



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0100827
(43) 공개일자 2018년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01M 99/00 (2011.01) E01D 21/00 (2006.01)

G01B 21/32 (2006.01) G01S 19/14 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01M 99/008 (2013.01)

E01D 21/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0027116

(22) 출원일자 2017년03월02일

심사청구일자 2017년03월02일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

허종완

인천광역시 연수구 송도과학로 85, 8호관 241호
(송도동)

칼럼

인천광역시 연수구 송도과학로 85, 8호관 241호
(송도동)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

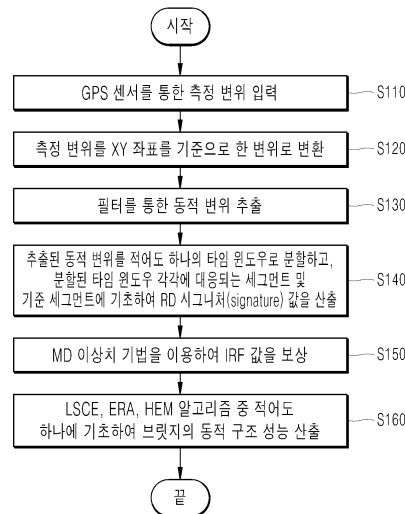
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법

(57) 요약

브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법이 개시된다. 본 방법은 복수의 타워에 배치된 적어도 하나의 GPS 수신기를 통해 GPS 데이터를 수집하는 단계, 수집된 GPS 데이터에서 동적 변위를 추출하는 단계, 추출된 동적 변위를 적어도 하나의 타임 윈도우로 분할하고, 분할된 타임 윈도우 각각에 대응되는 세그먼트 및 기준 세그먼트에 기초하여 RD 시그니처 값을 산출하는 단계, RD 시그니처 값에 포함된 IRF 값을 MD 분석에 기초하여 보상하는 단계 및 보상된 IRF 값에 대해 감쇄율 및 기본 주파수를 소정의 알고리즘에 기초하여 산출하는 단계를 포함할 수 있다. 이에 따라 측정 성능의 향상이 기대될 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G01B 21/32 (2013.01)

G01S 19/14 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 15TBIP-C093001-01

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 국토교통기술사업화지원사업

연구과제명 Pre-Stress 공법을 적용하여 기초를 일체화한 PC옹벽의 사업화 방법

기 여 율 1/1

주관기관 (주)강탄산업

연구기간 2015.10.30 ~ 2017.10.29

명세서

청구범위

청구항 1

브릿지(bridge) 구조의 성능을 측정하는 방법에 있어서,

복수의 타워(tower)에 배치된 적어도 하나의 GPS(global positioning system) 수신기를 통해 GPS 데이터를 수집하는 단계;

수집된 GPS 데이터에서 동적 변위(dynamic displacement)를 추출하는 단계;

추출된 동적 변위를 적어도 하나의 타임 윈도우로 분할하고, 분할된 타임 윈도우 각각에 대응되는 세그먼트(segment) 및 기준 세그먼트에 기초하여 RD(random decrement) 시그니처(signature) 값을 산출하는 단계;

상기 RD 시그니처 값에 포함된 IRF 값을 MD(mahalanobis distance) 분석에 기초하여 보상하는 단계; 및

보상된 IRF 값에 대해 감쇄율(Damping Ratio) 및 기본 주파수(Fundamental Frequency)를 소정의 알고리즘에 기초하여 산출하는 단계를 포함하는, 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 동적 변위 정보를 추출하는 단계는,

수집된 GPS 데이터에서 노이즈가 필터링된 상기 동적 변위 정보를 추출하는 단계를 포함하는, 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 타워들 간의 거리는 100 미터 내지 1000 미터이며, 상기 타워들의 상부면에 상기 적어도 하나의 GPS 수신기가 배치된, 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 보상하는 단계는,

상기 IRF 값에서 노이즈, 센서의 오작동, 구동상 변동 및 환경적 변동에 의해 발생한 변칙(anomaly)을 제거하는 단계를 포함하는, 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 소정의 알고리즘은, LSCE(least squares complex exponential), HEM(hilbert envelope method) 및 ERA(eigensystem realization algorithm) 중 적어도 하나를 포함하는, 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 브릿지 구조의 성능을 측정하는 방법에 관한 것으로서 더 자세하게는 브릿지 구조의 동적(dynamic) 성능을 측정하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 거대한 구조물인 브릿지(bridge)의 성능 관리는 안전과 직결되므로 중요하다. 지진과 같은 자연재해에 대한 대비가 아니더라도 평상시 브릿지의 구조에 관한 성능이 정확하게 관리되어야 한다. 이를 위해 브릿지의 고정 구조물인 타워(tower)의 성능이 정확하게 측정되어야 할 것이다.
- [0003] 아울러, 평상시 브릿지 구조물의 성능은 바람의 세기, 온도 변화, 브릿지의 통행량 등에 영향을 받을 수 있는 바, 이에 따른 브릿지 구조의 성능을 정확하게 측정하는 방법이 필요하다.
- [0004] 일반적으로, 브릿지의 성능은 타임 도메인 상에 3가지 무브먼트(movement) 요소(component)를 포함할 수 있는데, 상기 3가지 무브먼트 요소는 고정(static), 반고정(semi-static) 및 동적(dynamic) 무브먼트 요소(component)로 구분될 수 있다.
- [0005] 도 1은 타임 도메인 상에서 브릿지 구조의 성능에 관한 3가지 무브먼트 요소를 직관적으로 이해하기 위한 도면이다. 복수의 절점(33a 내지 33h)에서의 무브먼트 요소를 고정 무브먼트 요소로, 복수의 절점(33a 내지 33h) 사이 각각의 제1 무브먼트 요소(35)를 반고정 무브먼트 요소로, 제2 무브먼트 요소(37)를 동적 무브먼트 요소로 이해될 수 있다.
- [0006] 이 중에서 동적 무브먼트 요소에 의해 브릿지 구조의 성능이 크게 좌우되는 바, 브릿지 구조의 동적 성능을 정확하게 측정하는 방법의 대두가 요청된다.
- [0007] 한편, 상기와 같은 정보는 본 발명의 이해를 돕기 위한 백그라운드(background) 정보로서만 제시될 뿐이다. 상기 내용 중 어느 것이라도 본 발명에 관한 종래 기술로서 적용 가능할지 여부에 관해, 어떤 결정도 이루어지지 않았고, 또한 어떤 주장도 이루어지지 않는다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 등록특허공보 10-0852992호(등록일 2008.8.12)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 일 실시 예는 브릿지 구조의 동적 성능을 정확하게 측정하는 방법을 제안한다.
- [0010] 또한, 본 발명의 일 실시 예는 GPS(global positioning system) 데이터만을 이용하여 브릿지 구조의 동적 성능을 정확하게 측정하는 방법을 제안한다.
- [0011] 또한, 본 발명의 일 실시 예는 특정 필터를 사용하여 브릿지 구조에 관한 동적 변위를 용이하게 추출하는 방법을 제안한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일 실시 예는 산출되는 IRF(impulse response function) 값을 보상하는 보상함수를 통해 브릿지 구조의 동적 성능을 정확하게 측정하는 방법을 제안한다.
- [0013] 마지막으로, 본 발명의 일 실시 예는 다양한 알고리즘을 적용하여 브릿지 구조의 동적 성능을 정확하게 측정하는 방법을 제안한다.
- [0014] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일 실시 예와 관련된 브릿지(bridge) 구조의 성능을 측정하는 방법은 복수의 타워(tower)에 배치된 적어도 하나의 GPS(global positioning system) 수신기를 통해 GPS 데이터를 수집하는 단계; 수집된 GPS 데이터에서 동적 변위(dynamic displacement)를 추출하는 단계; 추출된 동적 변위를 적어도 하나의 타임 윈도우로 분할하고, 분할된 타임 윈도우 각각에 대응되는 세그먼트(segment) 및 기준 세그

먼트에 기초하여 RD(random decrement) 시그니처(signature) 값을 산출하는 단계; 상기 RD 시그니처 값에 포함된 IRF 값을 MD(mahalanobis distance) 분석에 기초하여 보상하는 단계; 및 보상된 IRF 값에 대해 감쇄율(Damping Ratio) 및 기본 주파수(Fundamental Frequency)를 소정의 알고리즘에 기초하여 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면 아래와 같은 효과가 도출될 수 있다.
- [0017] 첫째, GPS(global positioning system) 데이터만을 이용하여 브릿지 구조의 동적 성능을 정확하게 측정하는 방법이 제공됨으로써, 장치 효율성이 향상될 수 있다.
- [0018] 둘째, 특정 필터를 사용하여 브릿지 구조에 관한 동적 변위를 용이하게 추출하는 방법이 제공됨으로써, 측정 효율성이 향상될 수 있다.
- [0019] 셋째, 동적 변위의 추출 및 동적 성능의 추출이 용이하게 구현됨으로써, 측정 정확성 및 측정 효율성이 향상될 수 있고, 이에 따라 브릿지의 안전이 더욱 보장될 수 있다.
- [0020] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 타인 도메인 상에서 브릿지 구조의 성능에 관한 3가지 무브먼트 요소를 직관적으로 이해하기 위한 도면이다
- 도 2는 실시 예에 따른 브릿지의 외관을 나타낸다.
- 도 3은 실시 예에 따른 브릿지 구조의 성능을 측정하는 시스템의 블록도이다.
- 도 4는 실시 예에 따른 브릿지 구조의 동적 성능을 측정하는 방법을 나타내는 시퀀스도이다.
- 도 5는 실시 예에 따른 GPS 데이터에 기초한 측정 변위를 XY 좌표를 기준으로 변환하는 방법을 나타낸다.
- 도 6(a) 내지 도 8(b)는 실시 예에 따른 브릿지 구조의 동적 성능을 측정하면서 측정되는 다양한 수치 값을 나타내는 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 첨부되는 도면들을 참조하는 하기의 상세한 설명은 청구항들 및 청구항들의 균등들로 정의되는 본 개시의 다양한 실시 예들을 포괄적으로 이해하는데 있어 도움을 줄 것이다. 하기의 상세한 설명은 그 이해를 위해 다양한 특정 구체 사항들을 포함하지만, 이는 단순히 예로서만 간주될 것이다. 따라서, 해당 기술 분야의 당업자는 여기에서 설명되는 다양한 실시 예들의 다양한 변경들 및 수정들이 본 개시의 범위 및 사상으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다는 것을 인식할 것이다. 또한, 공지의 기능들 및 구성들에 대한 설명은 명료성 및 간결성을 위해 생략될 수 있다.
- [0023] 하기의 상세한 설명 및 청구항들에서 사용되는 용어들 및 단어들은 문헌적 의미로 한정되는 것이 아니라, 단순히 발명자에 의한 본 개시의 명료하고 일관적인 이해를 가능하게 하도록 하기 위해 사용될 뿐이다. 따라서, 해당 기술 분야의 당업자들에게는 본 개시의 다양한 실시예들에 대한 하기의 상세한 설명은 단지 예시 목적만을 위해 제공되는 것이며, 첨부되는 청구항들 및 상기 청구항들의 균등들에 의해 정의되는 본 개시를 한정하기 위해 제공되는 것은 아니라는 것이 명백해야만 할 것이다.
- [0024] 또한, 이하에서 설명하는 브릿지는 긴 폭(long-span)의 브릿지를 상정하여 설명하고, 브릿지 구조물의 동적 성능은 타워를 중심으로 측정되는 것으로 설명한다.
- [0025] 도 2는 실시 예에 따른 브릿지(10)의 외관을 나타낸다.
- [0026] 브릿지(10)는 복수의 타워(21a, 21b)를 포함할 수 있다. 복수의 타워(21a, 21b)는 브릿지(10)를 중심으로 지지하는 기둥으로, 제1 타워(21a)와 제2 타워(21b) 사이의 거리(D1)가 100 m 내지 1000 m일 수 있으나, 실시 예

는 이에 국한되지 않는다.

- [0027] 복수의 타워(21a, 21b)의 상측부(13a)에 GPS(global positioning system) 센서(13a1, 13b1)가 배치되어 타워(21a, 21b)의 위치 정보를 인공위성으로부터 수신할 수 있다. 상기의 GPS 센서(13a1, 13b1)를 통해 수집된 GPS 데이터를 이용하여 브릿지(10) 구조의 성능이 모니터링될 수 있다. 도 1에서 타워가 2개로 도시되나, 실시 예는 이에 국한되지 않는다. 또한, GPS 센서 이외의 위치 변화를 정확하게 측정할 수 있는 기기라면 GPS 센서 대신 상기 기기로 대체될 수 있다.
- [0028] 아울러, 브릿지(10)에는 각종 센서가 더 포함될 수 있다. 예를 들면, 제1 타워(21a)의 상측부(13a)에는 가속도(accelerometer) 센서(13a2), 풍향(anemoscope) 센서, 온도(temperature) 센서 등이 배치될 수 있고, 제2 타워(21b)의 상측부(13b)에는 온도 센서가 배치될 수 있다.
- [0029] 또한, 제1 및 제2 영역(11a, 11b)에는 복수의 FBG(fiber bragg grating) 센서가 배치될 수 있고, 브릿지(10)의 하측부(15)에는 변위 변환기(displacement transducer), FBG 센서, WIM system 등이 배치될 수 있다.
- [0030] 그리고, 상기 GPS 센서(13a1)로부터 수집된 데이터를 이용한 구조물의 동적 성능과 상기 가속도 센서(13a2)로부터 수집된 데이터를 이용한 구조물의 동적 성능은 서로 비교되어 측정의 정확도가 더 높아질 수 있다.
- [0031] 도 3은 실시 예에 따른 브릿지 구조의 성능을 측정하는 시스템(100)의 블록도이다.
- [0032] 시스템(100)은 센싱부(110), 필터(120), RD 산출부(130), IRF 보상부(140), 동적 성능 산출부(150) 및 제어부(170)를 포함한다. 도 3에 도시된 구성요소들은 시스템(100)을 구현하는데 있어서 필수적인 것은 아니어서, 본 명세서 상에서 설명되는 시스템(100)은 위에서 열거된 구성요소들 보다 많거나, 또는 적은 구성요소들을 가질 수 있다.
- [0033] 센싱부(110)는 GPS 측정 변위를 수신한다. 제어부(170)는 수신된 GPS 측정 변위 정보를 메모리(160)에 저장할 수 있다. 제어부(170)는 소정의 타임 구간 동안 GPS 측정 변위를 수집할 수 있다. 가령, 제어부(170)는 수집에서 수시간 및 수일 간의 GPS 측정 변위를 수집하여 메모리(160)에 저장할 수 있다.
- [0034] 필터(120)는 동적(dynamic) 주파수 대역만 추출하기 위해 4차 버터워스 필터(fourth-order butterworth filter)를 포함할 수 있다. 또한, 필터(120)는 동적 주파수 대역에만 한정되지 않고 반고정 주파수 대역을 추출하기 위한 필터도 포함할 수 있다.
- [0035] RD 산출부(130)는 RD(random decrement) 시그니처(signature)를 산출하는 구성이다. 또한, IRF(impulse response function) 보상부(140)는 IRF를 마하나임(MD) 알고리즘을 이용하여 보상할 수 있으나, 실시 예는 상기 알고리즘에 국한되는 것은 아니다. 동적 성능 산출부(150)는 IRF 보상부(140)를 통해 보상된 IRF 값에 대해 특정 알고리즘을 적용하여 동적 성능 파라미터를 추출하는 구성요소이다. 상기 RD 산출부(130), IRF 보상부(140) 및 동적 성능 산출부(150)는 도 4이하에서 자세하게 설명하고 여기서는 중복을 피하기 위해 생략하기로 한다.
- [0036] 메모리(160)는 시스템(100)에서 구동되는 다수의 응용 프로그램(application program 또는 애플리케이션(application)), 시스템(100)의 동작을 위한 데이터들, 명령어들을 저장할 수 있다. 이러한 응용 프로그램 중 적어도 일부는, 무선 통신을 통해 외부 서버로부터 다운로드 될 수 있다.
- [0037] 제어부(170)는 상기 시스템(100)을 전반적으로 제어하는 구성요소이다.
- [0038] 이하에서는 도 4를 참고하여 브릿지 구조의 동적 성능을 측정하는 방법을 자세히 설명하기로 한다. 본 발명에서 설명하는 동적 성능은 추출된 고유 주파수(natural frequency), 및 감쇄율(damping ratio)을 통해 평가될 수 있다.
- [0039] 일단, 시스템(100)은 센싱부(110)를 통해 측정 변위 정보를 입력받는다(S110).
- [0040] 시스템(100)은 바람의 세기, 온도 등을 포함한 다양한 환경요인 및 차량의 교통량을 포함한 다양한 요인에 따른 측정 변위 정보를 수신할 수 있다. 상기 측정 변위 정보는 타워가 위치한 경도, 위도를 나타낼 수 있으나, 실시 예는 이에 국한되지 않는다.
- [0041] 시스템(100)은 측정 변위를 XY 좌표를 기준으로 한 변위로 변환한다(S120). 이를 도 5를 참고하여 설명하기로 한다.
- [0042] 시스템(100)은 제1 타워(21a)에서 제2 타워(21b) 방향을 X 축으로, 상기 X축과 수평으로 직각을 이룬 방향을 Y 축으로 설정될 수 있다. X 축 방향은 차량(23)의 이동 방향이기도 하다. 시스템(100)은 소정의 타임 구간 동안

수집된 GPS 데이터를 상기 XY 좌표에 의한 변위로 변환할 수 있다.

[0043] 도 4의 S130 단계에서, 시스템(100)은 필터를 적용하여 동적 변위를 추출한다(S130).

[0044] 시스템(100)은 XY 좌표를 기준으로 변환된 측정 변위에서 필터를 통해 노이즈를 제거할 수 있다. 시스템(100)은 dynamic 주파수 대역만 추출하기 위해 4차 버터워스 필터(fourth-order butterworth filter)를 사용할 수 있다. 상기 버터워스 필터(120)는 통과대역에서 아무런 리플을 발생시키지 않고, 상기 통과대역 밖의 원하지 않는 주파수는 감쇠시킬 수 있으나, 실시 예는 상기 필터에 국한되는 것은 아니다.

[0045] 시스템(100)은 4차 버터워스 필터를 이용하여 제1 타워(21a) 및 제2 타워(21b)에 대해 제1 모드 shape(the first mode shape)에서 0.2 Hz 내지 0.5Hz의 주파수 대역에서 동적 성능을 추출할 수 있다. 모델 shape와 주파수는 유한 요소 분석(finite element analysis)에 기초하여 산출될 수 있다.

[0046] 참고적으로, 시스템(100)은 반고정(semistatic) 주파수 대역을 추출하기 위해 로우 패스 무빙 평균(low-pass moving average) 필터를 이용하여 0.025 Hz 대의 주파수만 필터링할 수 있다. 이에 따라 시스템(100)은 dynamic 주파수 대역 및 노이즈도 제거할 수도 있다.

[0047] S130단계 이후, 시스템(100)은 추출된 동적 변위를 적어도 하나의 타임 윈도우(window)로 분할하고 분할된 타임 윈도우 각각에 대응되는 세그먼트 및 기준 세그먼트에 기초하여 RD(random decrement) 시그니처(signature) 값을 산출한다(S140). RD 시그니처 값을 산출하기 위해 RD 기법을 설명하기로 한다.

[0048] RD 기법은 첫번째 고유 주파수(natural Frequency)가 0.05 Hz보다 큰 경우에 이용될 수 있으나, 실시 예는 이에 국한되지 않는다.

[0049] 먼저 자기상관(auto-correlation) 함수(R_{xx})는 복수의 GPS 관측(Observations)인 $x(t)$ 및 소정의 타임 윈도우(time window)인 (τ) 사이에 아래와 같은 수식이 성립될 수 있다.

$$R_{xx}(\tau) = E[x(t+\tau)x(t)]$$

[0050]

[0051] 여기서, E는 기대값(expected value)을 나타낸다. 여기서, 자기상관이란, 시간 또는 공간적으로 연속된 일련의 관측치들 간에 존재하는 상관관계로서 시계열적 데이터에 내재하는 시점 간의 상관관계를 나타낸다.

[0052] 이때, $x(t)$ 가 0으로 접근하는 경우, 함수(R_{xx})는 σ_x^2 으로 될 수 있다.

[0053] 평균이 0이고(zero mean), 정상(stationary)이면서 가우시안분포를 따르고, 백색 소음 랜덤 프로세스(white noise random process)에서, RD 시그니처($\delta_{xx}(\tau)$)는 다음의 식으로 도출될 수 있다.

$$\delta_{xx}(\tau) = \frac{R_{xx}(\tau)}{\sigma_x^2} x_s$$

[0054]

[0055] 여기서, x_s 는 일반적으로 시스템의 정상(stationary) 변위 반응 $x(t)$ 의 실효값(root mean square)에 대해 샘플 타임 히스토리인 $x(t)$ 의 습득 임계레벨로 정의될 수 있다.

[0056] 또한, 동적 변위 요소의 복수의 반응 채널(X_1, X_2) 사이의 비정상(non stationary) RD 시그니처는 아래와 같이 표시될 수 있다.

$$\begin{aligned}\delta_{X_1 X_2}(\tau) &= \frac{E[X_1(t) X_2(t+\tau)]}{E[X_1^2(t)]} X_1(t) \\ &= \frac{R_{X_1 X_2}(\tau)}{\sigma_{X_1}^2} X_1(t),\end{aligned}$$

[0057]

[0058] $X_1(t)$ 는 반응 채널로써 선택된 레퍼런스이며, 전체적으로 풍부한 주파수(overall richer frequency) 정보를 포함한다. 상기의 기준 세그먼트와 연관된다.

[0059] 또한, 아래의 식에 의해 RD 시그니처가 산출될 수 있다. GPS 로 타임 시리즈(time series)를 모니터링하여 추출된 동적 성능은 상기 비정상 RD 시그니처로부터 도출될 수 있다.

$$\delta_{X_1 X_2}(\tau) = a(\tau) + m(\tau)$$

[0060]

[0061] 여기서, $a(\tau)$ 는 IRF 함수이고, $m(\tau)$ 은 보상 함수이다.

[0062] 시스템(100)은 추출된 동적 변위를 복수의 타임 윈도우로 분할하고, 타임 윈도우에 포함된 동적 변위의 단위인 세그먼트를 상기 기준 세그먼트와 비교하여 RD시그니처를 산출할 수 있다.

[0063] S140과 연계되어, 시스템(100)은 MD(mahalanobis distance) 이상치 기법을 이용하여 IRF 값을 보상한다(S150).

[0064] MD 이상치 기법은 산출된 IRF 값에 여러 변칙(anomaly), 즉 측정상의 여러 에러를 제거할 수 있다. 변칙의 예는 노이즈, 구동상 변동, 환경적 변동, 센서의 오작동 등으로 인한 변칙을 제거할 수 있다. 이에 따라, 보다 정확한 동적 성능이 추출될 수 있다.

[0065] S150단계 이후, 시스템(100)은 다양한 알고리즘을 이용하여 기준 주파수(fundamental frequency), 감쇄율(damping ratio) 값을 산출한다(S160).

[0066] 시스템(100)은 LSCE(Least Squares Complex Exponential), HEM(hilbert envelope method) 및 ERA(eigensystem realization algorithm) 알고리즘을 이용하여 IRF 값에서 동적 성능을 평가하는 자연 주파수(natural frequency) 및 감쇄율 값을 산출할 수 있다.

Method	Damping ratio (%)			Frequency (Hz)		
	Mean	Range	RC	Mean	Range	RC
HEM	0.060	0.005	8.43	0.420	0.023	0.767
ERA	0.055	0.166	14.77	0.444	0.414	6.546
LSCE	0.061	0.059	5.82	0.425	0.013	2.024

[0067]

[0068] 상기 표와 같이 감쇄율이 LSCE, HEM 을 이용하였을 때, 종래 기술보다 더 효과적이고 정확한 감쇄율 및 기준 주파수가 산출될 수 있다. 이는 종래기술에서의 동적 성능의 측정 방법을 개선한 것이다.

[0069] 이하에서는 다양한 관측 데이터를 간략하게 설명하기로 한다.

[0070] 도 6(a) 및 도 6(b)는 실시 예에 따른 RD 시그니처의 변위와 IRF 의 변위를 나타낸다. 도 6(b)의 IRF 값이 보상되어 도 6(a)와 같은 RD 시그니처가 도출될 수 있다.

[0071] 도 7(a) 및 도 7(b)는 LSCE, HEM 및 ERA을 이용하여 감쇄율 및 주파수를 산출하는 방법을 나타낸다. 상술한 바와 같이 LSCE 및 HEM 방법의 효율이 우수함이 측정될 수 있다.

[0072] 도 8(a) 및 도 8(b)는 브릿지(10)의 차량 통행량에 따른 감쇄율 및 주파수를 나타낸다. 환경적인 요인(바람의

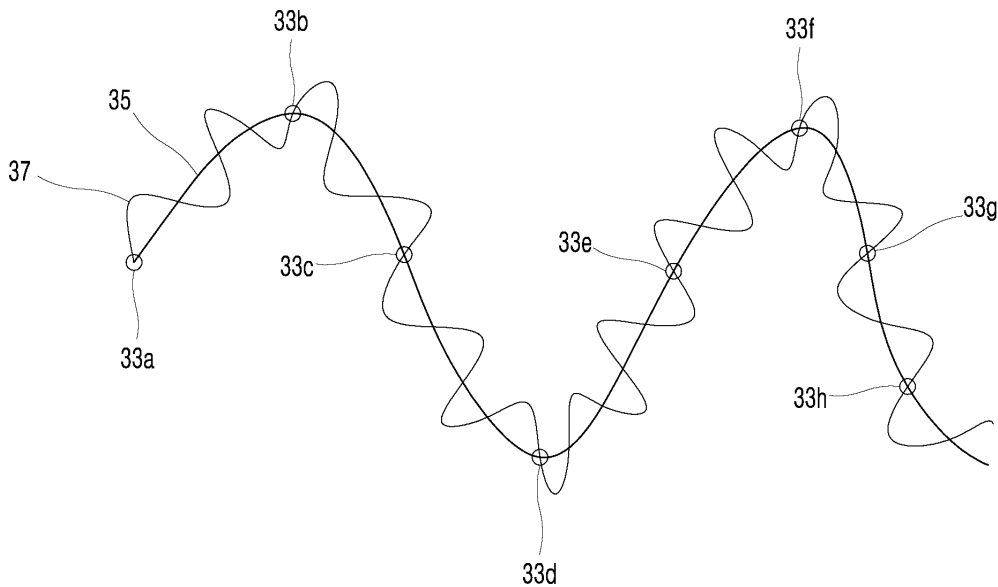
세기 및 온도 등)보다 차량 통행량에 따라 감쇄율 및 주파수의 변동이 크게 나타남이 측정될 수 있다.

[0073] 이하에서는 이와 같이 구성된 이동 단말기에서 구현될 수 있는 제어 방법과 관련된 실시 예들에 대해 첨부된 도면을 참조하여 살펴보겠다. 본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다.

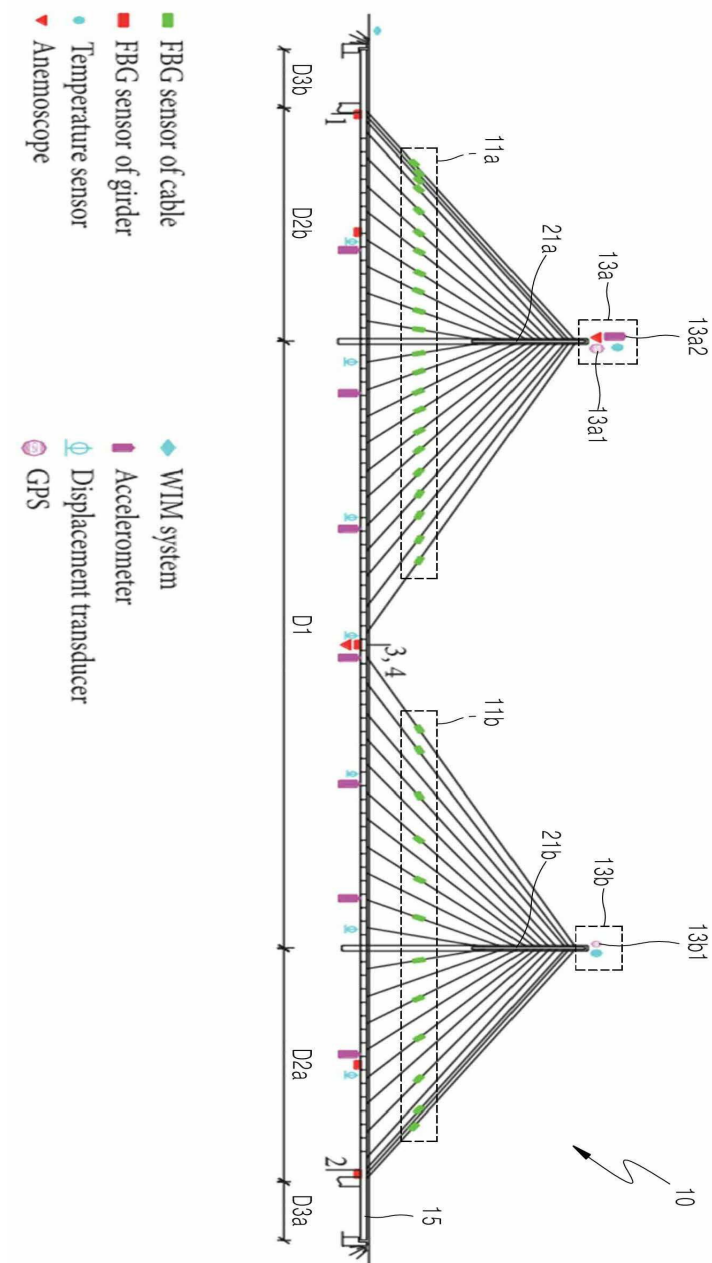
[0074] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 상기 컴퓨터는 시스템의 제어부(170)를 포함할 수도 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

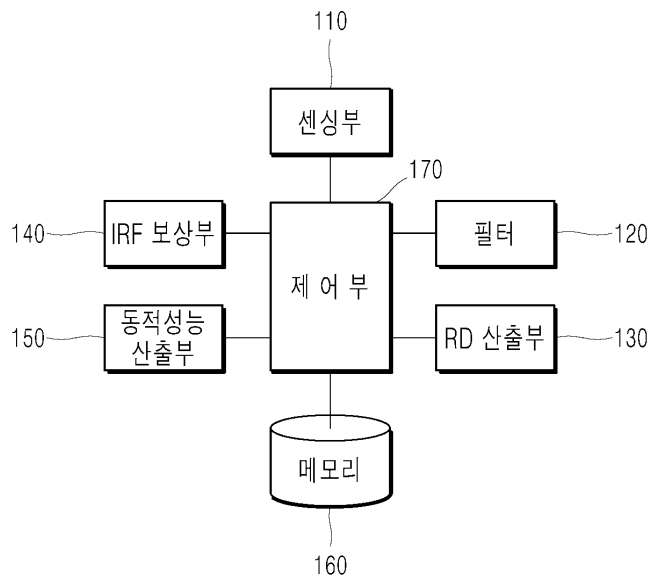
도면1



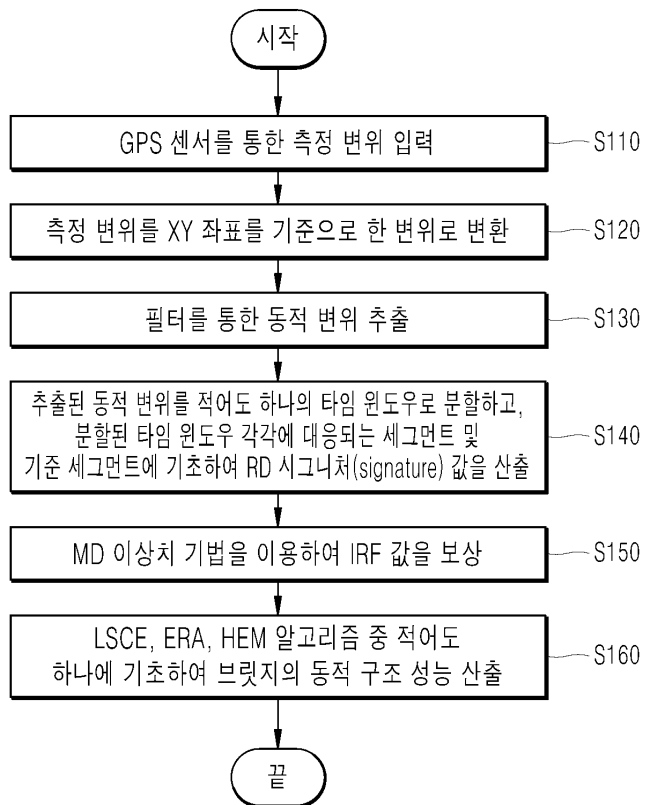
도면2



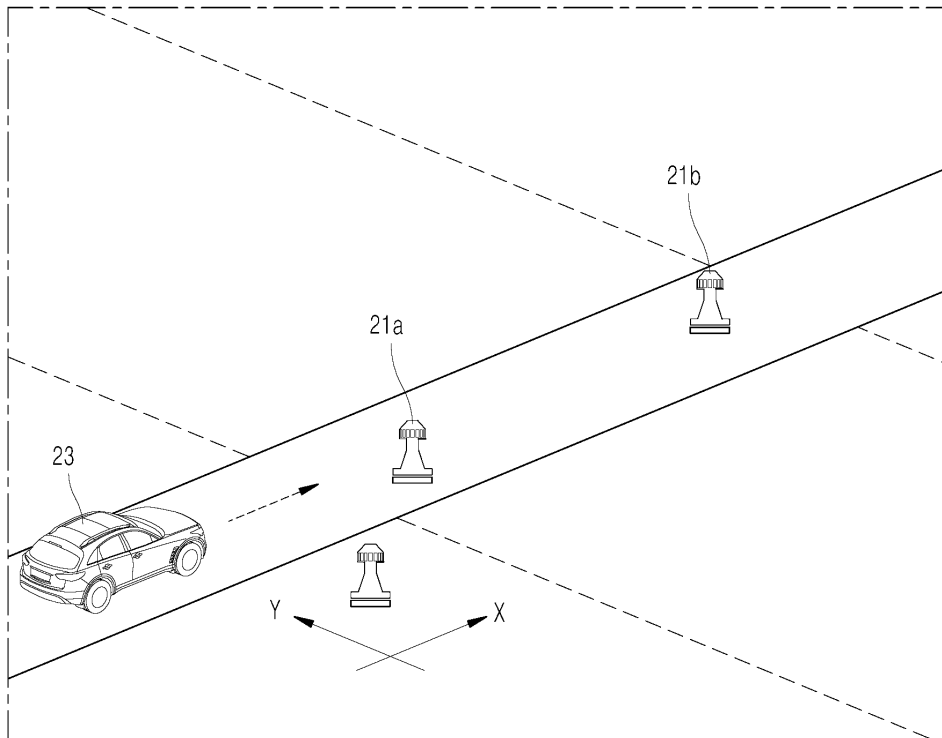
도면3



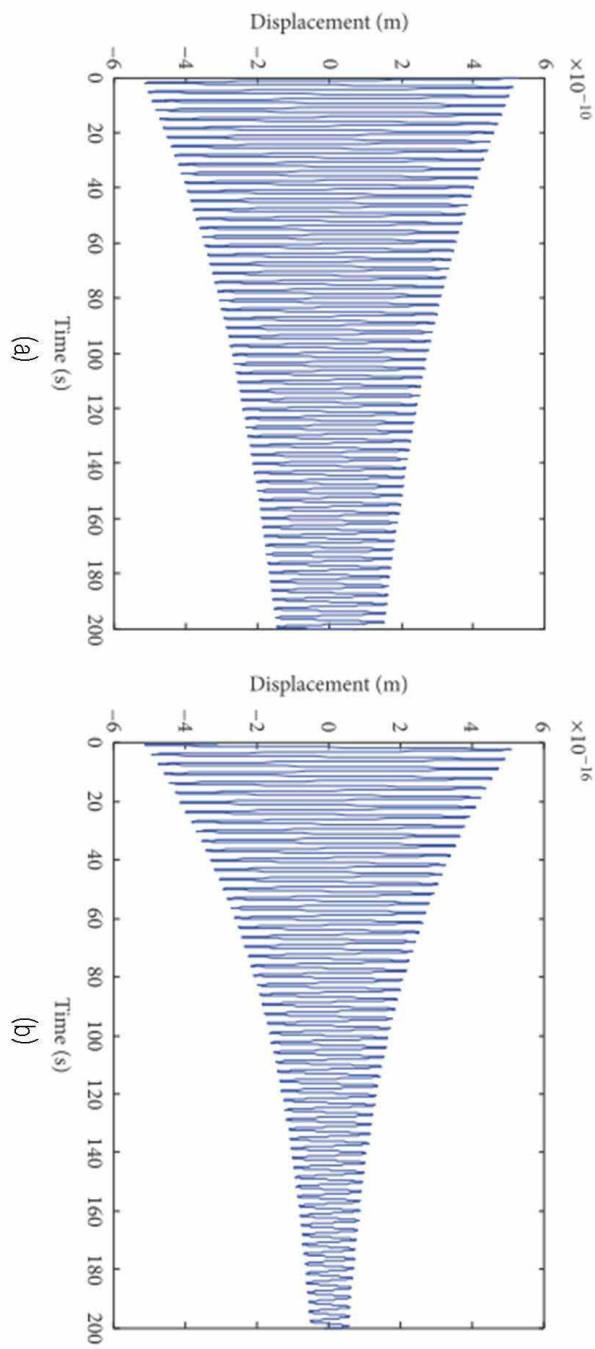
도면4



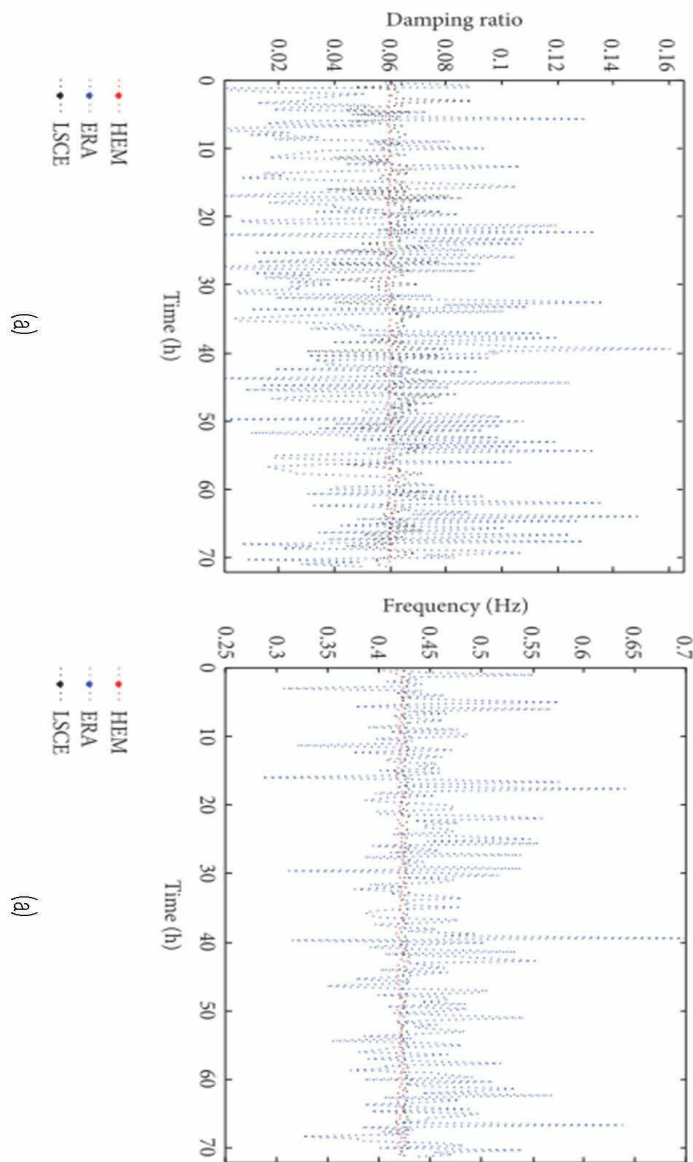
도면5



도면6



도면7



도면8

