



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년12월17일  
(11) 등록번호 10-1001244  
(24) 등록일자 2010년12월08일

(51) Int. Cl.

G08C 17/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-7011769

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년12월18일

심사청구일자 2008년11월10일

(85) 번역문제출일자 2005년06월22일

(65) 공개번호 10-2005-0084468

(43) 공개일자 2005년08월26일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2003/005516

(87) 국제공개번호 WO 2004/057552

국제공개일자 2004년07월08일

(30) 우선권주장

0229763.8 2002년12월23일 영국(GB)

(56) 선행기술조사문헌

JP11094509 A\*

JP11505048 A\*

US05949352 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

레니쇼우 피엘씨

영국 글루세스터셔셔 지엘 12 8체이알 워튼-언  
더-이지 뉴 밀스

(72) 발명자

올렛 마틴

영국 비에스37 6엑스엔 사우스 글로스터셔 브리스  
톨 치핑소드버리 골드크레스트 로드 119

스타일즈 존

영국 비에스34 8엑스엑스 사우스 글로스터셔 브리  
스톨 스트로크지포드 필드 팜 클로스 57

립트로트 존

영국 지엘51 3엔에이치 글로스터셔 글로스터 셀텐  
함 엘리엇플레이스 20

(74) 대리인

신정건, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 32 항

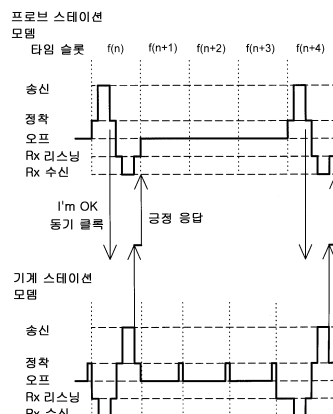
심사관 : 양태환

(54) 측정 장치의 신호 송신 시스템

(57) 요약

좌표 위치 결정 장치(coordinate positioning apparatus) 상의 측정 장치(measurement device)의 송신 시스템은 측정 장치(10) 상에 탑재된 스테이션(18) 및 좌표 위치 결정 장치(22) 상에 탑재된 스테이션(20)을 포함하며, 이 스테이션들은 확산 스펙트럼 무선 링크, 예를 들어 주파수 호핑(frequency hopping)을 사용하여 서로 통신한다. 프로브 상의 스테이션은 정규의 신호(regular signal)를 송신하고, 좌표 위치 결정 장치 상의 스테이션은 정규의 신호의 수신 시에 자신의 클럭을 동기시키고 긍정 응답 신호(acknowledgement signal)를 송신한다. 측정 데이터는 정규의 신호로 송신되거나 측정 이벤트 구동 신호(measurement event driven signal)로 송신된다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

좌표 위치 결정 장치(coordinate positioning apparatus)용 측정 장치를 위한 송신 시스템으로서,  
 상기 측정 장치 및 상기 좌표 위치 결정 장치 중 한쪽에 탑재하는 제1 스테이션과;  
 상기 측정 장치 및 상기 좌표 위치 결정 장치 중 다른 쪽에 탑재하는 제2 스테이션을 포함하고,  
 상기 제1 및 제2 스테이션은 확산 스펙트럼 무선 링크를 사용하여 통신하고,  
 마스터 클록(master clock)이 상기 송신 시스템의 한쪽 단부에 제공되며,  
 슬라이딩 상관기(sliding correlator)가 상기 마스터 클록을 복원하기 위해 제공되는 것인 송신 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 및 제2 스테이션은 서로 다른 주파수들 간을 주파수 호핑하는 것인 송신 시스템.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 측정 장치는 측정 프로브(measurement probe)인 것인 송신 시스템.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 측정 프로브는 터치 트리거 프로브(touch trigger probe)인 것인 송신 시스템.

### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 측정 프로브는 스캐닝 프로브(scanning probe)인 것인 송신 시스템.

### 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 송신 시스템은 전세계의 라이선스 무료 무선 주파수 대역(worldwide licence free radio frequency band)을 사용하는 것인 송신 시스템.

### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 및 제2 스테이션에는 클록이 제공되며, 상기 클록들은 한번 이상 동기되는 것인 송신 시스템.

### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제1 스테이션은 정규의 송신 신호(transmission)를 송신하고,  
 상기 제2 스테이션이 상기 송신 신호를 수신할 때, 상기 제2 스테이션은 자신의 클록을 상기 제1 스테이션과 동기시키는 것인 송신 시스템.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제1 및 제2 스테이션은 서로 다른 주파수 채널들 간을 주파수 호핑하며,  
 상기 제1 및 제2 스테이션이 동기될 때, 그들의 주파수 호핑이 동기되는 것인 송신 시스템.

### 청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 측정 이벤트의 경우에, 상기 제1 스테이션은 상기 측정 이벤트와 관련한 정보를 송신할 수 있는 것인 송신 시스템.

### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 측정 이벤트는 터치 트리거 이벤트인 것인 송신 시스템.

#### 청구항 12

제10항에 있어서, 상기 측정 이벤트는 위치 측정인 것인 송신 시스템.

#### 청구항 13

제10항에 있어서, 상기 정보는 상기 측정 이벤트의 시간과 관련한 데이터를 포함하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 14

제9항에 있어서, 상기 제1 스테이션은 정규의 송신 신호를 송신하고,  
상기 측정 이벤트와 관련한 정보는 추가의 송신 신호로 송신되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 15

제10항에 있어서, 상기 제2 스테이션으로부터 송신 신호를 수신하는 경우, 측정 이벤트가 수행되고 상기 제1 스테이션은 상기 측정 이벤트와 관련한 데이터를 송신하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 16

제1항에 있어서, 상기 측정 장치는 터치 트리거 프로브를 포함하고,  
상기 제1 및 제2 스테이션은 일련의 서로 다른 주파수 채널들 간을 호핑하며,  
상기 제1 스테이션은 정규의 신호를 송신하고, 상기 제2 스테이션이 상기 신호를 수신하면 상기 제2 스테이션은 상기 제1 스테이션과 동기되고,  
터치 트리거 이벤트의 경우, 상기 제1 스테이션은 터치 트리거 이벤트의 시간과 관련한 데이터를 포함하는 추가의 신호를 송신할 수 있으며,  
상기 제2 스테이션은 상기 시간을 나타내는 상기 데이터를 수신하고 상기 데이터로부터 도출된 프로브 출력 신호를 제공하는 수단을 구비하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 17

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 스테이션에 의해 송신된 신호가 상기 제2 스테이션에 의해 적절히 수신되지 않은 경우, 상기 신호는 상기 제1 스테이션에 의해 재송신되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제2 스테이션이 상기 제1 스테이션에 의해 송신된 상기 신호를 수신하는 경우, 상기 제2 스테이션은 긍정 응답 신호(acknowledgement signal)를 송신하고,  
상기 제1 스테이션이 상기 신호에 응답하여 긍정 응답 신호를 수신하지 않은 경우, 상기 제1 스테이션은 상기 신호를 재송신하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 19

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 송신 시스템은 반이중 링크(half duplex link)를 포함하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 20

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 스테이션에 의해 송신된 신호가 상기 측정 장치에 관련한 정보를 포함할 때, 상기 제2 스테이션에서의 측정 장치 출력 신호는 시간 지연 후에 생성되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 21

제20항에 있어서, 상기 시간 지연은 상기 시간 지연 내에 상기 신호의 재송신이 가능할 정도로 충분히 길게 선택되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 22

삭제

#### 청구항 23

제19항에 있어서, 마스터 클록이 상기 송신 시스템의 한쪽 단부에 제공되고,  
상기 마스터 클록은 측정 장치 출력 신호 시간 지연에 대한 기준(reference)을 제공하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 24

제1항에 있어서, 상기 제2 스테이션이 상기 제1 스테이션으로부터 신호를 수신하면, 상기 제2 스테이션은 긍정 응답 신호를 송신하고, 상기 긍정 응답 신호는 상기 마스터 클록과 동기되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 25

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 스테이션과 상기 제2 스테이션 사이에 송신되는 신호는 데이터 비트를 포함하고, 보다 중요한 정보와 관련한 데이터 비트는 다른 데이터 비트보다 더 많은 에러 보호(greater error protection)를 제공받는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 26

제25항에 있어서, 상기 보다 중요한 정보와 관련한 데이터 비트는 다른 데이터 비트보다 더 긴 해밍 거리(a higher hamming distance)를 제공받을 수 있는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 27

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 스테이션은 정규의 신호를 송신하고, 상기 제1 스테이션은 모드를 가지며,

각각의 정규의 신호는 상기 제1 스테이션이 모드를 변경해야만 하는지를 질문하고, 상기 제1 스테이션이 긍정 응답(affirmative response)을 수신하는 경우 상기 제1 스테이션은 모드를 변경하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 28

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 및 제2 스테이션이 동기되어 있지 않은 경우, 상기 제1 및 제2 스테이션은 상기 제2 스테이션이 신호를 수신하고 상기 제1 스테이션과 동기될 때까지 서로 다른 레이트로 주파수 채널들 간을 호핑하게 되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 29

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제2 스테이션이 선택된 주파수 채널을 통해 소정의 레벨을 넘는 배경 노이즈를 검출하는 경우, 상기 제2 스테이션은 다른 주파수 채널로 변경되는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 30

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 스테이션은 ID 코드를 가지며, 상기 제2 스테이션은 상기 ID 코드를 갖는 상기 제1 스테이션과만 통신하도록 설정될 수 있는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 31

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 스테이션은 상기 제1 스테이션이 자신의 ID 코드를 포함하는 신호를 송신하는 모드를 포함하며,

상기 제2 스테이션은 상기 신호의 수신 시에 상기 제2 스테이션이 이 ID 코드를 갖는 상기 제1 스테이션과만 통신하도록 설정되는 모드를 포함하는 것인 송신 시스템.

#### 청구항 32

좌표 위치 결정 장치용 측정 프로브를 위한 송신 시스템으로서,

상기 측정 장치 및 상기 좌표 위치 결정 장치 중 한쪽에 탑재하는 제1 스테이션과;

상기 측정 장치 및 상기 좌표 위치 결정 장치 중 다른 쪽에 탑재하는 제2 스테이션을 포함하고,  
 상기 제1 및 제2 스테이션은 서로 다른 주파수 채널들을 통해 통신할 수 있고,  
 상기 제2 스테이션이 어떤 주파수 채널 상에서 상당한 노이즈를 청취하는 경우, 상기 제2 스테이션은 다른 주파수 채널로 호핑하게 되고,  
 마스터 클럭(master clock)이 상기 송신 시스템의 한쪽 단부에 제공되며,  
 슬라이딩 상관기(sliding correlator)가 상기 마스터 클럭을 복원하기 위해 제공되는 것인 송신 시스템.

### 청구항 33

제32항에 있어서, 상기 측정 프로브는 터치 트리거 프로브인 것인 송신 시스템.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 좌표 측정 장치(coordinate measuring machine, CMM) 공작 기계(machine tool), 수동 좌표 측정 아암(manual coordinate measuring arm) 및 검사 로봇(inspection robot) 등의 좌표 측정 장치 상에서 사용하기 위한 측정 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 이러한 측정 장치의 신호 송신 시스템에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 공작물(workpiece)의 위치를 결정하는 트리거링 프로브는 미국 특허 제4,153,998호에 기술되어 있다. 사용 중에, 프로브는 기계에 의해 공작물과 상관하여 이동된다. 프로브는 편향 스타일러스(deflectable stylus)를 가지며 스타일러스가 공작물과 접촉할 때 트리거링 신호를 전달한다. 트리거링 신호는 프로브가 한 상태에서 다른 상태로 전환하는 것에 의해 표시된다. 트리거링 신호는 기계 제어기가 프로브의 위치를 나타내는 스케일(scale) 또는 다른 측정 수단의 출력을 프리즈(freeze)하는 데 사용된다. 따라서, 공작물 표면 상의 접촉점의 위치가 결정될 수 있다.

[0003] 특히 공작 기계 상에서는, 프로브를 기계 제어기에 직접 배선 연결(wire)하는 것이 어려울 수 있으며, 따라서 종래 기술에서 여러가지 무선 신호 송신 시스템이 개발되었다. 이들 시스템으로는 유도 시스템(inductive system)(신호가 2개의 코일 간의 전자기 유도에 의해 송신됨), 광학 시스템[적외선 다이오드 등의 광 방출기(optical emitter)가 프로브 상에 제공되어 적절한 수신기에 의해 수신되는 광학 신호를 생성함], 및 무선 시스템(프로브에 무선 송신기를 가지고 기계 상의 편리한 위치에 고정된 무선 수신기를 가짐)이 있다. 무선 시스템의 예는 미국 특허 제4,119,871호에 기술되어 있다. 이러한 프로브의 중요한 요건은 반복성(repeatability), 즉 주어진 측정이 반복될 때마다 동일한 결과가 달성되어야만 한다는 것이다. 미국 특허 제4,153,998호에 개시된 프로브에서의 스타일러스의 기계적 위치는 공간에서 아주 반복성이 있으며, 트리거링 신호의 생성 순간은 스타일러스와 공작물 간의 접촉 순간과 항상 일정한 반복적 관계를 갖는다. 이것은 단순한 캘리브레이션(calibration) 과정에 의해 프로브로부터 정확한 결과가 획득될 수 있음을 의미한다.

[0004] 그렇지만, 신호 송신 시스템이 반복성이 없는 경우, 즉 신호 송신에서 미지의 가변적인 지연이 있는 경우, 정확도가 깨지게 된다. 이러한 일이 발생하면, 프로브는 트리거링 신호의 생성 순간 이후 기계 제어기가 측정 수단의 출력을 프리즈할 수 있기 전에 미지의 가변적인 거리를 이동하게 된다. 그러면, 접촉 위치와 프리즈된 출력에 의해 표시된 위치 간에 오차가 있게 되며, 이 오차는 캘리브레이션에 의해 제거될 수 없는 미지의 가변적인 양이다. 따라서, 프로브 시스템의 전반적인 정확도를 유지하기 위해서는, 신호 송신 시스템에 의해 유입된 임의의 송신 지연이 반복성이 있도록, 즉 프로브가 트리거링될 때마다 동일한 지연이 유입되어야만 하도록 보장하는 문제점이 있다. 그러면, 전술한 프로브 캘리브레이션 과정도 역시 송신 시스템에 의해 야기된 이러한 반복성있는 지연을 제거하게 된다.

[0005] 미국 특허 제5,279,042호에서는 프로브에 대한 아날로그 무선 신호 송신 시스템을 개시하고 있으며, 여기서 프로브는 프로브 신호가 변조될 수 있는 반송파 신호를 생성하는 송신기를 구비하고 있다. 수신기는 프로브 데이터를 수신하고 송신기 데이터로부터 도출된 프로브 출력 신호를 생성한다. 송신기 상의 클럭은 전체 시스템에 대한 시간 표준을 제공하고, 수신기는 자신의 입력에 위상 비교기를 갖는 발진기를 사용하여 그 발진기가 송신

기 내의 클록과 영구적으로 동기되도록 한다. 프로브 신호가 발생될 때, 카운터 사이클의 시작과 프로브의 상태 변화 사이에 경과된 시간은 시프트 레지스터에 래치되어 직렬로 송신된다.

[0006] 이 방법은 송신기가 송신기와 수신기를 동기하는 데 필요하게 되는 연속적인 신호를 송신하기 때문에 시스템이 프로브 배터리 전력의 상당 부분을 사용하고 따라서 배터리 수명을 감소시킨다는 단점이 있다.

[0007] 게다가, 고정 주파수 시스템(fixed frequency system)에서, 이용가능한 통신 채널의 수는 제한된 주파수 채널 수와 같다. 따라서, 이 주파수 채널을 사용하는 다른 시스템들의 수신기가 프로브로부터 송신된 송신 신호(transmission)를 가로채는 문제점이 있다. 게다가, 무선 트래픽의 존재가 송신에 영향을 미칠 수 있다.

### 발명의 상세한 설명

[0008] 본 발명은 좌표 위치 결정 장치의 측정 장치에 대한 송신 시스템을 제공하며, 이 송신 시스템은, 상기 측정 장치 및 상기 좌표 위치 결정 장치 중 한쪽에 탑재하는 제1 스테이션, 및 상기 측정 장치 및 상기 좌표 위치 결정 장치 중 다른 쪽에 탑재하는 제2 스테이션을 포함하며, 상기 제1 및 제2 스테이션은 확산 스펙트럼 무선 링크를 사용하여 통신한다.

[0009] 확산 스펙트럼 무선 링크는 원하지 않는 수신기가 송신 신호를 가로챌 가능성을 감소시키고 송신이 원하지 않는 무선 트래픽의 존재 시에 정확한 수신기로 도달될 가능성을 증가시키는 이점이 있다.

[0010] 제1 및 제2 스테이션은 확산 스펙트럼 무선 링크를 사용하여 서로 통신한다. 이것은 협대역 신호를 취하여 이를 무선 주파수 대역의 보다 넓은 부분으로 확산시키는 기술이다. 2가지 유형의 확산 스펙트럼 무선 링크로서 주파수 호핑(frequency hopping)과 직접 시퀀싱(direct sequencing)을 포함한다. 주파수 호핑에서, 신호는 협대역 신호를 시간의 함수로서 호핑함으로써 확산된다. 직접 시퀀스(direct sequence)에서, 신호는 그 신호를 특수 코드와 믹싱(mixing)시킴으로써 확산된다.

[0011] 연속적인 신호보다 주기적인 신호를 사용하는 것이 배터리 수명을 증가시킨다.

[0012] 측정 장치는 측정 프로브, 예를 들어 터치 트리거 프로브(touch trigger probe)를 포함할 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 송신 시스템은 전세계의 주파수 대역(world-wide frequency band)을 사용한다.

[0014] 제1 및 제2 스테이션에는 클록이 제공될 수 있으며, 이 클록들은 한번 이상 동기된다. 제1 스테이션은 정규의 송신 신호를 송신할 수 있으며 제2 스테이션이 그 신호를 수신할 때 제2 스테이션은 자신의 클록을 제1 스테이션과 동기시킬 수 있다. 제1 스테이션에 의해 송신된 신호가 제2 스테이션에 의해 적절히 수신되지 않은 경우, 그 신호는 제1 스테이션에 의해 재송신될 수 있다.

[0015] 제2 스테이션이 제1 스테이션에 의해 송신된 신호를 수신하는 경우, 제2 스테이션은 긍정 응답 신호(acknowledgement signal)를 송신할 수 있다. 제1 스테이션이 그 신호에 응답하여 긍정 응답 신호를 수신하지 않은 경우, 제1 스테이션은 상기 신호를 재송신하게 된다. 수신되지 않은 메시지를 재송신하는 기능은 시스템이 노이즈가 많은 환경에서 동작할 수 있게 해준다.

[0016] 바람직하게는, 송신 시스템은 반이중 링크(half duplex link)를 포함한다.

[0017] 측정 이벤트의 경우, 제1 스테이션은 상기 측정 이벤트와 관련한 정보를 송신할 수 있다. 측정 이벤트는 터치 트리거 이벤트를 포함할 수 있다. 이 정보는 측정 이벤트의 시간과 관련한 데이터를 포함할 수 있다. 제1 스테이션은 정규의 송신 신호를 송신할 수 있으며 측정 이벤트와 관련한 정보는 추가적인 송신 신호로 송신될 수 있다.

[0018] 제1 스테이션에 의해 송신되는 신호는 측정 장치와 관련한 정보를 포함하고, 제2 스테이션에서의 측정 장치 출력 신호는 시간 지연 후에 생성될 수 있다. 이 시간 지연은 그 시간 지연 내에 신호의 재송신을 할 수 있도록 충분히 길게 선택된다.

[0019] 마스터 클록(master clock)은 송신 시스템의 한쪽 단부에 제공되고 슬라이딩 상관기(sliding correlator)는 마스터 클록을 복원하기 위해 제공된다. 이것은 측정 장치 출력 신호 시간 지연(예를 들어, 프로브 트리거링 출력 시간 지연)에 대한 기준(reference)을 제공한다. 제2 스테이션이 제1 스테이션으로부터 신호를 수신하면, 제2 스테이션은 긍정 응답 신호를 송신하고 제1 스테이션으로 송신된 긍정 응답 신호는 마스터 클록과 동기된다. 이것에 의해 제1 스테이션에서 클록 복원을 할 필요가 없어지게 된다.

[0020] 바람직한 실시예에서, 제1 스테이션과 제2 스테이션 간에 송신된 신호는 데이터 비트를 포함하며, 보다 중요한

정보와 관련한 데이터 비트는 다른 데이터 비트보다 더 많은 에러 보호를 제공받는다. 보다 중요한 정보와 관련한 데이터 비트는 다른 데이터 비트보다 더 높은 해밍 거리를 제공받을 수 있다.

[0021] 바람직하게는, 제1 스테이션은 정규의 신호를 송신하고, 제1 스테이션은 모드를 가지며 각각의 정규의 신호는 제1 스테이션이 모드를 변경해야만 하는지를 질문하고 제1 스테이션이 긍정 응답(affirmative response)을 수신하는 경우 제1 스테이션은 모드를 변경한다. 모드는 정규의 신호가 정상 모드(normal mode)보다 더 느린 속도로 송신되는 전력 절감 모드(power saving mode)를 포함할 수 있다. 이것은 전력 소모를 최소화시키며 제2 스테이션이 제1 스테이션과의 동기를 유지할 수 있게 하기에 충분하다.

[0022] 바람직하게는, 제1 및 제2 스테이션이 동기되지 않은 경우, 제1 및 제2 스테이션은 제2 스테이션이 신호를 수신하고 제1 스테이션과 동기할 때까지 주파수 채널 간을 서로 다른 레이트로 호핑하게 된다. 제2 스테이션이 선택된 주파수 채널 상에서 소정의 레벨을 넘는 배경 노이즈를 검출하는 경우, 제2 스테이션은 다른 주파수 채널로 변경된다.

[0023] 본 발명의 제2 측면은 좌표 위치 결정 시스템의 측정 프로브에 대한 송신 시스템을 제공하며, 이 송신 시스템은 상기 측정 장치와 상기 좌표 위치 결정 장치 중 한쪽에 탑재하는 제1 스테이션, 및 상기 측정 장치와 상기 좌표 위치 결정 장치 중 다른 쪽에 탑재하는 제2 스테이션을 포함하고, 상기 제1 및 제2 스테이션은 서로 다른 주파수 채널을 통해 통신하고, 제2 스테이션이 어떤 주파수 채널 상에서 상당한 노이즈를 청취하는 경우, 제2 스테이션은 다른 주파수 채널로 호핑하게 된다.

[0024] 이제부터, 본 발명의 바람직한 실시예들이 첨부 도면을 참조하여 예로서 설명될 것이다.

## 실시예

[0031] 도 1은 공작 기계의 스핀들(12)에 탑재된 터치 트리거 프로브(10)를 나타낸 것이다. 터치 트리거 프로브(10)는 공작물 접촉 팁(workpiece-contacting tip)(16)을 구비한 편향 스타일러스(deflectable stylus)(14)를 갖는다. 신호 송신 시스템은 2개의 스테이션을 포함하며, 프로브 스테이션(18)은 터치 트리거 프로브에 연결되고 공작 기계의 가동부(moving part)에 탑재된다. 기계 스테이션(20)은 공작 기계 구조의 고정부(stationary part)(22)에 탑재되고 공작 기계 제어기(24)에 연결된다.

[0032] 데이터는 직렬 2진 데이터의 이산 패킷을 송신하는 확산 스펙트럼 무선 링크, 이 경우 주파수 호핑 무선 통신 링크를 사용하여 프로브 스테이션(18)과 기계 스테이션(20) 사이에서 송신된다.

[0033] 프로브 스테이션 및 기계 스테이션 모두는 이 두 스테이션을 동기시키기 위해 이들 사이에서 송신되는 임시 메시지로 대략 서로 동기되어 서로 다른 주파수 채널 간을 호핑한다. 프로브 스테이션은 메시지의 각각의 교환을 개시하고 기계 스테이션으로부터 응답을 수신한다.

[0034] 이제부터, 주파수 호핑 및 동기에 대해 도 2를 참조하여 보다 상세히 기술한다. 기계 스테이션은 대부분의 시간을 메시지가 있는지 리스닝(listening)하면서 보내는 반면, 프로브 스테이션은 (예를 들어, 도면 상부의 슬롯 n+1 내지 슬롯 n+3에서와 같이) 대부분의 시간을 자신의 하프-온(half-on) 상태로 보낸다. 프로브 스테이션이 하프-온일 때, 그 프로브 인터페이스 및 마이크로프로세서는 온(on)이 되고, 무선 모뎀은 오프(off)가 된다. 프로브 인터페이스 및 마이크로프로세서 각각은 약 2mW의 전력을 사용하는 반면, 무선 모뎀은 스위치 온되어 있을 때 상당히 더 많은 전력, 약 120mW를 사용한다. 무선 모뎀은 수신하고 있는지 송신하고 있는지 상관없이 비슷한 양의 전력을 소모한다. 따라서, 하프-온 상태는 배터리로 전원을 공급받는 프로브 시스템의 전력 소모를 최소화한다.

[0035] 도 2는 프로브 스테이션이 적은 정착 시간(settling time)으로 턴온한 다음에 주파수 채널 f(n)을 통해 "I'm OK" 메시지를 송신하는 것을 나타낸 것이다. 이어서, 프로브 스테이션은 기계 스테이션으로부터 긍정 응답이 있는지 리스닝한다. 채널 f(n)을 통해 리스닝하고 있는 기계 스테이션은 이 메시지를 수신하고 자신의 클럭을 프로브 스테이션과 동기시킨 다음에 다시 채널 f(n)을 통해 긍정 응답을 송신한다. 프로브 스테이션은 이 긍정 응답의 수신 시에 하프-온 상태로 다시 전환한다. 따라서, 프로브 스테이션 클럭은 시스템의 마스터 클럭으로서 기능한다. 기계 스테이션 및 프로브 스테이션이 동기되면, 이들은 동시에 주파수 채널들 간을 호핑한다.

[0036] 프로브 스테이션은 (프로브 트리거링이 없는 것으로 가정할 때) 이제 다수의 타임슬롯 동안 침묵 상태(silent, 무동작 상태)에 있고, 기계 스테이션은 연속한 주파수 채널 f(n+1), f(n+2) 등을 통해 리스닝하고 있다. 프로브 스테이션이 연속한 주파수 채널 f(n+1), f(n+2) 등을 통해 송신을 하지는 않지만, 프로브 스테이션은 여전히 주파수 채널들 간을 호핑하고 있다. 도 2는 프로브 스테이션과 기계 스테이션 간의 클럭 에러를 과장해서 도시



하고 있다. 이 예리는 이들 스테이션이 100개의 침묵 타임슬롯(silent time slot) 정도는 동기되어 있을 수 있을 만큼 충분히 작다. 따라서, 이 예리로 인해 기계 스테이션 및 프로브 스테이션이 약간 다른 시간에 새로운 채널로 호핑하지만, 그 예리는 프로브 스테이션이 송신을 하고 있고 기계 스테이션이 동일한 주파수 채널에서 이들 스테이션 간에 전달되는 신호가 있는지 리스닝을 하고 있을 때 충분한 오버랩(overlap)이 있을 정도로 충분히 작다. 이 예리는 기계 스테이션이 프로브 스테이션으로부터 메시지를 수신할 때마다 보정된다.

[0037] 명료함을 위해, 도 2는 3개의 침묵 슬롯(silent slot)만을 도시하고 있으며, 따라서 3개의 주파수 홉이 사용되고 있지 않다. 이어서, 주기적인 타이머가 프로브 스테이션에 대해  $f(n+4)$ 를 통해 다시 송신하도록 재촉하고, 이 사이클은 이어서 어떤 다른 이벤트(예를 들어, 송신 소실(lost transmission), 프로브 트리거링 또는 프로브 스테이션 턴-오프 신호)에 의해 인터럽트될 때까지 반복된다.

[0038] 프로브 스테이션으로부터의 송신은 예를 들어 간섭(interference)으로 인해 기계 스테이션에 의해 수신되지 않을 수도 있다. 이러한 상황에 대해서는 이제부터 도 3을 참조하여 설명한다. 도 3에, 정착 시간(settling time)이 도시되어 있지 않으며, 클록의 동기 및 프로브 스테이션과 기계 스테이션 사이의 호핑의 효과를 가정하고 있다.

[0039] 프로브 스테이션으로부터의 송신된 무선 패킷은 프로브 데이터를 포함하고 있다. 예를 들어, 프로브는 안착되어(seated)(S) 있을 수 있거나 프로브는 트리거링되어(T) 있을 수 있다. 다른 정보, 예를 들어 배터리의 상태, 이 메시지를 위해 몇번의 송신이 시도되었는지, 및 터치 트리거 이벤트의 시간과 관련한 데이터도 무선 패킷으로 역시 송신될 수 있다.

[0040] 타임슬롯  $n$ 에서, 프로브 스테이션으로부터의 성공적인 메시지 및 기계 스테이션으로부터의 응답이 도시되어 있으며, 이 모두 주파수 채널  $f(n)$ 을 사용하고 있다. 이것으로 프로브 스테이션 및 무선 링크 모두가 동작하고 있으며 기계 스테이션으로부터의 출력이 신뢰될 수 있음이 확실하게 된다.

[0041] 타임슬롯  $n1$ 에서, 프로브 스테이션은 메시지를 송신하며, 기계 스테이션은 이 메시지를 수신하고 긍정 응답을 송신한다. 그렇지만, 프로브 스테이션은 예를 들어 간섭으로 인해 이 응답을 수신하지 못한다.

[0042] 긍정 응답이 수신되지 않기 때문에, 프로브 스테이션은 그 다음 타임슬롯  $n1+1$ 에 그 메시지를 재송신하게 된다. 도 3은 타임슬롯  $n1+1$ 에 프로브 스테이션으로부터의 그 메시지의 재송신을 도시하고 있다. 그렇지만, 기계 스테이션이 아무것도 수신하지 않기 때문에, 기계 스테이션은 긍정 응답을 송신하지 않는다. 따라서, 프로브 스테이션은 아무런 메시지도 수신하지 않고 그에 따라 슬롯  $n1+2$ 에서 그 메시지를 재송신하게 된다.

[0043] 타임슬롯  $n1+2$ 에서 모든 것이 동작한다. 기계 스테이션은 프로브 스테이션 메시지를 수신하고, 프로브 스테이션은 기계 스테이션 긍정 응답을 수신한다. 따라서, 프로브 스테이션은 자신의 무선 모뎀이 오프인 상황에서 하프-온 상태로 되돌아갈 수 있다.

[0044] 그렇지만, 소정의 시간 후에 기계 스테이션이 프로브 스테이션으로부터 메시지를 수신하지 않는 경우, 무선 링크나 프로브 스테이션 중 어느 하나에 장애가 발생했으며 기계 스테이션은 에러 출력을 설정하게 된다.

[0045] 메시지의 첫번째 송신에서는, 정상적인 무선 주파수 전력 레벨, 예를 들어  $1mW$ 가 사용된다. 차후의 재송신 시에, 무선 주파수 전력 레벨이 증가될 수 있으며, 따라서 메시지가 도달될 가능성을 증가시킨다.

[0046] 더 높은 무선 주파수 전력에서 재송신할 가능성이 있기 때문에, 이것은 약간 더 낮은 무선 주파수 전력이 정상적인 송신에 사용될 수 있게 해준다. 이것은 무선 트래픽을 최소화하고 배터리 수명을 연장하는 이점이 있다.

[0047] 도 3의 타임슬롯  $n2$ 에서, 프로브 트리거링이 일어난다. 아웃 오브 시퀀스 송신(out of sequence transmission)은 가능한 한 빨리 프로브 스테이션에 의해 기계 스테이션으로 송신되어야만 한다. 프로브 스테이션은 그 다음 타임슬롯  $n2+1$ 에서 프로브 트리거링 메시지를 기계 스테이션으로 송신한다. 이전과 같이, 기계 스테이션은 그 메시지에 대해 긍정 응답을 한다. 프로브 트리거링 메시지는 주기적인 업데이트보다 우선하며, 따라서 프로브 트리거링이 일어날 때, 프로브 트리거링과 관련한 데이터가 그 다음 송신에서 송신되는 데이터 패킷에 포함되게 된다.

[0048] 도 4에 도시되어 있는 바와 같이, 프로브 트리거링이 일어날 때, 프로브 내의 타이머는 0부터 카운트하기 시작한다. 이 타이머의 값  $t1$ 은 그 다음 타임슬롯  $n+1$ 의 시작에서 래치된다. 이 값  $t1$ 은 그 다음 타임슬롯  $n+1$ 에서의 송신에서 프로브 스테이션으로부터 기계 스테이션으로 송신된다.

[0049] 기계 스테이션은 송신된 메시지에서 이 값  $t1$ 을 디코드하고 값  $tk-t1$ (단,  $tk$ 는 상수임)을 계산한다. 기계 스



테이션은 그 자신의 카운트다운 카운터에 값  $tk - t1$ 을 로드한다. 타임슬롯  $n+1$ 의 끝부분에서, 카운트다운 카운터가 기동되고, 이 카운터가 0에 도달할 때 프로브 상태 출력은 트리거링됨(triggered)으로 변한다.

[0050] 따라서, 프로브 트리거링과 기계 스테이션 프로브 출력 사이의 시간 지연은  $t1 + ts + tk - t1 = ts + tk$ (단,  $ts$ 는 한 타임슬롯의 시간임)가 된다. 이 값  $ts + tk$ 는 상수이다. 따라서, 프로브 트리거링과 기계 스테이션 프로브 출력 사이의 지연은 항상 동일하다.

[0051] 시간 상수  $tk$ 는 첫번째 송신(즉, 타임슬롯  $n+1$ 에서의 송신)이 실패한 경우 메시지의 재송신이 가능하도록 선택된다. 도 4에서, 타임슬롯  $n+2$ ,  $n+3$ , 및  $n+4$ 는 프로브 트리거링 메시지의 재송신에 이용가능하다. 재송신을 위해, 성공하지 못한 송신의 횟수에 소요된 시간과 같도록  $tk - t1$ 에 대해 보정을 행한다. 이 보정은 행해진 재시도의 횟수와 단일 타임슬롯의 길이를 곱한 것이 된다. 프로브 스테이션에 의해 송신되는 메시지는 그것이 어떤 시도(첫번째, 두번째, 세번째 등등)인지를 나타내는 데이터를 포함하게 된다. 다른 대안으로서, 프로브 스테이션은 메시지가 송신되어질 각각의 타임슬롯의 시작에서 프로브 스테이션 카운터를 (재)래치할 수 있다. (이 값은 슬롯  $n+2$ 에서 송신된 메시지에 대해서는  $t1 + ts$ 가 되고, 슬롯  $n+3$ 에서 송신된 메시지에 대해서는  $t1 + 2 * ts$ 가 되며 이하 마찬가지이다.) 따라서, 어느 타임슬롯에서 메시지가 성공적으로 송신되든지에 상관없이, 프로브 트리거링과 기계 스테이션 프로브 상태 출력 사이의 총 시간 지연은 일정하게 된다( $= ts + tk$ ).

[0052] 프로브 스테이션과 기계 스테이션이 통신하기 위해, 이들 모두는 동시에 동일한 주파수 채널로 설정되어야만 한다. 이를 달성하기 위해, 프로브 스테이션 주파수 채널 제어기와 기계 스테이션 주파수 채널 제어기는 동기되어야만 한다. 이것은 도 5를 참조하여 이하에 기술되는 동기 복원/탐색 및 수집 프로세스(synchronization recovery/find and collect process)에 의해 달성된다.

[0053] 프로브 스테이션은 정상 속도로(예를 들어, 밀리초당 1회의 홉) 주파수 채널들 간을 호핑하는 것으로 도시되어 있고, 기계 스테이션은 훨씬 더 느린 속도로(예를 들어, 50 밀리초당 1회의 홉) 호핑하는 것으로 도시되어 있다. 프로브 스테이션은 모든 타임슬롯( $n$ ,  $n+1$ ,  $n+2$ , 등등)에서 송신하고 이어서 그 다음 타임슬롯으로 호핑하기 전에 응답이 있는지 리스닝한다. 프로브 스테이션 송신은 프로브의 ID 번호를 포함하고, 메시지의 동기 및 긍정 응답에 대한 요청을 포함한다. 기계 스테이션은 많은 프로브 스테이션 타임슬롯 동안 리스닝하고 가끔 다른 주파수 채널로 변경된다. 도 5의 타임슬롯  $n$ ,  $n+1$  및  $n+2$ 에서, 프로브 스테이션은 연속적인 서로 다른 주파수 채널을 통해 송신하는 것으로 도시되어 있는 반면, 기계 스테이션은 리스닝하고 있다. 그렇지만, 기계 스테이션이 프로브 스테이션으로의 다른 주파수 채널 상에 있지만, 기계 스테이션은 아무것도 수신하지 않는다.

[0054] 타임슬롯  $n1-4$ 에서, 기계 스테이션은 새로운 주파수로 호핑하는 것으로 도시되어 있다. 그 동안 프로브 스테이션은 계속하여 주파수 채널들을 호핑하고 송신한다. 슬롯  $n1$ 에서, 프로브 스테이션 및 기계 스테이션은 동일한 주파수 채널 상에 있고 기계 스테이션은 프로브 스테이션으로부터의 메시지를 청취하고 있으며 자신의 타임슬롯 클록을 프로브 스테이션에 동기시킨다. 기계 스테이션은 이제 프로브 스테이션과 동기되고 이제 동기를 유지시키기 위한 주기적인 핸드셰이크(periodic handshake)가 일어날 수 있다. 기계 스테이션은 타임슬롯  $n1$ 에서 프로브 스테이션으로부터의 메시지에 대해 긍정 응답을 한다.

[0055] 보통, 기계 스테이션으로부터의 긍정 응답 메시지는 프로브 스테이션에 의해 수신되어진다. 그렇지만, 도 5는 프로브 스테이션이 긍정 응답을 청취하지 못한 경우 무슨 일이 일어나는지를 설명한 것이다. 타임슬롯  $n1$ 에서, 기계 스테이션은 긍정 응답을 송신하지만, 프로브 스테이션이 리스닝하고 있을지라도 프로브 스테이션은 그 긍정 응답을 수신하지 못한다. 프로브 스테이션은 그 다음 타임슬롯  $n1+1$ 로 호핑하고 다시 메시지를 송신한다. 기계 스테이션이 동기되어 있기 때문에, 기계 스테이션은 타임슬롯  $n1+1$ 에서 정확한 주파수 채널을 통해 리스닝하게 되고, 따라서 프로브 스테이션으로부터 메시지를 청취하게 된다. 기계 스테이션은 자신의 클록이 또다시 동기하도록 하고 그 메시지에 대해 다시 긍정 응답을 하게 된다. 슬롯  $n1+1$ 에서의 프로브 스테이션 메시지는 도 3에 도시한 바와 같이 효과적으로 재송신된다.

[0056] 동기 복원 프로세스 동안, 기계 스테이션이 어떤 주파수 채널 상에서 상당한 노이즈를 청취하는 경우, 기계 스테이션은 배경 노이즈가 프로브 스테이션으로부터의 임의의 송신을 무력하게 만들 수 있는 그 주파수 채널 상에서 기다리지 않고 즉각적으로 다른 주파수 채널로 호핑하게 된다.

[0057] 기계 스테이션으로부터의 무선 메시지를 통해 프로브 스테이션을 턴온시킬 수 있는 것이 바람직하다. 이러한 무선 턴온(radio turn-on)을 기다리는 동안, 프로브 스테이션은 동작 모드에 있을 때보다 실질적으로 더 적은 배터리 전력을 소모하는 무선 대기 모드(radio standby mode)에 있다.

- [0058] 타임슬롯들은 더 넓을 수 있고 사이클 시간은 더 길 수 있지만, 즉 주파수 채널들 간의 호핑이 느릴 수 있지만, 프로브 스테이션 무선 대기 모드는 주기적인 업데이트와 유사하다.
- [0059] 대부분의 경우, 데이터 교환은 프로브 스테이션이 자신의 ID 번호를 송신하고 프로브 스테이션이 턴온되어야만 하는지를 질문하는 것으로 이루어지는 반면, 기계 스테이션은 그럴 필요가 없다고 응답한다. 동작 모드에서와 같이, 기계 스테이션은 이 교환 동안에 프로브 스테이션에 동기된다. 프로브 스테이션이 기계 스테이션으로부터 긍정 응답을 수신하지 않은 경우, 프로브 스테이션은 후속하는 타임슬롯에서 다른 주파수 채널로 메시지를 송신하려고 재시도하게 된다.
- [0060] 프로브 스테이션을 턴온해야 하는 경우, 기계 스테이션은 "턴온"을 응답하고 동작 모드로 변경된다. 이어서, 프로브 스테이션은 동작 모드로 전환된다. 동작 모드에서, 기계 스테이션은 전술한 바와 같이 프로브 스테이션과 동기를 유지하게 된다.
- [0061] 턴오프 요청이 기계 스테이션으로부터 오거나 다른 대안에서 프로브 스테이션으로부터(예를 들어, 타임 아웃) 올 수 있기 때문에, 턴오프는 메시지의 교환을 필요로 한다. 턴오프 후에, 프로브 스테이션 및 기계 스테이션 모두는 전술한 동기된 저속 호핑으로 되돌아간다.
- [0062] 앞서 기술한 바와 같이, 프로브 스테이션과 기계 스테이션 사이의 무선 신호는 직렬 2진 데이터의 메시지 패킷으로 이루어져 있다. 각각의 메시지는 기계 스테이션 수신기가 그 메시지가 그 수신기로 보내려 한 것인지 여부를 식별할 수 있게 해주고 또 기계 스테이션 내의 클록을 프로브 스테이션 클록에 동기시키기 위해 필요한 프로브 스테이션 식별자 데이터, 즉 주소를 포함하는 헤더를 포함한다.
- [0063] 기계 스테이션은 착신 메시지 헤더를 인식하기 위해 상관기를 사용한다.
- [0064] 도 6은 기계 스테이션에서 사용되는 슬라이딩 상관기를 나타낸 것이다. 무선 주파수 수신기 및 복조기(26)는 프로브 스테이션으로부터 송신된 무선 신호를 수신하고 수신된 데이터의 직렬 스트림을 대용량 시프트 레지스터(28)로 출력한다.
- [0065] 오버샘플링 클록(30)의 각 펄스에서, 착신 직렬 데이터 스트림은 샘플링되고 그 값(1 또는 0)은 시프트 레지스터(28)에 로드된다. 동시에, 레지스터의 내용은 오른쪽으로 1 비트 시프트되고, 마지막 비트는 시프트되어 "끝 부분으로부터 떨어져 나가"(off the end) 상실된다.
- [0066] 타겟 워드(target word)는 별도의 타겟 레지스터(target register)(32)에 보관된다. 시프트 레지스터 내용 전체는 배타적 OR(EOR) 게이트 어레이(34)에 의해 연속적으로 병렬로 타겟 레지스터 내용과 비트 대 비트로 비교된다. 시프트 레지스터의 비트마다 하나의 EOR 게이트가 사용되고, EOR 게이트의 출력은 검출된 비트 일치(bit-match)의 수를 결정하기 위해 가산기(36)에서 가산된다.
- [0067] 검출된 비트 일치의 수는 이어서 비교기(38)에 피드되고, 이 비교기에서는 상관 검출된 2진 출력(correlation detected binary output)(42)을 결정하기 위해 그 수가 요구되는 일치 수 임계값(required number of matches threshold)(46)(이는 일반적으로 95% 이상임)과 비교된다.
- [0068] 타겟 워드는 프로그램가능하고, 따라서 상관기는 서로 다른 원하는 비트 시퀀스를 검출하도록 설정될 수 있다. 상세히 말하면, 타겟 워드는 송신기(즉, 획득된 파트너 프로브 스테이션)로부터 송신되어질 예상된 헤더 시퀀스로 설정된다.
- [0069] 일반적인 시스템에서, 헤더는 1 비트/마이크로초의 데이터 레이트를 갖는 32비트 워드일 수 있다. 오버샘플링 클록은 데이터 레이트의 10배, 즉 10MHz로 동작할 수 있으며, 임계값은 95% 일치일 수 있다. 따라서, 시프트 레지스터는  $10 \times 32 = 320$ 개의 플립플롭을 포함하게 되며, EOR 게이트 어레이는 320개의 EOR 게이트를 포함하게 된다. 320개의 EOR 게이트의 출력은 가산기에 피드되고, 이 가산기는 0과 320 사이의 수를 비교기로 출력하게 된다. 95% 또는 더 바람직한 일치를 달성하기 위해, 임계값은  $320 \times 0.95 = 304$ 개 비트로 설정되어진다. 따라서, 시프트 레지스터 내의 304개 이상의 비트가 타겟 워드로부터의 그 타겟과 일치하면, 상관 검출된 출력(correlation detected output)은 참(True)이 되고, 그렇지 않은 경우 상관 검출된 출력은 거짓(False)이 된다. 이 테스트가 행해지고 상관 검출된 출력은 오버샘플링 클록의 매 펄스마다, 즉 매 100 나노초마다 업데이트된다.
- [0070] 이 시스템의 이점은 클록 복원이 반이중 링크의 한쪽 단부에서만 요구된다는 것이다. 마스터 클록이 프로브 스테이션에 제공되어 있다. 기계 스테이션에서는, 슬라이딩 상관기가 프로브 스테이션으로부터 송신된 메시지로 부터 클록 데이터를 복원하는 데 사용된다. 슬라이딩 상관기는 프로브 트리거링 시간 지연의 기준을 제공하고

긍정 응답 메시지가 이미 동기되어 송신될 수 있게 해주며, 따라서 링크의 마스터쪽에서의(즉, 프로브 스테이션에서의) 클록 복원의 필요성을 없애준다.

- [0071] 2가지 주된 유형의 가능한 상관기 에러가 있다. 전술한 바와 같이, 상관기는 송신된 메시지를 식별하지 못할 수 있거나 아무런 메시지도 송신되지 않았을 때 일치률 보고할 수 있다.
- [0072] 기계 스테이션이 프로브 스테이션으로부터 메시지를 수신한 것으로 잘못 알고 있는 경우, 이 결과 기계 스테이션 클록의 동기가 상실되고, 무선 링크에 장애가 일어나며 에러 메시지가 생성된다. 프로브 스테이션은 단지 메시지를 송신하고 난 직후 기계 스테이션 긍정 응답이 있는지 리스닝하며, 따라서 기계 스테이션 긍정 응답은 아주 짧은 타임슬롯 내에서 예상된다.
- [0073] 동작 모드에 있을 때, 노이즈가 기계 스테이션 긍정 응답을 가장하게 되고 따라서 프로브 스테이션이 메시지를 재송신하지 못하게 될 때 장애가 발생하게 된다. 그렇지만, 프로브 스테이션은 오지 않는 긍정 응답을 기다리고 있을 때 이 에러에 취약할 뿐이다.
- [0074] 송신된 메시지는 프로브 스테이션 주소, 프로브 상태[즉, 안착됨(seated) 또는 트리거링됨(triggered)], 타임스탬프(timestamp)(즉, 프로브 트리거링의 시간), 및 배터리 상태 등의 몇가지 서로 다른 정보 항목을 포함하고 있다. 프로브 스테이션 주소 및 프로브 상태와 같은, 이들 항목 중 일부는 높은 중요도를 갖는다. 타임스탬프는 프로브 상태가 "트리거링됨"인 경우에 높은 중요도를 가지지만 그렇지 않은 경우에는 중요하지 않다. 배터리 리 상태는 낮은 중요도를 갖는다.
- [0075] 송신의 에러 보호를 최적화하기 위해, 메시지의 가장 중요한 데이터 비트는 큰 해밍 거리(large hamming distance)로 인코딩된다. 이것에 의해 적은 수의 비트 에러는 보정될 수 있게 되고 더 많은 수의 비트 에러는 거부될 수 있게 된다. 더 높은 해밍 거리는 어떤 에러 보정을 가능하게 해주는 이점이 있지만 송신 시간을 증가시키는 단점이 있다. 덜 중요한 데이터는 더 낮은 정도의 에러 보호, 예를 들어 순환 중복 검사(cyclic redundancy check)를 사용하는 다중 비트 에러 검출을 제공받는다.
- [0076] 예를 들어, 프로브 스테이션 주소 및 프로브 상태 데이터는 해밍 거리를 6으로 하여 인코딩될 수 있으며, 이에 의해 1 비트 에러 보정 및 4 비트 에러 검출이 가능하게 될 수 있다. 타임스탬프 및 배터리 상태는 더 낮은 해밍 거리 4로 인코딩될 수 있으며, 이는 3 비트 에러 검출을 제공할 수 있다.
- [0077] 따라서, 주기적인 송신 동안 요구되는 정보(프로브 스테이션 주소 및 프로브 상태)는 메시지 내의 다른 정보보다 더 높은 에러 보호를 갖는다. 각각의 주기적인 송신 간에는 송신이 실패한 경우에 재송신을 위해 이용가능한 비어 있는 타임슬롯이 몇개씩 있다. 그렇지만, 이들 타임슬롯 모두가 성공하지 못한 재송신에 의해 다 사용되어 버린 경우, 에러 신호가 생성되고 전체 시스템이 정지하게 된다. 따라서, 비어 있는 타임슬롯을 안전 버퍼(safety buffer)로서 남겨두면서 높은 신뢰성의 주기적인 송신을 갖는 것이 유익하다.
- [0078] 프로브 상태가 "트리거링됨"인 경우, 타임스탬프 데이터가 중요하게 된다. 이 데이터는 보다 낮은 해밍 거리를 가지며 에러가 검출될 경우 재송신된다. 예를 들어, 초당 약 50회의 주기적인 송신 및 초당 약 1회의 트리거링이 있을 수 있다. 따라서, 트리거링 신호보다 주기적인 송신에 대한 재송신을 피하는 것이 더 중요하다.
- [0079] 더 중요한 데이터에 대해 보다 긴 해밍 거리 코드를 사용하는 시스템은 주기적인 송신을 위해 요구되는 재송신의 횟수를 감소시키는 이점이 있다. 더 낮은 우선순위의 데이터가 더 낮은 해밍 거리 코드를 부여받기 때문에, 송신 시간이 감소된다. 따라서, 무선 트래픽 및 배터리 수명도 감소된다.
- [0080] 본 발명의 특징은 프로브 스테이션이 사용가능하게 되면 그 프로브 스테이션은 그의 파트너인 기계 스테이션과만 통신하게 된다. 이것에 의해 다른 시스템들은 서로 간섭하지 않으면서 동일한 환경에서 동시에 동작할 수 있게 된다. 파트너를 맺어주는 프로세스(partnering process)는 프로브 스테이션의 고유의 32비트 ID를 기계 스테이션으로 송신한다. 이 프로세스의 바람직한 실시예에서, 프로브가 기계 상에 놓여질 때, 프로브 스테이션은 '획득 송신(Send Acquisition)' 모드로 들어간다. 이 모드에서, 프로브 스테이션은 기계 스테이션에 의해 인식되는 '헤더(header)' 및 자신의 고유 ID를 포함하는 메시지를 송신한다. 이 메시지는 주기적으로, 예를 들어 자신의 호핑 패턴에서의 모든 채널에 걸쳐 매 1ms마다 한번씩 송신된다. 다음 단계에서, 기계 스테이션의 전원이 켜지고, 최초 기간, 예를 들어 10초가 지나면, 기계 스테이션은 프로브 스테이션에 의해 송신된 '획득 송신(Send Acquisition)' 신호를 받을 준비가 된다. 기계 스테이션이 송신 신호를 수신하고 그 송신 내의 '헤더'를 인식할 때, 기계 스테이션은 ID를 판독한다. 기계 스테이션은 EEPROM(전기적 소거가능 프로그래밍가능 판독 전용 메모리) 형태인 자신의 메모리에 이 ID를 저장하고 동일한 ID를 포함하는 긍정 응답을 다시 프로브 스테이션으로 송신한다. 프로브 스테이션이 성공적으로 그 자신의 ID를 포함하는 긍정 응답을 (에러 없이) 수

신하면, 프로브 스테이션은 '획득 송신(Send Acquisition)' 프로세스를 중단한다. 프로브 스테이션 및 기계 스테이션은 이제 성공적으로 파트너가 되었으며, 기계 스테이션은 이 ID를 갖는 프로브 스테이션과만 통신하게 된다.

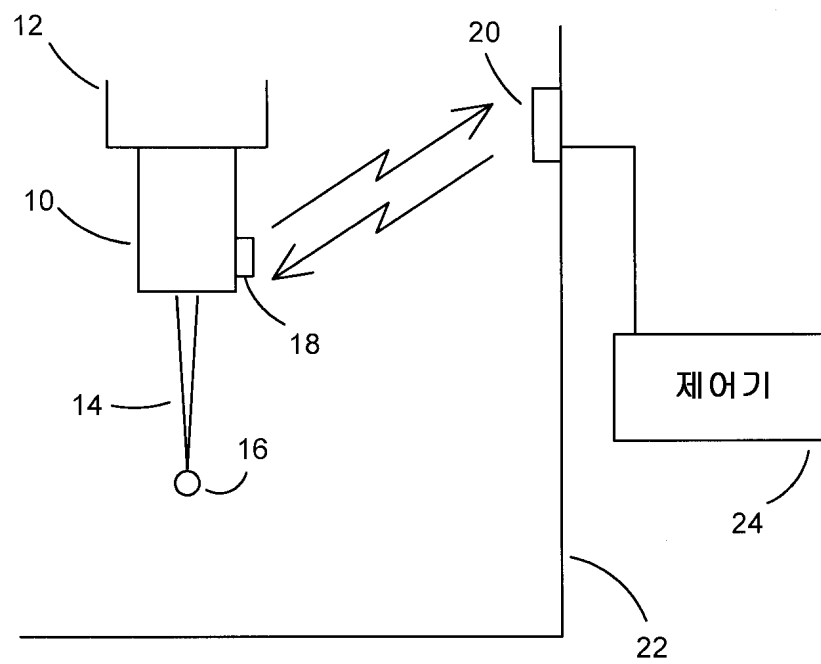
- [0081] 프로브 스테이션 및 기계 스테이션이 파트너가 되었으면(즉, 동일한 ID를 가졌으면), 이들은 동일한 채널 호핑 패턴을 가지게 되며, 따라서 채널 호핑 동안에 통신할 수 있게 된다.
- [0082] 송신 시스템의 프로브 스테이션 및 기계 스테이션은 전세계의 라이선스 무료 무선 주파수 대역을 사용하여 신호를 송신할 수 있다. 이러한 대역의 예가 2.4 GHz 및 5.6 GHz이다. 이것의 이점은 프로브 스테이션 및 기계 스테이션이 제조 동안 이들 주파수 대역 내에서 동작하도록 설정될 수 있고 따라서 동일한 버전의 프로브가 세계 어디에서나 사용될 수 있다는 것이다.
- [0083] 상기 실시예에서, 프로브 스테이션은 기계 스테이션으로 정규의 송신 신호를 송신해 보낸다. 그렇지만, 다른 대안으로서 기계 스테이션이 정보를 요청하는 정규의 송신 신호를 송신해 보내고 그에 응답하여 프로브 스테이션이 정보(즉, 측정 및 시간 정보)를 기록하고 이 정보를 기계 스테이션으로 송신하는 것이 있다.
- [0084] 상기 실시예는 프로브 스테이션 및 기계 스테이션이 동기하는 정규의 송신 및 터치 트리거 이벤트에 관한 데이터를 포함하는 아웃 오브 시퀀스 이벤트 구동 송신(out of sequence event driven transmission)에 대해 기술하고 있다. 그렇지만, 정규의 송신 시퀀스에 터치 트리거 이벤트와 관련한 데이터를 포함하고 따라서 아웃 오브 시퀀스 이벤트 구동 송신이 필요하지 않게 되는 것이 가능하다. 이 경우, 데이터는 터치 트리거 이벤트의 시간에 관한 정보를 포함할 필요가 있게 된다.
- [0085] 본 발명은 터치 트리거 프로브에 한정되지 않는다. 이 송신 시스템은 또한 스캐닝 프로브에 사용하기에 적당하다. 이 경우, 정규의 송신은 프로브 편향 및 그 프로브 편향의 시간에 관한 데이터를 포함하게 된다.
- [0086] 이와 마찬가지로, 송신 시스템은 공작 기계 및 좌표 측정 기계 등의 좌표 위치 결정 장치에서 사용하는 다른 측정 장치에도 적당하다. 볼 바 디바이스(ball bar device)는 공작 기계 및 좌표 측정 기계에 대한 캘리브레이션 작업을 수행하는 데 사용되며, 이에 대해서는 미국 특허 제4,435,905호에 기술되어 있다. 이 디바이스는 각 단부에 볼(ball)이 구비되어 있는 가늘고 긴 망원 바(elongate telescopic bar)를 포함한다. 사용법을 설명하면, 각각의 볼은 기계 스펀들 및 테이블 상에 제공된 소켓 내에 보유되고, 이어서 아암은 테이블 상의 소켓에 보유된 볼의 중앙을 중심으로 한 원형 경로로 구동된다. 바 상에 제공된 1축 트랜스듀서(single axis transducer)는 볼의 중심간 간격의 임의의 변동을 측정하고, 따라서 공작 기계 홀더 경로(tool holder path)가 원형 경로로부터 변동하는 정도를 결정한다. 1축 트랜스듀서로부터의 데이터는 케이블을 통해 기계 콘트롤로 텔레이되지만 이것은 볼바에서는 가능한 회전 수를 제한하는 단점이 있다. 본 발명의 송신 시스템을 사용함으로써, 트랜스듀서 출력 및 대응하는 데이터는 무선 신호로 송신될 수 있으며, 따라서 케이블이 필요없게 되고 볼바가 몇번의 연속적인 회전을 할 수 있게 된다. 이 송신 시스템은 온도 프로브 등의 다른 측정 장치 상에서 사용될 수 있다.
- [0087] 상기 실시예는 주파수 호핑의 사용에 대해 기술하고 있지만, 예를 들면 직접 시퀀스(direct sequence) 등의 다른 유형의 확산 스펙트럼 무선 링크도 본 발명에서 사용하기에 적합하다.

### 도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 공작 기계 상에 탑재된 터치 트리거 프로브를 나타낸 도면.
- [0026] 도 2는 제1 및 제2 스테이션의 주파수 호핑 및 동기를 개략적으로 나타낸 도면.
- [0027] 도 3은 상실된 홉 및 이벤트 인터럽션(lost hops and event interruptions)을 개략적으로 나타낸 도면.
- [0028] 도 4는 프로브 트리거링 및 지연 카운터를 개략적으로 나타낸 도면.
- [0029] 도 5는 동기 복원을 개략적으로 나타낸 도면.
- [0030] 도 6은 기계 스테이션 내의 슬라이딩 상관기를 개략적으로 나타낸 도면.

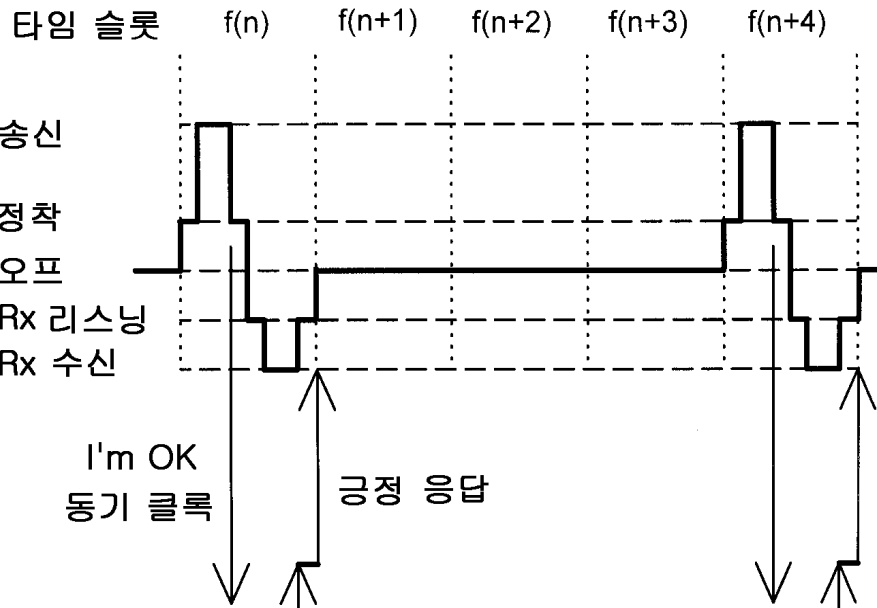
도면

도면1

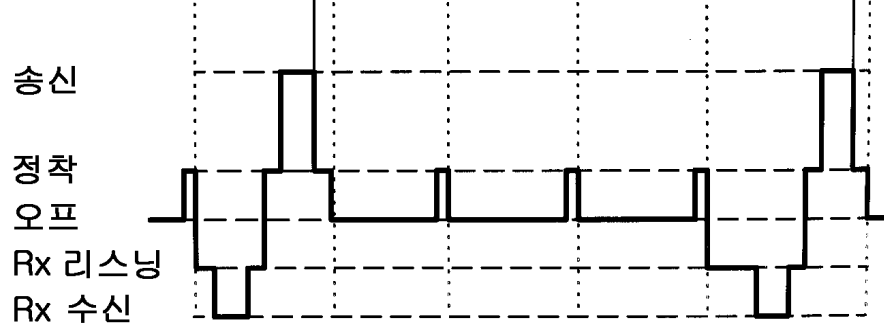


도면2

프로브 스테이션  
모뎀



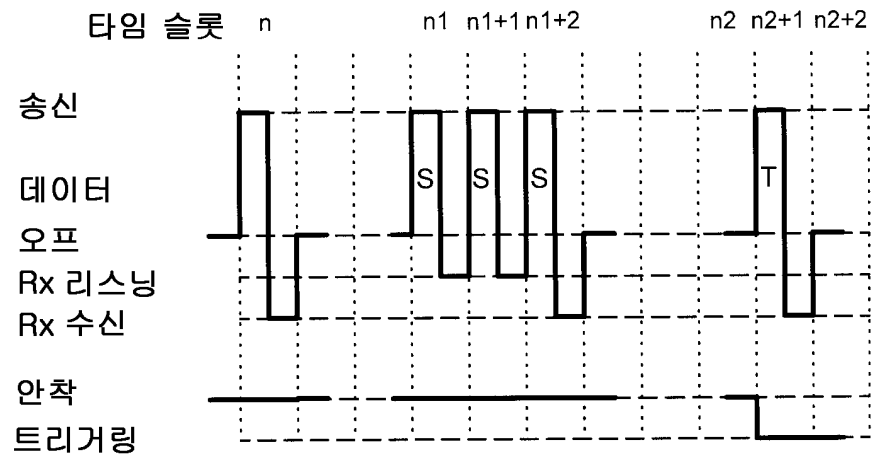
기계 스테이션  
모뎀



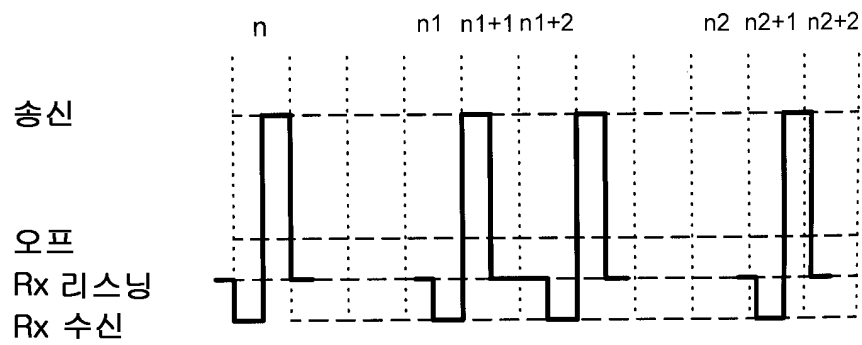


도면3

프로브 스테이션  
모델

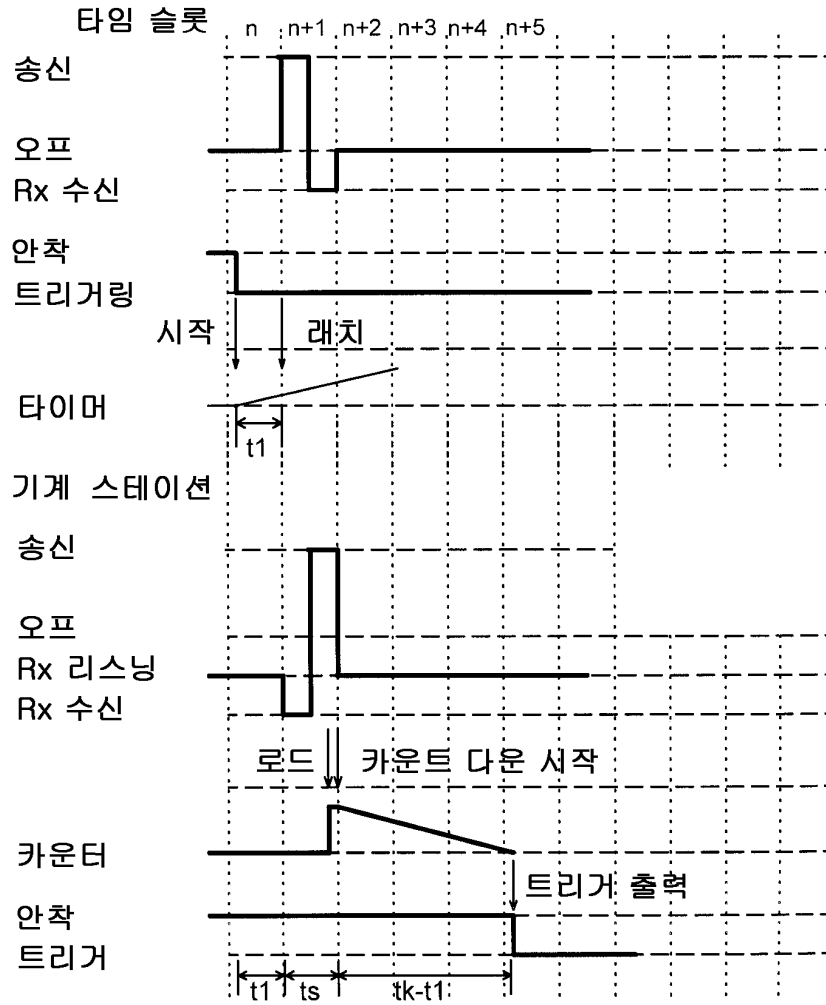


기계 스테이션  
모델



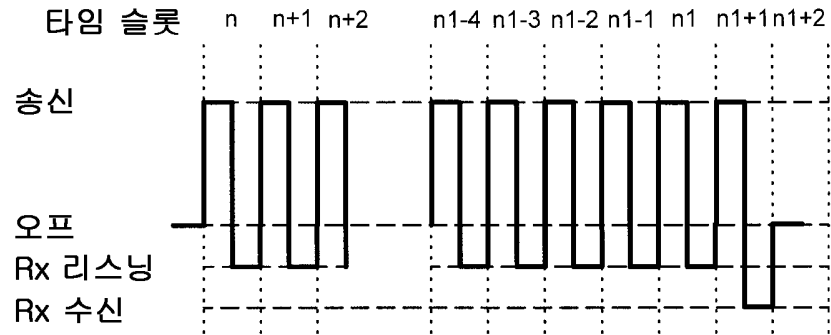
도면4

프로브 스테이션

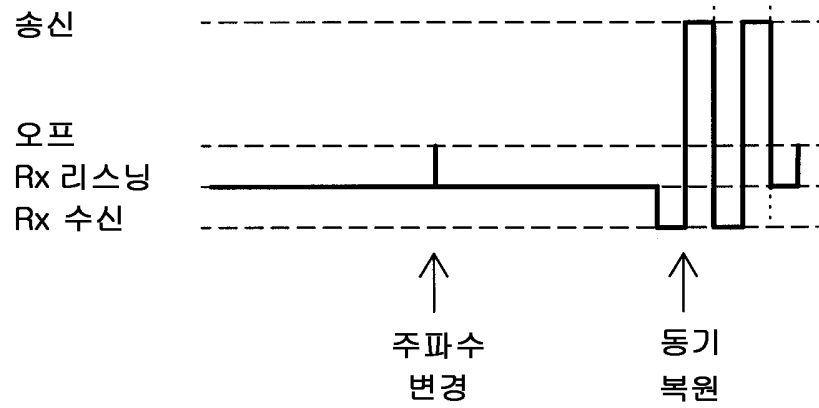


도면5

프로브 스테이션



기계 스테이션



도면6

