



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월23일

(11) 등록번호 10-1555461

(24) 등록일자 2015년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01M 3/02 (2006.01) G01F 1/00 (2006.01)
G01H 17/00 (2006.01) G01K 13/00 (2006.01)
G01M 3/00 (2006.01) G01M 3/24 (2006.01)
G01M 3/28 (2006.01) G01N 33/18 (2006.01)
G01W 1/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01M 3/02 (2013.01)
G01F 1/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0015979

(22) 출원일자 2015년02월02일

심사청구일자 2015년02월02일

(56) 선행기술조사문헌

KR101447928 B1*

KR1020110072101 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

아이에스테크놀로지 주식회사

인천광역시 연수구 벤처로100번길 21 (송도동)

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)

(72) 발명자

신미루

인천광역시 연수구 벤처로100번길 21(송도국제도시 지식산업단지내)

이진수

인천광역시 연수구 벤처로100번길 21(송도국제도시 지식산업단지내)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

조희원

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김윤선

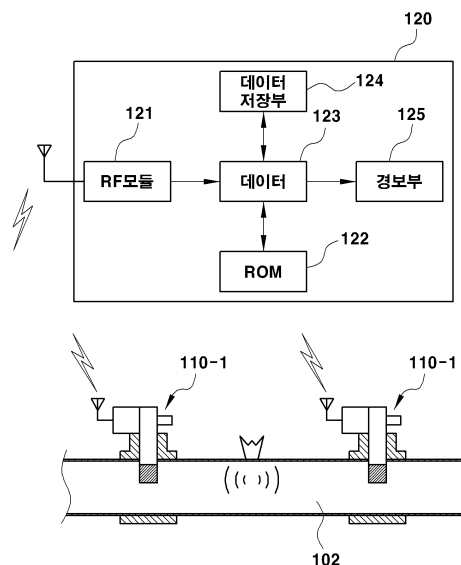
(54) 발명의 명칭 상수관망 누수탐지 방법

(57) 요약

본 발명은 상수관망에 복수의 누수탐지 장치 센서모듈을 설치한 후 시간동기 하여 측정된 음향센서와 압력센서 측정 데이터를 유무선 통신을 통하여 누수탐지 장치 본체로 전송하고 소정의 알고리즘을 적용하여 연산함으로써 상수관망의 실시간 모니터링과 누수유무의 신속하고 정확한 탐지를 가능하게 하는 상수관망 누수탐지 장치 및 방

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



법에 관한 것이다. 본 발명의 장치는 상수관망에 소정 간격으로 설치되고 내부에서의 시간 동기를 통하여 상수관망의 음향신호와 압력을 주기적으로 측정하고 누수탐지 장치 본체로 전송하는 복수의 누수탐지 장치 센서모듈과, 누수탐지 장치 센서모듈을 제어하고 누수탐지 장치 센서모듈로부터 수신된 음향신호를 소정의 알고리즘에 따라 분석하여 실시간으로 상수관망을 모니터링 하여 누수유무를 판단하는 누수탐지 장치 본체를 포함하고, 상기 누수탐지 장치 센서모듈은, 일단이 부단수 천공 방식으로 상수관망의 내측에 삽입되어 상수관망 내의 음향신호를 측정하기 위한 음향센서와, 상수관망 내의 압력을 측정하기 위한 압력센서와, 측정 시간의 동기를 위한 GPS모듈과, GPS모듈로부터 시간 정보를 입력받아 설정된 시간에 측정된 압력센서 및 음향센서 데이터를 입력받아 저장한 후 소정 포맷으로 데이터를 패키징하는 마이크로컨트롤러와, 마이크로컨트롤러의 패키징 데이터를 고주파 무선신호로 변조하여 누수탐지 장치 본체로 전송하기 위한 RF모듈로 구성된다.

(52) CPC특허분류

G01H 17/00 (2013.01)

G01K 13/00 (2013.01)

G01M 3/007 (2013.01)

G01M 3/24 (2013.01)

G01M 3/2815 (2013.01)

G01N 33/18 (2013.01)

G01W 1/02 (2013.01)

(72) 발명자

이태희

인천광역시 연수구 벤처로100번길 21(송도국제도시 지식산업단지내)

손성필

인천광역시 연수구 벤처로100번길 21(송도국제도시 지식산업단지내)

이영섭

인천광역시 연수구 아카데미로 119(송도동) 인천대학교(임베디드시스템공학과)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 12기술혁신C01

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 Smart Water Grid (Water Grid 지능화)

연구과제명 수자원 모니터링 및 관리를 위한 고기능센서 및 다기능계측기 개발

기 여 율 1/1

주관기관 인천대학교 산학협력단

연구기간 2012.07.26 ~ 2016.07.25

공지의예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

상수관망에 설치되어 상수관망 경로 상으로 서로 이웃하는 한 쌍의 누수탐지 장치 센서모듈로부터 시간동기되어 측정된 음향센서 데이터와 압력센서 데이터를 수집하는 제1 단계;

상기 음향센서 데이터와 압력센서 데이터를 두 누수탐지 장치 센서모듈별로 합산하는 제2 단계;

상기 합산된 두 누수탐지 장치 센서모듈별 음향센서 데이터를 상호상관(cross-correlation)으로 연산하고 압력센서 데이터는 시간에 따른 압력변화(수압강하)를 검출하는 제3 단계; 및

상기 상호상관 연산된 결과와 압력변화 검출 결과를 소정의 기준과 비교하여 누수여부를 판단하는 제4 단계를 포함하고,

상기 제4 단계는

한 쌍의 누수탐지 장치 센서모듈로부터 수집하여 상호상관 연산을 거친 음향센서 데이터의 평균 에너지 면적을 계산하고, 기준 에너지 면적 대비 전체 면적 증가 비율 또는 정상상태로 추정되는 에너지 면적 대비 감소 비율을 비교하여 누수유무를 판단하거나

한 쌍의 누수탐지 장치 센서모듈로부터 수집한 압력센서 데이터의 단위 시간당 압력변화 비율을 비교하여 누수유무를 판단하거나

에너지 면적 비교방식과 압력변화 비율 비교방식을 결합하여 판단하는 것을 특징으로 하는 상수관망 누수탐지 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 소정의 기준은

누수가 없는 상태에서 상기 제1 단계 내지 제3 단계를 수행하여 획득한 데이터인 것을 특징으로 하는 상수관망 누수탐지 방법.

청구항 7

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 상수관망의 누수탐지 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 상수관망에 소정 간격으로 복수

[0001]

의 누수탐지 장치 센서모듈을 설치한 후 시간동기하여 측정된 음향센서와 압력센서 측정 데이터를 유무선 통신을 통하여 누수탐지 장치 본체로 전송하고 소정의 알고리즘을 적용하여 연산함으로써 상수관망의 실시간 모니터링과 누수유무의 신속하고 정확한 탐지를 가능하게 하는 상수관망 누수탐지 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 수도물은 정수장에서 정수 처리된 뒤, 시의 경우 각 구별로 큰관을 통해 공급되고, 각 구에서는 중블록, 소블록 등으로 분류되어 수도물을 공급하고 있다.
- [0003] 각 분배점 사이에는 수도 미터기가 설치되어 있어 분배되는 지역으로 공급되는 수도물의 유량을 측정하게 되는데, 아파트단지과 같은 대단위 시설에는 큰 관을 통하여 한꺼번에 수도물을 공급하도록 상수도관이 설치되기도 한다.
- [0004] 일반 가정의 주택이나 상가, 건물 밀집 지역 등은 도로 아래 매설된 큰 관에서 작은 관으로 연결하여 최종 사용처로 수도물을 공급하도록 되어 있다. 이 때, 작은 관을 '지선'이라고 할 때, 대부분의 누수는 지선에서 발생하게 된다. 즉, 지선은 관이 가늘기 때문에 압력을 크게 받고, 주택 밀집 지역에서는 조인트 등으로 연결하여 길게 연결하기 때문에, 접합 및 연결부분에서 누수가 쉽게 발생된다.
- [0005] 이와 같이 각 지선에서 발생하는 누수량을 집계하게 되면, 전체적으로는 수도물의 대략 20% 이상이 누수로 인하여 낭비되고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 많은 양의 수도물이 누수됨에 따라, 비용의 낭비는 물론, 누수위치에서의 압력변화에 의해 이물질, 세균, 중금속 등이 상수도관으로 유입되어 수질을 오염시키는 원인이 되고 있다.
- [0006] 따라서 누수를 신속 정확하게 파악하여 노후되거나 파손된 상수도관을 교체 및 수리할 수 있도록 해야 하는데, 종래의 수도관용 누수측정장치는 크게 수도관의 누수시에 발생하는 수압강하를 검출하는 압력센서를 통해 수도관의 누수를 측정하거나 수도관의 누수시에 발생하는 음파를 검출하는 음향센서를 통해 수도관의 누수를 측정하고 있다.
- [0007] 수도관의 누수시에 발생하는 수압강하를 검출하는 압력센서를 통해 수도관의 누수를 측정하는 종래의 수도관용 누수측정장치의 일 예로, 대한민국 특허공개공보 제10-2004-0000002호에는 유체가 내부에 흐르는 배관과, 배관의 직선구간에 부착되어 배관의 내압에 의해 변형되는 배관의 변형률을 측정하는 스트레인 게이지와, 스트레인 게이지가 배관의 변형률 측정시 유체 이외의 가진원에 대한 영향을 줄이 기 위하여 배관에 설치되는 방진부재로 이루어져 배관을 절단하지 않고 그 내부의 압력을 측정하여 누수를 측정하는 측정장치가 개시되어 있다.
- [0008] 수도관의 누수시에 발생하는 음파를 검출하는 음향센서를 통해 수도관의 누수를 측정하는 종래의 수도관용 누수측정장치의 일 예로, 대한민국 특허등록공보 제10-1062361호에는 상수도관에 설치되어, 상수도관을 통해 전달되는 물의 소리를 측정하는 소리 측정센서와, 소리 측정센서에서 측정된 정보를 전송하는 통신부와, 소리 측정센서에서 측정된 정보를 분석하여 해당 상수도관의 누수 여부를 확인하고, 확인결과를 통신부를 통해 원격으로 전송하도록 하는 제어유닛을 포함하는 상수도 누수 측정장치가 개시되어 있다.
- [0009] 그러나 전술한 바와 같은 종래의 상수관망 누수탐지 장치는 상수관망 누수 시 발생하는 압력변화(수압강하)를 검출하는 압력센서만을 구비하거나 또는 상수관망 누수 시 발생하는 음향신호를 검출하는 음향센서만을 구비함에 따라 상수관망의 누수, 특히 작은 양의 누수까지 정확하고 신속하게 측정하는 데 한계가 있다.
- [0010] 이러한 문제점을 해소하기 위하여 본 출원인이 특허등록받은 등록특허 제10-1406507호에는 상수관망 누수 시 발생하는 압력변화를 검출하는 압력센서와 수도관의 누수 시 발생하는 음향신호를 검출하는 음향센서가 함께 구비됨에 따라 상수관망의 누수유무를 정확하고 신속하게 측정할 수 있도록 '음향/압력 복합센서를 구비한 상수도관용 누수감지장치(ACOUSTIC/PRESSURE COMPLEX SENSING APPARATUS FOR DETECTING LEAKAGE OF WATER PIPE)'가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) KR 10-1406507 B1

(특허문헌 0002) KR 10-0420717 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 종래의 누수측정장치들은 압력센서나 음향센서로부터 수집된 데이터들을 주로 현장에서 처리하여 판단하는 방식이므로 운영을 위한 비용이 많이 들고, 누수검출에 시간이 걸리는 문제점이 있다.

[0013] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 상수관망에 소정 간격으로 배치된 누수탐지 장치 센서모듈들을 통신망을 통하여 누수탐지 장치 본체와 연결함으로써 주기적으로 데이터를 수집하여 누수탐지 알고리즘에 따라 판단함으로써 실시간 모니터링을 가능하게 하고 기존 방식에 비하여 신속하고 정확하게 누수를 탐지할 수 있는 상수관망 누수탐지 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 장치는, 상수관망에 소정 간격으로 설치되고 내부에서의 시간동기를 통하여 상수관망의 음향신호와 압력을 주기적으로 측정하고 누수탐지 장치 본체로 전송하는 복수의 누수탐지 장치 센서모듈; 및 상기 누수탐지 장치 센서모듈을 제어하고 누수탐지 장치 센서모듈로부터 수신된 음향신호를 소정의 알고리즘에 따라 분석하여 실시간으로 상수관망을 모니터링하여 누수유무를 판단하는 누수탐지 장치 본체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 누수탐지 장치 센서모듈은, 일단이 부단수 천공 방식으로 상수관망의 내측에 삽입되어 상수관망 내의 음향신호를 측정하기 위한 음향센서와, 상수관망 내의 압력을 측정하기 위한 압력센서와, 측정 시간의 동기를 위한 GPS모듈과, GPS모듈로부터 시간 정보를 입력받아 설정된 시간에 측정된 압력센서 및 음향센서 데이터를 입력받아 저장한 후 소정 포맷으로 데이터를 패키징하는 마이크로컨트롤러와, 마이크로컨트롤러의 패키징 데이터를 고주파 무선신호로 변조하여 누수탐지 장치 본체로 전송하기 위한 RF모듈과, 전원으로 구성된다.

[0016] 상기 누수탐지 장치 센서모듈은, 상기 음향센서의 측정신호를 필터링하기 위한 밴드패스필터와, 필터링된 신호를 실효치(rms)로 변환하는 실효치 변환기를 추가로 포함할 수 있고, 분산 설치된 누수탐지 센서 모듈들로부터 음향신호와 압력 데이터를 수신하기 위한 RF모듈과, 펌웨어가 저장된 롬과, 수신된 데이터를 저장하기 위한 데이터 저장부와, 저장된 음향신호 데이터를 소정의 누수탐지 알고리즘에 따라 연산하여 누수유무를 판단하기 위한 마이크로컨트롤러와, 누수가 탐지되면 운영자나 관련기관에 이를 알려주기 위한 경보부로 구성된다.

[0017] 또한 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 방법은, 상수관망에 설치되어 상수관망 경로 상으로 서로 이웃하는 한 쌍의 누수탐지 장치 센서모듈로부터 시간동기되어 측정한 음향센서 데이터와 압력센서 데이터를 수집하는 제1 단계; 상기 음향센서 데이터와 압력센서 데이터를 두 누수탐지 장치 센서모듈별로 합산하는 제2 단계; 상기 합산된 두 누수탐지 장치 센서모듈별 음향센서 데이터를 상호상관(cross-correlation)으로 연산하고 압력센서 데이터는 시간에 따른 압력변화(수압강하)를 검출하는 제3 단계; 및 상기 상호상관 연산된 결과와 압력변화 검출 결과를 소정의 기준과 비교하여 누수여부를 판단하는 제4 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 소정의 기준치는 누수가 없는 상태에서 상기 제1 단계 내지 제3 단계를 수행하여 획득된 데이터이고, 상기 제4 단계는 역치보다 큰 피크의 수나 평균치를 비교하거나 각 누수탐지 장치 센서모듈로부터 수집된 시간동기된 음향신호 데이터의 평균 에너지 면적을 산출한 후, 평균 에너지 면적을 비교하여 누수여부를 판단하거나 FFT 변환하여 판단하는 것이다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 상수관망에 대략 100m 간격으로 누수탐지 장치 센서모듈들을 설치한 후 각각의 센서모듈들로부터 시간동기하여 측정한 음향센서와 압력센서 측정 데이터를 수신하여 서로 이웃하는 센서모듈들의 음향센서 데이터는 상호상관(cross-correlation)으로 연산하고, 연산결과를 에너지-면적 비교법으로 분석하며, 압력센서 데이터는 시간에 따른 압력변화(수압강하)를 검출하고 누수유무를 판단함으로써 신속하고 정확하게 누수를 탐지할 수 있는 효과가 있다.

[0020] 또한 본 발명에 따르면 분산 설치된 센서모듈의 신호를 중앙 집중방식으로 처리하여 실시간 원격 모니터링 및

누수유무를 판단하므로 누수 사고의 대형화를 예방하고 운영에 따른 인건비를 절감할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021]

도 1은 본 발명에 따른 누수탐지 장치의 전체 구성을 도시한 개략도,
 도 2는 도 1에 도시된 누수탐지 장치 센서모듈의 개략도,
 도 3은 도 1에 도시된 누수탐지 장치 센서모듈의 상수관망에의 설치 상태 및 구조의 개략도,
 도 4는 본 발명에 따라 누수유무를 판단 절차를 도시한 순서도,
 도 5는 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 없는 상태의 상호상관 신호 파형 예,
 도 6은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생한 상태의 상호상관 신호 파형 예,
 도 7은 도 6에 도시된 파형 예 중 상호상관 신호 파형의 정상상태 기대 면적의 도식,
 도 8은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생하지 않은 상태의 음향센서 신호와 상호상관 연산 결과 실험예,
 도 9는 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생한 상태의 음향센서 신호와 상호상관 연산 결과 실험예,
 도 10은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생하지 않은 상태의 압력센서 데이터 파형 예,
 도 11은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생한 상태의 압력센서 데이터 파형 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022]

본 발명과 본 발명의 실시예에 의해 달성되는 기술적 과제는 다음에서 설명하는 본 발명의 바람직한 실시 예들에 의하여 보다 명확해질 것이다. 다음의 실시 예들은 본 발명을 설명하기 위하여 예시된 것으로 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것은 아니다.

[0023]

도 1은 본 발명에 따른 누수탐지 장치의 전체 구성을 도시한 개략도이고, 도2는 도 1에 도시된 누수탐지 장치 센서모듈의 개략도이며, 도 3은 도 1에 도시된 누수탐지 장치 센서모듈의 상수관망에의 설치 상태 및 구조의 개략도이다.

[0024]

본 발명에 따른 누수탐지 장치는 도 1에 도시된 바와 같이, 상수관망(102)에 소정 간격으로 설치되고 내부에서의 시간동기를 통하여 상수관망(102)의 음향신호와 압력을 주기적으로 측정하고 측정결과 데이터를 누수탐지 장치 본체(130)로 전송하는 복수의 누수탐지 장치 센서모듈(110-1, 110-2)과, 누수탐지 장치 센서모듈(110-1, 110-2)을 제어하고 누수탐지 장치 센서모듈(110-1, 110-2)로부터 수신된 음향신호를 소정의 알고리즘에 따라 분석하여 실시간으로 상수관망을 모니터링 하여 누수유무를 판단하는 누수탐지 장치 본체(130)로 구성된다.

[0025]

도 1에 따라, 본 발명에 따른 누수탐지 장치의 센서모듈(110-1, 110-2)은 상수관망(102)에 대략 100m 간격으로 다수 설치되어 누수탐지 장치 센서모듈(110-1, 110-2) 내부에서의 시간동기를 통하여 상수관망(102)을 흐르는 유체의 음향신호와 압력을 측정하여 누수탐지 장치 본체(120)로 전송한다.

[0026]

누수탐지 장치 센서모듈(110, 110-1, 110-2)은 도 2에 도시된 바와 같이, 일단이 부단수 천공 방식으로 상수관망(102)의 내측에 삽입되어 상수관망(102) 내의 음향신호를 측정하기 위한 음향센서(111)와, 상수관망(102) 내의 압력을 측정하기 위한 압력센서(118)와, 음향센서(111)의 측정신호를 필터링하기 위한 밴드패스필터(BPF; 112)와, 필터링된 신호를 실효치(rms)로 변환하는 실효치 변환기(113)와, 측정 시간의 동기를 위한 GPS모듈(114)과, GPS모듈(114)로부터 시간 정보를 입력받아 설정된 시간에 측정된 압력센서 데이터와 실효치 변환기(113)를 거친 음향센서 데이터를 입력받아 저장한 후 소정 포맷으로 데이터를 패키징하는 마이크로컨트롤러(115)와, 마이크로컨트롤러(115)의 패키징 데이터를 고주파 무선신호로 변조하여 누수탐지 장치 본체(120)측으로 전송하기 위한 RF모듈(116)과, 전원(117)으로 구성된다.

[0027]

누수탐지 장치 센서모듈(110)은 외부 설치환경(습도, 기온 등)과 상수관망(102) 내부 설치환경(수온, 수질, 유량 등)을 측정하기 위한 센서를 추가 장착할 수 있으며, 음향센서와 압력센서의 데이터 및 다양한 센서모듈을 식별하기 위한 식별자(ID)와 계측 데이터, 전원 상태, 통신 상태 등의 정보를 누수탐지 장치 본체(130)로 전송한다.

[0028]

이러한 누수탐지 장치 센서모듈(110)은 도 3에 도시된 바와 같이, 상수관망(102)에 부단수 천공 방식으로 장착

되는 하우징(121)과, 음향센서(111)와 압력센서(118)가 실장되어 하우징(121)에 삽입되는 지지봉(120)과, 누수 탐지 장치 센서모듈 컨트롤러(119)로 구성된다.

[0029] 누수탐지 장치 센서모듈 컨트롤러(119)는 회로기판상에 실장된 밴드패스필터(BPF;112), 실효치 변환기(113), GPS모듈(114), 마이크로컨트롤러(115), RF모듈(116), 전원(117) 등으로 구성된다.

[0030] 누수탐지 장치 본체(130)는 도 1에 도시된 바와 같이, 분산 설치된 누수탐지 센서 모듈들(110-1,110-2)로부터 음향신호와 압력 데이터를 수신하기 위한 RF모듈(131)과, 펌웨어가 저장된 롬(ROM;132)과, 수신된 데이터를 저장하기 위한 데이터 저장부(134)와, 저장된 음향신호 데이터를 소정의 누수탐지 알고리즘에 따라 연산하여 누수 유무를 판단하기 위한 마이크로컨트롤러(133)와, 누수가 탐지되면 운영자나 관련기관에 이를 알려주기 위한 경보부(135)로 구성된다. 여기에서 누수탐지 장치 본체(130)와 누수탐지 장치 센서모듈(110) 사이의 통신은 무선 센서망, 이동통신망, 유선망 등을 이용한다.

[0031] 도 4는 본 발명에 따라 누수를 측정하는 절차를 도시한 순서도이다.

[0032] 본 발명에서 누수탐지 장치 본체(130)는 한 쌍의 누수탐지 장치 센서모듈(110-1,110-2)로부터 측정 데이터를 수집하여 상호상관 연산을 거친 음향센서 데이터의 평균 에너지 면적을 계산하고, 기준 에너지 면적 대비 전체 면적 증가 비율 또는 정상상태로 추정되는 에너지 면적 대비 감소 비율을 비교하고, 한 쌍의 누수탐지 장치 센서 모듈로부터 수집한 압력센서 데이터의 단위 시간당 압력변화 비율을 비교하여 누수유무를 판단한다.

[0033] 도 4를 참조하면, 상수관망에 소정 간격으로 설치되며 인접하는 제1 및 제2 누수탐지 장치 센서모듈(110-1,110-2)에 대하여 설명하면, 누수탐지 장치 센서모듈(110-1,110-2)을 설치한 후 측정 시각, 측정 주기, 1회 측정 시 반복 측정 횟수를 설정(S101)하고, GPS모듈(114)의 시간을 설정된 시간과 비교하여 판단(S102)한다.

[0034] 판단결과 설정된 조건을 만족할 때 누수탐지 장치 센서모듈의 음향센서(111)와 압력센서(118)를 구동하여 신호를 측정하고 저장(S103-1,S103-2)하며, 1회 측정 시 반복 측정 횟수를 만족할 때까지 측정 및 저장(S103-1,S103-2)을 반복하고(S104), 측정 데이터를 누수탐지 장치 본체(130)로 전송(S105)한다.

[0035] 누수탐지 장치 본체(130)는 제1 및 제2 누수탐지 장치 센서모듈(110-1,110-2)로부터 수신한 데이터를 각 센서모듈 별, 각 센서모듈의 음향센서와 압력센서 별로 구분하여 저장한다(S106). 누수탐지 장치 본체(130)는 신규 데이터의 수신을 판단(S107)하여 신규 데이터가 수신되었을 때 음향센서와 압력센서 데이터를 구분하여 처리한다.

[0036] 음향센서 데이터는 누수탐지 장치 센서모듈 별로 분리(S108)하여 상호상관(cross-correlation) 연산(S109)하고, 상호상관 연산 결과인 스펙트럼 에너지 면적과 스펙트럼의 폭과 최대값으로 계산할 수 있는 정상상태를 가정한 최대 에너지 면적을 계산하여 저장(S110)한다.

[0037] 이어 최대 에너지 면적과 연산 결과의 스펙트럼 에너지 면적을 비교하여 감소비율을 계산(S111)하고, 설정된 허용치와 비교(S112)하여 초과하는 경우 경보를 발생(S117)하고 데이터를 최종 저장(S118)한다. 허용치를 초과하지 않는 경우 경보 발생 없이 데이터를 최종 저장(S118)한다.

[0038] 한편, 압력센서 데이터는 누수탐지 장치 센서모듈 별로 분리(S113)하여 단위시간당 압력변화(수압강하)를 계산(S114)하고, 압력변화가 있기 전후의 변화율을 계산(S115)하여 설정된 허용치와 비교(S116)한 후 허용치를 초과하는 경우 경보를 발생(S117)하고 데이터를 최종 저장(S118)한다. 허용치를 초과하지 않는 경우 경보 발생 없이 데이터를 최종 저장(S118)한다.

[0039] 도 5는 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 없는 상태의 상호상관 신호 파형 예이고, 도 6은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생한 상태의 상호상관 신호 파형 예이며, 도 7은 도 6에 도시된 파형 예 중 상호상관 신호 파형의 정상상태 기대 면적의 도식이고, 도 8은 누수가 발생하지 않은 경우의 음향센서 신호와 상호상관 연산 결과 실험예이며, 도 9는 누수가 발생하지 않은 경우의 음향센서 신호와 상호상관 연산 결과 실험예이고, 도 10은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생하지 않은 상태의 압력센서 데이터 파형 예이며, 도 11은 본 발명에 따른 누수탐지 방식에서 누수가 발생한 상태의 압력센서 데이터 파형 예이다.

[0040] 제1 누수탐지 장치 센서모듈(110-1)의 측정 데이터와 제2 누수탐지 장치 센서모듈(110-2)의 측정 데이터를 상호상관 스펙트럼 에너지 면적 그래프는 누수가 발생하지 않는 경우에는 도 5에 도시된 바와 같이 좌우가 대칭에 가까운 삼각형 모양을 보여주고 있으나 누수 후에는 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이 좌우가 비대칭하며 피크 펄스가 발생하거나 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이 좌우가 대칭이나 피크 펄스가 크게 발생하여 에너지 면적 감소량이 큰 형태로 나타나거나 도 6의 (c)에 도시된 바와 같이 파형이 일그러지는 형태로 나타난다.

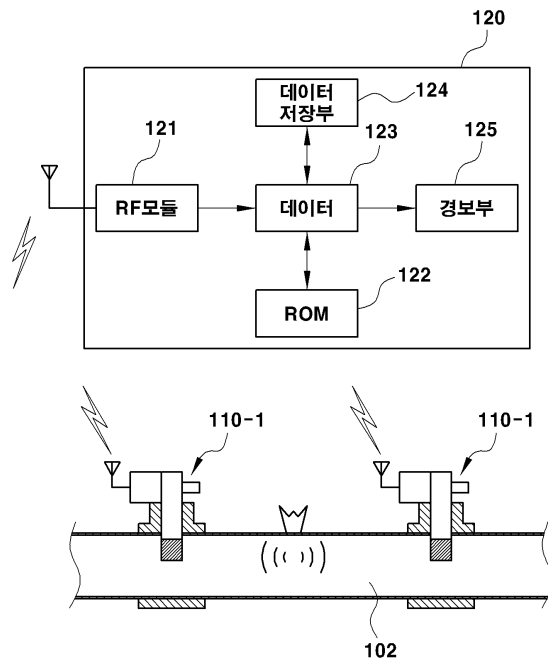
- [0041] 에너지 면적 감소량이 큰 형태로 나타나는 경우에는 도 7에 도시된 바와 같이 실제 계산된 그래프의 면적(B)이 삼각형의 양 끝을 밀변으로 하고 그래프의 최대값을 높이로 하는 삼각형의 면적(P)보다 작아진다. 여기에서 실제 계산된 그래프(B)는 연산 결과의 에너지 면적이며, 그래프의 최대값을 높이로 하는 삼각형의 면적(P)은 정상상태로 추정되는 에너지 면적이므로, 정상상태로 추정되는 에너지 면적(P)에 대한 실제 에너지 면적(B)의 비율을 비교함으로써 누수유무를 판단할 수 있다.
- [0042] 이에 대한 실험예로, 누수가 없는 상태의 음향센서 데이터와 상호상관 연산 결과는 도 8과 같으며, 누수가 발생한 상태의 음향센서 데이터와 상호상관 연산 결과는 도 9와 같다. 도 8 및 도 9의 실험예를 살펴보면, 누수가 없는 상태에서는 상호상관 스펙트럼이 도 5와 같이 좌우대칭인 삼각형 모양을 보이고, 누수가 발생한 상태에는 상호상관 스펙트럼이 도 6과 같은 모양을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0043] 제1 누수탐지 장치 센서모듈(110-1)과 제2 누수탐지 장치 센서모듈(110-2)에서 측정한 압력센서 데이터는 누수가 발생하지 않은 경우 도 10과 같이 단위시간에 대하여 압력의 급격한 변화가 없는 형태로 나타나지만, 누수가 발생하면 도 11과 같이 특정 시간에 급격한 압력의 강하가 발생하고, 압력강하 시점(Q)으로부터 일정 시간동안 낮은 압력이 유지되는 압력강하구간(D1)이 나타난다. 이와 유사한 압력의 급격한 변화를 추적함으로써 압력센서를 사용하여 누수유무를 판단한다.
- [0044] 이상에서 본 발명은 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예컨대, 본 발명은 수도관뿐만 아니라 원유를 수송하는 송유관 등 액체를 운송하는 다른 관들에도 균등하게 적용할 수 있다.

부호의 설명

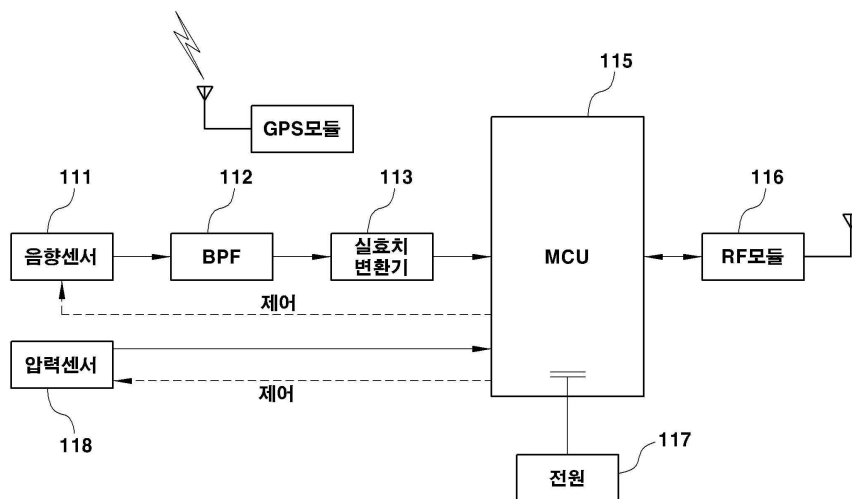
- [0045] 102: 상수관망
- 110, 110-1, 110-2: 누수탐지 장치 센서모듈
- 111: 음향센서
- 112: 밴드패스필터(BPF)
- 113: 실효치 변환기
- 114: GPS모듈
- 115: 마이크로컨트롤러(MCU)
- 116: RF모듈
- 117: 전원
- 118: 압력센서
- 119: 누수탐지 장치 센서모듈 컨트롤러
- 130: 누수탐지 장치 본체
- 131: RF모듈
- 132: 롬(ROM)
- 133: 마이크로컨트롤러(MCU)
- 134: 데이터 저장부
- 135: 경보부

도면

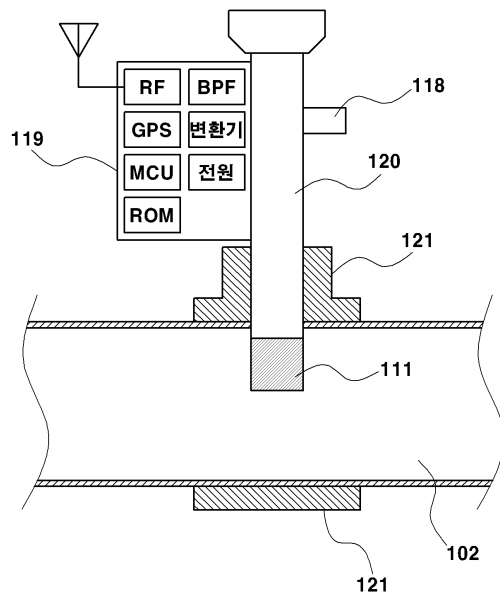
도면1



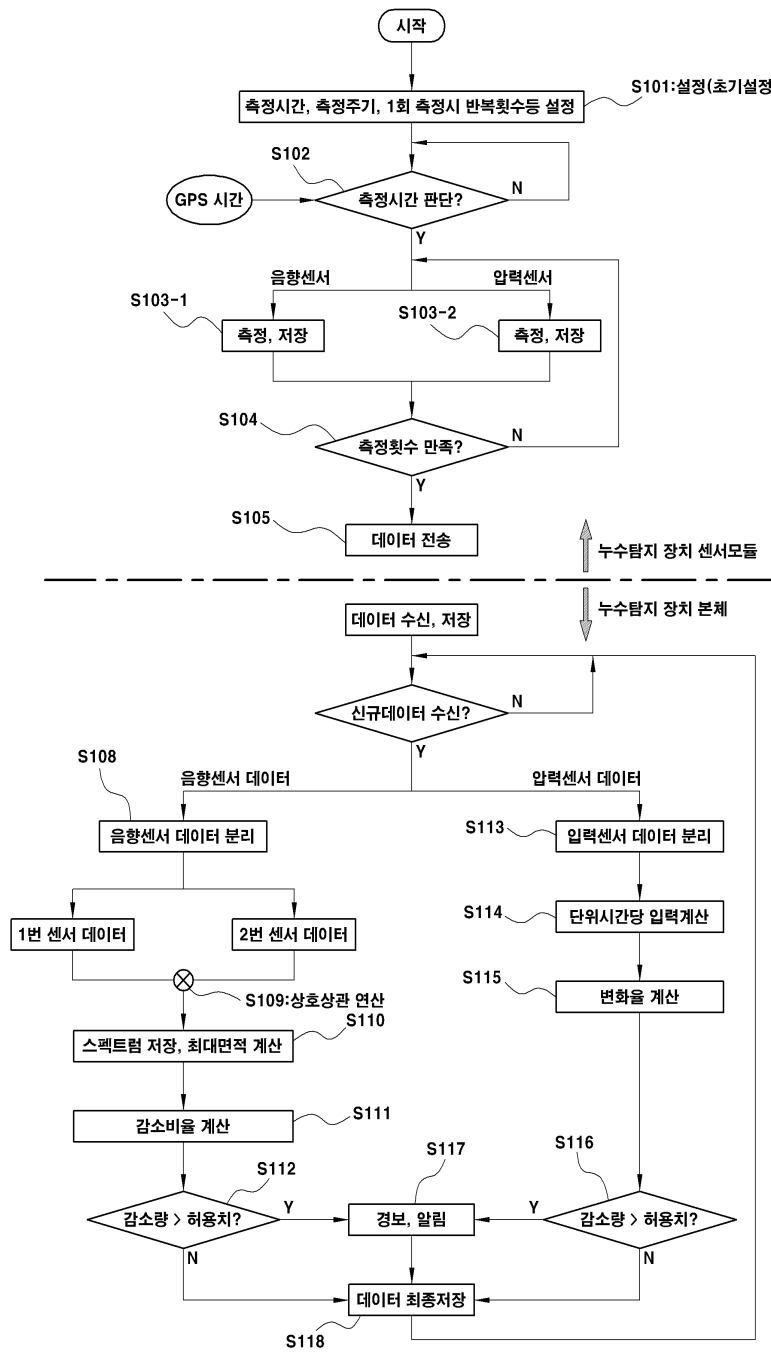
도면2



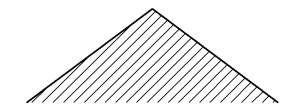
도면3



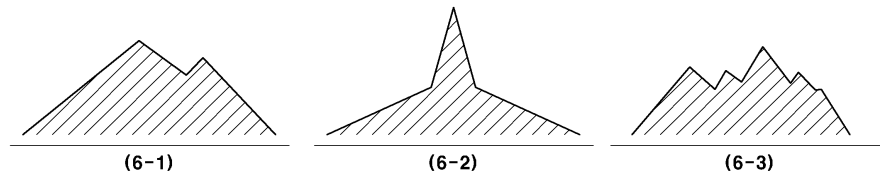
도면4



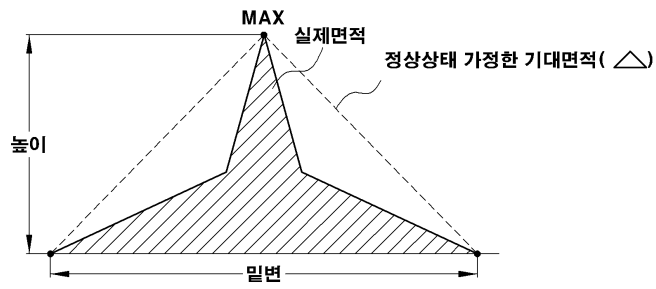
도면5



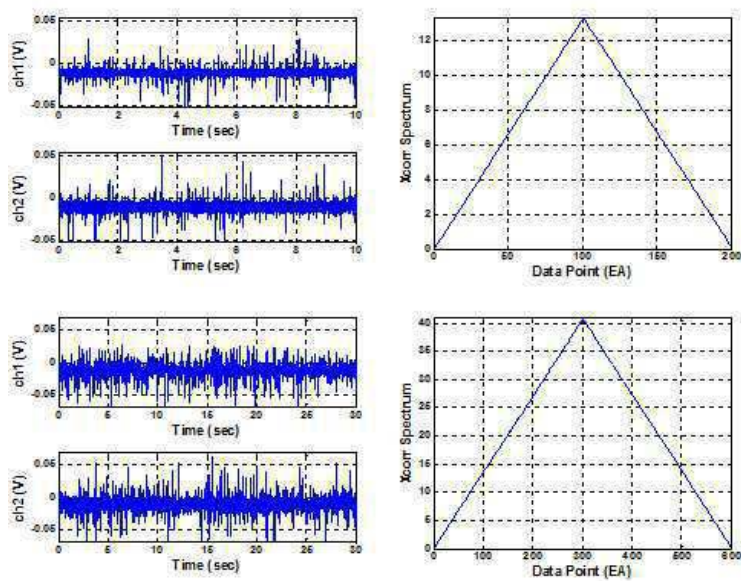
도면6



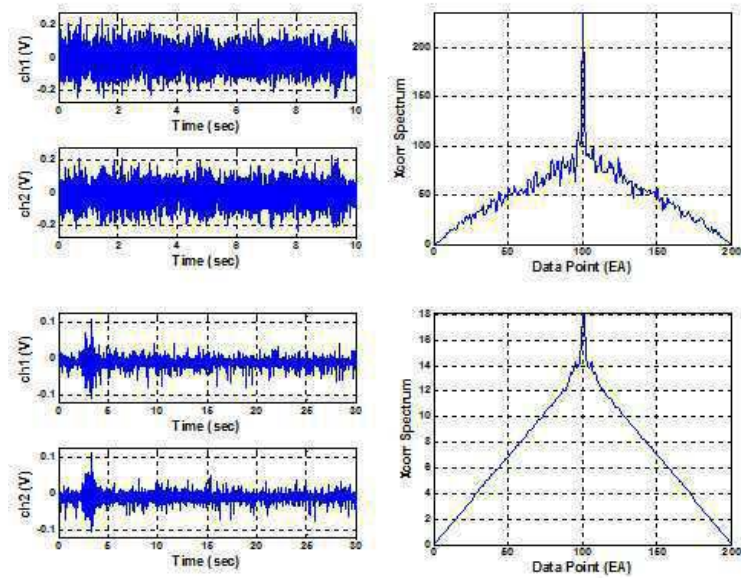
도면7



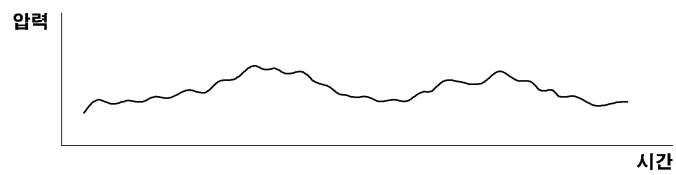
도면8



도면9



도면10



도면11

