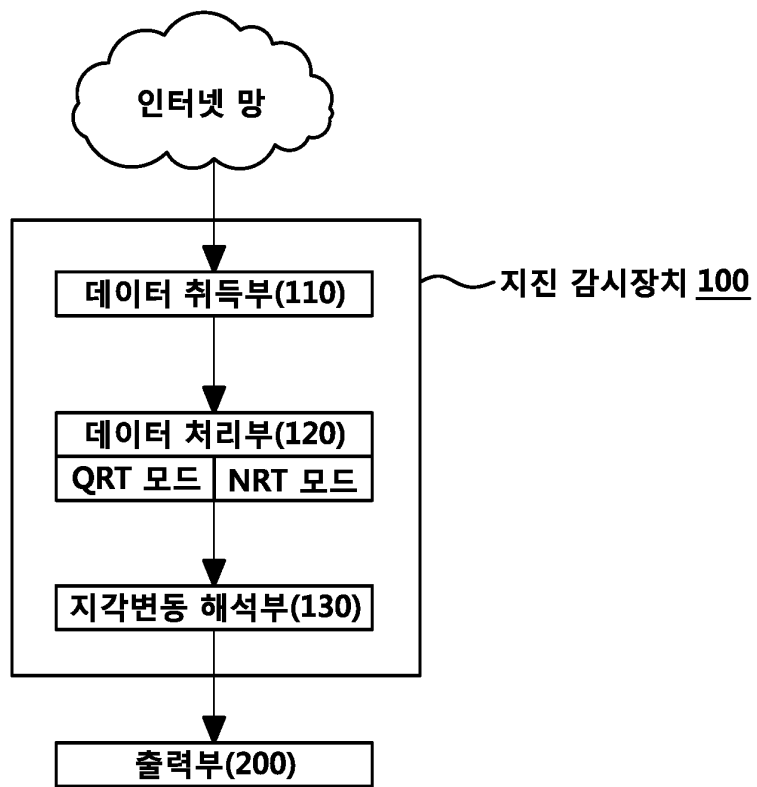
200 : 출력부

도면

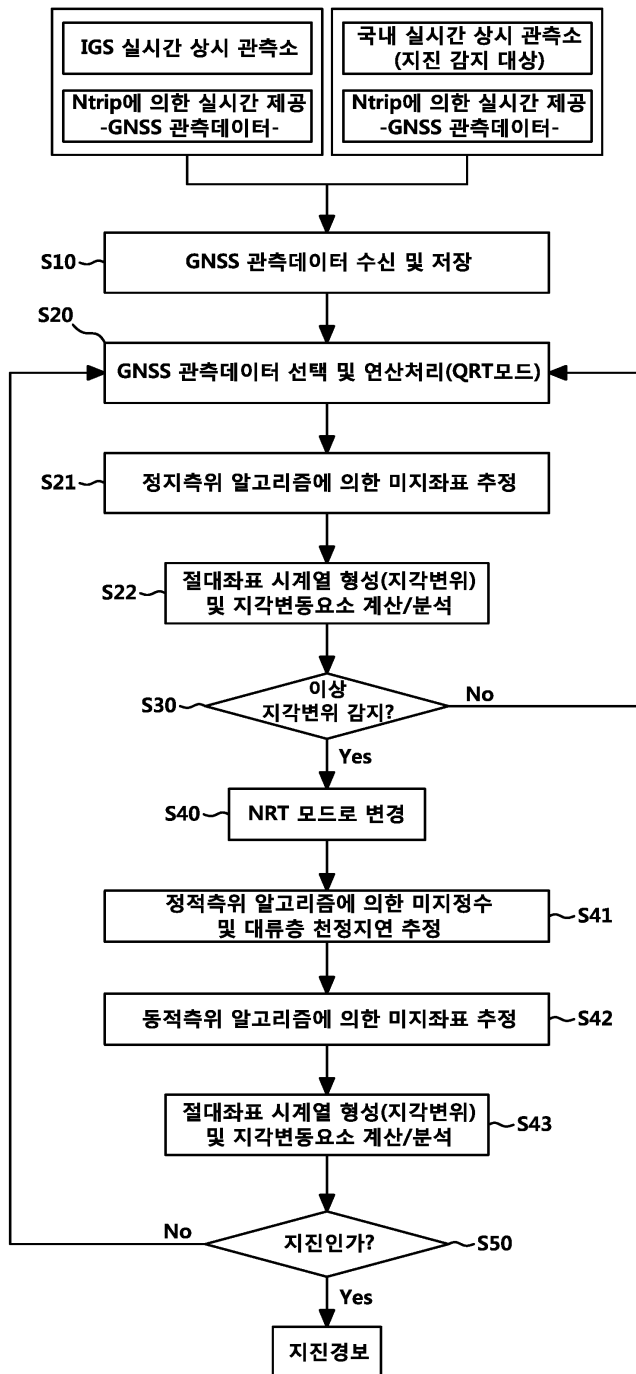
도면1



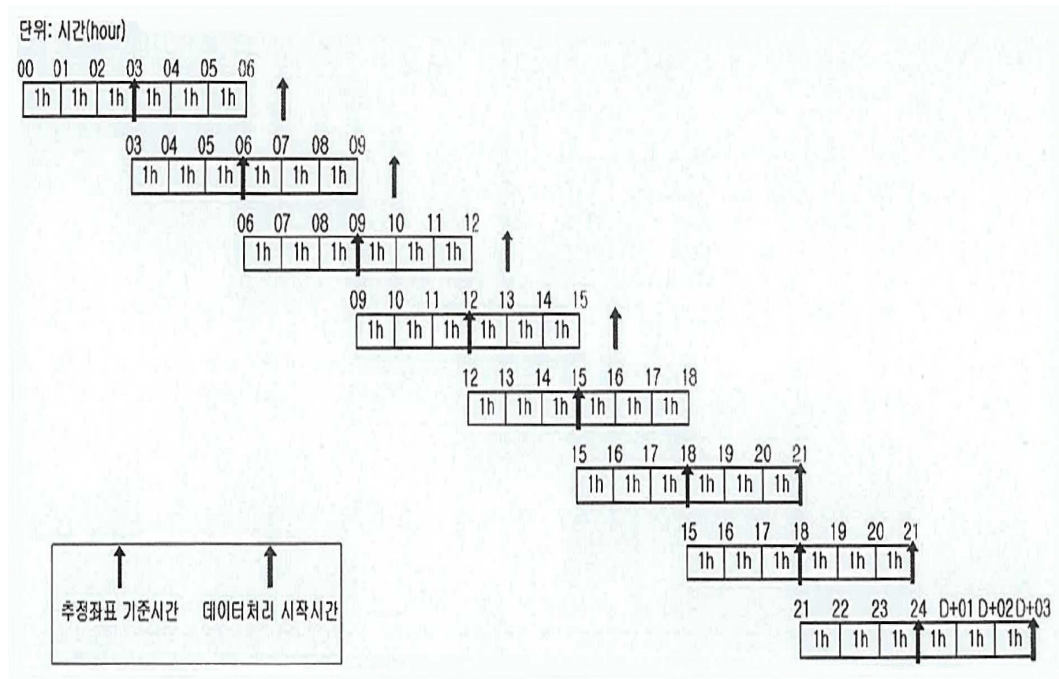
도면2



도면3



도면4



도면5

