



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년01월03일  
 (11) 등록번호 10-1218175  
 (24) 등록일자 2012년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01V 1/28 (2006.01) G08B 21/10 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-0074371  
 (22) 출원일자 2012년07월09일  
 심사청구일자 2012년07월09일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1019970011110 B1\*  
 JP2001516034 A  
 JP2006308431 A  
 KR1020120049996 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
 정병선  
 대전광역시 서구 청사로 282 수정타운아파트 6동 1006호  
 임인섭  
 대전광역시 유성구 어은로 57 한빛아파트 125동 602호  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 정상규

전체 청구항 수 : 총 12 항

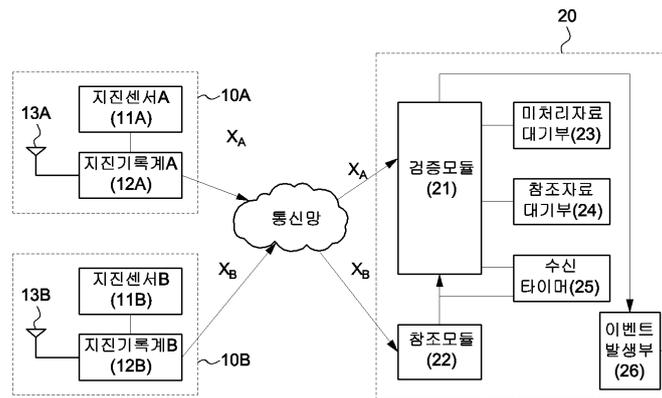
심사관 : 김혜원

(54) 발명의 명칭 **지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 이벤트 감지의 신속성을 유지하면서 발생된 이벤트의 유효성을 즉각적으로 검사하고 오경보를 방지할 수 있는 지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법에 관한 것으로, 감시대상물에 설치되어 최대 지반가속도(PGA)를 포함하는 측정 데이터를 송신하는 적어도 둘 이상의 지진 감지기; 및 상기 지진 감지기로부터 수신되는 측정 데이터를 수신하고, 임계값 이상의 측정 데이터 수신 시 동일 데이터 시간의 양측 측정 데이터를 비교해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 지진신속경보시스템; 을 포함하는 것을 특징으로 한다.

**대표도** - 도4



(72) 발명자

**이재성**

대전광역시 유성구 문화원로 14번길 21 효성빌라  
303호

**지현철**

대전광역시 서구 둔산로 201 국화아파트 507동  
1103호

**선창국**

대전광역시 유성구 유성대로 783번길 38 월드컵패  
밀리타운 107동 204호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2010-015

부처명 지식경제부

연구사업명 일반사업

연구과제명 인공지능 탐지체계 및 지진통합 네트워크 운영

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2010.01.01 ~ 2012.12.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

감시대상물에 설치되어 최대지반가속도(PGA)를 포함하는 측정 데이터를 송신하는 적어도 둘 이상의 지진 감지기; 및

상기 지진 감지기로부터 수신되는 측정 데이터를 수신하고, 임계값 이상의 측정 데이터 수신 시 동일 데이터 시간의 양측 측정 데이터를 비교해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 지진신속경보시스템; 을 포함하되,

상기 지진 감지기는,

설치된 감시대상물의 최대지반가속도(PGA)를 측정하는 지진센서;

상기 지진센서에서 측정된 자료의 측정시간값을 생성하는 GPS센서; 및

상기 지진센서로부터 최대지반가속도 자료를 전달받고 상기 GPS센서로부터 측정시간값을 데이터시간으로서 전달받아 해당 최대지반가속도와 데이터시간을 자신의 고유식별 ID와 함께 측정 데이터로서 송신하는 지진기록계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 지진 감시 시스템.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 지진 감지기는 동일 감시대상 시설물에 설치되거나, 근거리의 서로 다른 감시대상 시설물에 설치되는 것을 특징으로 하는 지진 감시 시스템.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 상관치( $R_{AB}$ )는 하기 수학적식을 통해 산출되는 것을 특징으로 하는 지진 감시 시스템.

(수학적식)

$$R_{AB} = 100 \times \left| 1 - \left( \frac{X_B}{X_A} \right) \right|$$

이때, ' $X_A$ '와 ' $X_B$ ' 는 서로 다른 지진 감지기로부터 수신되는 동일 데이터 시간의 측정 데이터임.

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 지진신속경보시스템은,

적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 메인 지진센서로부터 측정 데이터를 수신하고, 임계값 이상의 측정 데이터를 메인 지진센서로부터 수신 시 동일 데이터 시간의 비교 지진센서로부터의 측정 데이터와 비교하여 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 검증모듈; 및

적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 비교 지진센서로부터 측정 데이터를 수신해 상기 검증모듈로 전달하는 참조모듈; 을 포함하며,

상기 검증 모듈은 메인 지진센서로부터 수신된 측정 데이터를 보관하기 위한 미처리자료 대기부와, 상기 참조모듈로부터 수신된 비교 지진센서의 측정 데이터를 보관하기 위한 참조자료 대기부를 구비하여,

상기 검증모듈이 메인 지진센서로부터 측정 데이터 수신 시 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터를 상기 참조자료 대기부로부터 추출하며, 비교대상 부재로 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터를 미처리자료 대기부에 보관하는 것을 특징으로 하는 지진 감시 시스템.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

상기 검증모듈은 참조모듈로부터 전달되는 비교 지진센서의 측정 데이터가 설정된 시간 동안 수신되는지 여부를 감시하는 수신 타이머를 더 구비하며, 상기 수신 타이머는 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되면 리셋되고, 설정된 시간 동안 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되지 않아 타임아웃 되면 상기 검증모듈이 해당 데이터 시간의 지진 이벤트 유효성 검증을 중단하는 것을 특징으로 하는 지진 감시 시스템.

**청구항 7**

(a) 감시대상물에 설치된 적어도 둘 이상의 지진 감지기로부터 최대지반가속도(PGA)를 포함하는 측정 데이터를 지진신속경보시스템이 수신하는 단계; 및

(b) 수신된 측정 데이터가 임계값 이상의 측정 데이터인 경우, 지진신속경보시스템이 동일 데이터 시간의 양측 측정 데이터를 비교해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 단계; 를 포함하되,

상기 (a) 단계에서 적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 메인 지진센서로부터 전송된 측정 데이터를 검증모듈이 수신하고, 적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 비교 지진센서로부터 측정 데이터를 참조모듈이 수신하며,

상기 (b) 단계는,

(b-4) 상기 참조 모듈이 비교 지진센서로부터 수신한 측정 데이터를 검증 모듈로 전달하며, 검증 모듈이 비교 지진센서로부터 수신한 측정 데이터를 참조자료 대기부에 보관하는 단계;

(b-5) 상기 검증 모듈이 메인 지진센서의 측정 데이터를 임계값과 비교하는 단계;

(b-6) 메인 지진센서의 측정 데이터가 임계값을 초과하는 경우, 상기 검증 모듈이 해당 메인 지진센서의 측정 데이터와 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터를 참조자료 대기부에서 검색하는 단계;

(b-8) 상기 검증 모듈이 메인 지진센서의 측정 데이터를 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터와 비교하여 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단하는 단계; 및

(b-9) 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인 경우, 상기 검증 모듈이 유효한 이벤트로 간주하여 이벤트 발생을 처리하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

**청구항 8**

제 7항에 있어서,

상기 지진 감지기는 동일 감시대상 시설물에 설치되거나, 근거리의 서로 다른 감시대상 시설물에 설치되는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

**청구항 9**

제 7항에 있어서,

상기 상관치( $R_{AB}$ )는 하기 수학적식을 통해 산출되는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

(수학적식)

$$R_{AB} = 100 \times \left| 1 - \left( \frac{X_B}{X_A} \right) \right|$$

이때, ' $X_A$ '와 ' $X_B$ ' 는 서로 다른 지진 감지기로부터 수신되는 동일 데이터 시간의 측정 데이터임.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

제 7항에 있어서,

상기 (b-6) 단계와 상기 (b-8) 단계의 사이에,

(b-7) 해당 메인 지진센서의 측정 데이터와 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터가 참조자료 대기부에 없으면, 상기 검증 모듈이 해당 메인 지진센서의 측정 데이터를 미처리자료 대기부에 보관하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

**청구항 12**

제 11항에 있어서,

상기 (b-4) 단계 이전에,

(b-1) 상기 검증 모듈이 미처리자료 대기부에서 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터가 존재하는지 검사하고, 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터가 존재하면, 해당 측정 데이터에 대하여 동일 데이터 시간의 비교 지진센서로부터의 측정 데이터를 참조자료 대기부로부터 검색하는 단계; 및

(b-3) 상기 검증 모듈이 참조자료 대기부로부터 동일 데이터 시간의 비교 지진센서로부터의 측정 데이터를 추출해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

**청구항 13**

제 12항에 있어서,

상기 (b-1) 단계와 상기 (b-3) 단계의 사이에,

(b-2) 해당 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터와 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터가 참조자료 대기부에 없으면, 상기 검증 모듈이 (a) 단계에서 메인 지진센서로부터 수신한 측정 데이터를 미처리자료 대기부에 보관하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

**청구항 14**

제 13항에 있어서,

상기 검증모듈은 참조모듈로부터 전달되는 비교 지진센서의 측정 데이터가 설정된 시간 동안 수신되는지 여부를

감시하는 수신 타이머를 더 구비하며, 상기 수신 타이머는 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되면 리셋되고, 설정된 시간 동안 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되지 않아 타임아웃 되면 상기 검증모듈이 해당 데이터 시간의 지진 이벤트 유효성 검증을 중단하는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 이벤트 감지의 신속성을 유지하면서 발생한 이벤트의 유효성을 즉각적으로 검사하고 오경보를 방지할 수 있는 지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근 지진 발생시 신속한 감지 및 경보 발령을 위하여 지자체, 공공기관, 사회기반시설 운영기관 등 많은 기관에서 감시 대상지점에 지진가속도 계측설비를 설치하고 중앙서버에 지진신속경보시스템을 구축하여 운영 중이다.

[0003] 일반적으로 지진신속경보시스템을 위한 지진계 설치시, 많은 기관들이 2개 또는 다수의 지진가속도계를 감시 대상물(건물, 교각 등) 또는 근거리에 설치하여 지진발생을 감시하고 있다.

[0004] 보다 신속한 탐지를 위하여 지진계측기에서 계측한 파형형태의 원시자료(raw data) 보다는 거동특성만을 간략히 담은 경량의 메타데이터(metadata)를 지진신속경보시스템의 기반자료로 활용하는 추세이다. 특히, 초단위 최대 지반가속도(PGA, Peak Ground Acceleration)는 많은 기관의 지진신속경보시스템에서 활용하는 주요 메타데이터이다.

[0005] 최근 지진기록계(Digitizer)에서는 PGA 등 거동특성 정보를 담은 경량의 메타데이터만을 패킷화하여 안정된 통신망을 통해 매초 실시간으로 원격지에 전송하는 기능을 지원한다. 원격의 지진감시시스템 또는 지진신속경보시스템에서는 지진기록계에서 전송하는 패킷화된 경량의 메타데이터를 실시간으로 수신하여 이를 모니터링하며 이벤트(event) 발생 유무를 감지한다.

[0006] 여기에서 지진신속경보시스템에서 말하는 이벤트(event)라 함은 감시 대상물(건물, 댐, 교량, 또는 지반 등)의 특성을 고려하여 설정된 특정 메타데이터의 임계값(Threshold)이 있을 때, 이 임계값을 넘는 값이 관측된 상황을 말한다.

[0007] 지진가속도 계측설비를 구축하고 감시 대상에서의 이벤트 발생 유무를 실시간으로 감시하는 지진감시시스템 또는 지진신속경보시스템을 구축한 많은 기관에서는 이벤트 감지를 위한 감시 대상 메타데이터로 수평성분 PGA값을 주로 활용하고 있다. 이벤트 발생시 담당자가 이를 즉각 인지할 수 있도록 많은 지진신속경보시스템에서는 이벤트 발생사실을 경광등이나 경고음을 통해 발령하는 알람(alarming)기능을 지원한다.

[0008] 하지만 이러한 기존의 지진신속경보시스템은 오경보(False alarm) 발령이 발생할 수 있는 문제점을 가지고 있다.

[0009] 이벤트의 유효성 보다는 신속한 경보발령이 우선시 되는 지진신속경보시스템에서는

- [0010] 1) 함께 설치된 통신, 전원장치의 전기적 간섭에 의한 지진계측기에서의 스파이크 시그널(spike signal) 발생
- [0011] 2) 인위적 충격
- [0012] 3) 지진계측기 오작동

[0013] 등 지진에 의한 실제 지반거동이 아닌 오작동이나 잡음에 의한 원하지 않는 이벤트가 발생하여 오경보(False alarm)를 발령할 수 있다.

[0014] 지진발생에 신속히 대처하기 위하여 구축한 지진신속경보시스템의 이벤트 모니터링 결과와 보호대상시설의 운영 제어가 서로 밀접히 연관된 특정 기관에서는 이러한 오경보가 매우 민감한 사안이거나 기관운영에 치명적인 결

과를 가져올 수 있다.

[0015] 이러한 문제점은 지진분석시스템과 지진신속경보시스템의 목적 및 감지방식 차이에서 비롯된다. 다소 시간은 걸리나 여러 지진관측소의 지진파형을 수집해 고도의 자료처리를 통한 분석을 통해 지진의 위치와 규모를 결정하는 지진분석시스템에서는 이러한 신호들이 시스템이나 분석자에 의해 필터링되어 질 수 있다.

[0016] 하지만, 신속한 경보를 위하여 경량의 메타데이터와 이벤트 검출 알고리즘을 사용하고 실시간 모니터링 기능에 집중된 지진신속경보시스템에서는 이러한 잘못된 신호에 의해 감지된 이벤트의 유효성을 신속하게 검출하기가 쉽지 않다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 그 목적은 지진신속경보시스템의 이벤트 감지의 신속성을 유지하면서도 발생한 이벤트의 유효성을 즉각적으로 검사하고 오경보를 방지할 수 있는 지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법을 제공하는 것이다.

[0018] 상술한 바와 같이 일반적으로 신속한 이벤트 감지 및 경보를 위한 지진신속경보 체계 구축에 많은 기관들이 2개의 지진가속도계를 동일 감시 대상물(건물, 교각 등) 또는 근거리에 설치하고 본부에 서버를 두어 지진신속경보 시스템을 운영 중이다.

[0019] 본 발명에서는 이러한 구축 환경을 활용하여 서버에서 두 센서로부터 감지된 신호의 크기의 상관성을 신속하게 계산하여 비교하고, 그 결과로써 두 신호 간 상관성이 허용치 이하일 경우, 해당 신호를 필터링함으로써 지진에 의한 실제 지반거동이 아닌 오작동이나 잡음에 의한 원하지 않는 이벤트의 발령을 즉각적으로 방지할 수 있는 지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법을 제시한다.

#### 과제의 해결 수단

[0020] 본 발명의 일측면에 따르면, 감시대상물에 설치되어 최대지반가속도(PGA)를 포함하는 측정 데이터를 송신하는 적어도 둘 이상의 지진 감지기; 및 상기 지진 감지기로부터 수신되는 측정 데이터를 수신하고, 임계값 이상의 측정 데이터 수신 시 동일 데이터 시간의 양측 측정 데이터를 비교해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 지진신속경보시스템; 을 포함하는 것을 특징으로 하는 지진 감시 시스템을 제공한다.

[0021] 바람직하게는, 상기 지진 감지기는, 설치된 감시대상물의 최대지반가속도(PGA)를 측정하는 지진센서; 상기 지진센서에서 측정된 자료의 측정시간값을 생성하는 GPS센서; 및 상기 지진센서로부터 최대지반가속도 자료를 전달 받고 상기 GPS센서로부터 측정시간값을 데이터시간으로서 전달받아 해당 최대지반가속도와 데이터시간을 자신의 고유식별 ID와 함께 측정 데이터로서 송신하는 지진기록계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 바람직하게는, 상기 지진 감지기는 동일 감시대상 시설물에 설치되거나, 근거리의 서로 다른 감시대상 시설물에 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 바람직하게는, 상기 상관치( $R_{AB}$ )는 하기 수학적 1을 통해 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 바람직하게는, 상기 지진신속경보시스템은, 적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 메인 지진센서로부터 측정 데이터를 수신하고, 임계값 이상의 측정 데이터를 메인 지진센서로부터 수신 시 동일 데이터 시간의 비교 지진센서로부터의 측정 데이터와 비교하여 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 검증모듈; 및 적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 비교 지진센서로부터 측정 데이터를 수신해 상기 검증모듈로 전달하는 참조모듈; 을 포함하며, 상기 검증 모듈은 메인 지진센서로부터 수신된 측정 데이터를 보관하기 위한 미처리자료 대기부와, 상기 참조모듈로부터 수신된 비교 지진센서의 측정 데이터를 보관하기 위한 참조자료 대기부를 구비하여, 상기 검증모듈이 메인 지진센서로부터 측정 데이터 수신 시 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터를 상기 참조자료 대기부로부터 추출하며, 비교대상 부재로 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터를 미처리자료 대기부에 보관하는 것을 특징으로 한다.

- [0025] 바람직하게는, 상기 검증모듈은 참조모듈로부터 전달되는 비교 지진센서의 측정 데이터가 설정된 시간 동안 수신되는지 여부를 감시하는 수신 타이머를 더 구비하며, 상기 수신 타이머는 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되면 리셋되고, 설정된 시간 동안 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되지 않아 타임아웃 되면 상기 검증모듈이 해당 데이터 시간의 지진 이벤트 유효성 검증을 중단하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 한편 본 발명의 다른 측면에 따르면, (a) 감시대상에 설치된 적어도 둘 이상의 지진 감지기로부터 최대지반가속도(PGA)를 포함하는 측정 데이터를 지진신속경보시스템이 수신하는 단계; (b) 수신된 측정 데이터가 임계값 이상의 측정 데이터인 경우, 지진신속경보시스템이 동일 데이터 시간의 양측 측정 데이터를 비교해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트 유효성 검증 방법을 제공한다.
- [0027] 바람직하게는, 상기 지진 감지기는 동일 감시대상 시설물에 설치되거나, 근거리의 서로 다른 감시대상 시설물에 설치되는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 바람직하게는, 상기 상관치( $R_{AB}$ )는 하기 수학식1을 통해 산출되는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 바람직하게는, 상기 (a) 단계에서 적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 메인 지진센서로부터 전송된 측정 데이터를 검증모듈이 수신하고, 적어도 둘 이상의 지진 감지기 중 비교 지진센서로부터 측정 데이터를 참조모듈이 수신하며, 상기 (b) 단계는, (b-4) 상기 참조 모듈이 비교 지진센서로부터 수신한 측정 데이터를 검증 모듈로 전달하며, 검증 모듈이 비교 지진센서로부터 수신한 측정 데이터를 참조자료 대기부에 보관하는 단계; (b-5) 상기 검증 모듈이 메인 지진센서의 측정 데이터를 임계값과 비교하는 단계; (b-6) 메인 지진센서의 측정 데이터가 임계값을 초과하는 경우, 상기 검증 모듈이 해당 메인 지진센서의 측정 데이터와 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터를 참조자료 대기부에서 검색하는 단계; (b-8) 상기 검증 모듈이 메인 지진센서의 측정 데이터를 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터와 비교하여 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단하는 단계; 및 (b-9) 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인 경우, 상기 검증 모듈이 유효한 이벤트로 간주하여 이벤트 발생을 처리하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0030] 바람직하게는, 상기 (b-6) 단계와 상기 (b-8) 단계의 사이에, (b-7) 해당 메인 지진센서의 측정 데이터와 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터가 참조자료 대기부에 없으면, 상기 검증 모듈이 해당 메인 지진센서의 측정 데이터를 미처리자료 대기부에 보관하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 바람직하게는, 상기 (b-4) 단계 이전에, (b-1) 상기 검증 모듈이 미처리자료 대기부에서 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터가 존재하는지 검사하고, 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터가 존재하면, 해당 측정 데이터에 대하여 동일 데이터 시간의 비교 지진센서로부터의 측정 데이터를 참조자료 대기부로부터 검색하는 단계; 및 (b-3) 상기 검증 모듈이 참조자료 대기부로부터 동일 데이터 시간의 비교 지진센서로부터의 측정 데이터를 추출해서 양측 측정 데이터의 상관치가 허용치 이내인지 여부를 판단해 지진 이벤트의 유효성을 검증하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 바람직하게는, 상기 (b-1) 단계와 상기 (b-3) 단계의 사이에, (b-2) 해당 미처리된 메인 지진센서의 측정 데이터와 동일 데이터 시간의 비교 지진센서의 측정 데이터가 참조자료 대기부에 없으면, 상기 검증 모듈이 (a) 단계에서 메인 지진센서로부터 수신한 측정 데이터를 미처리자료 대기부에 보관하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 바람직하게는, 상기 검증모듈은 참조모듈로부터 전달되는 비교 지진센서의 측정 데이터가 설정된 시간 동안 수신되는지 여부를 감시하는 수신 타이머를 더 구비하며, 상기 수신 타이머는 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되면 리셋되고, 설정된 시간 동안 비교 지진센서의 측정 데이터가 수신되지 않아 타임아웃 되면 상기 검증모듈이 해당 데이터 시간의 지진 이벤트 유효성 검증을 중단하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0034] 본 발명에 따르면, 지진신속경보시스템의 이벤트 감지의 신속성을 유지하면서도 발생된 이벤트의 유효성을 즉각적으로 검사하고 오경보를 방지할 수 있게 되는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0035] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 지진센서의 설치예를 설명하기 위한 도면.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 지진센서의 다른 설치예를 설명하기 위한 도면.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 지진센서의 또 다른 설치예를 설명하기 위한 도면.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 지진 감시 시스템을 설명하기 위한 블록도.
- 도 5 내지 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 지진 감시 시스템을 이용한 이벤트 유효성 검증 방법을 설명하기 위한 도면.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0036] 이하 본 발명에 따른 지진 감시 시스템 및 이를 이용한 이벤트 유효성 검증 방법에 대한 실시 예를 첨부한 도면을 참고하여 더 상세히 설명한다.
- [0037] 본 발명에 따르면 효과적인 지진감시체계를 구축하기 위해 적어도 둘 이상의 지진센서(11)가 필요하며, 이들 지진센서(11)와 연계된 지진신속경보시스템(20)은 다음의 설치조건을 만족하도록 구성될 수 있다.
- [0038] 2개의 지진센서(11A, 11B)가 동일 감시대상 시설물(건물, 교각, 댐 등)에 설치되어 있거나, 2개의 지진센서(11A, 11B)가 서로 근거리(예컨대, 100m 이내)에 설치되어 있어야 한다. 또한 본 발명의 이벤트 유효성 검증 방법을 수행할 수 있는 지진신속경보시스템(20)이 2개의 지진센서(11A, 11B)로부터 자료를 통신망을 통해 실시간으로 수집해야 한다.
- [0039] 먼저 도 1을 참조하면, 2개의 지진센서(11A, 11B)가 동일한 감시 대상물(예컨대, 교각)에서 일정한 거리를 두고 설치되고 이들 2개의 지진센서(10A, 10B)가 하나의 기록계(12)를 공유하게 되며, 해당 지진기록계(12)가 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)에 연결되는 구조를 가질 수 있다.
- [0040] 다음으로 도 2를 참조하면, 2개의 지진센서(11A, 11B)가 동일한 감시 대상물(예컨대, 교각)에서 일정한 거리를 두고 설치되고 이들 2개의 지진센서(10A, 10B)가 각자의 지진기록계(12A, 12B)와 연결되며, 이들 지진기록계(12A, 12B)가 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)에 연결되는 구조를 가질 수 있다.
- [0041] 또한 도 3을 참조하면, 하나의 지진센서(11A)는 특정 감시 대상물(예컨대, 빌딩)에 설치되고 다른 하나의 지진센서(11B)는 이 감시 대상물과 일정한 거리를 가진 근거리 자유장 위치에 설치되며, 이들 2개의 지진센서(10A, 10B)가 각자의 지진기록계(12A, 12B)와 연결되어 이들 지진기록계(12A, 12B)가 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)에 연결되는 구조를 가질 수 있다.
- [0042] 도면에서 미설명된 도면부호 13, 13A, 13B는 GPS센서이며, 지진센서(10)의 정확한 계측시간값을 얻을 수 있다.
- [0043] 상기 지진센서(11)에서 계측된 아날로그 자료는 지진기록계(12)에서 디지털화되어 기록되어진다. 지진기록계(12) 자체는 하드웨어이지만 내부에는 하드웨어 운영과 자료처리를 위한 고유의 운영체제와 펌웨어를 구비한 소프트웨어가 있으므로 디지털화된 계측자료를 처리하여 다양한 형태의 데이터로 가공하여 사용자의 요구에 맞추어 제공하는데 이러한 기능지원은 지진기록계 제작사마다 다르다.
- [0044] 하지만 전세계적으로 많은 기관에서 사용되고 있는 주요 상용 지진계에서는 파형(waveform) 형태의 원시자료 뿐만 아니라 초단위 거동특성을 담은 경량의 메타데이터를 패킷화하여 초단위로 전송하는 프로토콜을 지원한다. 대표적으로, Quanterra사 계열 지진기록계에서는 DSS(Data Subscription Service) 프로토콜을 지원하며 Guralp 사 계열 지진기록계에서는 GSMS(Guralp Seismic Monitoring System) 프로토콜과 QSCD(Quick Seismic Characteristic Data, designed by KIGAM) 프로토콜을 지원한다.
- [0045] 만일, 지진기록계(12)가 PGA 등 지반가속도 거동특성이 포함된 메타데이터 패킷 전송을 위한 프로토콜을 지원하지 않는다면 지진신속경보시스템(20)에서는 지진 기록계(12)로부터 수신한 원시자료로부터 PGA를 계산하기 위한 별도의 자료처리 모듈이 구성되어야 할 것이며, 이에 대한 소프트웨어적 구현방법은 각 지진기록계(12)에서 지원하는 자료전송 프로토콜에 따라 달라질 수 있으므로 본 발명에서는 다루지 않는다.
- [0046] 본 발명에서는 지진신속경보시스템(20)에서 이벤트 감지에 사용되는 자료가 지진기록계(12)에서 생산되어 실시간 전송된 수평성분 PGA라 가정한다.
- [0047] 이때, 상술한 설명 및 도면에서는 지진센서(11)와 지진기록계(12) 및 GPS센서(13)가 별개의 구성인 것으로 설명

되고 도시되었지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아닌 바, 지진센서(11)와 지진기록계(12) 및 GPS센서(13)가 모두 또는 부분적으로 일체화된 형태의 지진 감지기도 본 발명의 범위에 포함됨은 이해될 수 있을 것이다.

- [0048] 상기 지진센서(11)와 지진기록계(12)의 구성을 살펴보면, 대상물에서의 이벤트 발생 감지를 위해 설치된 2개의 지진센서(11A, 11B)는 1개의 메인 센서와 1개의 비교 센서로 구성될 수 있다. 또한 2개의 메인 센서로 구성될 수 있으며, 이 경우 2개의 센서는 서로 비교 센서로서도 기능을 하게 된다.
- [0049] 여기에서 메인 센서라 함은 이벤트를 발생시키는 센서이며, 비교 센서라 함은 메인 센서에서 감지한 이벤트의 유효성을 검사하기 위해 사용되어지는 센서를 말한다.
- [0050] 이하의 설명에서는 메인 지진센서를 11A로 그리고 비교 지진센서를 11B로 하여 설명한다.
- [0051] 한편 지진센서(11)와 연결된 지진기록계(12)는 지진신속경보시스템(20)에서 요구하는 데이터를 지진신속경보시스템(20)에서 수신 가능한 특정 포트를 목적지로 전송한다.
- [0052] 이때, 전송되는 데이터에는 자료 구별이 가능한 고유식별 ID와 정확한 데이터 시간이 병기되어 있어야 한다. 일반적으로 지진기록계(12)는 생산되는 데이터에 고유식별 ID와 정확한 데이터시간을 포함한다. 고유식별 ID는 SCNL(Station, Channel, Network and Location)코드의 조합 등으로 만들어질 수 있으며 정확한 데이터 시간은 지진계측시스템의 필수장비인 지진기록계와 연결된 GPS센서(13)로부터 얻는다.
- [0053] 지진기록계(12)가 정상적으로 동작하고 지진기록계(12)와 지진신속경보시스템(20)을 연결하는 통신망이 안정적이라면 두 지진센서(11A, 11B)의 데이터는 거의 같은 시간(1초 이내의 시간차)에 지진신속경보시스템(20)에 수신될 것이다.
- [0054] 한편 상기 지진신속경보시스템(20)은 기본적으로 다음과 같은 설정에 의해 동작하게 된다.
- [0055] 첫째, 2개의 지진센서(11A, 11B)의 데이터를 수신하기 위한 설정이 되어 있어야 한다.
- [0056] 둘째, 메인센서를 지진센서A(11A)라 하고 지진센서A(11A)의 데이터를 수신 및 처리하기 위해 지진신속경보시스템(20)에서 동작하는 모듈을 검증모듈(21)이라 한다.
- [0057] 셋째, 비교센서를 지진센서B(11B)라 하고 지진센서B(11B)의 데이터를 수신 및 처리하기 위해 지진신속경보시스템(20)에서 동작하는 모듈을 참조모듈(22)이라 한다.
- [0058] 넷째, 이벤트 유효성 검사를 위하여 참조모듈(22)은 수신된 지진센서B(11B)의 데이터를 검증모듈(21)에 전송하며 검증모듈(21)은 이를 수신할 수 있어야 한다. 이를 위한 방법은 다양하나 본 발명에서는 내부 포트를 이용한 소켓 통신을 이용하는 것으로 한다.
- [0059] 상기 지진신속경보시스템(20)에서 서로 다른 2개의 지진센서(11A, 11B)로부터 수신된 데이터의 상관성을 알아보기 위하여 다음과 같은 비율 계산식을 사용할 수 있다.
- [0060] 동일 대상체 또는 근거리에서 설치된 두 개의 가속도센서가 있고 지진에 의한 지반 거동이 발생하였을 시에 두 지진센서에 평상시 노이즈 신호보다 크며 비슷한 규모의 의미있는 신호가 감지될 것이다. 따라서, 두 지진센서의 신호의 크기는 허용치 이상으로 큰 차이를 보이지 않을 것이며 이러한 상관성은 두 신호의 물리적인 값의 비율을 계산함으로써 얻을 수 있을 것이다.
- [0061] 본 발명에서는 두 값의 상관성을 알아보기 위해 사용되는 비율 계산식으로 다음의 수학적 식 1과 같은 계산식을 사용하였다.

**수학적 식 1**

$$R_{AB} = 100 \times \left| 1 - \left( \frac{X_B}{X_A} \right) \right|$$

[0063] 이 식에서는 동일 시간의 지진센서A(11A)의 측정 데이터를  $X_A$ , 지진센서B(11B)의 측정 데이터를  $X_B$  라 하고, 두 데이터는 지반거동특성을 나타내는 물리적인 값으로, 본 발명에서는 이 값을 초단위 PGA로 보며 실제적으로 항상 0보다 큰 값을 갖는다. 이때, 두 값의 퍼센트 비율을 상관치  $R_{AB}$  라 한다.

- [0064] 이벤트 유효성을 결정하는 기준이 되는 비율을 허용치  $R_T$  라 할 때, 상관치  $R_{AB}$  는 허용치  $R_T$  보다 작아야 할 것이다.
- [0065] 여기에서 상기 허용치  $R_T$  는 지진센서가 설치된 대상체의 특성이나 지진신속경보시스템을 운영하는 기관 목적에 맞게 설정할 수 있다.
- [0066] 도 4에는 본 발명의 실시예에 따른 지진 감시 시스템을 설명하기 위한 블록도가 도시되어 있다.
- [0067] 도 4를 참조하면, 비교대상이 되는 두 개의 지진 감지기(10A, 10B)가 설치되어 운영되며, 이들 지진 감지기(10A, 10B)는 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)에 연결되게 된다.
- [0068] 상기 지진 감지기(10)는 가속도계를 포함해 수평성분 PGA 신호를 발생시키는 지진센서(11)와, 상기 지진센서(11)로부터 전달된 아날로그 형태의 수평성분 PGA 신호를 디지털화하여 기록하며 해당 PGA에 고유식별 ID와 데이터시간을 더해 상기 통신망을 통해 외부로 전송하는 지진기록계(12)와, 정확한 데이터시간을 획득하기 위한 GPS센서(13)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0069] 이러한 지진 감지기의 구성에서 지진센서A(11A)는 메인센서로서 동작하며, 지진센서B(11B)는 비교센서로서 동작하게 될 것이다.
- [0070] 그리고 지진기록계A(12A)에서 송신된 측정 데이터  $X_A$  는 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)로 전송될 것이며, 지진기록계B(12B)에서 송신된 측정 데이터  $X_B$  는 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)로 전송될 것이다.
- [0071] 또한 상기 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 상기 참조모듈(22)로부터 측정 데이터  $X_B$  를 전달받아 후술하는 이벤트 유효성 검증방법에 따라 유효한 이벤트가 발생했는지 여부를 판별하고, 유효한 이벤트 발생시 이벤트 발생부(26)로 이벤트 발생을 통보하게 된다. 상기 이벤트 발생부(26)는 직접 이벤트 알람을 하거나 별도의 연동 시스템에 이벤트 발생을 전달할 수 있다.
- [0072] 그리고 상기 지진신속경보시스템(20)에서 미설명된 도면부호 23은 미처리자료 대기부이고, 도면부호 24는 참조자료 대기부이며, 도면부호 25는 수신 타이머이며, 이에 대하여는 이벤트 유효성 검증방법의 다양한 실시예에 대한 설명에서 상세히 후술될 것이다.
- [0073] 이제 도 5 내지 도 10을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 이벤트 유효성 검증방법에 대하여 설명한다.
- [0074] 기본적으로 상기 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 자신이 수신한 측정 데이터  $X_A$  와 상기 참조모듈(22)로부터 전달받은 측정 데이터  $X_B$  를 상기 수학적 식 1의 두 값의 상관성을 알아보기 위해 사용되는 비율 계산식을 이용해 상관성을 분석하고, 그 결과 상관치  $R_{AB}$  가 허용치  $R_T$  의 범위 안에 있다면 유효한 이벤트로 간주하게 된다. 이때 상기 검증모듈(21)은 자신이 수신한 측정 데이터  $X_A$  를 임계값 T 와 비교하여 측정 데이터  $X_A$  가 임계값 T 을 초과하지 않는다면 처리부하를 감소시키기 위해 이후 절차를 생략하도록 동작할 수 있다. 여기에서 상기 임계값 T 역시 지진센서가 설치된 대상체의 특성이나 지진신속경보시스템을 운영하는 기관 목적에 맞게 설정할 수 있다.
- [0075] 한편, 본 발명의 실시예에 따르면 상기 지진신속경보시스템(20)에는 도 5에 도시된 바와 같이 참조자료 대기부(24)가 구비될 수 있다.
- [0076] 상기 검증모듈(21)은 참조 모듈(22)로부터 전달되는 지진센서B(11B)의 데이터를 보관하기 위한 참조자료 대기부(24)를 구비하여 최근 수신된 지진센서B(11B)의 데이터를 보관한다. 이 참조자료 대기부(24)는 환형 스토리지 큐(circular storage queue)로 구현될 수 있다.
- [0077] 이때, 상기 참조자료 대기부(24)에 보관되는 데이터 개수 즉, 큐의 크기(moving window size)를 설정하여야 하는데, 너무 길 경우 리소스 낭비와 처리부하가 발생할 수 있다. 따라서 해당 지진신속경보시스템(20)의 목적에 맞게 적당한 설정이 필요하다. 여기에서 상기 참조자료 대기부(24)의 큐의 크기는 4인 것이 바람직하다. 즉, 최근 수신된 4개의 지진센서B(11B) 데이터를 보관하게 된다.
- [0078] 참조자료 대기부(24)의 사용시 상기 검증모듈(21)에서 지진센서B(11B) 데이터와의 비교 검증이 필요한 경우, 이 참조자료 대기부(24)에서 해당 시간의 지진센서B(11B) 데이터를 찾게 된다.

- [0079] 이러한 참조자료 대기부(24)를 이용한 지진신속경보시스템(20)의 이벤트 유효성 검사를 위한 절차를 도 5를 통해 살펴보면 다음과 같다.
- [0080] 먼저, 지진 감지기(10A, 10B)들은 일정한 시간 간격을 두고 수평성분 PGA 신호, 고유식별 ID 및 데이터시간을 포함하는 측정 데이터( $X_A$ ,  $X_B$ )를 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)으로 전송하며, 해당 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 측정 데이터( $X_A$ )를 수신하고, 참조모듈(22)은 측정 데이터( $X_B$ )를 수신하게 된다(S10).
- [0081] 이후, 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)은 자신이 수신한 측정 데이터( $X_B$ )를 검증모듈(21)로 전송하고(S11), 이를 수신한 검증모듈(21)은 수신된 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 참조자료 대기부(24)에 보관한다(S12).
- [0082] 다음으로 상기 검증모듈(21)은 수신된 지진센서A(11A)의 측정 데이터( $X_A$ )가 임계값 T를 초과하는지 여부를 검사한다(S13).
- [0083] 그리고 상기 S13 단계의 결과, 측정 데이터( $X_A$ )가 임계값 T를 초과하지 않는다면, 이후 처리를 위해 해당 측정 데이터( $X_A$ )를 다른 모듈에 전송하여 더 이상의 이벤트 유효성 검사 절차 진행을 중지한다(S14).
- [0084] 한편, 상기 S13 단계의 결과, 측정 데이터( $X_A$ )가 임계값 T를 초과한다면, 이벤트 발생 조건이므로 유효성 검사를 위해 참조자료 대기부(24)에서 해당시간의 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 찾는다(S15).
- [0085] 그리고 상기 검증 모듈(21)은 동일 데이터 시간의 측정 데이터( $X_A$ )와 측정 데이터( $X_B$ )의 비율을 상술한 수학적 식 1을 통해 계산하여 상관치  $R_{AB}$  를 산출한다(S16).
- [0086] 그리고 해당 산출된 상관치  $R_{AB}$  가 허용치  $R_T$  를 초과하는지 여부를 검사한다(S17).
- [0087] 그리고 상기 S17 단계의 결과, 상관치  $R_{AB}$  가 허용치  $R_T$  의 범위 안에 있다면, 유효한 이벤트(지진 발생 등)로 간주하고 이후 처리(지진 알람 등)를 위해 이벤트 발생부(26)로 결과를 전달하여 해당 이벤트 발생부(26)를 통해 다른 모듈에 이벤트 발생을 전송하게 된다(S18). 즉  $R_{AB}$  가 허용치  $R_T$  의 범위 안에 있다면 서로 다른 두 개의 지진센서가 모두 거의 유사한 정도의 측정자료를 동일한 시간에 내보낸 것이므로 유효한 것이며, 이 측정자료가 임계값(T)을 초과한 것이므로 해당 측정자료에 따라 유효한 지진을 포착한 것으로 판단할 수 있는 것이다.
- [0088] 이와 달리 상기 S17 단계의 결과, 상관치  $R_{AB}$  가 허용치  $R_T$  의 범위 보다 크다면, 유효한 이벤트가 아니므로 필터링하여 이벤트 알람을 방지하게 된다(S19).
- [0089] 한편, 본 발명의 실시예에 따르면 상기 지진신속경보시스템(20)에는 도 6에 도시된 바와 같이 미처리자료 대기부(23)가 구비될 수 있다.
- [0090] 지진기록계(12A, 12B)가 정상적으로 작동하고 통신망이 안정적이라면 지진신속경보시스템(20)에서 두 지진센서(11A, 11B)의 데이터 수신 시간차는 거의 없을 것이다. 더불어, 데이터 도달 순서가 언제나 지진센서A(11A), 지진센서B(11B) 순이라면 검증모듈(21)에서 지진센서B(11B) 데이터와의 비교 검증이 필요한 경우, 참조자료 대기부(24)에서 해당시간의 지진센서B(11B) 데이터를 언제나 찾을 수 있을 것이다. 하지만, 통신상황에 따라 지진센서B(11B) 데이터 수신에 지연되거나 두 자료의 수신 순서가 역전된 경우, 해당 시간의 지진센서B(11B) 데이터가 참조자료 대기부(24)에 아직 없을 수도 있다.
- [0091] 이러한 경우를 대비하여, 지진신속경보시스템(20)에서는 검증모듈(21)에 의해 제거가능한 미처리자료 대기부(23)를 두고 미처리된 지진센서A(11A)의 데이터를 보관하도록 한다.
- [0092] 여기에서 이 미처리자료 대기부(23)는 큐(queue)로 구현될 수 있다.
- [0093] 이러한 미처리자료 대기부(23)를 더 구비한 지진신속경보시스템(20)의 이벤트 유효성 검사를 위한 절차를 도 6을 통해 살펴보면 다음과 같다.
- [0094] 먼저, 지진 감지기(10A, 10B)들은 일정한 시간 간격을 두고 수평성분 PGA 신호, 고유식별 ID 및 데이터시간을 포함하는 측정 데이터( $X_A$ ,  $X_B$ )를 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)으로 전송하며, 해당 지진신속경보시스템

(20)의 검증모듈(21)은 측정 데이터( $X_A$ )를 수신하고, 참조모듈(22)은 측정 데이터( $X_B$ )을 수신하게 된다(S20).

[0095] 이후, 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)은 자신이 수신한 측정 데이터( $X_B$ )를 검증모듈(21)로 전송하고(S21), 이를 수신한 검증모듈(21)은 수신된 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 참조자료 대기부(24)에 보관한다(S22).

[0096] 다음으로 상기 검증모듈(21)은 수신된 지진센서A(11A)의 측정 데이터( $X_A$ )가 임계값 T를 초과하는지 여부를 검사한다(S23).

[0097] 그리고 상기 S23 단계의 결과, 측정 데이터( $X_A$ )가 임계값 T를 초과하지 않는다면, 이후 처리를 위해 해당 측정 데이터( $X_A$ )를 다른 모듈에 전송하여 더 이상의 이벤트 유효성 검사 절차 진행을 중지한다(S24).

[0098] 한편, 상기 S23 단계의 결과, 측정 데이터( $X_A$ )가 임계값 T를 초과한다면, 이벤트 발생 조건이므로 유효성 검사를 위해 참조자료 대기부(24)에서 해당 시간의 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 찾는다(S25).

[0099] 그리고 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에 해당 시간의 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )가 있는지 여부를 판단하여(S26), 아직 해당 시간의 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )가 없는 경우 상기 미처리자료 대기부(23)에 해당 시간의 지진센서A(11A)의 측정 데이터( $X_A$ )를 보관한다(S27)

[0100] 따라서 지진신속경보시스템(20)에서는 검증모듈(21)에서는 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )의 수신 지연에 대비하여 미처리자료 대기부(23)를 두고 미처리된 지진센서A(11A)의 데이터를 보관하게 되는 것이다.

[0101] 이후 과정은 상술한 도 5의 과정과 동일하므로 생략한다.

[0102] 한편, 도 6에 도시된 바와 같이 미처리자료 대기부(23)가 더 구비되어 미처리된 지진센서A(11A)의 데이터를 보관하게 되는 경우 지진신속경보시스템(20)의 이벤트 유효성 검사를 위한 절차는 도 7에 도시된 바와 같이 보완되어야 한다.

[0103] 즉, 지진센서A(11A)로부터 새로운 데이터 수신시 미처리자료 대기부(23)를 검사하고 미처리된 데이터가 존재한다면, 이를 먼저 처리하는 과정을 거치는 것이다. 그리고 이 미처리 데이터의 처리가 완료된 후, 새롭게 수신된 데이터를 처리하게 된다.

[0104] 도 7을 참조하면, 먼저, 지진 감지기(10A, 10B)들은 일정한 시간 간격을 두고 수평성분 PGA 신호, 고유식별 ID 및 데이터시간을 포함하는 측정 데이터( $(X+1)_A$ ,  $(X+1)_B$ )를 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)으로 전송하며, 해당 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 측정 데이터( $(X+1)_A$ )를 수신하고, 참조모듈(22)은 측정 데이터( $(X+1)_B$ )을 수신하게 된다(S30).

[0105] 이후, 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)은 자신이 수신한 측정 데이터( $(X+1)_B$ )를 검증모듈(21)로 전송하고(S31), 이를 수신한 검증모듈(21)은 수신된 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $(X+1)_B$ )를 참조자료 대기부(24)에 보관한다(S32).

[0106] 다음으로 상기 검증모듈(21)은 미처리자료 대기부(24)를 먼저 검사하여 미처리자료 대기부(24)가 비어있는지 즉 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 없는지 판단하고(S33), 만약 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 있다면 해당 미처리자료 대기부(23)에서 미처리된 자료(예컨대, 측정 데이터  $X_A$ )를 추출하게 된다(S34).

[0107] 또한, 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에서 동일한 데이터 시간값을 갖는 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 검색하게 된다(S35).

[0108] 이를 통해 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 찾게 된다면, 미처리된 측정 데이터  $X_A$  와 측정 데이터  $X_B$  를 가지고 상술한 바와 같이 상관치  $R_{AB}$  를 산출하고 산출된 상관치  $R_{AB}$  가 허용치  $R_T$  를 초과하는지 여부를 검사해 이벤트 발생 처리 또는 필터링 처리를 하게 된다.

- [0109] 여기에서 미처리된 자료(측정 데이터  $X_A$ )는 처리되었으므로 해당 미처리자료 대기부(23)에서 삭제된다.
- [0110] 그리고 이렇게 미처리 데이터의 처리가 완료된 후 새롭게 수신된 데이터( $(X+1)_A$ ,  $(X+1)_B$ )에 대하여 이벤트 유효성 검사를 하게 되는 것이다.
- [0111] 한편, 지진기록계가 정상적으로 작동하고 통신망이 안정적이라면 2초 이상의 전송지연차가 거의 없겠지만, 경우에 따라 미처리자료 대기부(23)를 검사해 미처리된 지진센서A(11A)의 데이터를 처리하는 과정(도 7의 S33 내지 S35)에서도 참조자료 대기부(24)에 미처리된 데이터에 상응하는 시간의 지진센서B(11B)의 데이터가 여전히 없을 수도 있다.
- [0112] 도 8에 도시된 바와 같이, 이러한 경우에는 지진센서A(11A)의  $(X+1)$ 초 데이터도 미처리자료 대기부(23)에 저장하여야 한다.
- [0113] 이를 위해, 먼저 지진 감지기(10A, 10B)들은 일정한 시간 간격을 두고 수평성분 PGA 신호, 고유식별 ID 및 데이터시간을 포함하는 측정 데이터( $(X+1)_A$ ,  $X_B$ )를 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)으로 전송하며, 해당 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 측정 데이터( $(X+1)_A$ )를 수신하고, 참조모듈(22)은 측정 데이터( $X_B$ )을 수신하게 된다(S40). 여기에서 상기 참조모듈(22)은 지진기록계 또는 통신망의 불안정 등을 이유로 검증모듈(21)보다 늦게 데이터를 수신하게 되며, 이에 따라 검증모듈(21)의 측정 데이터( $(X+1)_A$ )와 대응되는 참조모듈(22)의 측정 데이터( $(X+1)_B$ )가 아직 없고 측정 데이터( $X_B$ )가 있는 상태이다.
- [0114] 이후, 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)은 자신이 수신한 측정 데이터( $X_B$ )를 검증모듈(21)로 전송하고(S41), 이를 수신한 검증모듈(21)은 수신된 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 참조자료 대기부(24)에 보관한다(S42).
- [0115] 다음으로 상기 검증모듈(21)은 미처리자료 대기부(24)를 먼저 검사하여 미처리자료 대기부(24)가 비어있는지 즉 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 없는지 판단하고(S43), 만약 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 있다면 해당 미처리자료 대기부(23)에서 미처리된 자료(예컨대, 측정 데이터  $X_A$ )를 추출하게 된다(S44).
- [0116] 또한, 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에서 동일한 데이터 시간값을 갖는 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )를 검색하게 된다(S45).
- [0117] 여기에서 해당 참조자료 대기부(24)에 상기 미처리자료 대기부(23)의 미처리된 데이터에 상응하는 시간의 지진센서B(11B)의 데이터가 여전히 없을 수 있다. 따라서 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $X_B$ )가 참조자료 대기부(24)에 존재하지 않는다면(S46), 상기 검증모듈(21)은 지진센서A(11A)의 측정 데이터( $(X+1)_A$ )초 데이터도 미처리자료 대기부(23)에 저장하게 된다(S47).
- [0118] 도 8과 같이 프로세스를 진행시킬 경우, 그 결과 상기 미처리자료 대기부(23)에는 한 개 이상의 미처리 데이터가 존재할 수 있으므로, 해당 미처리자료 대기부(23)에 있는 미처리 데이터를 처리하기 위해서 도 9에 도시된 바와 같이 이벤트 유효성 검사 과정이 순환구조를 갖추어야 할 것이다.
- [0119] 도 9를 참조하면, 먼저, 지진 감지기(10A, 10B)들은 일정한 시간 간격을 두고 수평성분 PGA 신호, 고유식별 ID 및 데이터시간을 포함하는 측정 데이터( $(X+2)_A$ ,  $(X+2)_B$ )를 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)으로 전송하며, 해당 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 측정 데이터( $(X+2)_A$ )를 수신하고, 참조모듈(22)은 측정 데이터( $(X+2)_B$ )를 수신하게 된다(S50).
- [0120] 이후, 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)은 자신이 수신한 측정 데이터( $(X+2)_B$ )를 검증모듈(21)로 전송하고(S51), 이를 수신한 검증모듈(21)은 수신된 지진센서B(11B)의 측정 데이터( $(X+2)_B$ )를 참조자료 대기부(24)에 보관한다(S52).
- [0121] 다음으로 상기 검증모듈(21)은 미처리자료 대기부(24)를 먼저 검사하여 미처리자료 대기부(24)가 비어있는지 즉

미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 없는지 판단하고(S53), 만약 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 있다면 해당 미처리자료 대기부(23)에서 미처리된 자료 중 가장 먼저 도착한 측정 데이터를 추출하게 된다(S54).

- [0122] 또한, 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에서 상기 S54 단계에서 추출된 미처리 측정 데이터와 동일한 데이터 시간값을 갖는 지진센서B(11B)의 측정 데이터를 검색하게 된다(S55).
- [0123] 그리고 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에 대응되는 지진센서B(11B)의 측정 데이터가 있는지 여부를 판단하여(S56), 아직 해당 시간의 지진센서B(11B)의 측정 데이터가 없는 경우 상기 미처리자료 대기부(23)에 해당 시간의 지진센서A(11A)의 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 보관한다(S57)
- [0124] 그리고 상기 검증 모듈(21)은 상기 제 S56 단계의 판단결과, 참조자료 대기부(24)에 대응되는 지진센서B(11B)의 측정 데이터가 있는 경우 상관치 R<sub>AB</sub> 를 산출하고 산출된 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 를 초과하는지 여부를 검사해 이벤트 발생 처리 또는 필터링 처리를 하게 된다.
- [0125] 그리고 상술한 과정은 도 9에 도시된 바와 같이 미처리자료 대기부(23)가 비게 될 때까지 반복하게 되며, 미처리된 자료가 없을 경우에는(S53) 검증모듈(21)이 수신된 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)에 대하여 허용치 검사 및 상관치 산출을 통해 이벤트 유효성 검사를 하게 되며, 이 경우에도 참조자료 대기부(24)에 비교할 지진센서B(11B)의 측정 데이터가 없으면 상기 미처리자료 대기부(23)에 해당 시간의 지진센서A(11A)의 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 보관하게 된다(S57 참조)
- [0126] 한편, 본 이벤트 유효성 검사에 있어 비교센서(지진센서B) 데이터의 안정적인 수급은 매우 중요하다. 실제 지진 계측설비 또는 통신망 등의 장애로 인하여 지진센서B(11B)의 데이터가 수신되지 않는 경우가 발생할 수 있다. 이를 대비해, 비교센서인 지진센서B(11B)로부터의 수신 상태를 고려해 도 10에 도시된 바와 같이 별도의 수신 타이머(25)가 구비될 수 있다.
- [0127] 상기 수신 타이머(25)는 참조모듈(22)로부터 전달되는 지진센서B(11B)의 측정 데이터(X<sub>B</sub>)의 수신 여부를 감시하여 지진센서B(11B)의 데이터가 수신되지 않는 경우를 대비하게 된다. 이 수신 타이머(25)는 지진센서B(11B)의 데이터를 수신할 때마다 리셋되고, 설정된 시간 동안 지진센서B(11B)의 데이터가 수신되지 않아 타임아웃 되었다면 도 10에 도시된 바와 같이 유효성 검사 과정없이 진행한다.
- [0128] 도 10을 참조하면, 먼저, 지진 감지기(10A, 10B)들은 일정한 시간 간격을 두고 수평성분 PGA 신호, 고유식별 ID 및 데이터시간을 포함하는 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>, (X+2)<sub>B</sub>)를 통신망을 통해 지진신속경보시스템(20)으로 전송하며, 해당 지진신속경보시스템(20)의 검증모듈(21)은 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 수신하고, 참조모듈(22)은 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)을 수신하게 된다(S60).
- [0129] 이후, 지진신속경보시스템(20)의 참조모듈(22)은 자신이 수신한 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)를 검증모듈(21)로 전송하고(S61), 이를 수신한 검증모듈(21)은 수신된 지진센서B(11B)의 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)를 참조자료 대기부(24)에 보관한다(S62).
- [0130] 여기에서 상기 수신 타이머(25)는 참조모듈(22)로부터의 데이터 수신에 따라 리셋되어 타이머 시간이 재시작되게 된다(S63).
- [0131] 다음으로 상기 검증모듈(21)은 미처리자료 대기부(24)를 먼저 검사하여 미처리자료 대기부(24)가 비어있는지 즉 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 없는지 판단하고(S64), 만약 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 있다면 해당 미처리자료 대기부(23)에서 미처리된 자료 중 가장 먼저 도착한 측정 데이터를 추출하게 된다(S65).
- [0132] 그리고 상기 검증모듈(21)은 상기 수신 타이머(25)의 설정된 타임아웃 시간이 경과하였는지 여부를 판단하여(S66), 설정된 타임아웃 시간 동안 지진센서B(11B)의 데이터를 받지 못한 경우 유효검증 절차를 중지하고 상기 미처리자료 대기부(24)의 모든 데이터를 다른 모듈에 전송하고 미처리자료 대기부(24)에서 삭제한다(S67).
- [0133] 한편, 상기 제 S66 단계의 판단결과, 아직 수신 타이머(25)의 설정된 타임아웃 기간이 도래하지 않은 경우, 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에서 상기 S65 단계에서 추출된 미처리 측정 데이터와 동일한 데이터 시간값을 갖는 지진센서B(11B)의 측정 데이터를 검색하게 된다(S68).

- [0134] 그리고 상기 검증모듈(21)은 추출된 미처리 측정 데이터와 대응되는 지진센서B(11B)의 측정 데이터가 참조자료 대기부(24)에 있는지 여부를 판단하여(S69), 아직 해당 시간의 지진센서B(11B)의 측정 데이터가 없는 경우 상기 미처리자료 대기부(23)에 해당 시간의 지진센서A(11A)의 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 보관한다(S70)
- [0135] 그리고 상기 검증 모듈(21)은 상기 제 S69 단계의 판단결과, 추출된 미처리 측정 데이터와 대응되는 지진센서 B(11B)의 측정 데이터가 참조자료 대기부(24)에 있는 경우 상관치 R<sub>AB</sub> 를 산출하고(S71), 산출된 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 를 초과하는지 여부를 검사한다(S72).
- [0136] 그 결과, 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 의 범위 안에 있다면, 유효한 이벤트(지진 발생 등)로 간주하고 이후 처리(지진 알람 등)를 위해 이벤트 발생부(26)로 결과를 전달하여 해당 이벤트 발생부(26)를 통해 다른 모듈에 이벤트 발생을 전송하게 되며, 이렇게 처리되어진 지진센서A(11A)의 측정 데이터를 미처리자료 대기부(23)에서 제거하게 된다(S72).
- [0137] 이와 달리 상기 S72 단계의 결과, 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 의 범위 보다 크다면, 유효한 이벤트가 아니므로 필터링하여 이벤트 알람을 방지하게 되며, 이렇게 처리되어진 지진센서A(11A)의 측정 데이터를 미처리자료 대기부(23)에서 제거하게 된다(S74).
- [0138] 이렇게 상기 검증모듈(21)은 상술한 S64 단계 내지 S74 단계를 해당 미처리자료 대기부(23)가 비워질 때까지 반복 수행하게 된다.
- [0139] 한편, 상기 S64 단계의 판단결과, 만약 해당 미처리자료 대기부(23)에 미처리된 지진센서A(11A)의 자료가 더 이상 존재하지 않는다면 상기 검증모듈(21)은 수신된 지진센서A(11A)의 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)가 임계값 T를 초과하는지 여부를 검사한다(S75).
- [0140] 그리고 상기 S75 단계의 결과, 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)가 임계값 T를 초과하지 않는다면, 이후 처리를 위해 해당 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 다른 모듈에 전송하여 더 이상의 이벤트 유효성 검사 절차 진행을 중지한다(S76).
- [0141] 한편, 상기 S75 단계의 결과, 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)가 임계값 T를 초과한다면, 상기 검증모듈(21)은 상기 수신 타이머(25)의 설정된 타임아웃 시간이 경과하였는지 여부를 판단하여(S77), 설정된 타임아웃 시간 동안 지진센서B(11B)의 데이터를 받지 못한 경우 이후 처리를 위해 해당 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 다른 모듈에 전송하여 더 이상의 이벤트 유효성 검사 절차 진행을 중지한다(S76).
- [0142] 이와 달리, 상기 제 S77 단계의 판단결과, 아직 수신 타이머(25)의 설정된 타임아웃 기간이 도래하지 않은 경우, 상기 검증모듈(21)은 참조자료 대기부(24)에서 상기 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)와 대응되는 지진센서B(11B)의 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)를 검색하게 된다(S78).
- [0143] 그리고 상기 검증모듈(21)은 지진센서B(11B)의 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)가 참조자료 대기부(24)에 있는지 여부를 판단하여(S79), 지진센서B(11B)의 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)가 참조자료 대기부(24)에 없는 경우 상기 미처리자료 대기부(23)에 해당 시간의 지진센서A(11A)의 측정 데이터((X+2)<sub>A</sub>)를 보관한다(S70).
- [0144] 그리고 상기 검증 모듈(21)은 상기 제 S79 단계의 판단결과, 지진센서B(11B)의 측정 데이터((X+2)<sub>B</sub>)가 참조자료 대기부(24)에 있는 경우 상관치 R<sub>AB</sub> 를 산출하고(S80), 산출된 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 를 초과하는지 여부를 검사한다(S81).
- [0145] 그 결과, 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 의 범위 안에 있다면, 유효한 이벤트(지진 발생 등)로 간주하고 이후 처리(지진 알람 등)를 위해 이벤트 발생부(26)로 결과를 전달하여 해당 이벤트 발생부(26)를 통해 다른 모듈에 이벤트 발생을 전송하게 된다(S72).
- [0146] 이와 달리 상기 S81 단계의 결과, 상관치 R<sub>AB</sub> 가 허용치 R<sub>T</sub> 의 범위 보다 크다면, 유효한 이벤트가 아니므로 필터링하여 이벤트 알람을 방지하게 된다(S83).
- [0147] 이상과 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한

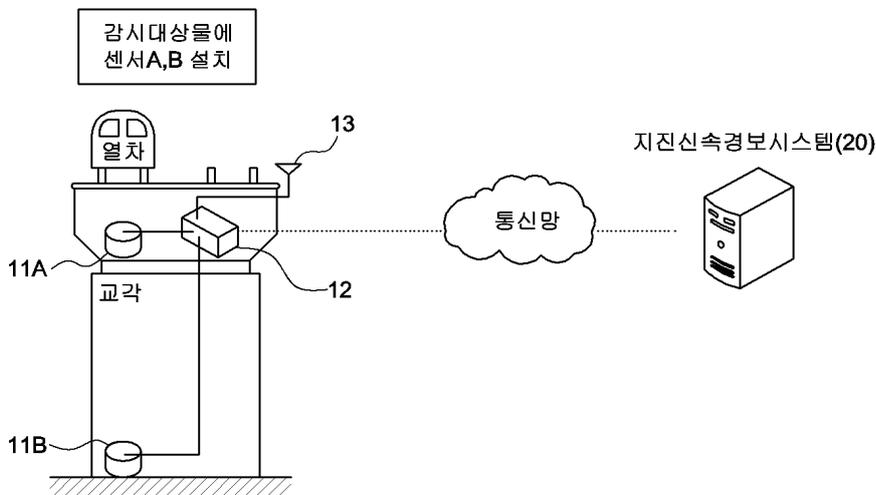
하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

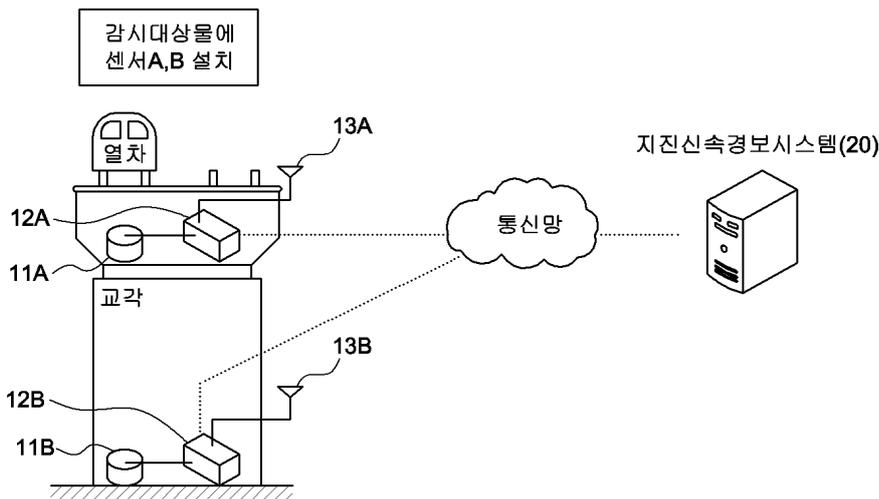
- |        |                |                |
|--------|----------------|----------------|
| [0148] | 10 : 지진 감지기    | 11 : 지진센서      |
|        | 12 : 지진기록계     | 13 : GPS센서     |
|        | 20 : 지진신속경보시스템 | 21 : 검증모듈      |
|        | 22 : 참조모듈      | 23 : 미처리자료 대기부 |
|        | 24 : 참조자료 대기부  | 25 : 수신 타이머    |
|        | 26 : 이벤트 발생부   |                |

**도면**

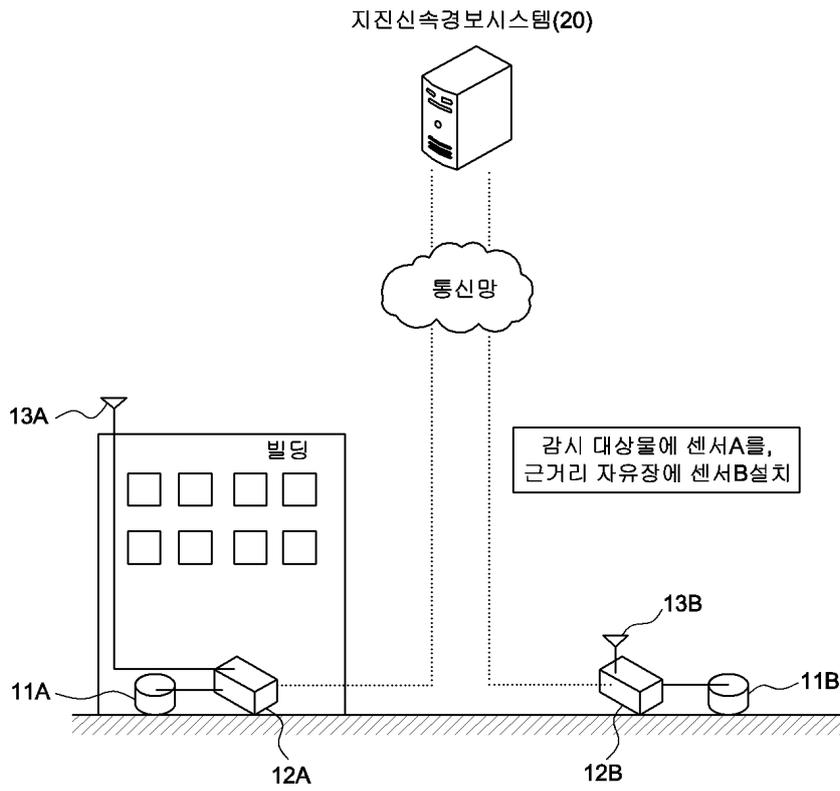
**도면1**



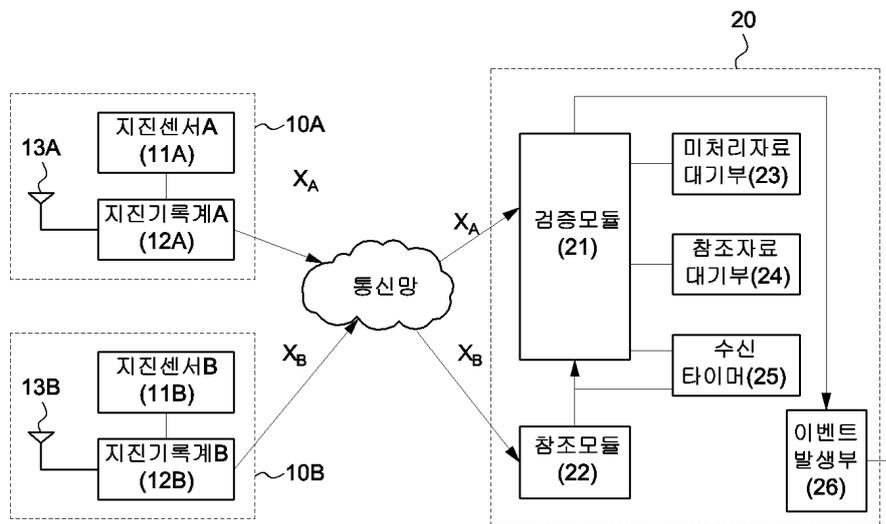
**도면2**



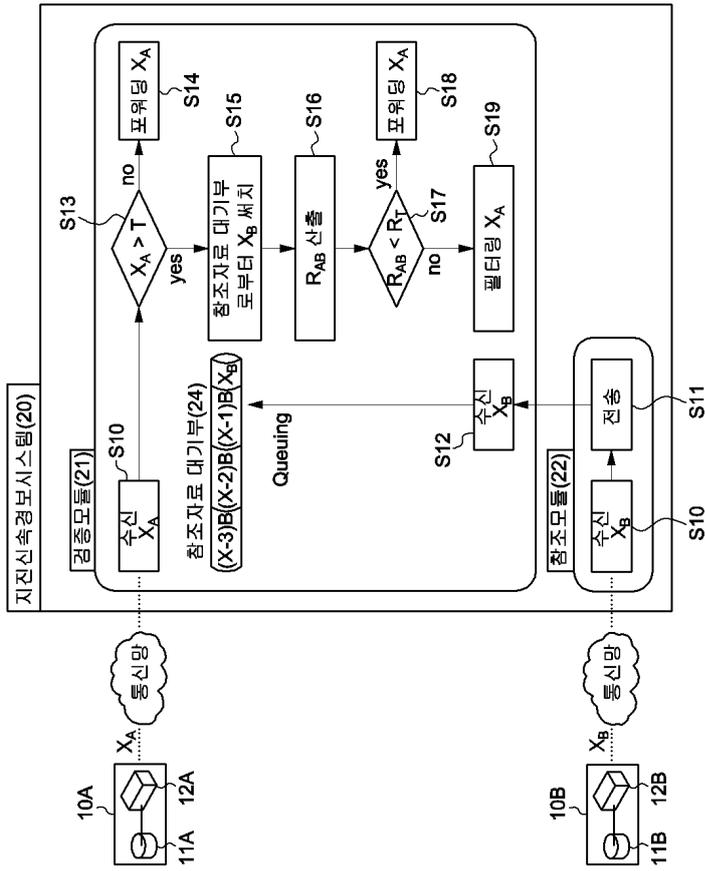
도면3



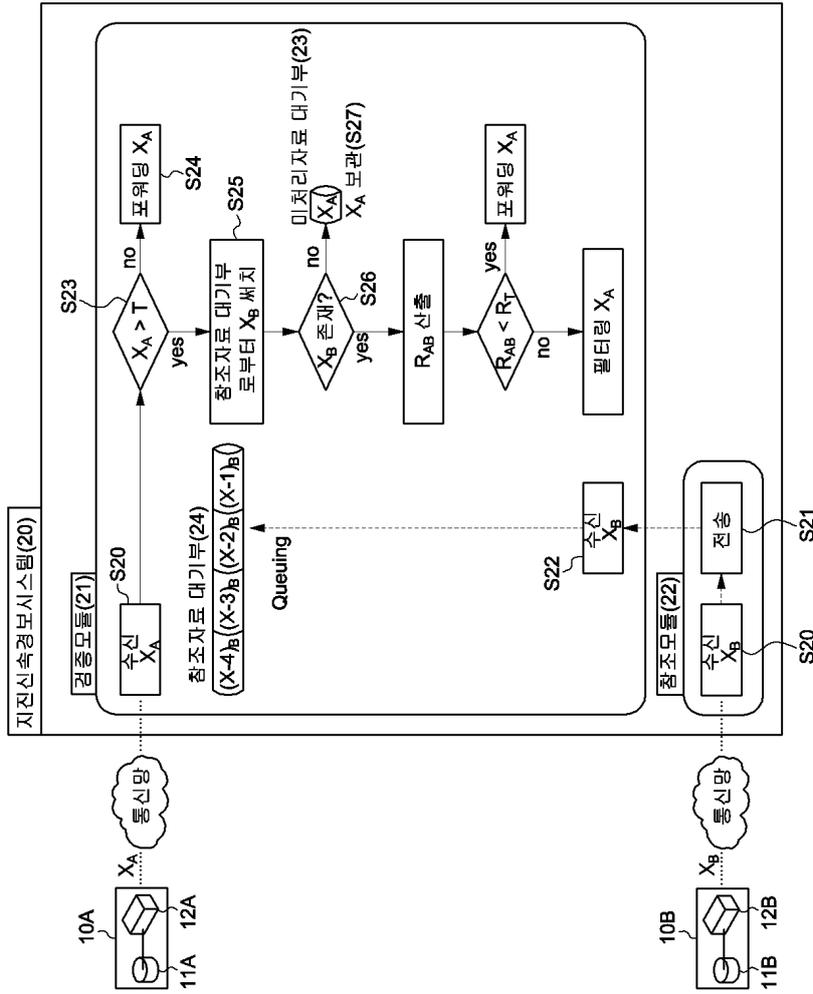
도면4



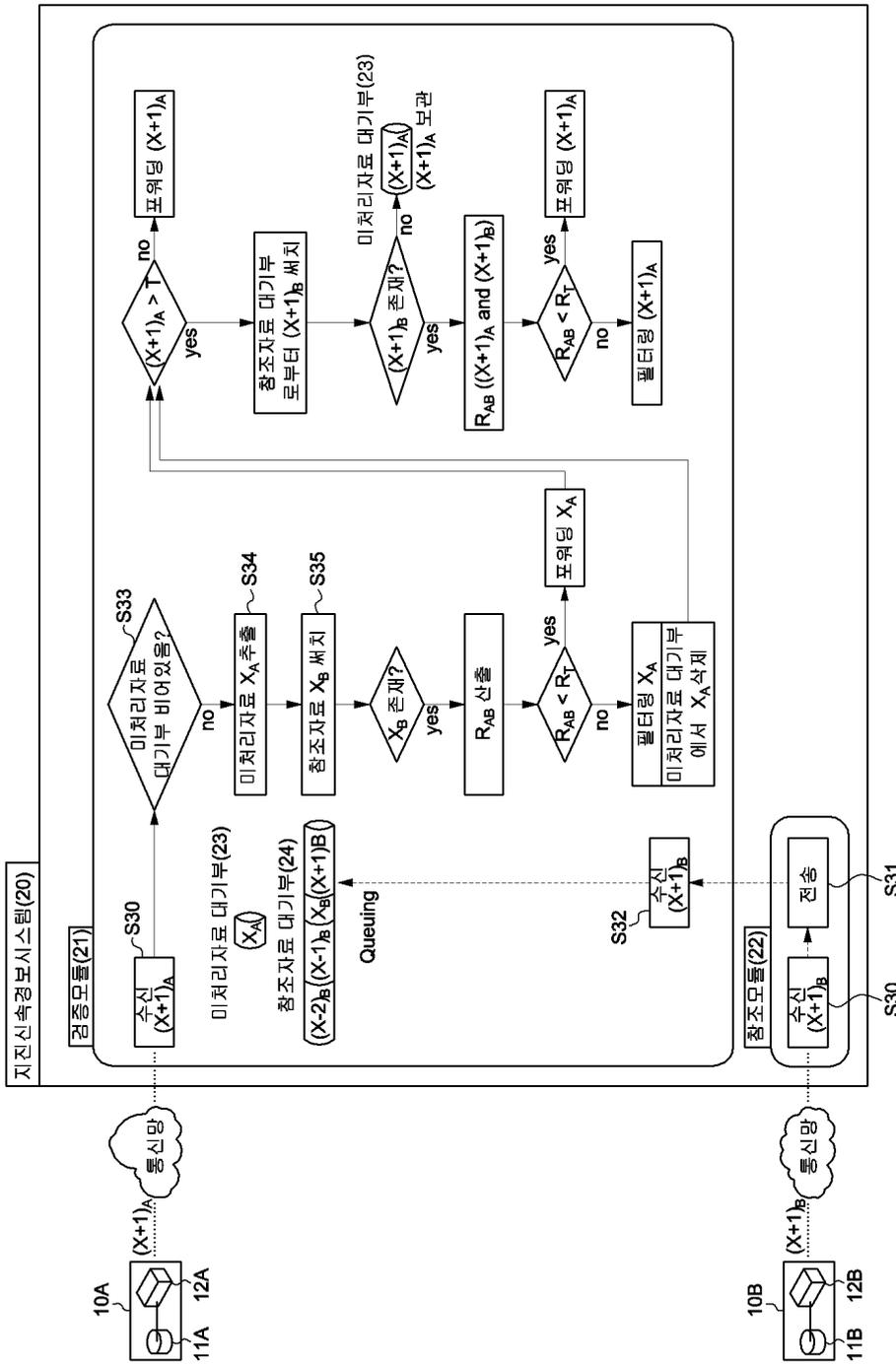
도면5



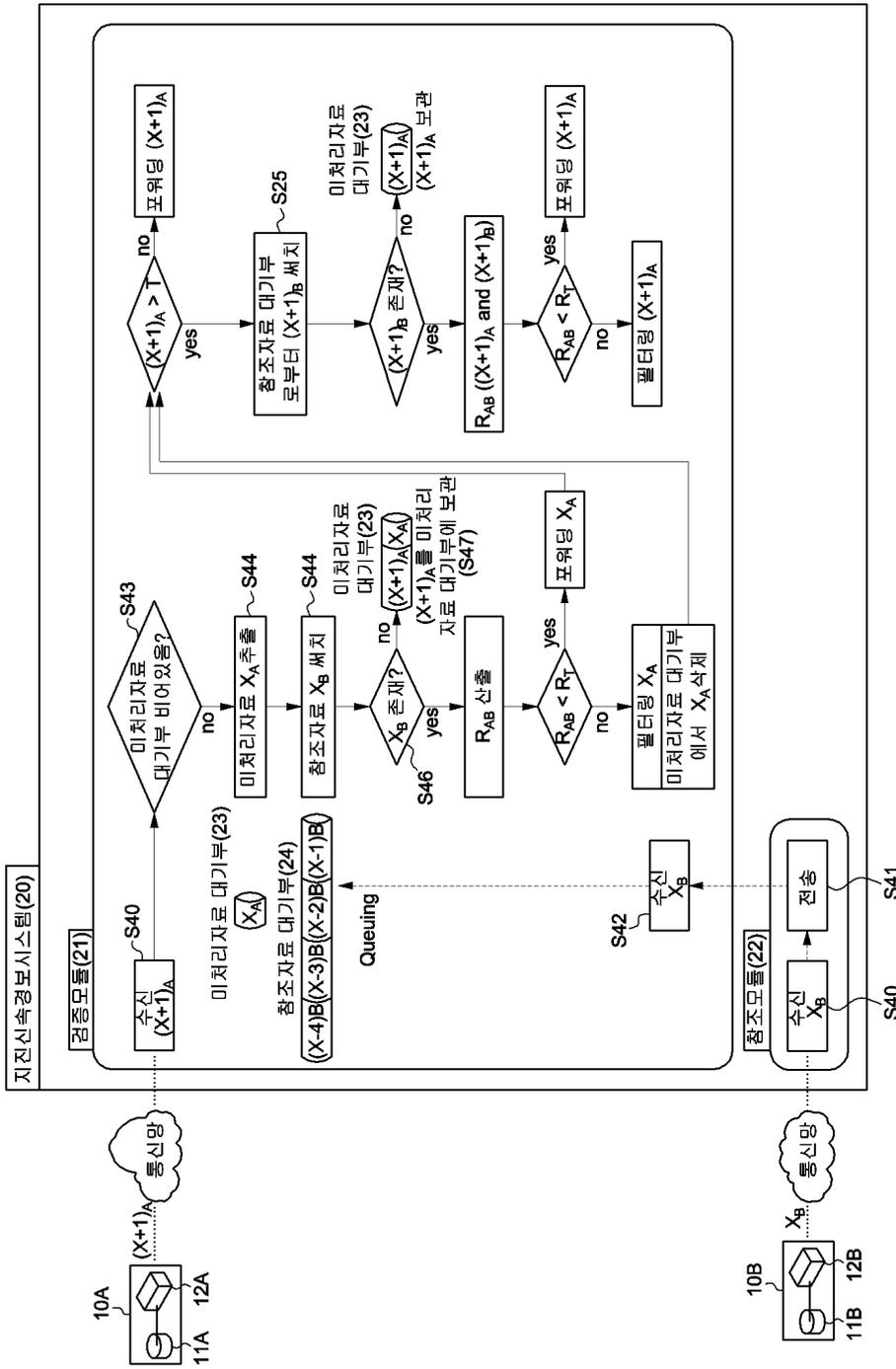
도면6



도면7



도면8





도면10

