



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0095718
(43) 공개일자 2015년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F17D 5/02 (2006.01) *GO1D 4/00* (2006.01)
GO1F 1/00 (2006.01)
 (52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
F17D 5/02 (2013.01)
GO1D 4/004 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-7017444
 (22) 출원일자(국제) 2013년11월28일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2015년06월29일
 (86) 국제출원번호 PCT/GB2013/053144
 (87) 국제공개번호 WO 2014/083340
 국제공개일자 2014년06월05일
 (30) 우선권주장
 1221644.6 2012년11월30일 영국(GB)

(71) 출원인
임페리얼 이노베이션스 리미티드
 영국 런던 에스더블유7 2피지 사우스 켄싱턴 엑서
 비션 로드 프린시즈 게이트 52
 (72) 발명자
호스킨스, 애셔 존
 영국, 비엔5 9비제이, 웨스트 서섹스, 윈햄, 그레
 이트 와프시스 팜, 반 코티지
스토야노프, 이반 요르다노프
 영국, 런던 에스더블유13 9엔이, 16 파크 로드
 (74) 대리인
이철희

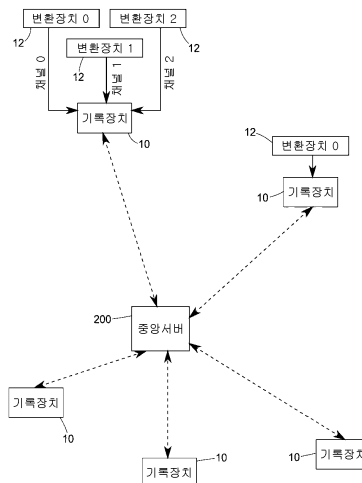
전체 청구항 수 : 총 38 항

(54) 발명의 명칭 **유체운반 도관 망을 감시하는 장치, 방법 및 시스템**

(57) 요약

샘플링부, 처리부, 및 데이터 저장부를 포함하며, 도관 내의 액체 흐름을 감시하도록 구성된 유체흐름 감시 장치 (10)에 있어서, 상기 샘플링부(20)는, 샘플링된 데이터 스트림을 생성하기 위해 데이터를 샘플링하도록 구성되고, 도관 내의 유체흐름을 나타내는 센서(12)의 의해 감지된 적어도 하나의 변수를 나타내는 데이터를 센서(12)로부터 실질적이고 연속적으로 수신하고, 상기 처리부(30)는, 상기 샘플링부로부터 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 추출하기 위해 상기 샘플링된 데이터 스트림을 처리하도록 구성되고, 상기 서브-샘플링된 스트림은 복수의 데이터집합으로 구성되고, 상기 데이터집합 각각은 각 데이터 집합 주기에 걸쳐서 샘플링된 데이터 스트림의 통계적 부분집합이며, 상기 데이터 저장부(40)는, 상기 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 저장하도록 구성된 유체흐름 감시 장치가 개시된다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
G01F 1/00 (2013.01)
Y02B 90/242 (2013.01)
Y04S 20/322 (2013.01)
-

특허청구의 범위

청구항 1

샘플링부, 처리부, 및 데이터 저장부를 포함하며, 도관 내의 액체 흐름을 감시하도록 구성된 유체흐름 감시 장치에 있어서,

상기 샘플링부는, 샘플링된 데이터 스트림을 생성하기 위해 데이터를 샘플링하도록 구성되고, 도관 내의 유체흐름을 나타내는 센서의 의해 감지된 적어도 하나의 변수를 나타내는 데이터를 센서로부터 실질적이고 연속적으로 수신하고;

상기 처리부는, 상기 샘플링부로부터 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 추출하기 위해 상기 샘플링된 데이터 스트림을 처리하도록 구성되고, 상기 서브-샘플링된 스트림은 복수의 데이터집합으로 구성되고, 상기 데이터 집합 각각은 각 데이터 집합 주기에 걸쳐서 샘플링된 데이터 스트림의 통계적 부분집합이며;

상기 데이터 저장부는, 상기 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 저장하도록 구성된 유체흐름 감시 장치.

청구항 2

유체의 흐름을 감시하는 장치의 처리과정을 포함하는 도관 내 유체흐름 감시 방법에 있어서,

센서로부터 실질적이고 연속적으로 데이터를 수신하고, 상기 데이터는 도관 내의 유체흐름을 나타내고, 데이터를 샘플링하는 장치의 샘플링부를 동작시키는 과정;

상기 장치의 처리부를 이용하여, 상기 샘플링부로부터 적어도 하나의 복수의 데이터집합으로 구성된 서브-샘플링된 스트림을 추출하기 위해, 상기 데이터집합 각각은 각 데이터 집합 주기에 걸쳐서 샘플링된 데이터 스트림의 통계적 부분집합인 상기 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정; 및

상기 장치의 데이터 저장부를 이용하여, 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 저장하는 과정을 포함하는 도관 내 유체흐름 감시 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 서브 샘플링된 스트림의 각 데이터 집합으로 구성된 상기 통계적 부분집합은, 데이터 집합의 각 기간 동안 데이터의 최대 및/또는 최소 및/또는 평균 및/또는 표준 편차 및/또는 다른 통계 값을 포함하는 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 장치 또는 유체흐름 감시 방법.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 처리부는 상기 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 정보를 추출하기 위해 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 장치로부터 원격으로 중앙지점에 주기적으로 종합 정보를 전송하는 통신부를 포함하는 유체흐름 감시 장치 또는 방법.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림은, 적어도 하나의 시간주기 동안 상기 추출된 정보에 의해 제공되는 것보다 상기 샘플링된 데이터 스트림의 더욱 완전한 대표값을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 7

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 통계적 부분집합은 데이터 집합의 각 기간 동안 데이터의 최대 및/또는 최소 및/또는 평균 및/또는 표준 편차 및/또는 다른 통계 값으로 구성된 서브 샘플링된 스트림의 각 데이터 집합을 포함하는 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 8

제 2 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

지정된 시간에 또는 지정된 시간을 넘어서 샘플링된 데이터 스트림의 더욱 완전한 대표값에 관한 요청을 수신함에 따라, 지정된 시간에 해당하는 하나 이상의 데이터 집합을 전송하는 과정을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 요청은 상기 장치와 원격인 중앙지점으로부터 또는 상기 장치와 국지적으로 연결된 전송장치로부터 수신되는 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 10

제 2 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 서브 샘플링된 스트림은 복수개이고 각각은 복수의 데이터 집합을 포함하며, 상기 데이터 집합은 샘플링된 데이터 스트림의 통계적 부분집합을 포함하고, 상기 서브 샘플링된 스트림의 데이터 집합은 서로 다른 길이의 주기에 걸친 통계적 부분집합을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 11

제 8 항 또는 제 10 항에 있어서,

상기 더욱 완전한 대표값에 대한 요청은 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림의 적어도 일부분에 대한 요청이고, 상기 통신부는 상기 요청에 응답하여 이러한 일부분들 각각에서 상기 데이터 집합 또는 각각의 데이터 집합을 전송하는 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 12

제 2 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 서브 샘플링된 스트림 또는 각각의 서브 샘플링된 스트림은 원형 버퍼(circular buffer)에 저장되는 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 13

제 4 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 정보를 추출하는 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정은, 누적 합계를 제공하기 위해 시간주기 동안 연속적인 데이터포인트간의 차이를 합산하고, 과도현상 이벤트가 식별되었는지의 여부를 결정하기 위해 상기 합계와 과도현상 이벤트를 나타내는 합계의 확률과 비교함으로써, 과도현상 및/또는 비-과도현상 이벤트를 식별하기 위해 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 과도현상 및/또는 비-과도현상 이벤트를 식별하기 위해 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정은 스트림에서 롤링(rolling) 시간주기에 해당하는 스트림을 처리하는 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 15

제 13 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 합계는 과도현상 이벤트를 나타내는 합계의 확률 기록과 비교하고, 상기 기록은 합계값에 대해 발생한 합계의 확률에 관한 확률 분포 함수인 것을 특징으로 하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 기록은 각각의 합계와 과도현상의 발생 빈도를 기록하여 장치의 작동 중에 생성되는 것을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 17

제 13 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기록은, 결정된 값 이하의 확률 값을 나타내는 임계값의 지표를 포함하고, 상기 합계는 과도현상 이벤트를 나타내고, 따라서 과도현상 이벤트가 식별되도록 상기 값이 결정되고, 발생한 합계의 누적을 계산한 확률과 그 임계값을 상기 기록을 참조하여 비교하는 것을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 18

제 13 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 과도현상 이벤트가 식별되는 경우, 상기 장치는 과도현상을 표시하기 위한 디스플레이부(display)를 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 19

제 13 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 과도현상 이벤트가 식별되는 경우, 상기 통신부는 과도현상을 나타내는 신호를 중앙지점 또는 다른 중앙지점으로 전송하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 20

제 4 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 정보를 추출하기 위해 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정은, 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 통계 정보를 판단하는 과정을 포함하고, 상기 종합 통계 정보는 추출된 종합 정보의 적어도 일부를 형성하고, 상기 종합 통계 정보는 선택적으로 스트림의 일부분에서 하나 이상의 최대 및/또는 최소 및/또는 평균 및/또는 분산 및/또는 표준 편차 값을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 21

제 13항 또는 제 14 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 과도현상 이벤트를 식별하는 경우, 상기 처리부는 과도현상 이벤트의 하나 이상의 특성을 나타내는 과도현상 디스크립터를 생성하고, 상기 과도현상 디스크립터는 과도현상의 경사도, 경사도의 방향, 과도현상의 시작 및/또는 중지 크기, 소멸 경사도 중 적어도 하나를 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 처리부에서 과도현상의 심각도 지표를 생성하기 위해, 상기 과도현상 디스크립터의 값과 과도현상 디스크립터의 값이 발생한 확률 지표를 하도록, 상기 과도현상 디스크립터 또는 각각의 과도현상 디스크립터를 사용하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 과도현상 디스크립터의 값은 상기 과도현상 디스크립터 값의 확률을 확인하기 위해 사용하는 동안, 상기 과도현상 디스크립터의 측정 값의 확률 분포와 비교되는 유체흐름 감시 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 확률은 과도현상의 심각도를 제공하기 위해 하나 이상의 임계값과 비교하고, 상기 도관에서 낮은 관련도, 중간 관련도 또는 높은 관련도 중 하나로 과도현상을 분류하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 25

제 22 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 과도현상의 심각도는 통신수단으로부터 추출된 종합 정보의 전송 빈도를 결정하는 데 이용되는 유체흐름 감시 방법.

청구항 26

제 2 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치는 감지된 데이터의 복수의 채널을 갖고, 상기 방법은 각 센서에 의해 감지된 각각의 변수를 나타내는 복수의 센서 각각으로부터 실질적으로 연속적으로 각각의 데이터를 수신하는 상기 장치를 포함하고,

상기 샘플링부는 각각의 감지된 변수의 샘플링된 데이터로된 각각의 스트림을 생성하기 위해 데이터를 샘플링하고, 상기 방법은 각 스트림이 실질적으로 동일한 방식으로 병렬로 처리되는 것을 포함하는 유체흐름 감시 방법.

청구항 27

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 1 항 내지 제 26 항 중 어느 한 항의 방법을 수행하는 것을 포함하는 유체흐름 감시 장치.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 장치는 모듈식이고, 상기 장치의 구성요소는 국지적이고 선택적이고 해제할 수 있게 동작하도록 함께 결합된 각각의 하우징에 내장되는 유체흐름 감시 장치.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 저장부 또는 상기 통신부는, 상기 장치의 동작을 표시하여 사용자가 관독할 수 있도록 디스플레이를 포함하는 메모리 모듈에 내장되는 유체흐름 감시 장치.

청구항 30

제 28 항에 있어서,

상기 저장부는 메모리 모듈에 내장되고, 상기 메모리 모듈은 국지적인 통신을 위해 휴대용 컴퓨터 등의 조사장치를 포함하고, 상기 메모리 모듈은 이러한 통신 중에 서버로 동작하는 것을 포함하는 유체흐름 감시 장치.

청구항 31

제 28 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 모듈은 모듈의 방수 및 침투보호를 위해 대기압보다 높게 가압하는 유체흐름 감시 장치.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 가압 모듈 또는 각각의 가압 모듈은 상기 처리부에 데이터를 제공하도록 공기압 센서를 포함하고, 지정된 임계값 이하의 공기압 저하를 검출하면, 상기 처리부는 의심스러운 모듈이 감지되었는지를 식별하여 이를 나타내는 신호를 생성하는 유체흐름 감시 장치.

청구항 33

제 32 항에 있어서,

상기 배터리 모듈은 배터리를 고유하게 식별하는 ID칩을 포함하고, 상기 ID칩은 상기 배터리 모듈이 동작을 위해 접근될 경우 상기 처리부에 의해 관독될 수 있는 유체흐름 감시 장치.

청구항 34

제 1 항 내지 제 33 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치로 보내진 요청에 대응하여, 복수의 장치 각각으로부터 정보를 수신하는 중앙제어처리부.

청구항 35

도관망을 흐르는 유체를 측정하도록 구성된 복수의 장치 각각으로부터 정보를 수신하는 중앙제어처리부를 포함하되,

상기 정보는 과도현상 이벤트를 나타내고, 상기 과도현상 이벤트의 발생에 관한 실질적으로 정확한 시간 스탬프를 포함하는 도관망의 액체흐름 분석방법.

청구항 36

유체가 흐르는 도관망에서 과도현상 이벤트의 원인이 되는 근사적인 위치를 식별하기 위해, 도관 내의 유체흐름을 나타내는 매개변수를 포함하는 복수의 장치 각각의 정보 및 각 장치의 지리적 위치에 대한 정보에 기반하여, 과도현상 이벤트의 원인이 되는 근사적인 위치를 결정하는 처리부를 포함하는 중앙제어처리부.

청구항 37

제 34 항에 있어서,

상기 복수의 장치로부터 원격장치와 결합된 각각의 부분 도관에서 유체흐름의 과도현상 이벤트를 나타내는 각각의 추출된 정보를 수신하는 통신부를 포함하되,

상기 추출된 정보는 과도현상 이벤트와 연관된 실질적으로 정확한 시간 스탬프를 포함하는 중앙제어처리부.

청구항 38

망을 구성하는 복수의 도관에서 유체흐름을 감시하는 유체흐름 감시 시스템에 있어서,

제 1 항 내지 제 33항 중 어느 한 항에 따른 상기 복수의 장치; 및

제 34 항 또는 제 36 항 내지 제 37 항 중 어느 한 항에 따른 상기 중앙제어처리부를 포함하는 유체흐름 감시 시스템.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 도관에서 유체의 흐름을 감시하는 장치, 시스템 및 방법에 관한 것이다. 본 실시예들은 용수공급시스템의 유수를 감시하는 것에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 용수공급시스템(water supply system)은 종종 정상상태의 수압조건에서 동작한다고 추정된다. 실제로는, 이 수압조건은 수요의 확률적 성질, 밸브, 펌프, 오작동하는 서지보호장치 등의 동작, 종종 발생하는 파열 등의 이유로 자주 준-정상적이고 불안정해진다. 거의 실시간으로 동작 압력을 감소시키고 제어함으로써 누수를 관리하는 현재 운영방식은 유압 불안정성을 야기하는 문제를 악화시킬 수 있다. 에너지 절감을 위해 펌프를 끄고 켜는 빈번한 스위칭을 포함하는 펌프 최적화(optimisation)는 유압조건에 급격한 변화를 야기한다. 이는 파이프 응력(stress)을 증가시키는 원인이 될 뿐 아니라, 이로 인한 피로 문제를 초래한다. 이러한 급격하고 점진적인 유압 변동으로 인해 파열의 정도가 증가하고, 파이프 고장의 수리와 관련하여 상당한 비용 및 이와 관련된 재정 손실로 인한 민사 소송 청구를 초래한다.
- [0003] 따라서, 서비스 수명을 연장하기 위해 노후한 파이프라인의 인프라구조를 정상 상태의 유압조건으로 유지하는 것이 매우 바람직하다. 이를 위해 동적 유압 조건을 연속적으로 감시하고 분석해야 한다. 그래야, 고장 기타 바람직하지 않은 이벤트가 즉시 파악되고 수리 또는 여타 방법으로 해결될 수 있다.
- [0004] 급수 네트워크의 유압 조건을 감시하기 위한 현재 업계 실행은 15분당 하나의 샘플(‘15분 샘플링’으로 본 명세서에서 언급됨)을 샘플링하는 감시 장치를 사용한다. 이들 감시 장치들은 전력 소비를 최소화하고 배터리 수명을 연장하기 위해 샘플링주기 사이에서 전원이 꺼진다. 따라서 이러한 장치를 사용하여 입수된 데이터는 유압조건에 동적인 유압 작용 및/또는 과도적이고 서지(surge) 하는 이벤트를 포착하지 못하고, 주기적인 스냅샷(snapshot)을 제공할 뿐이다.
- [0005] 압력 서지(pressure surge) 등의 과도현상 압력을 감시하기 위한 고주파 샘플링할 수 있는 장치는 이미 존재한다. 예를 들면 미국 특허 제7,219,553호 및 미국 특허 제7,357,034호에 개시된 장치이다. 이벤트가 검출되는 경우, 이러한 장치는 샘플링률을 증가시키고 미리 정의된 과도현상 이벤트를 포착하고, 내부 메모리에 이러한 이벤트를 저장한다. 과도현상 이벤트의 일례인 서지는, (경사 검출기를 이용한)변화율과 최대 임계값에 의해 결정된다. 과도현상 이벤트의 해석은 조작자에 의해 수행되며, 전문화된 엔지니어링 기술의 사용이 요구된다.
- [0006] 미국 특허 제7,219,553호, 미국 특허 제7,357,034호 및 다른 서지 감시 장치에 설명된 시스템의 주요 단점은:
- [0007] (i) 포착이 절댓값과 경사 임계값에 의해 트리거되므로 극단적인 서지 이벤트만이 포착될 뿐이다. 실제로, 동적인 유압조건은 확률적이고 광범위한 주파수 및 진폭을 갖는 특징이 있다. 이들은 기존의 장치에서는 고려되지 못한다.
- [0008] (ii) 여러 지점에서 얻어진 사후적인 서지 데이터는 설정된 트리거 임계값 미만에서의 과도현상은 소멸하여 버리므로 상당부분 숨겨지고 포착이 되지 않는다. 그리고 이로 인한 서지 이벤트를 분석하고 고장을 진단하기 위해 포착된 데이터의 품질 및 유용성이 상당히 제한된다.
- [0009] (iii) 시스템은 대형 에너지원(예를 들어 대형 태양열 패널)과 시간 동기화를 위한 가시성(GPS)을 요구함으로써 인해 지상에 주로 설치된다.
- [0010] 유압과도 현상분야에서의 본 발명자의 연구에 따르면, 이러한 이벤트가 다양한 특성, 발생 빈도, 크기, 모양, 변화율 및 에너지 소멸을 가짐을 보여준다. 이러한 이벤트 중 많은 부분은 즉각적인 파이프의 고장을 초래하는 급격하고 극단적인 과도현상을 보이지는 않는다. 동적인 유압조건은 경사 탐지기 및 임계값과 같이 트리거 값으로는 적절하지 않은 낮은 진폭의 고주파인 압력 진동을 흔히 포함한다. 트리거 값을 낮추면, 기존의 서지(즉, 과도) 기록 장비로 관리할 수 없을 정도의 수십 배의 데이터 입수와 연속적인 샘플링을 초래한다.
- [0011] 설명한 동적인 유압조건으로 인해 파이프라인의 온전성이 즉각 손상되는 것은 아니다. 본 발명자들의 실험 연구에 따르면, 이 같은 이벤트가 피로 파괴와 피로로 인한 부식을 가속화함을 보여준다. 이러한 모든 메커니즘은 파이프 열화와 파열 빈도의 원인이 된다. 유체 속도의 급격한 변화는 파이프 벽을 따라서 전단 응력을 증가시키고 퇴적물의 재부유와 생물막의 제거(scour)를 초래한다. 결과적으로, 동적인 유압조건도 수질에 영향을 주고, 잔류 염소를 감소시키고, 변색이나 고액의 불만을 초래한다. 이러한 예들은 서지 이벤트와 같은 과도현상 이벤트가 미국 특허 제7,219,553호 및 미국 특허 제7,357,034호에 기재된 것보다 훨씬 더 복잡한 처리 및 데이터 관리 루틴을 필요로 한다는 것을 보여준다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 실시예들은 이와 같은 문제점을 해소하기 위하여 발명된 것으로서, 샘플링부, 처리부, 및 데이터 저

장부를 포함하며, 도관 내의 액체 흐름을 감시하도록 구성된 유체 흐름 감시 장치, 방법 및 시스템을 제공하는 것에 발명의 주된 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] [층화(Stratified) 저장; 서브 샘플링; 통계적 부분집합]
- [0014] 본 실시예의 제1 측면에 의하면, 도관으로 액체의 흐름을 감시하도록 구성된 유체 흐름 감시 장치를 제공한다. 장치는 샘플링부, 처리부, 및 데이터 저장부를 포함한다. 샘플링부는 도관 내의 유체 흐름을 나타내는 센서의 의해 감지된 적어도 하나의 변수를 나타내는 데이터를 센서로부터 실질적이고 연속적으로 수신하고, 샘플링된 데이터 스트림을 생성하기 위해 데이터를 샘플링하도록 구성되고, 처리부는 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 그것으로부터 추출하기 위해 샘플링된 데이터 스트림을 처리하도록 구성된다. 서브-샘플링된 스트림은 복수의 데이터집합으로 구성되고, 각각의 데이터집합은 각 데이터 집합 주기에 걸쳐서 샘플링된 데이터 스트림의 통계적 부분집합이고, 데이터 저장부는 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림을 저장하도록 구성된다.
- [0015] 본 실시예의 제2 측면에 의하면, 도관 내에 유체의 흐름을 감시하는 방법을 제공한다. 방법은 유체의 흐름을 감시하는 장치의 과정을 포함한다. 도관 내의 유체 흐름을 나타내는 데이터를 센서로부터 실질적이고 연속적으로 수신하고, 샘플링된 데이터 스트림을 생성하도록 데이터를 샘플링하는 장치의 샘플링부를 동작시키는 과정, 그것으로부터 정보를 추출하는 장치의 처리부를 사용하여 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정, 추출된 정보를 장치의 통신부를 동작시켜 중앙위치로 주기적으로 송신하는 과정, 장치의 데이터 저장부를 사용하여, 추출된 정보에 의해 제공되는 것보다 적어도 하나의 시간주기 동안 샘플링된 데이터 스트림의 더욱 완전한 대표값을 저장하는 과정, 중앙지점 또는 다른 중앙지점으로부터 시간주기 동안 샘플링된 데이터 스트림의 더욱 완전한 대표값의 요청을 통신부로부터 수신하는 과정; 그리고 이에 응답하여, 더욱 완전한 대표값을 중앙지점 또는 다른 중앙지점으로 전송하는 과정을 포함한다.
- [0016] [주기적인 보고]
- [0017] 장치는 통신 수단을 포함할 수 있다. 처리부는 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 정보를 추출하는 샘플링된 데이터의 스트림을 처리하는 것을 추가로 포함할 수 있다. 통신부는 장치로부터 원격에서 중앙지점에 주기적으로 종합 정보를 전송하는 것을 포함할 수 있다. 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림은 일정기간 추출된 종합 정보가 제공되는 것보다 일정 기간에 샘플링된 데이터 스트림의 더욱 완전한 대표값을 포함할 수 있다.
- [0018] [감지 변수]
- [0019] 변수는 유체의 압력 및/또는 유체 속도 및/또는 도관 내의 흐름의 높이가 감지될 수 있다. 감지 변수는 수질을 나타낼 수 있다, 예를 들면 염소 농도 또는 물의 혼탁도가 있다. 장치는 센서를 포함 할 수 있다.
- [0020] 서브 샘플링된 스트림의 각 데이터 집합으로 구성된 통계적 부분집합은 데이터 집합의 각 기간 동안 데이터의 최대 및/또는 최소 및/또는 평균 및/또는 표준 편차 및/또는 다른 통계 값을 포함할 수 있다.
- [0021] [소급적(Retrospective) 조사]
- [0022] 장치는, 중앙지점 또는 다른 중앙지점으로부터 지정된 시간에 또는 지정된 시간을 넘어서 샘플링된 데이터 스트림의 더욱 완전한 대표값에 관한 요청을 수신하는 통신부에 따라, 지정된 시간에 해당하는 하나 이상의 데이터 집합을 중앙지점 또는 다른 중앙지점으로 전송하는 것을 더 포함할 수 있다. 더욱 완전한 대표값에 대한 요청은 적어도 하나의 서브-샘플링된 스트림의 적어도 일부분에 대한 요청일 수 있다. 통신부는 그 부분에 포함된 상기 데이터 집합 또는 각각의 데이터 집합을 전송할 수 있다.
- [0023] 서브 샘플링된 복수의 스트림이 있을 수 있다. 각각은 복수의 데이터 집합을 포함하고, 데이터 집합은 샘플링된 데이터 스트림의 통계적 및/또는 데시메이트된 부분집합을 포함한다. 서브 샘플링된 스트림의 데이터 집합은 서로 다른 길이의 주기에 걸친 통계적 부분집합을 포함한다. 다시 말해서, 각각의 서브 샘플링된 스트림은 상이한 주파수에서 서브 샘플링될 수 있다. 주파수는 크기의 순서에 따라 다를 수 있다.
- [0024] 복수의 서브 샘플링된 스트림이 있는 경우, 더욱 완전한 대표값에 대한 요청은 서브 샘플링된 복수의 각각으로부터 각 부분에 대한 요청일 수 있다. 이 요청에 응답하여, 통신부는 이러한 부분들 각각에서 상기 데이터 집합 또는 각각의 데이터 집합을 전송한다.
- [0025] 저장된 각 서브 샘플링된 스트림의 지속시간은 소정의 기간일 수 있다. 이는 각각의 서브 샘플링된 스트림에 대해 동일할 수 있다. 서브 샘플링된 스트림 또는 각각의 서브 샘플링된 스트림은 원형(circular) 버퍼에 저장될

수 있다. 장치는 해당 지속시간에서 샘플링된 데이터 스트림의 흐름을 중단없이 저장할 수도 있다. 이것은 원형 버퍼에 저장될 수도 있다. 지속시간은 대략 며칠 또는 몇 주 또는 몇 개월일 수 있다.

[0026] [샘플링]

[0027] 샘플링부에 의한 샘플링은 고주파수에서 이뤄질 수 있다. 예를 들어, 64 내지 1024의 초당 샘플 수(S/s) 사이일 수 있다. 256 S/s가 한 예이다. 샘플링률은 이러한 두 비율 중 하나일 수 있다; 이것은 그 사이의 비율일 수 있다. 다른 실시예에서, 차라리 다른 샘플링이 사용될 수 있다. 감지된 변수가 유체 압력인 경우, 샘플링률은 100 내지 300 S/s 일 수 있고, 200 S/s 일 수 있다. 감지된 변수가 유체 속도인 경우, 샘플링률은 0.5 내지 2 S/s 일 수 있고, 1 S/s 일 수 있다. 수질 변수(염소 및 탁도)는 15분에서 샘플링되지만, 과도가 탐지되면 더 빠른 샘플링률(5mins)이 트리거된다. 압력은 보조 변수들에 대하여 증가하는 샘플링률을 트리거하는 주요 변수로 사용될 수 있다. 샘플링부에서 샘플링률은 처리부에 의해 제어될 수 있다. 샘플링률을 변경하도록 중앙지점 또는 다른 중앙지점으로부터 수신된 통신수단에서의 신호에 응답하여 샘플링률은 제어될 수 있다. 샘플링부는 데이터포인트가 감지된 시간에 해당하는 시간스텝과 각 데이터 포인트를 찍을 수 있다.

[0028] 샘플링부는 실질적이고 실시간으로 센서로부터 데이터를 수신할 수 있다. 샘플링된 데이터 스트림은 실질적이고 실시간으로 샘플링부에 의해 생성될 수 있다.

[0029] [과도현상(Transients) 식별]

[0030] 상기 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 정보를 추출하는 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 과정은 과도현상 및/또는 비-과도현상 이벤트를 식별하는 과정을 포함할 수 있다. 과도현상 및/또는 비과도현상 이벤트의 식별은 추출된 종합 정보의 적어도 일부를 형성할 수 있다. 처리과정은 각각의 시간주기에 해당하는 각 부분인 샘플링된 데이터 스트림을 처리하는 부분을 포함할 수 있다. 부분은 롤링 시간주기에 해당하는 부분일 수 있다. 다시 말해서, 처리과정은 샘플링된 데이터 스트림쪽으로 롤링 윈도우를 놓을 수 있다. 시간주기는 충분히 길기 때문에 선택될 수 있고, 각 부분은 샘플링된 데이터의 전체 집합을 포함할 수 있다. 이는 도관 및/또는 장치를 요소로 하는 시스템에 의해 경험될 수 있는 가장 긴 과도현상 이벤트를 위함이다. 각 부분에 대하여, 샘플링된 데이터는 과도현상 이벤트를 나타내는 데이터가 포함되어 있는지를 결정하기 위해 분석될 수 있다. 이는 누적 합계를 제공하기 위해 시간주기 동안 연속적인 데이터포인트 간의 차이를 합산할 수 있다. 합계는 과도현상 이벤트가 식별되었는지를 결정하기 위한 과도현상 이벤트를 나타내는 합계의 확률과 비교될 수 있다. 이는 과도현상을 나타내는 그 합계의 확률 기록과 비교를 수행할 수 있다. 기록은 합계값에 대해 발생한 합계의 확률에 관한 확률 분포 함수가 될 수 있다. 기록은 각각의 합계와 그것의 발생 빈도를 기록하여 장치의 작동 중에 생성될 수 있다. 레코드는 각각의 누적 합계를 계산하고 작동 중에 연속적으로 갱신될 수 있다. 기록은 결정된 값 이하의 확률 값을 나타내는 임계값의 지표를 포함할 수 있다. 합계는 과도현상 이벤트를 나타내고, 따라서 과도현상 이벤트가 식별되도록 값이 결정된다. 발생한 합계의 누적을 계산한 확률은 그 임계값과 비교될 수 있다. 따라서 과도현상을 검출하는 알고리즘은 개별 장치의 자율적인 자기조정능력을 감안한다. 그리고 이러한 처리과정은 지역특정적이고, 다른 물 공급 시스템은 동적인 유압 작용(배경 작용)의 다른 수준을 경험할 것이다.

[0031] 과도현상 이벤트를 식별하는 것에 응답하여, 통신부는 이를 나타내는 신호를 중앙지점으로 전송할 수 있다. 이로 인해 추출된 종합 정보에 관한 주기적인 전송의 대기 없이 발생할 수 있다. 과도현상 이벤트를 식별하는 것이 발생할 수 있다. 신호는 과도현상 이벤트가 식별되는 부분에서의 데이터를 포함할 수 있다.

[0032] [종합(Summary) 통계 정보]

[0033] 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 정보를 추출하기 위해 데이터 스트림을 처리하는 과정은 샘플링된 데이터 스트림으로부터 종합 통계 정보를 판단하는 과정을 포함할 수 있다. 종합 통계 정보는 추출된 종합 정보의 적어도 일부를 형성한다. 종합 통계 정보는 스트림의 일부분에서 하나 또는 이상의 최대 및/또는 최소 및/또는 평균 및/또는 분산 및/또는 표준 편차 값을 포함할 수 있다. 종합 통계 정보는, "종합 시간주기"라고 칭하고 일부분들 중 복수에 해당하는 시간주기에서, 하나 이상의 최대 및/또는 최소 및/또는 평균 및/또는 분산 및/또는 표준 편차 값을 포함할 수 있다. 예를 들어, 종합 시간주기는 하나 이상의 시간, 일 또는 주일 수 있다. 실시예에서, 동적인 유압 작용을 연속적으로 감시하는 개념은 또한 통신 구간에 영향을 미칠 것이다. 파이프 네트워크의 유압에 작은 변동이 있고 정상 상태인 경우, 시스템은 통신 중 긴 주기 동안(예를 들어, 30분의 추세에 비해 시간당 한번) 견딜 수 있다.

[0034] 추출된 정보의 통신부에 의한 전송주기는 종합 시간주기와 실질적으로 동일할 수 있다.

- [0035] [확률 분포 함수와 충격 측정기준]
- [0036] 과도현상 이벤트를 식별하는 경우, 처리부는 과도현상 디스크립터를 생성할 수 있다. 이는 식별된 과도현상 이벤트의 하나 이상의 특성을 나타낸다. 과도현상 디스크립터의 예는 과도현상의 경사도이고, 이는 과도현상 시간 또는 다른 시간이 지나면 시간에 따라 감지된 변수의 변화율이다. 다른 시간은 예를 들어 과도가 식별된 각 부분의 지속시간이 있다. 다른 과도현상 디스크립터는 경사도의 방향, 과도현상의 시작 및/또는 중지 크기, 소멸 경사도, 경사도 변화의 시퀀스(sequence)를 포함한다. 과도현상 디스크립터 또는 각각의 과도현상 디스크립터는 처리부에서 과도현상의 심각도 지표를 생성하기 위해 사용된다. 과도현상 디스크립터의 값은 그 과도현상 디스크립터의 값이 발생한 확률 지표와 비교하여 수행할 수 있다. 이 방법으로 과도가 식별되는 방식과 실질적으로 동일한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 과도현상 디스크립터의 값은 그 값의 확률을 확인하기 위해 사용하는 동안, 과도현상 디스크립터의 측정값의 확률 분포와 비교될 수 있다. 확인된 확률은 과도현상의 심각도를 제공하기 위해 하나 이상의 임계값과 비교될 수 있다. 따라서, 본 구성은 자율적인 자기조정능력 및 현장 맞춤형 임계값을 제공할 수 있다. 임계값은 심각도의 측면에서 과도현상을 분류하는 데 사용될 수 있다. 이는 세계의 등급이 있을 수 있다. 이들은 낮은 관련도, 중간 관련도, 높은 관련도인 과도현상에 해당할 수 있다. 이 같은 심각도의 측정방법은 "충격 측정기준"이라고 칭할 수 있다.
- [0037] 충격 측정의 기준은 종합 통계 정보의 결과들을 결합할 수 있다. 충격 측정기준은 추출된 종합 정보의 일부로 형성할 수 있다. 이 종합 정보는 주기적으로 중앙지점으로 전송된다. 충격 측정기준은 통신수단으로부터 추출된 종합 정보의 전송 빈도를 결정할 수 있다. 충격 측정기준이 정의된 임계값을 초월에 해당하는 경우, 추출된 종합 정보는 많은 횟수로 전송될 수 있다. 충격 측정기준이 정의된 임계값 또는 다른 정의된 임계값보다 이하에 해당하는 경우, 추출된 종합 정보는 적은 횟수로 전송될 수 있다. 높은 관련도의 과도현상을 나타내는 충격 측정기준은 추출된 정보의 중앙지점으로 실질적이고 즉각적인 전송을 개시할 수 있다.
- [0038] [복수 채널]
- [0039] 장치는 감지된 데이터의 복수의 채널을 가질 수 있다. 장치는 각 센서에 의해 감지된 각각의 변수를 나타내는 복수의 센서 각각으로부터 실질적이고 연속적으로 각각의 데이터를 수신할 수 있다. 샘플링부는 각각의 감지된 변수의 샘플링된 데이터로 된 각각의 스트림을 생성하기 위해 데이터를 샘플링할 수 있다. 장치 그리고 방법은 각 스트림이 실질적으로 동일한 방식으로 병렬로 처리되는 것이 포함될 수 있다.
- [0040] [클록 이동(drift)]
- [0041] 다른 실시예에 따르면, 센서로부터 고빈도 데이터를 수신하는 것과 각각의 데이터 각각의 데이터포인트와 시간 스탬프를 연결하는 것을 포함하는 감시장치가 제공된다. 장치는 클록 모듈과 수신부를 포함한다. 클록 모듈은 시간을 유지하는 것을 포함하는 국지적인 클록을 포함하고 신호 수신부를 더 포함한다. 신호 수신부는 정확한 시간을 나타내는 원격 소스로부터 무선 시간신호를 주기적으로 수신하는 것을 포함한다. 클록 모듈은 국지적인 클록에 의해 유지된 시간을 시간신호와 비교하는 것을 포함하고 국지적인 클록을 조정하는 것이 포함된다. 그것은 시간유지의 정확도를 향상시킨다.
- [0042] 클록 모듈은 국지적인 클록에 의해 유지된 시간을 시간신호와 반복적이고 선택적이고 주기적으로 비교하는 것이 포함될 수 있고 국지적인 클록을 조정하는 것이 포함될 수 있다. 클록 모듈은 시간주기 동안 여러 경우에 클록을 가속 및/또는 감속하여 국지적인 클록을 가변적이게 조정할 수 있다. 클록 모듈은 국지적인 클록이 시간주기 동안 정확한 시간을 참조함에 따라 변화하는 경향이 어떠한지를 알 수 있다. 그리고 실질적으로 정확한 시간 유지를 달성하기 위해 클록을 조정함으로써 이 변화를 보상할 수 있다. 클록 모듈은 또한 국지적인 온도를 나타내는 신호를 수신할 수 있다. 그리고 이를 기반을 두어 적어도 부분적으로 국지적인 클록을 변화시킨다. 장치는 수신부가 국지적인 클록이 변화하는 경향이 어떠한지를 알기 위해 시간신호를 더 많은 횟수로 처음에 수신하도록 동작시킬 수 있다. 그리고 나서 국지적인 클록의 변환을 알게 된 경우 수신부를 적은 횟수로 동작시킬 수 있다.
- [0043] 이러한 실시예의 장치는 추가로 동일한 기능과 선택 기능을 가진 본 실시예의 제1 측면의 장치일 수 있다. 마찬가지로, 이러한 실시예의 기능은 또한 다른 실시예의 기능일 수 있다.
- [0044] [모듈]
- [0045] 모든 실시예의 장치는 모듈식일 수 있다. 장치의 구성요소는 각각의 하우징에 내장될 수 있다. 하우징은 국지적이고 선택적이고 해제할 수 있게 동작하도록 함께 결합할 수 있다. 처리부는 메인 모듈에 내장될 수 있다. 만약

저장부 및 선택적인 통신부가 있다면 메모리 모듈에 내장될 수 있다. 센서 및 선택적인 샘플링부는 센서 모듈에 내장될 수 있다. 배터리 등의 전원은 전원 모듈에 내장될 수 있다. 메모리 모듈의 하우징에는 장치의 동작과 입수된 데이터를 나타내는 디스플레이를 포함할 수 있다. 디스플레이는 과도현상 이벤트가 이전 주기에 결정되었는지를 나타낼 수 있다; 이는 결정된 어떠한 과도현상 이벤트의 심각도를 나타낼 수 있다. 디스플레이는 충격 응력 측정기준을 나타낼 수 있다. 메모리 모듈은 국지적인 통신을 위해 휴대용 컴퓨터 등의 조사장치를 포함될 수 있다. 이는 유선 또는 무선 통신을 할 수 있다. 메모리 모듈은 이러한 통신 중에 마이크로 서버로 동작하는 것을 포함할 수 있다. 가압 모듈 또는 각각의 가압 모듈은 처리부에 데이터를 제공하는 것을 포함하는 공기압 센서를 포함할 수 있다. 지정된 임계값 이하의 공기압 저하를 검출하면, 처리부는 의심스러운 모듈이 검토되었는지를 식별할 수 있고 이를 나타내는 신호를 생성할 수 있다. 이 신호는 중앙지점으로 전달될 수 있다. 처리부는 이에 해당하면 정지될 수 있다.

[0046] 배터리를 고유하게 식별하는 ID 칩을 포함할 수 있다. ID 칩은 배터리 모듈이 동작을 위해 접근될 경우 처리부에 의해 판독될 수 있다.

[0047] [중앙 처리]

[0048] 본 실시예의 제3 측면에 의하면, 유체가 흐르는 도관 망에서 과도현상 이벤트의 원인이 되는 근사적인 위치를 식별하기 위한 중앙제어부가 제공된다. 중앙제어부는 처리부와 통신부를 포함한다. 통신부는 복수의 원격장치들로부터 원격장치와 연관된 각각의 도관 한 토막에서 유체 흐름의 과도현상 이벤트를 나타내는 각각의 추출된 정보를 수신하는 것을 포함한다. 추출된 정보는 과도현상 이벤트와 연관된 실질적으로 정확한 시간 스탬프를 포함한다. 처리부는 추출된 정보 및 각 장치의 지리적 위치에 대한 정보에 기반을 두어, 과도현상 이벤트의 원인이 되는 근사적인 위치를 결정하는 것을 포함한다.

[0049] 이러한 본 실시예의 제3 측면의 원격장치 각각은 본 실시예의 제1 측면의 장치들 중 하나가 될 수 있다.

[0050] 중앙제어처리부는 적어도 하나의 컴퓨터 프로세서, 이와 연관된 컴퓨터에 의해 판독할 수 있고 비휘발성의 저장장치, 이와 연관된 영상 디스플레이부(display)를 포함할 수 있다.

[0051] 본 실시예의 제4 측면에 의하면, 네트워크를 구성하는 복수의 도관에서의 액체 흐름을 감시하기 위해서 액체 흐름을 감시하는 시스템을 제공한다. 시스템은 본 실시예의 제1 측면에서 정의된 바와 같은 복수의 장치와 본 실시예의 제3 측면에 정의된 바와 같은 중앙제어처리부를 포함한다.

[0052] [개괄적인 내용]

[0053] 위의 모든 실시예에 대하여, 위에서 언급한 선택 기능이 첫 번째 기능을 동작시키기 위해서 필요한 다른 선택 기능을 참조하는 경우를 제외하고, 위에서 언급한 각각의 선택 기능은 다른 선택 기능에서 분리된 실시예에서 제공될 수 있다. 선택 기능이 모든 가능한 조합의 실시예에 함께 포함될 수 있다. 각각의 실시예에서 선택 기능은 각각의 다른 실시예에서 선택 기능인 경우가 있다.

[0054] 바람직한 실시예에서, 도관은 국내 및/또는 산업의 물 사용자에게 물을 공급하는 급수 시스템 등의 수도관이라고 여겨진다. 다른 실시예에서, 도관은 폐수 시스템, 기름 또는 가스 파이프라인의 도관, 처리 공장 또는 원자력 발전소의 도관일 수 있다. 발명의 다른 실시예도 구현 가능하다. 특히, 장치, 방법 및 시스템은 도관 내의 유체 흐름을 나타내는 변수 대신에 교량, 도로, 건물 및 기타 구조물 등의 구조에 영향을 미치는 매개변수를 감지하는 데 사용될 수 있다. 이러한 발명의 실시예에서, 힘, 진동의 주파수 및/또는 진폭, 소리 진폭 및/또는 주파수, 배수량 등에서 하나 이상 또는 모든 것은 감지될 수 있다. 이 목록에 한정되는 것은 아니다.

[0055] 예시적인 실시예들의 적어도 어떠한 기능들은 다음을 제공한다.

[0056] (i) 동적인 유압조건을 갖는 특징이 있고 고장의 사후분석과 서지보호장치의 진단을 용이하게 하는 다수의 임베디드 기록/원격측정장치로부터 연속적인 감시와 소급적 요구와 고빈도 데이터를 추출한다. 이것은 미국 특허 제 7,219,553호와 미국 특허 제 7,357,034호에 설명된 가변속도 기록의 복잡한 설정을 제거한다. 이 특허들은 사용자에 의해 선택된 임의의 주기 동안, 빈번히 중요한 이벤트를 생략하고, 중요한 데이터를 포착하지 않고 과거의 중요한 고빈도 데이터를 제공할 수 없다.

[0057] (ii) 복잡한 급수 시스템 내에서 설계된 정상 상태 유압 조건에서 거의 실시간으로 편차를 검출한다. 준 정상 상태와 과도현상 데이터로부터 추출된 정보와 차선적 동작 및 트리거 유지의 즉각적인 인식을 용이하도록 하는 과도현상 지수(시스템 응력 수준)의 계산에 사용되는 파이프의 물리적이고 위상적인 정보를 연관시킨다. 이것은 또한 제어 밸브의 고장 또는 잘못된 설정으로 인한 유압의 불안정성을 검출하는 것을 포함한다. 정상 상태의 유

압 조건에서 물 분배 시스템을 유지하는 것은 상당히 인프라구조의 수명주기를 연장하고, 파열을 수리하는 연간 비용을 절감하고, 변색 이벤트의 수를 감소시킨다.

- [0058] (iii) 서지보호장치의 설계 사양에서 동작 및 편차를 진단하는 것: 데이터는 제어부 및 공기 밸브의 오작동 및 고장난 서지보호장치의 유지보수를 스케줄링하고, 검출하고, 위치를 찾기 위해 사용된다. 이것은 또한 설계 사양에 따라서 서지보호장치가 동작하는 것의 안전성 확보 및 보호수단으로 사용될 수 있다. 급수 시스템에서 해당여부를 유압의 과도현상 범위와 비교한다.
- [0059] (iv) 펌프의 최적화 기법의 안전성 구현을 확인하고 감시한다.
- [0060] (v) 연속적으로 고빈도 압력 신호를 취득하는 것과 다른 압력의 변동에 따라 경사도 변화를 검출하는 것에 의해서 누수 여부에 관해 물을 전송하는 본관을 감시한다.
- [0061] (vi) 고빈도 원시 데이터, 사전 정의된 간격(예를 들어, 1초, 1분, 15분)의 집합에서 압력 변동의 통계적 측정 및 과도현상 이벤트의 조짐을 저장하기 위한 분산 데이터베이스와 같은 장치를 사용한다. 이 설정은 매우 낮은 전력 소모로 연속적인 고속의 시간-동기화된 데이터를 처리하는 데 있어서 필수적이다
- [0062] (vii) 유압 과도로 생성된 대기보다 낮은 압력 때문에 수질 오염의 위험을 감소시킨다.
- [0063] (viii) 잔류 염소의 급격한 변화(감소)에 대한 위험을 제어한다.
- [0064] (ix) 유압 조건의 변동성을 감소시키는 것은 거의 실시간으로 유압의 시뮬레이션 모델의 정확도를 향상시킬 것이다.
- [0065] (x) 연속적인 샘플링/감시 및 최적화된 데이터 저장을 위한 에너지 효율적인 데이터 관리가 된다.

발명의 효과

- [0066] [기존 장치의 단점 해결]
- [0067] 기존 장치에서는, 관심대상이 되는 이벤트에 대한 더 많은 정보를 얻기 위해, 소급적으로 돌아가서, 임의의 시간 간격 동안의 데이터에 대한 고빈도 시간-동기화된 데이터 또는 주기적인 데이터 스냅샷 사이의 데이터를 추출하는 것이 가능하지 않다. 이 기간에 대한 데이터가 입수되지 않고 손실된다. 예를 들어, 파열 또는 다른 오류가 발생하면, 조작자는 파열 전에 동적인(비정상 상태) 유압조건을 요구하거나, 또는 과거의 중요한 데이터(시간적인 해상도의 증가)를 업샘플링 하거나, 동일한 시간 간격 동안 다수의 장치에 고장 원인 및 작용원리를 확인하기 위해 요구할 수 없다. 서브-샘플링된 데이터의 적어도 하나의 스트림을 제공하여 - 즉, 충화 저장을 제공하여, 데이터의 통계적 서브집합- 원하는 기간 동안 장치를 전송장치와 국지적으로 연결하거나 또는 원격의 통신 연결을 통하여 관련 정보를 용이하게 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0068] 본 발명의 특정 실시예는 단지 예로서 그리고 첨부된 도면을 참조하여 이후 설명될 것이다.
- 도 1은 중앙제어부와 다섯 개의 원격장치를 포함하는 유체 흐름 감시 시스템의 개략적인 형태를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 원격장치의 대표적인 하나의 하드웨어 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 3은 도 1의 원격장치의 동작을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 4는 도 2의 원격장치의 일부 동작을 상세하게 나타낸 도면이다.
- 도 5는 도 2의 원격장치의 다른 부분의 동작을 상세하게 나타낸 도면이다.
- 도 6은 중앙서버장치의 하드웨어 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 7은 중앙제어부의 동작을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 8은 중앙제어부의 일부 동작을 상세하게 나타낸 도면이다.
- 도 9는 과도현상 디스크립터를 갖는 과도현상 이벤트를 나타내는 도면이다.
- 도 10은 시스템 구성요소의 공간적 위치를 개략적으로 나타낸 도면이다.

- 도 11은 도 2의 원격장치의 모듈화된 구성 요소를 나타내는 사시도이다.
- 도 12는 장치의 수동 접근과 데이터의 업로드를 도시한 흐름도이다
- 도 13은 데이터에 접근, 다운로드 및 처리하는 데이터 관리 절차를 나타낸 도면이다.
- 도 14는 광역 감시의 시간 동기화를 나타낸 도면이다.
- 도 15는 시간 방송 신호의 불확실성을 나타낸 도면이다.
- 도 16은 대기시간(latency)을 추정하는 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 17은 지터를 최소화하고 정확한 시간 기준을 디코딩하는 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 18은 홀드오버 주기를 연장하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 19는 도 2의 원격장치에 저장된 데이터의 예를 나타내는 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0069]

물 전송 및 분배 시스템은 제어와 고장의 여파의 수준이 증가되고 있는 중요한 인프라이다. 동적인 유압 형태로 인한 하중 조건의 연속적인 감시는, 노후된 파이프라인 인프라의 구조 강도를 유지하는 것과 수질을 보호하는 것을 용이하게 한다. 동적 유압 조건은 이를 감시하고 제어하는 신규한 방법과 장치가 필요하다. 심각한 전력 제약하에서 연속적으로 고빈도의 시간 동기화된 데이터의 수집이 필요하고 다량의 데이터 관리도 필요하기 때문이다. 감시 시스템은 또한 거의 실시간인 요구(query)와 임의의 시간 주기 동안 시간-동기화된 고빈도 유압 데이터를 추출하기 위한 소급적 요구가 가능해야 한다. 이것은 파열(burst) 및 기타 고장이 발생한 경우 시스템 고장 전 또는 고장 중에 고빈도 시간 동기화된 데이터를 추출함으로써 고장 메커니즘을 파악하기 위한 근본적인 원인 분석이 필요할 때 특히 유용하다.

[0070]

도 1은 본 발명의 실시예인 시스템(100)을 간략하게 도시한다. 도 1을 참조하면, 시스템(100)은 서버(200) 형태의 중앙제어부와 통신하도록 구성된 복수의 원격장치(10)를 포함한다. 이 실시예에서, 이하에서 설명하듯이 통신은 무선 통신이다. 각각의 원격장치(10)는 도관 내의 액체 흐름을 감시하도록 하는 액체흐름 감시장치이다. 각각의 장치(10)는 복수의 기능을 수행하는 각각의 여러 하드웨어 구성 요소를 포함한다.

[0071]

도 2는 장치(10)의 대표적인 일 예를 구성하는 기본 하드웨어 구성요소를 개략적이지만 보다 상세히 나타낸다.

[0072]

장치는 센서(12) 형태의 감지부를 포함한다. 이 실시예에서, 센서(12)는 급수 네트워크의 도관에 구비되는 것으로 도시되어 있지만, 다른 실시예에서 센서는 다른 발명으로 구비될 수 있다. 센서(12)는 도관 내의 유수를 나타내는 변수를 감지한다. 예를 들어, 이는 유수의 압력, 속도, 높이, 온도, 또는 다른 특성을 포함할 수 있다. 이 예에서, 감지된 변수는 압력이다. 센서(12)는 실시간으로 연속적인 신호로서 감지된 압력을 나타내는 데이터를 제공한다.

[0073]

장치(10)는 또한 센싱부(12)로부터 감지된 압력을 나타내는 데이터를 수신하는 아날로그 디지털 변환기(ADC; 20) 형태의 샘플링부(20)를 포함한다. ADC(20)는 데이터(25)를 고주파수에서 샘플링하는 것을 포함한다. 이 실시예에서, 수압을 나타내는 데이터는 200 S/s의 비율(rate)로 샘플링된다. ADC는 시간스탬프가 찍힌 샘플링된 데이터(27)의 스트림을 출력하기 위해 각각의 데이터포인트에 시간스탬프를 찍는다. 데이터는 높은 정밀도로 시간샘플링된다. 이는 본 실시예에서 밀리 초 이내로 정확하다. 이하에서 도 2를 참조하여 시간스탬프를 상세히 설명한다.

[0074]

ADC(20)의 출력은 마이크로프로세서(30) 형태의 처리부에 입력을 제공한다. 처리부는 램(RAM; 35)과 연결되어 이에 접근할 수 있다. 장치는 또한 비휘발성 메모리(NVM; 40) 형태의 저장부를 포함한다. 메모리는 본 실시예에서는 플래시 메모리이다. 마이크로프로세서(30)는 데이터를 관독하고 기록하고 저장하기 위해 NVM(40)과 통신하도록 구성된다. 뿐만 아니라, 장치(10)는 마이크로프로세서(30)와 연동하는 무선모듈(50) 형태의 통신부를 포함하고 이동 셀룰러 전화 네트워크(도 2에 미도시)를 통해 GSM 및 GPRS 표준에 따라 통신하는 것을 포함한다.

[0075]

시스템(100)의 각 장치(10)는 각 센서(12)로부터 데이터 스트리밍하는 하나 이상의 입력 채널을 갖는다.

[0076]

비록 편의를 위해 도 2는 하나의 센서(12) 및 그로부터 나오는 데이터의 하나의 채널을 가진 장치(10)를 나타내지만, 시스템(100)에서 다른 장치(10)는 유체 흐름을 나타내는 다른 변수를 각각 감지하는 다중 센서(12)들을 가질 수 있다. 각각의 센서(12)는 장치(10)의 분리된 채널에 독립 변수로서 각각 취급되는 식으로, 그로부터 각

각의 연속적인 데이터 스트림을 갖는다. 샘플링률은 특정 변수에 따라 차이가 있을 수 있다: 예를 들어, 유체의 압력은 200 S/s로 측정되고 유체 속도는 1 S/s로 측정되는 반면에 온도 또는 배터리 전압은 매 15분에 한번 측정될 수 있다. 수질 변수(염소와 탁도)는 15분마다 샘플링된다. 하지만, 과도현상이 검출되는 경우보다 빠른 샘플링률이 트리거된다(5분마다). 압력은 보조(secondary) 변수들의 샘플링률의 증가를 트리거하는 기본(primary) 변수로 사용될 수 있다. 데이터 소스는 하나 이상의 다른 데이터 소스를 계산하여 생성될 수 있다. 예를 들어, "과도현상이 검출된다."라는 문장을 나타내는 불(boolean) 방식 데이터 소스("참"과 "거짓" 값만을 가질 수 있는)가 유체 압력 데이터 소스로부터 생성 될 수 있다.

[0077]

하드웨어 구성보다는 장치(10)에서의 데이터 흐름을 도시하는 도 3을 참조하면, ADC(20)에서 시간스탬프되고 샘플링된 데이터는 두 가지 주요 처리 동작을 거친다. 과도현상 신호 분석과정(110)에서, 마이크로프로세서(30)는 신호로부터 정보를 추출한다. 증화 저장과정(120)에서, ADC(20)로부터의 시간스탬프된 데이터는 마이크로프로세서(30)에 의해 병렬적으로 여러 개의 서브 샘플링된 스트림으로 서브 샘플링되고, 나중에 독출이 가능하도록 비휘발성 메모리(40)에 저장된다. 이 모델은 에너지 사용과 통신을 최소화하면서도, 높은 샘플링률에서 연속적인 샘플링을 유지하도록 설계된다. 시스템 동작은 중앙서버(200)로부터 전송된 명령과 요청인 "요구"를 포함한다. 장치(10)는 무선모듈(50)을 통해 중앙서버(200)와 통신한다. 이러한 요구는 과도현상 신호 분석과정(110)의 매개변수를 설정하고, "지속적인 요구들"을 사용하여 장치(10)에 의해 어떤 데이터가 정기적으로 전송되는지 정의한다. 요구들은 장치(10)에 저장되고 다른 요구에 의해 정지되는 때까지 실행을 계속한다. 과도현상 신호 분석의 결과 및 요구에 의해 생성된 데이터는 중앙서버(200)로 전송된다.

[0078]

[증화 저장]

[0079]

개발된 "증화 저장" 시스템은 도 4에 도시된다. ADC(20)에 의해 샘플링된 후, 장치(10)에서 각각의 센서(12)로부터 각각 감지된 변수는 "증화 스트림"으로 저장된다. 따라서, 센서(12) 수만큼의 증화 스트림이 있을 것이다. 도 4에서 증화 스트림(130)이 도시되고, 도 4는 본 실시예에 따른 증화 스트림의 대표적인 예이다. 증화 스트림(130)은 ADC(20)로부터의 원시 데이터 및 원시 데이터와 병렬적으로 저장된 데이터로 된 여러 개의 서브 샘플링된 스트림을 포함한다. 서브 샘플링은 마이크로프로세서(30)에 의해 수행된다. 서브 샘플링된 스트림은 다수의 데이터 집합으로 구성된다. 서브 샘플링된 스트림에서 각각의 데이터 집합은 튜플을 포함한다. 튜플은 서브 샘플링된 항목의 시작 시간 및 데이터 집합 항목으로 커버되는 시간에 따른 원시 데이터에 관한 다수의 통계 디스크립터로 구성된다.

[0080]

마이크로프로세서(30)에 의해 실행되는 통계적 서브 샘플링의 유형은 데이터의 유형에 따라 다르다. 연속적인 가변 데이터에 대해 최소, 최대, 평균 및 분산 값이 계산된다. 불 방식의 데이터에 대해서는 데이터 항목들의 논리 OR이 계산될 수 있다. 또한, 서브 샘플링된 집합을 생성하는 경우, 표준편차와 같은 다른 통계 값이 계산될 수 있다. 도 19는 15초마다 한 번씩 판독을 수행하는 데이터 소스 및 이로부터 생성될 수 있는 1분 통계적 서브샘플을 보여준다.

[0081]

이러한 서브 샘플링된 스트림은 대량의 데이터 접근 없이도 장기간의 데이터를 검색할 수 있게 한다. 데이터 접근은 원시 데이터의 접근만을 위해 주어진 시간의 동일한 주기 동안 정보를 입수하기 위해 필요하다. 이것은 대량의 데이터를 관리하는 동안 통신 시간과 에너지를 최소화하는 데에 매우 중요하다. 예를 들면, 원시 데이터만 사용할 수 있다면 200S/s의 1시간 데이터는 72만 번의 데이터 판독이 필요할 수 있는 데, 1분 서브 샘플링 집합은 단지 60번의 판독만 필요할 뿐이다.

[0082]

원시 데이터와 서브 샘플링된 데이터 집합은 그것들이 측정되는 순서대로 저장된다. 그러므로 각각의 데이터 스트림은 증가하는 시간 값에 따라 분류된다. 이것은 지수(index)의 사용 없이 특정 시간 값에서 데이터를 찾게 해준다. 이는 효과적인 이진 검색(반 구간 검색) 알고리즘을 사용하기 때문이다. 저장 매체는 원형(circular) 버퍼이므로, 새로 기록된 데이터 항목은 항상 이에 저장된다. 매체가 가득 찼으면 공간을 만들기 위해 가장 오래된 데이터가 삭제될 것이다. 일단 기록되면, 데이터는 수정되지 않는다. 따라서 장치(10)로부터 복사된 데이터는 이후 장치에서 어떤 일이 발생할지에 관계없이 신뢰 가능하다고 여겨진다. 서브 샘플링 집합을 사용하면 일반적으로 5% 내지 10% 정도에서 저장장치에 손실을 초래한다. 그러나 이것은 저장장치의 저렴한 비용을 고려할 때 중요하지 않다.

[0083]

[과도현상 신호 분석]

[0084]

증화 저장 시스템과 병행하여, 진술한 각각의 장치(10)는 ADC(20)로부터 제공된 원시(스트리밍) 데이터에 관한 데이터 분석을 실행한다. 이는 그림 5에 도시된다. 이러한 처리동작은 장치(10)가 측정된 모든 데이터 소스에

대해 병렬적으로 수행된다.

- [0085] RAM(35) 및 각각의 장치(10)의 처리 능력은 한정적이므로 모든 수학 연산은 롤링 윈도우 버퍼(rolling window buffer)를 통해 이뤄진다. 이 버퍼의 크기는 구현에 따라 달라지지만, 일반적으로 30초에서 300초의 범위이다. 이 정도면 가장 긴 과도현상의 완전한 이미지를 유지하는 데는 충분하다. 과도현상의 최대 지속기간은 시스템의 토폴로지(topology), 파이프 크기, 과도현상 이벤트의 성질 및 소스 등의 다양한 요인에 따라 다르다. 본 실시예에서, 수압을 나타내는 데이터를 위한 버퍼는 300s이다.
- [0086] 센서 잡음을 여과한 후(예를 들어, 이동평균을 사용) 첫 번째의 데이터 처리 과정은 "과도현상 선택" 기능 블록(140)이다. 이 기능은 데이터를 개연성 있는 과도현상과 비과도현상으로 나누는 것을 포함한다. 윈도우 버퍼 시간의 짧은 주기 동안이라고 가정하면, 평균 신호 값은 변경되지 않는다. 그래서 편차의 합은 항상 거의 0이 될 것이다. 윈도우 내에 있는 후속하는 샘플들 간 편차 합의 누적 분포 함수(CDF)가 만들어진다. 측정된 발생 빈도에 기반을 두어, CDF는 발생의 가능성에 대한 합계값을 기록한 것이다. 만약에 CDF에 따른 합이 "가능성 없음(unlikely)"이면 (예를 들어, <0.1% 확률), 윈도우는 과도현상을 유지하는 것으로 판명된다. 시스템을 통과하는 데이터가 더 많을수록 CDF가 더 향상된다. 일반적으로 간단한 경사 검출기이고 큰 과도만을 검출하는 기존 장치에서 과도현상을 검출하는 것과 극명하게 대조적으로, 이 방법에 따르면 겨우 검출될 정도의 신호의 잡음 층 위에 있는 과도현상을 검출한다. 또한 본 방법은 자기조정능력을 갖고 따라서 현장맞춤형이다.
- [0087] 이러한 최소, 최대, 평균과 분산/표준 편차 등의 종합 통계("주기적인 통계 지표")는 매주 각 요일마다 비과도 현상 신호로부터 수집된다. 이것은 기능 블록(150)에 도시된다. 실시예에서는 이러한 모든 통계가 수집된다.
- [0088] 블록(160)의 "과도현상 분류" 과정은 이벤트의 압축 디스크립터(예를 들어 과도현상 벡터)를 제공하기 위해 변수 집합을 검출된 과도현상(블록(140)에서 검출)에 적용한다. 측정된 과도현상을 처리하는 데 적절한 변수 집합의 예는 시스템 도 7에 도시된다. 이것은 x축 상의 시간에 대해 y축 상으로 센서(12)에 의해 측정되고 ADC(20)에 의해 샘플링된 압력을 도시한다. 이 실시예에서 디스크립터는 과도현상의 진폭(시작 크기라고도 함), 과도현상 경사도(도 7에 미도시), 과도가 실질적으로 잦아드는 지점인 과도현상의 첫 번째 피크 또는 골로부터 경사로 고려될 수 있는 과도현상의 소멸 경사도, 번갈아 생기는 경사도의 시퀀스(sequence)를 포함한다. 과도현상(모든 과도현상마다 분명히 다름) 시간을 제외하고는 각각의 디스크립터에서, 디스크립터의 값은 확률 분포 함수(PDF)를 만드는 데 사용된다. 이것은 블록(162)에서 수행된다. 이 PDF는 발생하는 과도현상의 특정 유형의 확률을 나타내고 주기적이다(예를 들면, 매 24시간마다). 이러한 PDF들은 중앙서버(200)로 전송된다. 장치(10)가 실행되면, 더 많은 데이터가 집계될수록 PDF는 더 정확해진다.
- [0089] 과도현상 PDF, 변수 집합, 시작 시간을 포함한 현재 시간을 사용하여, 설명한 대표적인 과도현상은 수집되고 중앙서버(200)로 전송된다. 이것은 블록(165)에서 수행된다. 대표적인 과도현상은 정기적으로 반복되는 것 또는 과도현상 PDF에 따라서는 "특별한"(낮은 확률) 것이다. 중앙서버는 상이한 측정 지점에서 발생한 이벤트를 상호 비교하기 위해 이러한 과도현상 스냅샷을 사용한다.
- [0090] 주기적인 통계 지표와 과도현상 PDF는 기록장치(logger)에서 간단한 "충격 측정기준"을 계산하는 데 사용된다. 이것은 블록(180)에서 수행된다.
- [0091] 이러한 충격 측정기준은 응력의 크기를 분류하기 위해서 평균적인 파이프의 물성에 관한 가정을 사용한다. 구어체로 하면, 측정되고 있는 파이프 구획은 상태들이 제한된 수 미만이다. 그리고 그 분야의 기술자가 그 시점에서의 네트워크 상태를 평가하는 것을 허용하기 위해서, 정보는 장치(10)의 디스플레이부에서 표시된다(이 실시예에서 장치는 NVM(40)가 내장되고 블록(185)에서 충격 측정기준을 표시하는 데 사용되는 세 가지 다른 색의 LED가 포함된 이동식 메모리 모듈을 추가로 포함한다). 중앙서버(200)와 통신할 수 없고 메모리 모듈의 수동 수집에 의존하는 장치(10)에서는, 국지적인 "응력"은 특정 시간에 메모리 모듈을 수집할 가치가 있는지를 표시할 수 있다. 국지적인 충격 측정기준은 또한 데이터 전송률을 변화시키는 데 사용될 수 있다. 높은 충격 측정기준을 초래하는 극단적인 과도가 검출될 경우, 장치(10)는 정상적인 전송 시간을 대기하지 않고 즉각적으로 중앙서버에 이벤트 데이터를 전송하도록 자동으로 설정될 수 있다. 국지적인 충격 측정기준은 신호등 시스템을 사용하여 등급이 매겨진다. 빨간색 경고는 중앙서버(200)와 즉각적인 통신을 트리거하는 데 사용된다.
- [0092] [중앙 처리]
- [0093] 중앙서버(200)는 도 6에 개략적인 형태로 도시된다. 서버(200)는 각각의 장치(10)와 통신을 위한 임의의 적합한 수단에 의해 인터넷과 통신하는 것을 포함한 모듈(210) 형태의 통신부를 포함한다. 서버(200)는 또한 무선모듈(210), RAM(230) 및 비휘발성 메모리(240)와 통신하는 마이크로프로세서(220)를 포함한다. RAM(230) 및 비휘발

성 메모리(240) 모두 관독/기록을 위해 마이크로프로세서(220)와 통신한다. NVM(240)는 중앙 데이터 저장장치(240)를 포함하고 그래픽 사용자 인터페이스(250) 형태의 입력부/출력부가 제공된다.

- [0094] 중앙서버의 기능적인 처리과정의 개요를 도 7에 도시한다. 서버(200)는 인터넷 모듈(210)을 통해 자신의 통제하에 있는 모든 기록장치(logger) - "기록장치 클라우드"(210) -로부터 이벤트, 과도현상 통계 및 파형 데이터로 구성된 데이터를 수신한다.
- [0095] 중앙서버(200)는 두 가지 주요 과정을 수행한다. 데이터를 기록장치(10)로부터 영구 데이터 저장소로 저장 및 요청하는 것 및 네트워크상의 다양한 분석을 통해 모든 기록장치로부터의 과도현상분석 데이터를 결합하는 것이다. 센서 데이터를 보여 주기 위한 대화형 그래프 및 지리적인 위치 데이터를 표시하기 위한 대화형 지도를 포함한 사용자 인터페이스를 제공한다. 중앙서버는 경우에 따라서는 과도현상 추정기를 조정 및 갱신하기 위해 다양한 위치(다양한 심각도를 갖는 검출된 과도현상)에서 고빈도 데이터 정보(snippets)를 추출할 수 있다. 이러한 방식으로, 분리/감시 시스템은 자신의 검출 능력을 향상시킨다. 그러면 갱신된 과도현상 추정기는 임베디드 감시장치로 "넣어진다(pushes back)".
- [0096] 서버의 중앙 데이터 저장소(240)는 장치(10)의 증화 데이터 저장소와 동일한 구조를 갖는다. 하지만, 이보다 상당히 크고 원형 베타로 구성되지 않는다. 이전 데이터는 겹쳐서 기록되지 않는다. 장치(10)로부터 데이터가 요청되면 저장소에 복사하고 영구적인 기록으로 유지된다.
- [0097] 중앙서버(200)의 데이터 저장 시스템(240)의 핵심적인 측면은 "소급적인 데이터 검색 및 임의의 시간 주기 동안 고빈도 데이터의 요구"라는 개념이다. 경보가 있고 사용자가 과거의 자세한 정보를 보려고 하는 경우, 하나 이상의 기록장치로부터 높은 공간 해상도를 갖는 과거 데이터를 검색하기 위해 기록장치 클라우드로 요구를 보낼 수 있다. 이러한 방식으로, 기록장치가 높은 대역폭 정보를 중앙서버로 지속적으로 송신할 필요 없이, 사용자는 기록장치로부터 임의의 상세 데이터를 볼 수 있다. 이러한 프로세스는 반복적이다 - 사용자는 저해상도 과도현상 이벤트 데이터와 함께 전통적인 15분 데이터를 수신한다. 과도현상 이벤트에 추가적인 조사가 필요하면, 사용자는 특정 이벤트/시간 간격에 대한 높은 시간 해상도를 갖는 과거 데이터를 추출하는 소급적인 요구를 발행한다. 소급적인 데이터 검색은 서버에서 실행되는 자동 분석 루틴에 의해 트리거될 수 있다: 예를 들어, 과도가 하나의 장치(10)에서 검출되는 경우 국지적인 네트워크 주변의 주변장치(10)로부터 데이터를 추출하기 위해 자동 요구가 생성된다. 그리고 데이터는 이벤트 소스의 위치를 찾는 데, 복잡한 토폴로지 시스템 내부의 유압 연결을 조사하는 데, 그리고 서지보호장치의 성능을 진단하는 데 사용된다.
- [0098] 지리정보시스템(GIS)은 배관 재료 및 직경, 네트워크 레이아웃, 기록장치 위치, 기록장치 배치를 계획할 때 사용된 것과 같은 사진 및 노트 등의 정보를 제공한다.
- [0099] 중앙서버(200)는 각 장치(10)로부터 대표 스냅샷과 함께 주기적인 통계 지표, 과도현상 PDF 및 과도현상 분류를 수신한다. 이 실시예에서, 특정 장치(10)의 모든 채널에 대한 데이터는 효율성을 위해 함께 통신 링크를 통해 전송되지만, 장치(10)가 하나 이상의 측정 채널을 갖는 경우에 각각의 채널은 분석을 위한 별도의 장치(10)인 것처럼 취급된다. 이러한 데이터를 처리하는 분석 과정은 도 8에 도시된다.
- [0100] 장치(10)에서 자체적으로 사용되는 동일한 방법을 이용하여, 기록장치별 충돌 측정기준을 계산하기 위해, 각각의 장치(10)에서 데이터는 GIS로부터 간단한 파이프 정보(알려진 재료, 연식, 직경 및 개연성 있는 조건)와 결합한다.
- [0101] 각 장치의 위치는 알려져 있고 이러한 위치는 서로 이러한 위치의 관계를 저장하는 계층적인 지리적 위치 그래프를 포함한다. 예시적인 그래프는 시스템을 나타낸 도 10에 도시된다. 지역적 분석의 목적을 위해 각 장치(10)의 실제 GPS 위치는 사용되지 않고, 지리적 위치 그래프에 기재된 관계를 사용한다. 반면 GPS 위치는 데이터의 시각화에 사용된다. 예시된 그래프에서 장치 "L1"의 채널 0과 1은 밀접하게 관련된 것으로 여겨진다. 그것들이 동일한 부모(parent)를 공유하기 때문이다. "L1"의 채널 0과 "L2"의 채널 0은 덜 밀접하게 관련된다. 그것들은 단지 조부모(great-grandparent)를 공유하기 때문이다. 이 둘은 거의 "L4"(공통된 증조부모)의 채널 0과 근근이 관련된 것으로 여겨지고 "L9"(공통된 조상 없음)의 채널 0과 전혀 관련이 없다고 여겨진다.
- [0102] 대표적인 과도현상 스냅샷에서 다른 지역에서 발생하는 동일한 과도현상을 시도하고 식별하기 위해 시간스탬프가 사용된다. 과도현상 크기 간의 시간차는 과도현상 소스와 근접한 지역을 평가하는 데 사용된다.
- [0103] 이러한 분석의 최종 단계는 장치마다 충격 측정기준, 과도현상 소스와 근접성 및 지리적 위치 그래프상 위치를 "지역적 충격 측정기준"으로 결합하는 것이다. 지리적 위치 트리의 각 수준에서, 수준 아래의 노드에서의 충격 측정기준의 가중 평균("나뭇" 충격기준은 "좋은" 충격기준보다 더 높은 가중치를 갖는다)은 지역적 충격 측정기준

준을 제공한다. 지역적 충격 측정기준은 지도상에 도시될 수 있다. 사용자가 신호등 시스템을 사용하여 광범위한 지역에 걸친 네트워크의 응력 구획을 한눈에 볼 수도 있고 개별 기록장치의 수준까지 확대하는 것도 가능하다. 게다가, 입수된 데이터는 추출된 "응력(stress)" 지표와 관련된 버스트(burst) 빈도의 확률을 식별하는 데 사용될 수 있다. 이렇게 하면, 시스템의 동적인 유압 작용을 최소화하는 최적의 제어 전략을 선택하도록 네트워크 조작자에게 도움이 되고, 이러한 예비적 관리의 이점도 정량화될 것이다.

[0104] 통계 분석과 병행하여 기록장치로부터 전송된 과도현상 스냅샷은 과도현상 분석 모델을 구동하는 데 사용될 수 있다. 네트워크 주변으로 과도현상 스냅샷이 전파되는 것을 예측하기 위해서이다. 입수된 고빈도 시간-동기화된 데이터에 기반을 둔 이러한 과도현상 시뮬레이션을 주기적으로 실행함으로써, 시스템의 관찰을 넘어 모델링된 과도현상 응답의 스냅샷이 제공될 것이다. 이러한 잔차(residuals) 분석은 고장과 최선에 못미치는 동작을 식별하고 진단하기 위해 사용된다. 예를 들어, 밸브가 개방된 채로 두거나 또는 심지어 네트워크 지도에 기록되지 않은 파이프 부분 같은 네트워크의 부분간 연결 등이 있다.

[0105] 장치(10) 간의 측정기준 및 링크는 데이터 소스를 자동으로 선택하기 위한 종래의 데이터 시각화에 사용될 수 있다. 예를 들어, 사용자는 과도현상을 보기 위해서 그리고 시스템이 과도현상을 측정하는 다른 모든 기록장치의 데이터집합을 자동으로 표시하도록 요청하기 위해서 데이터 집합을 확대(zoom)해서 볼 수 있다. 이러한 데이터가 현재 중앙서버로부터 얻어질 수 없다면, 고빈도 데이터를 소급적 검색하기 위한 요청이 전송될 수 있다.

[0106] 과도현상/비과도현상 CDF 임계값 등의 처리를 제어하는 다양한 매개변수들의 초기 설정은 대표적인 지역(반드시 기록되어 있는 구역은 아닌)에서 수집된 원시 데이터의 주기를 사용하여 계산되고 중앙서버(200)에서 처리된다. 장치(10)가 실행되는 동안 이러한 매개변수들은 중앙서버(200)로부터 무선으로 갱신된다.

[0107] [수동 및 원격(무선) 데이터 관리]

[0108] 본 실시예에서 시스템은 영구적 및 임시적인 감시 설비 모두를 지원한다. 본 실시예에서 장치(10)는 메모리 및 통신기능이 추가된 모듈(도 11의 45에 도시)을 포함한다. 이는 원격 조사에 의한 무선 감시 시나리오 및 현장 실사에 의한 국지적인 조사 시나리오에 대한 유연하고 최적의 데이터 처리를 가능하게 한다. 메모리 및 통신 모듈(45)은 메인 감지기 및 데이터 입수 모듈(46)의 외부에 있고 현장에서 교체될 수 있다. 이 경우 다량의 데이터에 접근하는 경우 또는 입수한 모든 고빈도 데이터가 분석을 위해 필요한 경우(또는 무선 통신이 가능하지 않은 경우), 데이터 다운로드에 소요되는 시간을 줄여준다. 저가의 통신장치 및 메모리의 업그레이드는, 최종 사용자에게 감시/제어 과정 및 설비 설정 등에서 중단을 최소화하면서 수행된다. 영구적인 설치(원격 측정/SCADA 시스템)를 위해, 원격 접근 및 데이터 전송은 GSM 또는 임의의 무선 및/또는 유선 통신 기술을 통해 수행될 수 있다. 이 설정에서, 각각의 장치(10)는 전술한 분산 감지 및 저장 시스템을 포함한다.

[0109] 메모리 및 통신 모듈(45)은 입수한 대용량 고빈도 데이터를 다운로드 및 시각화하는 다른 방법도 지원한다. 이러한 방법들은 도 12에서 설명한다.

[0110] 도 12에 도시한 바와 같이, 입수한 대용량 데이터 집합은 두 가지 방법으로 접근 될 수 있다:

[0111] 1. 메모리와 통신기능이 추가된 모듈(45)(도면에서 "메모리/통신 모듈"을 참조)은 수동으로 수집되고 보안/개인 클라우드 서버로 자동으로 데이터 업로드를 지원하는 배치제어부(Deployment Controller; DC)에 연결된다. DC는 현장에서의 사용 및 장치(10)와 국지적인 통신을 위해서 견고한(ruggedized) 노트북이나 태블릿 컴퓨터 등이 될 수 있다.

[0112] 메모리/통신 모듈(상술한 층화 데이터 구조를 포함한)에 저장된 모든 데이터는 클라우드 데이터 저장, 이벤트 처리 및 고속 업로드 링크를 통한 데이터 탐색(예를 들면, DC를 사용하는 ADSL 또는 광섬유 대역폭)을 위한 개인 클라우드 서버로 DC에 의해 자동으로 보내진다. 웹 기반 인터페이스는 사용자가 다음과 같은 기능을 포함하는 클라우드 서비스에 접근 가능하게 한다. (a) 기록장치 배치와 관련된 공간/위치 정보, (b) 사용되는 센서에 관한 조정 정보, (c) 데이터 입수 설정 및 샘플링 방법에 관한 설정/정리, (d) 위에서 설명한 원시 데이터 및 추출/서브 샘플링된 데이터 집합, (e) 배터리 사용에 대한 종합정보, 각 배터리 팩의 상태 및 배터리 교체 고지, (f) 특정 데이터 처리를 요구하는 관리도구의 집합, 외부의 모델링 및 분석도구에 관한 인터페이스.

[0113] 2. 메모리와 통신기능이 추가된 모듈(45)은 노트북/PC/태블릿 등 외부 PC장치와 연결할 때 원활한 인터페이스를 제공하는 마이크로 서버이다. 이러한 방식으로, 추출된 과도현상 이벤트를 포함하고 메모리와 통신기능이 추가된 모듈에 저장된 원시 및 층화 데이터는 호스트 PC에 특화된 소프트웨어를 설치할 필요 없이 접근 가능하다. 데이터 관리는 사용되는 운영체제(예를 들어, 윈도우, 리눅스, Mac OS)와 PC 하드웨어 사양과 독립적이다. 웹 기반 인터페이스는 옵션 1에서 설명한 웹 인터페이스와 유사한 GUI를 공유한다. GUI는 호스트 PC로 데이터 다운로드

로드를 가능하게 한다. 그러나, 사용자는 입수된 데이터의 이용 및 특정 이벤트와 신호의 구획을 탐색하기 위해서 데이터를 다운로드를 할 필요는 없다.

[0114] 게다가, 본 구성은 무선 데이터 접근없이 임시적인 센서 설치로부터 입수된 데이터에 접근하거나 다운로드를 하거나 처리하기 위해서, 임베디드 알고리즘을 조정하기 위해 전체 데이터집합이 필요한 경우에 필요한 절차와 기술을 포함한다. 이러한 것들은 도 13에 도시되고 다음과 같이 요약될 수 있다.

[0115] 1. 기술자는 장치(10)가 배치된 현장을 방문한다. 임베디드 과도현상 알고리즘은 메모리/통신 모듈(45)의 투명한 부분을 통해 볼 수 있는 적색 LED(신호등 경고 시스템의 일부로서)를 트리거하는 극단적인 이벤트 또는 이벤트의 연속을 검출한다. 그러면 기술자는 메모리 모듈(45)을 센서 설치 설정의 중단 및 데이터 입수 처리의 정지 시간을 최소화하도록 새로운 모듈로 교체한다.

[0116] 2. 견고한(ruggedized) 노트북/태블릿에 메모리/통신 모듈(45)을 연결함으로써, 데이터가 점검될 수 있고 현장에서(예를 들어, 야외보다는 서비스 차량 등의 보호된 환경)를 시각화할 수 있다. 이러한 연결은 메모리/통신 모듈(45)에 연결 가능한 케이블 또는 802.11 와이파이가 부가된 모듈을 통해 이뤄진다. 또한, 메모리 모듈은 DC와 연결되고, 노트북과 케이블(예를 들어, 이더넷 / USB)을 통한 연결 또는 무선연결(예를 들어, 와이파이/블루투스)이 가능한 마이크로 서버(오히려 메모리 모듈 자체에 마이크로 서버를 갖는 것 보다)를 호스트하도록 하는 것이 예상된다. 메모리 모듈(45)의 데이터에 접근, 시각화 또는 검색에 전문적인 소프트웨어가 필요하지 않다. 이는 전술한 층화 저장 모델링으로 인해 가능해진다.

[0117] 3. 기술자는 또한 사무실에 접근하는 데 메모리/통신 모듈(45)을 이용하여 고속 데이터 네트워크(예컨대, ADSL, 광섬유 광대역) 또는 4G등의 고속 무선 서비스를 이용할 수 있다. 메모리/통신 모듈(45)은 클라우드 데이터 저장, 이벤트 처리 및 데이터 검색을 위해서 맞춤 설계된 클라우드 서비스로 데이터를 이동시키는 데 사용되는 배치제어부에 접근된다.

[0118] [시간 스탬프; 클럭 이동 수정; 실행 중 클럭 조정]

[0119] 용수급급 시스템에서의 준 정상 상태 및 과도 유압 조건을 연속적으로 분석하기 위해서, 시스템에 구비된 장치(10)의 정확하고 안정적인 시간 동기화가 제공된다. 도 2에 도시한 바와 같이, 장치(10)는 클럭모듈(90)을 포함한다. 본 시스템은 고빈도 분산 감시를 위한 시간 동기화 솔루션을 제공한다.

[0120] 클럭모듈(90)은 무선 시간신호 수신부, 발진기 및 분산 감지장치들 사이에서 5ms까지 시간 동기화 정확도를 유지하기 위한 임베디드 신호처리 알고리즘을 포함한다.

[0121] 도 14를 참조하면, 대역 외 시간 소스를 이용하여, 저밀도 광역 센서 망을 지원하도록, 확장가능하고 토폴로지 독립적이고 급속 수렴 시간 동기화 서비스가 이뤄질 수 있다. 도 14를 참조하면, 분산 감시 및 제어 시스템은 시간 유지 기능을 하기 위해 실시간 클럭(RTC)을 구현한다. RTC는 정확한 주파수(예를 들어, 32.768 kHz)와 전기신호를 생성하는 압전 재료인 수정 진동자의 기계적 공진을 사용한 저전력 수정 발진기(oscillator)를 포함한다. 도 14에 도시한 바와 같이, 온도, 전원 변동 및 가혹한 산업 환경에서 일반적으로 나타나는 여타 요인 등의 환경 영향은 주파수 및 시간주기에서 불안정성(예를 들어, 이동(drift) 및 스큐(skew))의 원인이 된다. 클럭 성능은 백만당(ppm) 기준으로 측정된다. 제한된 에너지 분산 감지 시스템에 공통적으로 사용되는 저전력 수정 발진기(XO)는 10ppm내지 100ppm의 범위에서 주파수 안정성을 갖는다. 최근 개발된 저전력 온도 보상 발진기(TCXO)는 0.1ppm 내지 10ppm의 향상된 안정성을 제공한다(Kyocera 2011; Rakon 2011; SiTime 2011). 안정성 측면에서, XO는 24시간 주기 동안 860ms 내지 8.6s의 시간 오류가 발생할 수 있다. 반면에 TCXO는 24시간 동안 86ms내지 860ms의 시간 오류가 발생할 수 있다. 본 실시예에서의 분산 감지환경 내에서, +/-5ms(0.05ppm에 해당)로 요구되는 시간 정확도는 국지적인 발진기와의 관장(discipline)를 위하여 신뢰할 수 있는 시간 및 주파수 기준을 제공하도록 외부 신호를 사용함으로써만 달성될 수 있다.

[0122] 요구되는 시간 정확도와 정밀도를 제공하기 위해, 본 시스템에서 각 장치(10)의 클럭모듈(90)은 세계 시간척도인 UTC(협정 세계시간)에 동기화된다. 임베디드 수정 발진기와 UTC를 관장(discipline)하도록 무선신호 방송을 사용하는 것은 클럭 이동을 제어하는 잠재적인 해결수단으로 인식된다. 그러나, 본 실시예에서의 고속 압력 샘플링 방법과 관련하여 발명의 접근법은 중요한 과제가 있다. 연속적인 고속 샘플링에 대해 설명한 장치에 있어서 시간 동기화에 관한 기본 과제는 다음과 같다.

[0123] ● 상호간에 직접적으로 통신하지 않는 분산장치(10)간에 +/- 5ms(0.05ppm) 내의 정확하고 강인한 시간 동기화(UTC 기준).

- [0124] ● 직접적인 시야에 들지 않고 복잡한 무선 전파 환경으로 된 지하 조건의 설비(예를 들어, 맨홀, 검사구, 소화전 및 배수구). 이로 인해 대다수의 설치 지점에서 GPS의 사용이 배제된다.
- [0125] ● 기술된 동작 환경에서 가변적인 신호 품질 및 외부 무선 시간/주파수 신호의 지터.
- [0126] ● 외부 시간/주파수 기준 신호의 연결 개수를 최소화함으로써 달성된 낮은 전력 소비. 결과적으로, 5ms의 임계값을 보장하기 위해서는 긴 홀드오버(holdover) 주기 및 이러한 주기를 적절하게 제어하기 위한 선택이 필요하다.
- [0127] 국지적인 수정 발진기의 스큐는 변동될 수 있고 급격하게 5ms의 임계값을 초과할 수도 있다. 예를 들어, 0°C 내지 40°C의 범위에서 2ppm 정확도를 갖는 양질의 TCXO는 1~2시간 내에서 +/-5ms를 초과할 수 있다. 에너지 소비를 최소화하기 위해서, 외부 시간/주파수 소스의 시간 동기화는 24 시간당 하나의 세션을 초과하지 않아야 한다. 이것은 최소 0.05ppm이상의 정확도를 갖는 수정 발진기에 해당한다. 이러한 장치는 존재하기는 하지만, 설명된 발명의 실시예에서 장치의 사용을 제한할 정도로 에너지 소비가 상당히 높다.
- [0128] 수정 발진기 동작의 홀드오버 주기를 연장하는 것 뿐만 아니라, 수신된 무선 신호의 품질에 영향을 미치는 동작 환경에서 시간 기준 신호를 디코딩하는 것은 중요한 과제이다. 전송된 신호 처리 및 지터와 관련된 무선 전파 지연으로 인해 누적된 대기시간은 수신된 시간에서 상당한 오프셋을 초래할 수 있다. 도 15를 참조하면, 다음과 같다.
- [0129] ● 전송기의 대기시간
- [0130] ● 신호 전파(propagation) 및 수신 처리 시간 ~ 10-100ms
- [0131] ● 지터~ 5-10ms
- [0132] 본 실시예의 구성은 다음과 같다.
- [0133] ● 도 16에 도시된 바와 같이, 배치제어부를 사용하여 배치하는 동안 각 측정 장치의 대기시간을 추정하는 방법.
- [0134] ● 도 17에 도시된 바와 같이, 지터를 추정하고 최소화하는 방법.
- [0135] ● 도 17에 도시된 바와 같이, 시간 및 날짜 기준 코드 신호 전체를 분리할 필요없이 정확한 시간 기준을 수신/디코딩하는 방법.
- [0136] ● 도 18에 도시된 바와 같이, 홀드오버 주기를 연장하고 수정 발진기의 성능을 향상시키는 방법.
- [0137] ● 도 18에 도시된 바와 같이, 사용자가 정의한 정확한 임계값(예를 들어, 5ms)의 유지를 보장하기 위해 시간 동기화 간격(홀드오버 주기)을 적절하게 변경하는 방법.
- [0138] 각 장치(10)의 클럭모듈(90)은 이러한 방법의 과정들이 수행되도록 동작하고 구성된다.
- [0139] 이하에서 도 15 내지 도 18에 도시된 방법을 보다 상세히 설명한다.
- [0140] 분산장치에서 RTC(실시간 클럭)의 시각 동기화는 클럭 간의 오프셋을 정렬하도록 공통 시간(협정 세계시간(UTC))을 사용함으로써 이뤄지고, 임베디드 수정 발진기의 속도를 유지하고 보정하기 위해 주기적인 점검을 실시한다. 장치는 상호간에 직접적인 통신을 하지 않고, 따라서 시간을 동기화하기 위한 무선 메시지를 교환하는 방법은 적용되지 않는다. 협정 세계시간(UTC)은 클럭과 시간을 조절하는 기본 시간표준이다. RTC는, 시간(도 14), 오프셋(기준/UTC 시간과 비교하여 분산장치의 클럭에 의해 전해진 시간의 차이), 빈도(클럭이 진행되는 비율), 스큐(클럭과 기준/UTC 시간사이의 주파수 차이, 예를 들면, 일정한 스큐를 갖는 안정한 발진기) 및 이동(스큐의 변화에 의해 나타나는) 등에 의해 특정된다.
- [0141] 분산장치들이 사용하는 RTC클럭의 동작 및 결과물인 시간 정밀도는 상당한 변화가 발생할 수 있다. 비선형성 및 위상 잡음은 열 및 공급 전압 변동을 초래하고, 수정 발진기를 노후화시킨다. 그 결과로, 초기 클럭 오프셋, 순간적인 클럭 스큐, 추가 관측, 측정 잡음 등의 요인으로 인해 각각의 RTC 이동은 다르게 나타난다.
- [0142] 도 14를 참조하면, 이러한 구성요소의 불확실성은 현장특정적이고 시간적으로 다양하게 나타나므로, 정확하게 정량화되고 최소화될 필요가 있다. 진시간(UTC 시간)을 수신하는 데 주기적으로 사용되는 시간 및 주파수 기준 신호와 관련된 불확실성이 도 15에 도시된다. 예를 들어, 독일, 영국의 MSF, 독일의DCF77, 미국의 WWVB(예를 들

어, RF신호를 통해 정확한 시간 데이터의 전송하는 데 사용되는 진폭/위상 변조 시간 코드) 등의 다양한 국가의 전송기로부터의 시간 기준신호가 이용될 수 있다. 본 실시예는 다중대역 수신기(영국(MSF), 유럽/독일(DCF), 미국(WWVB)과 일본(JJY))를 사용한다. MSF(영국) 비트로부터 수신된 데이터에 기반하여 제시된 분석은 리스트된 다른 시간 방송 시스템에 적용 가능하다. 도 15를 참조하면, 세계 시간기준(UTC)은 t_0^{UTC} 에 전송된다. 하지만 $t_0^{RTC(UTC)}$ 가 아니라 t_0^{Rd} 에 수신된다. 적용요구사항으로서 시간 동기 오차가 5ms를 초과하지 않는다는 정의 ($\delta = diff\{t_0^{UTC} - t_0^{RTC(UTC)}\} < 5ms$)가 필요하다. 그러나, 본 발명자에 의해 수행 광범위 측정에 따르면, 수신된 시간 기준신호에서 총 지연시간($\theta_0^{TD} \approx diff\{t_0^{UTC} - t_0^{Rd}\} \approx 20ms \square 350ms$)은 20ms내지 350ms사이에서 다양하게 나타난다. 이러한 것은 대부분의 무선 제어 클럭에 필요한 1s의 범위 내에서 잘 동작하기는 하지만, 과도현상을 분석하기 위해 요구되는 시간 동기화 정확도보다 자리수가 다를 정도로 더 크다. 아래와 관련된 불확실성을 체계적으로 평가하고 자율적으로 최소화함으로써, 제시된 시간 동기화 해결수단은 배치시에 사용자가 정의할 수 있도록 지정된 시간 동기 오차 범위를 신뢰성 있게 만족시켜야 한다. (i) 방송 시간 기준신호(t^{TR})의 특성 및 정확도, 전파 지연과 대기시간(t^{LT}), 지터(t_0^{JR}), 시간 기준신호를 디코딩하는 지속시간(및 정확성); 및 수정 발진기의 형태를 모델링하고 동기화간의 국지적인 수정 발진기의 스큐를 보상하는 것. 이는 주기적으로 추정된 보정시간을 이용함으로써 행해진다. 홀드오버 주기($\tau_{0,1}^{Rd}$) 내에서 시간 오프셋 ($diff\{t_1^{UTC} - t_1^{RTC(TCXO)}\} < 5ms$)은 5ms 내이고 이상적으로는 시간 동기화의 상한(예를 들어, 5ms)에 가깝다. 주요 목적은 분산장치간에 필요한 시간 동기화의 정확도를 유지하는 동안 홀드오버 주기를 극대화함으로써 전력 소비를 최소화하는 것이다. 오프셋에 대한 보정시간K는 추정된 시간 $t_1^{RTC(TCXO)}$ 과 수신된 UTC 시간 $t_1^{RTC(UTC)}$ 간의 차이를 나타내고, $K = \tau_{0,1}^{DRIFT_{TCXO}} = diff\{t_1^{RTC(TCXO)} - t_1^{RTC(UTC)}\}$ 으로 정의된다.

[0143]

실시예들은 다양한 환경과 작동조건에서 추정된 지연시간 θ_0^{EstD} 을 신뢰성있게 정의하는 방법과 알고리즘을 포함한다; 예를 들면 $\theta_0^{EstD} = \{t^{TR} + t^{LT} + t^{PD}\} + t_0^{JR}$ 이 있다. 이러한 추정치에서, $\{t^{TR} + t^{LT} + t^{PD}\} = Const^{Cal}$ 으로 정의된 집계 지연시간은 거의 일정하며 현장에서 교정된다. 도 16을 참조하면, 배치 설정의 일부로써 설명된 방법이 사용된다. 시간 동기화의 정확도를 상당히 줄일 수 있도록 하기 위해, 지터는 연속적으로 변조된 초 시간 마커 사이의 변화량을 측정한다. 지터 t_0^{JR} 와 관련된 시간 오차는 통신에 영향을 주는 환경 조건에 따라 다양하게 나타나고, 각각의 동기화 이벤트를 위해 최소화되어야 한다. t_i^{JR} 를 최소화하기 위한 방법은 도 17에 도시된다.

[0144]

RTC가 정확한 시간 또는 시간 동기화 이벤트 사이의 "홀드오버"를 유지할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 홀드오버 간격을 더 늘릴수록 정확한 시간 동기화를 유지하기 위한 에너지 소비는 더 낮아진다. 한편으로는, 홀드오버 간격은 과도현상의 전파를 분석하기 위해 발명의 요구 사항에 의해 정의된 시간 동기화에 의한 최대 오차에 의해 제한된다. 예를 들면 몇 시간 내지 며칠 등의 비교적 짧은 시간 주기 동안, 홀드오버 간격은 수정 발진기의 스큐 및 이동과 환경조건(예를 들어, 온도)에 따라 다르게 나타난다. 도 18은 홀드오버 주기를 연장하고 수정 발진기의 성능을 향상시키는 방법을 설명한다. 본 실시예에서, 온도 보상 수정 발진기(TCXO)는 정확도와 저전력 소비 간의 트레이드오프(trade-off)로 사용된다. 설명된 방법에서 홀드오버 범위는 몇 시간 내지 며칠로 다양하게 나타날 수 있다. 따라서 TCXO의 성능(예를 들어, 2PPM 내지 0.05ppm)은 상당히 개선된다.

[0145]

대기시간 $Const^{Cal}$ 의 추정 방법은 도 16에 도시된다. 이러한 처리과정은 장치들이 배치되는 동안 수행되고, 다음과 같다. (i) 2mins의 최소 주기동안(최소 120개 연속적인 시간 초 마커) 또는 장치(기록장치) 수신기에 의해 10분의 평균주기 동안 진폭 변조 시간 방송 신호 내에서 시간 초 마커를 수신하고 기록하는 것, (ii) 배치제어부에 내장된 GPS 수신기에 의해 GPS PPS(초당 펄스) 신호를 수신하는 것(1PPS GPS 신호는 1 마이크로 초까지 정확하다) 및 유선 또는 무선 링크를 통해 GPS PPS신호를 장치로 통신하는 것, (iii) 연속되거나 누적된 시간 초

마커에 대해 GPS PPS 신호와 시간 방송 신호 간의 차이 $\text{diff}\{GPS_{PPS} - Time_{TB}\}$ 를 계산하는 것이다. 그러면 통계 측정 및 필터링 기술이 예상 대기시간과 초기 지터의 특징을 정의하는 데 적용된다. 배치 과정 동안, 사용자는 또한 최대 시간 정밀도 오차(예를 들어, 과도현상 분석에서 +/-5ms)를 정의할 수 있다. 초기 RTC 시간(DD.MM.YYYY HH : MM : SS)은 GPS PPS를 사용하기 위해 설정된다. 이러한 처리과정은 시간 방송 신호의 디코딩을 요구하지 않는다.

[0146]

지터를 최소화하기 위한 방법은 도 17에서 설명된다. 무선 수신기는 진폭 변조된 시간 방송 신호로부터 시간 초 마커 집합을 입수한다. 시간 초 마커 사이의 시간 간격은 정확히 1 초이어야 한다. 짧은 시간 주기(예를 들어, 분) 동안 높은 안정성을 갖는 국지적인 발진기는 연속적인 시간 마커 사이의 시간 간격 $1 - \mu < \text{diff}\{t_{i-1}^{Rd} - t_i^{Rd}\} < 1 + \mu$ 을 측정하는 데 사용된다. 여기서 μ 는 실험적인 임계값이다. 짧은 시간 주기 동안에서 임베디드 수정 발진기의 주파수 안정성은 배치 과정에서 추정되고 앨런(Allan) 변동으로 설명된다. 본 발명자가 입수한 실험 데이터에 따르면 지터는 일반적으로 가우시안 분포를 따라 나타난다. 시간 마커 집합이 수신되면 처리과정이 종료된다. 또한 연속적인 시간 초 마커 집합을 성공적으로 입수하지 않은채 제한 시간주기(예를 들어, 360초)를 초과하는 경우, 처리과정이 종료된다. 이러한 경우, 미리 정의된 간격(예를 들어, 60mins)으로 처리과정이 반복된다. 제한 시간 주기를 둔 이유는 예를 들면 차량이 맨홀 뚜껑 위에 주차한 경우처럼 가끔씩 통신 문제가 발생할 수 있기 때문이다. $1 - \mu < \text{diff}\{t_{i-1}^{Rd} - t_i^{Rd}\} < 1 + \mu$ 에 기반하여 t_i^{JR} 에 대한 평균값이 계산된다. 이러한 방법은 각각의 시간 동기화 사례에서 시간 방송 신호를 디코딩하는 전통적인 방법에 비해 상당한 장점을 갖는다.

[0147]

이러한 방법은 약한 신호를 성공적으로 처리한다. 약한 신호는 시간 초 마커를 빈번하게 누락시킬 수 있다. 따라서 디코딩 처리 시간과 에너지 소비를 상당히 늘리게 된다. 홀드오버 주기를 연장하고 수정 발진기의 성능을 향상시키는 방법이 도 18에 제시된다. 본 실시예에서는 온도 보상 수정 발진기(TCXO)가 사용된다. TCXO는 온도 범위에서 발진기 신호의 이동을 보상하는 온도 모델링을 사용한다. 이러한 모델은 2ppm 내에서 정확하게 동작한다. 각각의 발진기에서 연역적인 온도 모델링이 교정되고 조정된다면, 수정 발진기(예를 들어, TCXO)의 성능은 현저하게 향상시킬 수 있다. 이러한 처리과정은 많은 비용과 시간이 소요된다. 본 발명은 각각의 발진기 성능과 작동 조건을 기반으로 온도 모델을 갱신한다(예를 들어, 지하 공간에 배치된 장치 외함에서 온도 변동은 크게 변화하지 않는다). 주기적인 시간 동기화로부터 입수된 실질적인 이동 오차 측정값이 온도 모델의 미세 조정에서 사용된다. 이러한 방식으로, 0.05ppm까지 개선된 성능이 달성될 수 있다. 이 처리과정은 더 빈번하게 시간 동기화가 수행되는 초기 학습 과정을 포함한다(예를 들어, 초기 24시간 중 매 3시간). 장치는 또한 수정 발진기에 근접하게 위치한 고정밀 온도 센서를 갖는다. 온도는 5 분마다 한 번씩 측정된다. 측정된 오프셋, 계산된 스쿼 및 측정된 온도는 수정 발진기, 온도 경사도 및 스쿼 사이의 상관관계를 유도하는 데 사용된다. 룩업 테이블(lookup table), 다항식 곡선 또는 아핀(affine) 함수의 집합으로 이뤄진다. 더 많은 데이터를 사용할 수 있게 되면, 처리부는 이러한 상관관계를 갱신하고 그 값을 자체적으로 조정한다. 예를 들어, 측정된 오프셋이 최대의 경계 내에 있고 측정된 온도가 알려진 주파수-온도(F-T) 관계에 있는 경우, 홀드오버 주기는 증가한다(예를 들어, 3 시간-> 6 시간 ->... -> 24시간). 만약 측정된 온도 또는 온도 경사도가 알려진 관계 범위를 벗어나 있는 경우, F-T 관계를 확장하기 위해 시간 동기화가 더 빈번하게 수행된다. 오프셋 값이 이미 알려진 관계에 관한 +/-5ms의 최대 에러 경계를 초과하는 경우가 있을 수 있다; 이러한 경우, 입수된 데이터(예를 들어, 압력)는 마지막 홀드오버 주기 동안 시간 동기화가 보장될 수 없음을 나타내고, F-T관계를 갱신하기 위해 더 빈번한 시간 동기화가 설정된다. 이러한 방법은 에너지 소비 및 요구되는 정확도를 최적화하는 시간 동기화 간의 주기를 적응적으로 제어하여, 시간 동기화 처리가 자동적으로 수행하고 자체 조정하는 것을 보장한다.

[0148]

[기계적인 설계]

[0149]

도 11에 도시하는 바와 같이, 장치(10)는 별도의 메인 처리 모듈(46)과, 배터리 모듈(47) 및 메모리 모듈(45) 등을 포함하는 모듈화 디자인을 갖는다.

[0150]

장치(10)가 임의의 고정된 전원 또는 소형발전기(micro-turbine) 등의 에너지수확기(power harvester)으로부터 실행되도록, 배터리 모듈(47)은 파워 컨버터 모듈(미도시)로 교체될 수 있다. 배터리 모듈(47) 내의 배터리는 최종 사용자에게 의해 쉽게 교체될 수 있다(이는 기존의 기록장치가 제공하지 않는 기능이다). 현재 데이터 기록 장치는 별도의 배터리 팩을 수반하나, 최종 사용자에게 상당한 추가 비용이 요구되는 배터리 런플랫(run flat)을 하는 경우, 이것들은 제조 업체로 다시 보내져야 한다. 본 실시예는 최종 사용자가 배터리 교체를 위해 쉽게

개방 가능한 IP68(매우 높은 침투보호등급)의 외함을 제공한다.

- [0151] 장치(10)는 외부(이동식) 메모리 모듈(45)을 갖는다. 모듈을 교체할 필요가 있는지 여부를 기술자가 확인하기 위해서, 시스템 상태를 표시하기 위한 메모리 모듈(45)의 LED가 제공된다. 이러한 방법은 또한 메인 처리 모듈(46)에 추가적인 표시자의 설치를 최소화하고, 따라서 물의 유입 및 고장의 위험을 최소화한다.
- [0152] 메모리 모듈(45)과 배터리 모듈(47) 모두는 생산 및 설치되는 동안 공기가 가득 채워지고 압축된다. 따라서 물이 유입될 가능성을 감소시킨다.
- [0153] 이는 침수된 시설에서 물에 잠겨있는 부품을 보호할 수도 있다. 배치 설정되는 동안, 각각의 외함 내 압력이 측정되고 안전 작동여부(안전 및 장비 점검 프로토콜)를 점검한다. 배치제어부를 통해 조작자에게 정보가 표시되고 정보는 또한 중앙서버로 전송된다.
- [0154] 다양한 모듈은 장치(10)에 대한 통신 옵션, 저장 용량, 센서 인터페이스 등의 중요한 기능을 업그레이드하기 위해 메인 장치 하드웨어를 교체하지 않고 다른 것으로 교체될 수 있다. 예를 들어, GPRS모뎀을 포함한 메모리 모듈(45)은 통신기능이 없는 장치에 통신 기능을 추가하는 데 사용될 수 있다. 그러면 전체 장치(10)를 교체하는 것에 비해 적은 비용으로 LTE로 업그레이드할 수 있다. 이것은 장치(10)와 부품의 연식 연장이라는 중대한 상업적 이익을 가져온다.
- [0155] [배터리 수명주기 예측]
- [0156] 현재 사용되는 "스마트 배터리 시스템"은 배터리에 의해 구동되는 시스템에서 배터리 사용을 감시 및 "충전 상태"(SOC)의 표시를 제공하는 형태의 디지털 제어기가 결합된 재충전 전지로 구성된다. 배터리 제어부는 다수의 방전/재충전 주기에서 충전/방전 및 배터리 전압을 측정하고, 자체 교정하기 위해 이러한 정보를 사용한다.
- [0157] 그러나, 데이터 기록장치는 훨씬 더 높은 에너지 밀도와 낮은 자체 방전속도(시간이 지남에 따라 자발적으로 전하를 잃는 배터리의 경향)를 얻기 위해 일회용 배터리를 일반적으로 사용할 것이다. 배터리 감시 칩("가스 게이지"칩, 예를 들어, 텍사스 인스트루먼트사의 BQ27000)은 수명 기간 동안 배터리에 의해 공급되는 전력을 정확하게 감시할 수 있지만, 이것은 배터리에 저장된 에너지의 초기량이 알려져 있는 경우에 유용하다. 일회용 배터리가 수명 기간 동안 공급할 수 있는 에너지의 양은 전류 소모에 크게 의존하므로, 시스템에 오직 한 종류의 전지가 공급되거나 사용자가 배터리 소모 그래프를 기꺼이 표기하는 것이 아니라면, 배터리가 이미 공급하고 있는 에너지의 양은 잔여 수명 표시에 유용하지 않다. 기록장치의 주된 배터리 물질인 리튬 전지의 출력 전압은 수명의 대부분에 걸쳐 거의 일정하므로 잔여 수명의 표시에 사용할 수 없다(또한 시스템 온도에 따라 달라진다).
- [0158] 본 실시예에서 장치의 배터리 모듈(47)은 자산 추적에 사용하기 위한 고유 ID를 공급할 뿐만 아니라 정상적으로 작동하는 동안 장치(10)의 마이크로 프로세서(30)에 의해 관독하고 기록을 할 수 있는 작은 메모리 칩을 포함한다. 배터리 모듈(47)은 사용자가 배터리를 직접 교체할 수 있도록 설계되어 있다. 배터리 교체 후 사용자는 배터리 메모리 칩의 배터리 교체의 날짜 및 시간을 기록하고 0까지 작동한 일수의 카운트를 세 설정하는 중앙서버(200)와 배터리 모듈(47)이 통신("업로드 부품" 또는 "배치제어부"를 통해)하게 한다. 동시에 사용자는 모듈(47)에 삽입하고 배터리 모듈의 ID번호와 관련된 정보인 배터리의 브랜드/모델을 배터리 교체하는 다음 시점까지 중앙서버(200)에게 알린다.
- [0159] 장치(10)가 작동되면 장치는 기록 파일에 배터리 ID를 기록하고 따라서 업로드된 데이터는 장치와 연관된 배터리 ID를 갖는다. 작동하는 동안 장치(10)는 배터리 모듈의 실행 시간 카운터를 한번 이상 갱신할 것이다(이렇게 하는 횟수는 메모리 모듈 EEPROM 칩의 기록 내구성에 따라 제한된다. 예를 들어, 50k 사이클 내구성을 갖는 칩은 2시간마다 하는 카운터 업데이트를 11년 동안 지속한다). 장치(10)의 일일 에너지 소비는 일반적으로 거의 일정하므로, 배터리 수명은 실행시간에 기반하여 간단하게 측정하는 것이 가능하다.
- [0160] 장치(10)는 배터리가 런플랫할 때 장치가 완전히 종료할 수 있도록 하고 데이터 파일에서 배터리 수명을 기록할 수 있도록 하는 다수의 안전 장치를 갖는다. 데이터가 업로드될 때 중앙서버(200)는 배터리 제품/모델 및 알려진 팬츠는 수명 표를 구성할 수 있을 것이다. 이러한 데이터는 배치제어부가 이용 가능하게 되어 있거나 또는 단순히 사용자에게 수동으로 제공할 수 있다. 사용자가 현장에서 장치(10)를 설치할 때, 기록장치는 배터리 모듈(47)로부터 배터리 수명 카운터를 관독할 수 있고 예측된 잔여 수명 일수에 따른 정보를 제공할 수 있는 사용자의 배치 제어기와 통신할 수 있다.
- [0161] 설명한 바와 같이, 배터리 외함(47)의 기계적인 설계는 IP68을 만족한다. 또한, 배터리 외함이 닫힐 때 대기압보다 높은 0.2-1 bar의 범위로 가압한다. 배터리 외함은 임베디드 디지털 공기 압력 센서(디지털 액티브 압력

센서, MS5534C 측정 특수장비)를 포함한다. 배터리에 의해 구동되는 메인 처리 모듈(46)이 작동할 때, 압력은 배터리 외함(47)에서 주기적으로 측정되고, 10 %의 변화가 검출되면 경보기는 작동되고 서버(200)와 선택적으로 통신을 한다. 처리부는 경보 후 짧은 시간주기 동안 장치(10)를 종료할 수 있다. 사용자는 침수 및 추가 안전에 대해 추가적인 보호를 위한 선택사항을 설정할 수 있다. 배포를 설치하는 동안, 각각의 외함 내의 압력은 측정되고 안전한 작동(안전 및 장비 점검 프로토콜)을 보장하기 위해 점검된다. 정보는 배치제어부를 통해 조작자에게 표시되고 또한 중앙서버로 전송된다.

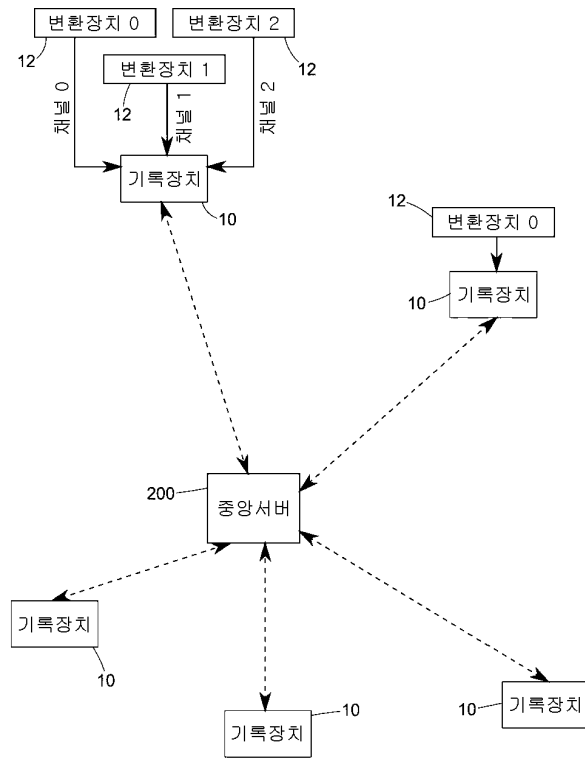
부호의 설명

[0162]

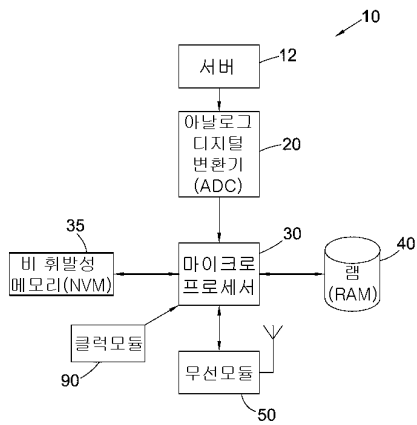
- 10: 기록장치
- 20: 아날로그 디지털 변환기(ADC)
- 30: 마이크로 프로세서
- 35: 비 휘발성 메모리(NVM)
- 40: 램(RAM)
- 50: 무선모듈
- 90: 클럭모듈
- 200: 중앙서버
- 210 : 통신모듈
- 220 : 마이크로 프로세서
- 230: 램(RAM)
- 240 : 비휘발성 메모리(NVM)
- 250: 입/출력부

도면

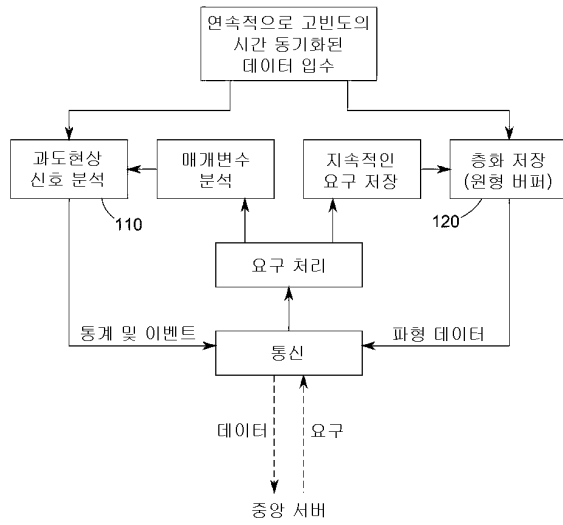
도면1



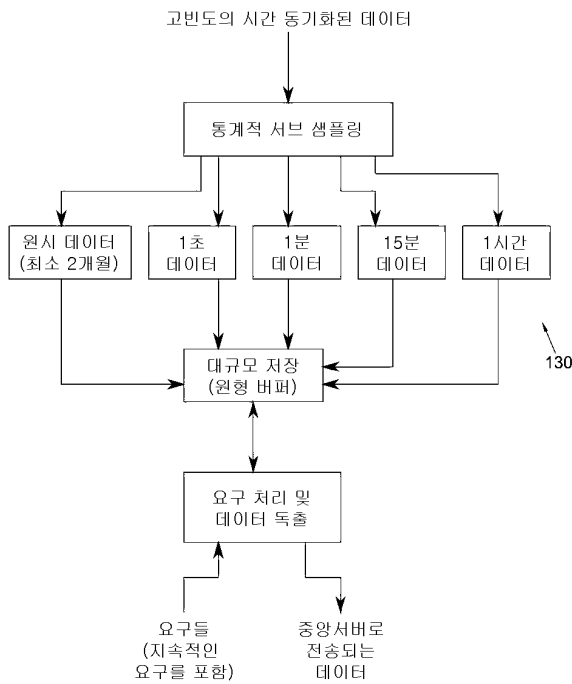
도면2



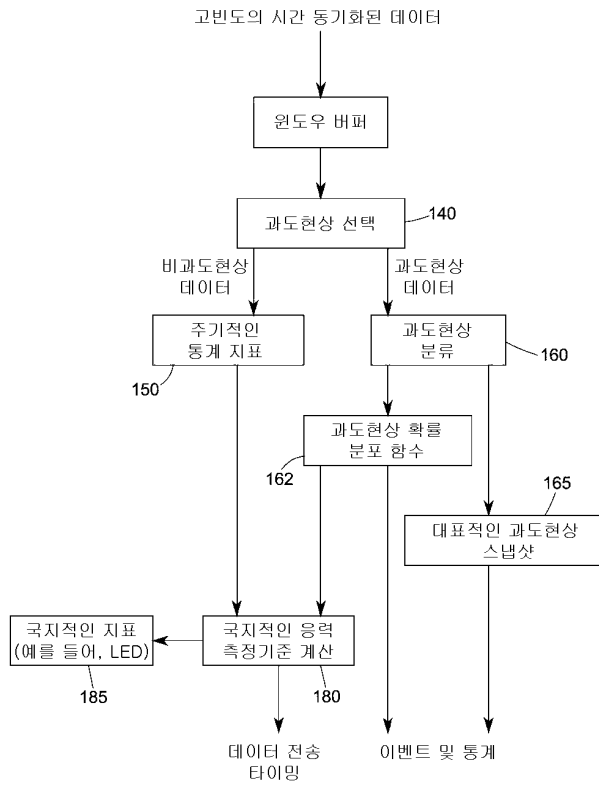
도면3



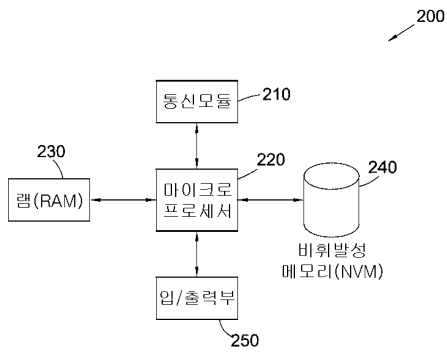
도면4



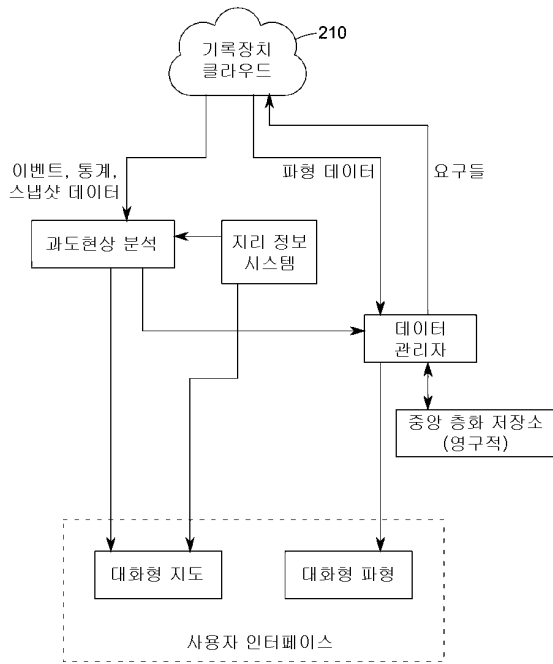
도면5



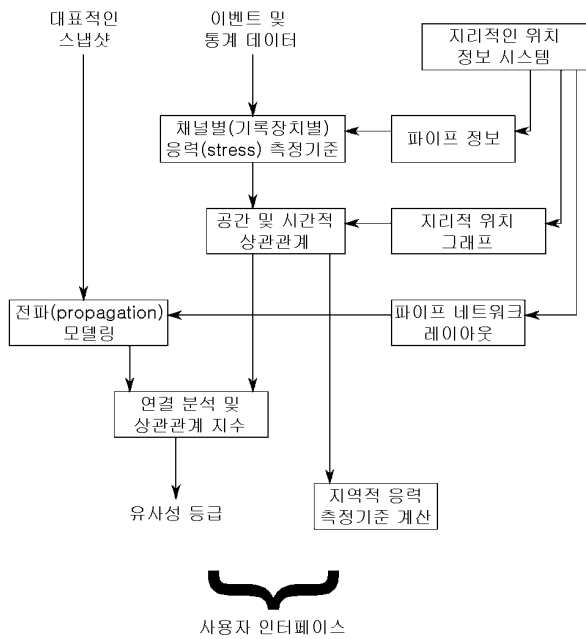
도면6



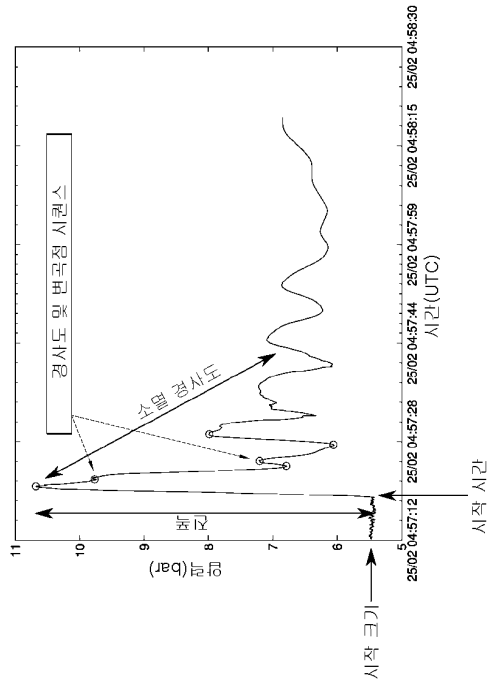
도면7



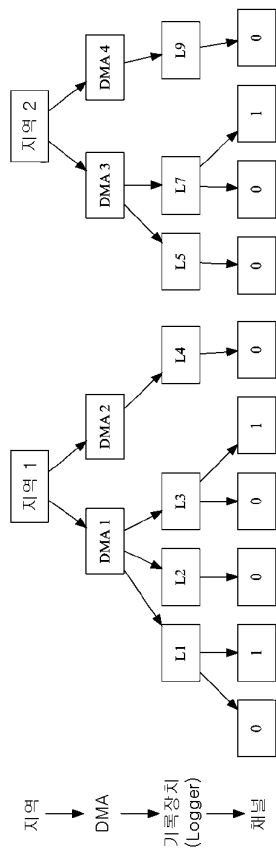
도면8



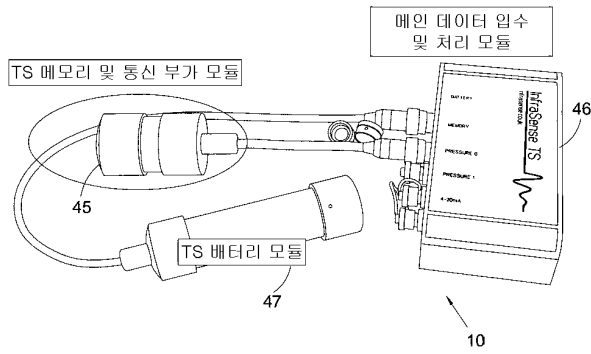
도면9



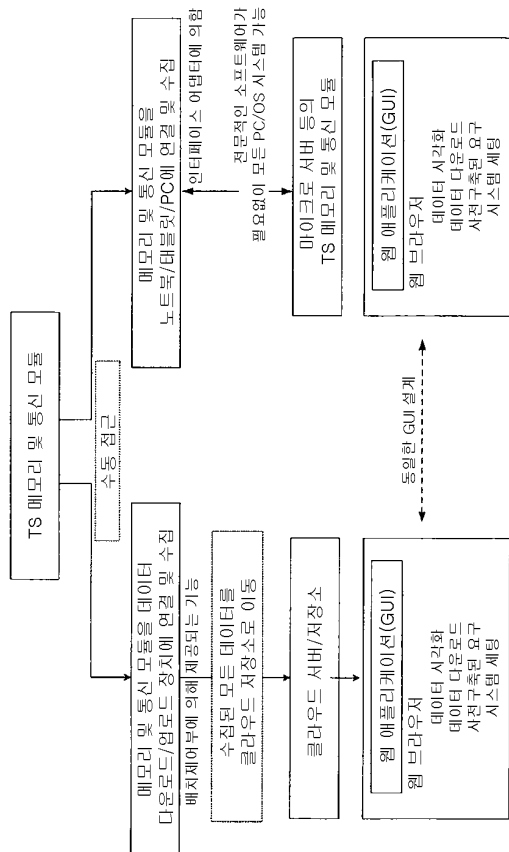
도면10



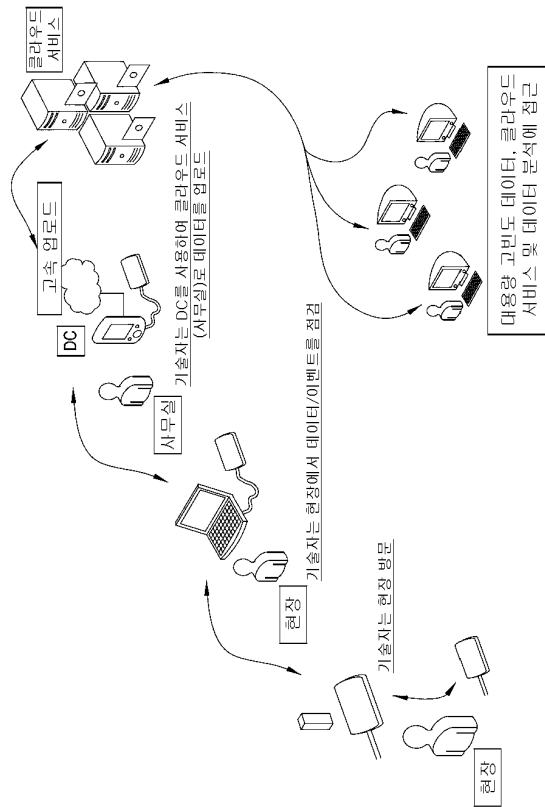
도면11



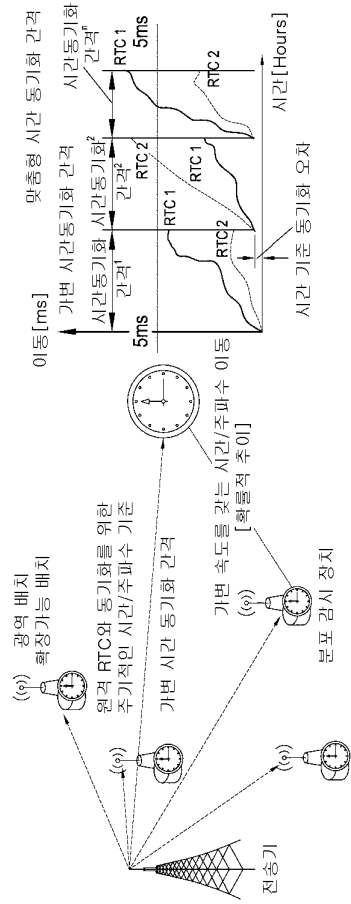
도면12



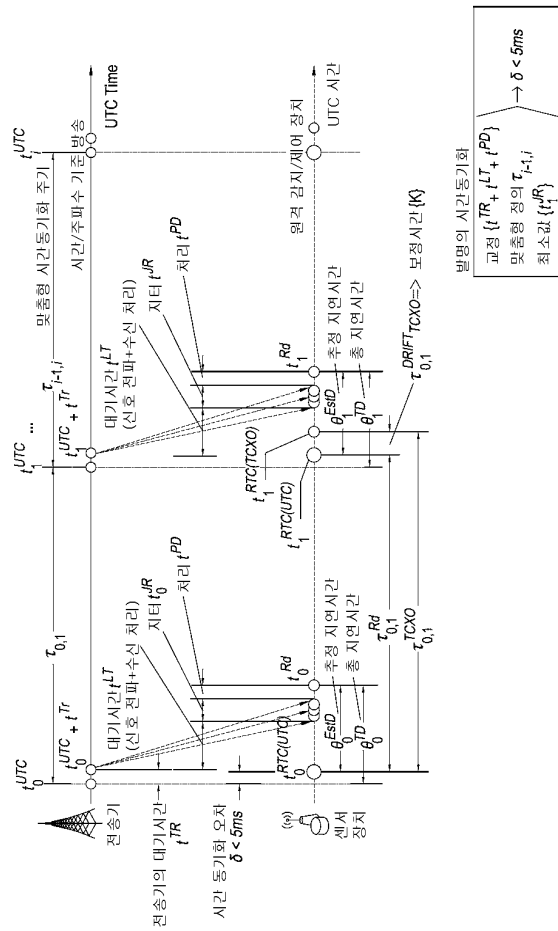
도면13



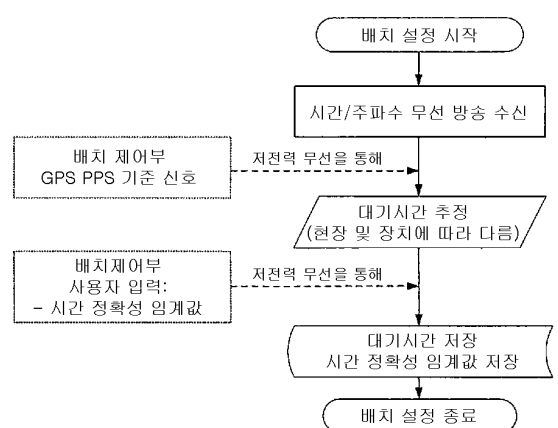
도면14



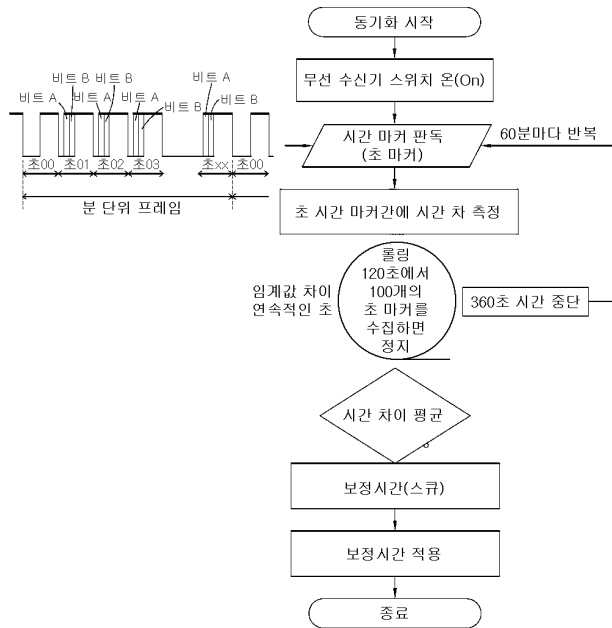
도면15



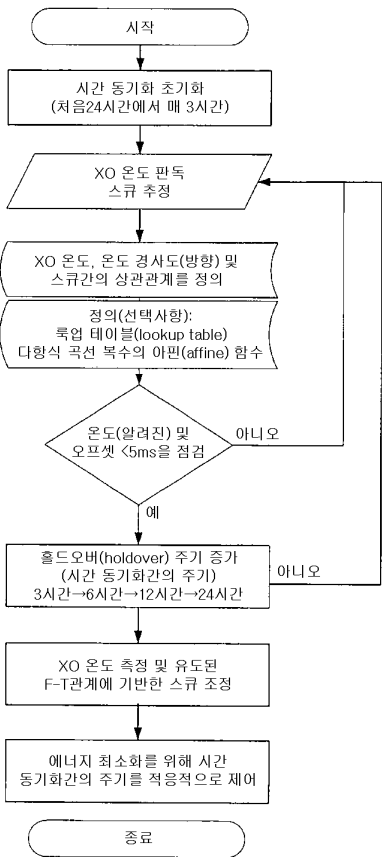
도면16



도면17



도면18



도면19

표 1

원시 데이터		1분 시퀀스 샘플			
시간(초)	데이터	시간(초)	최소값	평균값	최대값
0	10	0	10	12.25	14
15	12				
30	14				
45	13				
60	9	60	5	7.75	10
75	5				
90	10				
105	7				
120	8	120	8	11	15
135	12				
150	15				
165	9				