



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0051319  
(43) 공개일자 2011년05월18일

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009.01) H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0107824

(22) 출원일자 2009년11월10일

심사청구일자 2009년11월10일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 공동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

성태경

대전광역시 유성구 용산동 우림필유 아파트 1106동 502호

(74) 대리인

박창희, 김종관, 권오식

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법

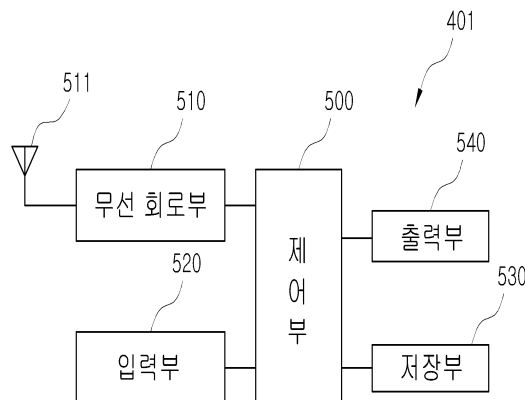
### (57) 요약

본 발명은 무선 측위 망에서 오차요소의 선 보상을 통한 이동 노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법을 제공한다.

이를 위해 본 발명의 일 실시 예는 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 방식과 TWR 방식을 혼용하여, 무선 측위망의 초기화 과정에서 각 노드들의 H/W 내부 지연 시간과 클럭 오프셋값을 추정하여 그 추정치를 위치 추정 서버에 저장하고, 망의 초기화 이후의 측위시, 이를 이용하도록 함으로써 측위(location) 절차를 단순화하고 측위의 정확도를 향상시키는 방법을 개시한다.

본 발명에 따르면, 무선 측위망에서 각 노드들의 H/W 내부 지연 시간과 클럭 오프셋을 모두 추정하여 이들 추정치를 위치 추정 서버에서 별도로 관리하고 측위 절차시, 각 노드들의 추가적인 메시지 교환없이 이들 추정치를 사용하므로 측위 절차가 간편하다.

대표도 - 도5



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

이동노드, 다수의 고정노드 및 상기 고정노드의 위치 좌표를 저장하고 있는 위치 추정 서버를 포함하는 무선 측위 망이 초기화되는 단계와,

상기 다수의 고정노드가 서로 거리 측정 메시지 및 확인 응답 메시지(ACK 메시지)를 통신하여 상기 다수의 고정노드에 대한 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 거리 측정치 및 SDS-TWR 과정 중의 TWR 거리 측정치를 획득하여 상기 위치 추정 서버에 전송하는 단계와,

상기 위치 추정 서버가 전송된 상기 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 거리 측정치를 이용하여 상기 다수의 고정노드의 내부 지연값을 추정하는 단계와,

상기 위치 추정 서버가 상기 SDS-TWR 과정 중의 TWR 거리 측정치를 이용해 상기 다수의 고정노드간의 상대적인 클럭 오프셋값을 추정하는 단계와,

상기 다수의 고정노드가 상기 이동노드와 상기 다수의 고정노드간 거리를 측정해서 상기 이동노드와 상기 다수의 고정노드간 거리 측정치를 상기 추정 서버에 보고하는 단계와,

상기 위치 추정 서버가 상기 내부 지연값, 상기 상대적인 클럭 오프셋값, 및 상기 이동노드와 상기 다수의 고정노드간 거리 측정치로부터 상기 이동노드의 위치 좌표를 추정하는 단계

를 포함하는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 SDS-TWR 거리 측정치 및 SDS-TWR 과정 중의 TWR 거리 측정치를 획득하여 상기 위치 추정 서버에 전송하는 단계는, 상기 무선 측위 망 초기화 시에만 수행되고, SDS-TWR를 이용한 거리 측정치 획득 시 상기 고정노드의 클럭 오프셋으로 인한 오차는 없는 것으로 가정하는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 SDS-TWR 거리 측정치는,

$$\rho_{ij} = r_{ij} + c \cdot (d_i + d_j) + w$$
 (여기서, c: 전파 속도, d: 내부 지연값(Internal delay),  $r_{ij}$ : 두 고정노드간 실제 거리)를 이용하여 계산되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 TWR 거리 측정치는, 상기 거리 측정 메시지 및 확인 응답 메시지가 첫 번째 왕복하는 제 1 TWR 거리 측정치, 두 번째 왕복하는 제 2 TWR 거리 측정치, 및 전체 왕복하는 전체 거리 측정치를 포함하되,

상기 제 2 TWR 거리 측정치는 상기 제 1 TWR 거리 측정치를 계산하지 않고 이용하는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 TWR 거리 측정치는,

$$z_{ij} = r_{ij} + c \cdot (d_i + d_f) + c \cdot \Delta f_{ij} + w$$
 ( $r_{ij}$  : 두 고정노드간 실제 거리,  $d$  : 내부 지연값,  $\Delta f$  : 상대적인 클럭 오프셋값,  $c$  : 전파 속도,  $w$  : 백색 가우시안 잡음)를 이용하여 계산되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

#### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 내부 지연값은,

$$\underline{p} = \underline{r} + c \cdot \underline{H} \cdot \underline{d} + w$$

$$\rightarrow \hat{\underline{d}} = (\underline{H}^T \cdot \underline{H})^{-1} \cdot \underline{H}^T \cdot \frac{1}{c} (\underline{p} - \underline{r})$$

(여기서,  $p$  : 거리 측정치,  $r$  : 이미 알고 있는

고정노드들 간의 실제 거리,  $\hat{\underline{d}}$  : 각 고정노드의 내부 지연값)을 이용하여 계산하는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

#### 청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 상대적인 클럭 오프셋값은,

$$\underline{z} = \underline{r} + c \cdot \underline{M} \cdot \hat{\underline{d}} + c \cdot \underline{H} \cdot \underline{\Delta f} + w$$

$$\rightarrow \hat{\underline{\Delta f}} = (\underline{H}^T \cdot \underline{H})^{-1} \cdot \underline{H}^T \left( \frac{1}{c} \underline{r} + \underline{M} \cdot \hat{\underline{d}} - \frac{1}{c} \underline{z} \right)$$

( $z$  : TWR 거리 측정치,  $r$  : 고정노드간의 실제 거리,  $c$  : 전파 속도,  $\hat{\underline{d}}$  : 고정노드의 내부 지연값,  $w$  : 백색 가우시안 잡음)을 이용하여 계산되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

#### 청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 이동노드와 상기 다수의 고정노드간 거리 측정치는,

$$z_{it} = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2} + c \cdot (d_i + d_t) + c \cdot (f_i - f_t)$$

(여기서,  $x_i, y_i, z_i$ 는 고정노드의 위치 좌표값이고,  $x_t, y_t, z_t$ 는 이동노드의 위치 좌표값이며,  $d$  : 내부 지연값,  $f_i - f_t$  : 상대적인 클럭 오프셋값,  $c$  : 전파 속도)를 이용하여 계산되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

#### 청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

TDOA 방식의 경우, 상기 이동노드와 상기 다수의 고정노드간 거리 측정치는,

$$\Delta z_{ij} = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2} - \sqrt{(x_j - x_t)^2 + (y_j - y_t)^2 + (z_j - z_t)^2} + c(d_i - d_j) + c(f_i - f_j)$$

(여기서,  $x_i, y_i, z_i$  및  $x_j, y_j, z_j$ 는 고정노드의 위치 좌표값이고,  $x_t, y_t, z_t$ 는 이동노드의 위치 좌표값이며,  $d$  : 내부 지연값,  $f_i - f_j$  :

상대적인 클럭 오프셋값,  $c$  : 전파 속도)를 이용하여 계산되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

## 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 이동노드와 상기 다수의 고정노드간 거리의 계산시, 상기 이동노드의 내부 지연값과 클럭 오프셋값은 무시되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

## 청구항 11

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 고정노드의 위치 좌표는 상기 고정노드가 배열되는 형태에 따라 상기 무선 측위망 초기화 이전에 상기 위치 추정 서버에 입력 저장되며, 상기 고정노드의 개수는 2차원 좌표의 경우 적어도 3개이고, 3차원 좌표의 경우 적어도 4개가 되는 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 방식과 TWR 방식을 혼용하여, 무선 측위망의 초기화 과정에서 각 노드들의 H/W 내부 지연 시간과 클럭 오프셋값을 추정하여 그 추정치를 위치 추정 서버에 저장하고, 망의 초기화 이후의 측위시, 이를 이용하도록 함으로써 측위(location) 절차를 단순화하고 측위의 정확도를 향상시키는 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 무선 망은 소수의 고정노드를 배치하고 다수의 이동노드에 대한 위치를 추정함으로써, 이동노드의 위치 추적, 이동노드의 상황에 맞는 서비스 제공 등의 다양한 응용에 활용하고 있다. 예를 들면, 재난시 건물 내 조난자의 위치 파악, 로봇의 이동제어 등에 활용될 수 있다. 즉, 이동노드(예를 들면, RF 태그가 될 수 있음)를 사람 몸체에 부착시키면 그 사람이 건물 내 어느 위치에 있는지를 파악하는 것이 가능해진다.

[0003] 그런데 이런 무선망에서 측위 절차를 수행하는 종래 기술에는 망동기 클럭 없이 비동기로 TOF(Time Of Flight)를 계산할 수 있는 TWR(Two-Way Ranging), SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two-Way Ranging) 방식 등이 있다.

[0004] 이중 먼저 TWR의 개념을 도 1을 참조하여 설명하기로 한다. TWR 방식은 망동기 클럭 없이 비동기로 TOF를 계산하는 방식이다. 즉, 디바이스A(100)가 거리 측정 메시지(보통, ranging packet이라고 함)(130)를 디바이스B(110)로 전송하면 이 거리 측정 메시지가 송신됨과 동시에 디바이스A(100)의 거리 측정 카운터(거리 측정 카운터)가 동작을 시작한다.

[0005] 마찬가지로 디바이스B(110)에서는 디바이스A(100)가 송신한 거리 측정 메시지(130)를 수신함과 동시에 거리 측정 카운터의 동작이 시작되며 수신한 거리 측정 메시지에 대한 ACK(ACKnowledgement: 확인응답) 메시지를 송신함과 동시에 디바이스B(110)의 거리 측정 카운터 동작이 멈추고 그 값을 저장하게 된다. 이때 디바이스B(110)에 저장된 거리 측정 카운터 값을  $t_{replyB}$ 라 한다.

[0006] 디바이스A(100)에서는 디바이스B(110)가 송신한 ACK 메시지를 수신함과 동시에 거리 측정 카운터의 동작을 멈추고 그 값을 저장하게 된다. 이때, 디바이스A(100)에 저장된 거리 측정 카운터 값을  $t_{roundA}$ 라 한다. 이와 같이 거리 측정 메시지의 송수신을 통해  $t_{replyA}$ 와  $t_{replyB}$ 을 구하게 되고, 다음 식에 의해 전파(電波)의 전파(傳播) 시간인  $t_p$ 를 구할 수 있다.

### 수학식 1

$$t_p = \frac{t_{roundA} - t_{replyB}}{2}$$

[0007]

[0008] 이렇게 구한 전파(傳播) 시간에 전파(電波)의 속도를 곱함으로써 거리 측정치를 구하게 된다. 이때의 거리 측정치는 다음의 식과 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 2

$$\rho_i = c \cdot t_p$$

[0009]

[0010]  $t_p$  : 전파 시간

[0011]  $c$  : 전파 속도

[0012] 이 거리 측정치들을 이용하여 이동노드(예를 들면, 태그)의 위치를 추정하게 된다. 이를 도시한 도면이 2에 도시되며, 여기서  $\rho$ 는 각 고정노드(센서가 됨)와 이동노드)간의 거리를 뜻한다.

[0013] 그런데, 보통 디바이스A(100)의 본체(회로가 있는 부분)와 안테나(101) 사이, 그리고 디바이스B(110)의 본체와 안테나(111) 사이에는 시간적 지연(122)이 있다. 즉, 실제로는 디바이스A(100)를 기준으로 한 거리측정 카운터의 동작 시점(122)으로부터 거리측정 카운터의 동작이 시작되지만, 이론적으로는 안테나(101)를 기준으로 한 기준선(121)을 기준으로 거리 측정 카운터의 동작이 시작되어야 한다.

[0014] 물론, 수신하는 디바이스B(110)의 경우에도 동일하게, 실제로는 거리측정 카운터의 동작 시점(120)에서 거리 측정 메시지(130)를 수신하지만, 이론적으로는 기준선(121)에서 이 거리 측정 메시지를 수신한다. 따라서, 수신측에서도 시간적 거리(122)가 있다. 이를 H/W(Hardware) 내부 지연이라고 한다. 이러한 H/W 내부 지연으로 인해 거리 측정 카운터의 동작 시점과 실제 전파가 안테나를 통해 전파되는 시점이 달라진다.

[0015] 따라서, 이러한 H/W 내부 지연과 같은 오차 요소를 배제한 경우 앞서 전파 시간에 전파 속도를 곱함으로써 구한 거리 측정치는 다음 식과 같이 나타낼 수 있을 것이다.

### 수학식 3

$$\rho_i = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2}$$

[0016]

[0017]  $i = 1, 2, \dots, m$  ( $m$ 은 고정노드의 개수)

[0018] 아래 첨자  $t$ : 이동노드

[0019] 여기서,  $x_i, y_i, z_i$ 는 각 고정노드의 위치이며,  $\rho_i$ 는 거리 측정치이므로 미지수는 이동노드의 위치인  $x_t, y_t, z_t$ 만 남게 되어 이동노드의 위치를 구할 수 있게 된다.

[0020] 그런데, 이러한 TWR방식만으로는, 클럭 주파수 오프셋 오차를 해결할 수 없다. 즉, 도 1에 도시된 디바이스A(100)와 디바이스B(110)는 각기 다른 독립적인 클럭 주파수를 갖게 되는데, 이로 인해 클럭 오프셋이 발생하게 되고 따라서 디바이스A(100)와 디바이스B(110)사이에 거리 측정이 정확하지 않을 수 있다.

[0021] 이러한 클럭 오프셋으로 인한 오차를 경감시킴으로써 더욱 정확한 측위가 가능하도록 한 SDS-TWR 방식이 제안되었다. 이 SDS-TWR 방식을 개념적으로 설명한 도면이 도 3에 도시된다.

[0022] 즉, SDS-TWR 방식은 도 3에 도시된 바와 같이, 앞서 기술한 TWR을 교대로 2회 반복하는 방식이다. 이

때,  $t_{roundA} = 2t_p + t_{replyB}$ ,  $t_{roundB} = 2t_p + t_{replyA}$ 이며, 이 두 식을 이용해  $t_p$ 를 구해보면 다음의 식과 같다.

#### 수학식 4

$$4t_p = t_{roundA} - t_{replyA} + t_{roundB} - t_{replyB}$$

$$t_p = \frac{t_{roundA} - t_{replyA} + t_{roundB} - t_{replyB}}{4}$$

[0023]

[0024] 수학식 4를 통해 얻어진 전파(傳播)시간에 전파(傳播)속도를 곱함으로써 거리 측정치를 구할 수 있게 된다.

[0025] 수학식 4를 이용하여 종래의 SDS-TWR 방식에서의 클럭 오프셋 보상방법을 설명할 수 있다. 즉, 수학식 4를 클럭 오프셋을 고려하여 다시 정리하면 아래의 수학식과 같다.

#### 수학식 5

$$4zt_p = (t_{roundA} - t_{replyA})(1 + e_A) + (t_{roundB} - t_{replyB})(1 + e_B)$$

[0026]

[0027] 수학식 5는 아래의 식과 같이 치환이 가능하다.

#### 수학식 6

$$t_{replyA} = t_{reply}$$

$$t_{replyB} = t_{reply} + \Delta_{reply}$$

$$\Delta_{reply} = t_{replyB} - t_{replyA}$$

[0028]

[0029] 위 수학식 6을 이용하여 클럭 오프셋에 따른 측정치 오차를 구해보면, 아래의 수학식과 같다.

#### 수학식 7

$$zt_p - t_p = \frac{1}{2} t_p (e_A + e_B) + \frac{1}{4} \Delta_{reply} (e_A - e_B)$$

[0030]

[0031] 이때, 최대 거리가 수십M인 실내 환경을 고려했을 때,  $t_p$ 는 수 nsec인데 반하여,  $\Delta_{reply}$ 는 수  $\mu sec$ 이므로,

$\frac{1}{2} t_p (e_A + e_B)$ 은 상대적으로 무시할 수 있을 정도로 작은 값이다. 따라서,  
 $zt_p - t_p = \frac{1}{4} \Delta_{reply} (e_A - e_B)$ 가 된다.

[0032] 반면, TWR 방식의 경우,  $zt_p - t_p \approx \frac{1}{2} t_{replyB} (e_A - e_B)$ 이다. 일반적으로  $\Delta_{reply}$ 는 수 nsec이고,  $t_{reply}$ 는 수  $\mu sec$ 임을 감안하면 SDS-TWR 방식은 TWR에 비해 클럭 오프셋에 의한 측정치 오차의 영향이 거의 없다고 할 수 있다.

[0033] 그러나 위에서 설명한 바와 같이, SDS-TWR 방식은 TWR 방식을 반복하게 되므로, 거리 측정(ranging)을 할 때마

다 패킷 메시지 교환이 TWR 보다 2배로 증가하게 된다. 따라서, 망내의 트래픽(traffic)이 2배로 증가한다는 단점이 있었다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- [0034] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 극복하기 위해 제안된 것으로서, 무선 측위망에서 SDS-TWR 방식과 TWR 방식을 혼용함으로써 측위 절차가 간편하게 수행되는 측위 방법을 제공함에 그 목적이 있다.
- [0035] 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통하여 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축함으로써 망내 트래픽을 감소시키는 측위 방법을 제공함에 다른 목적이 있다.
- [0036] 무선 측위망에서 클럭 오프셋과 내부 지연을 동시에 제거함으로써 정밀한 측위 방법을 제공함에 또 다른 목적이 있다.

### 과제 해결수단

- [0037] 상기한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 일실시예에 따르면 무선 측위망에서 오차요소의 선보상을 통한 이동노드의 위치 추정 갱신 주기 단축 및 측위 정확도 향상 방법이 제공된다. 이 방법은, 이동노드 및 다수의 고정노드의 위치 좌표를 저장하고 있는 위치 추정 서버를 포함하는 무선 측위 망이 초기화되는 단계와, 다수의 고정노드가 서로 거리 측정 메시지 및 확인 응답 메시지(ACK 메시지)를 교환하여 고정노드에 대한 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 거리 측정치를 획득하여 위치 추정 서버에 전송하는 단계와, 위치 추정 서버가 전송된 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 거리 측정치를 이용하여 다수의 고정노드의 내부 지연값을 추정하는 단계와, 위치 추정 서버가 SDS-TWR 과정 중의 TWR 거리 측정치를 이용해 다수의 고정노드 간의 상대적인 클럭 오프셋 값을 추정하는 단계와, 다수의 고정노드가 이동노드와 다수의 고정노드간 거리를 측정해서 이동노드와 다수의 고정노드간 거리 측정치를 추정 서버에 보고하는 단계와, 위치 추정 서버가 내부 지연값, 상대적인 클럭 오프셋값, 및 이동노드와 다수의 고정노드간 거리 측정치로부터 이동노드의 위치 좌표를 추정하는 단계를 포함한다.
- [0038] 또한, SDS-TWR 거리 측정치 및 SDS-TWR 과정 중의 TWR 거리 측정치를 획득하여 위치 추정 서버에 전송하여 내부 지연과 클럭 오프셋을 추정하는 단계는, 무선 측위 망 초기화시 또는 이동노드의 측위 시에만 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 여기서, SDS-TWR 거리 측정치는, 
$$\rho_{ij} = r_{ij} + c \cdot (d_i + d_j) + w$$
 (여기서, c: 전파 속도, d: 내부 지연값(Internal delay),  $r_{ij}$ : 두 고정노드간 실제 거리)를 이용하여 계산될 수 있다.
- [0040] 여기서, TWR 거리 측정치는 SDS-TWR의 방식에서, 거리 측정 메시지 및 확인 응답 메시지가 첫 번째 왕복하는 제 1 TWR 거리 측정치, 두 번째 왕복하는 제 2 TWR 거리 측정치, 및 전체 왕복하는 전체 거리 측정치를 포함할 수 있다. 이때, 제 1 TWR 거리 측정치와 제 2 TWR 거리 측정치는 독립적으로 획득될 수 있다.

- [0041] TWR 거리 측정치는, 
$$z_{ij} = r_{ij} + c \cdot (d_i + d_j) + c \cdot \Delta f_{ij} + w$$

- [0042] ( $r_{ij}$ : 두 고정노드간 실제 거리, d: 내부 지연값,  $\Delta f$ : 상대적인 클럭 오프셋값, c: 전파 속도, w: 백색 가우시안 잡음)를 이용하여 계산될 수 있다.

- [0043] 내부 지연값은,

$$\underline{p} = \underline{r} + c \cdot \underline{H} \cdot \underline{d} + w$$

$$\rightarrow \hat{\underline{d}} = (\underline{H}^T \cdot \underline{H})^{-1} \cdot \underline{H}^T \cdot \frac{1}{c} (\underline{p} - \underline{r})$$

- [0044] (여기서, p: 거리 측정치, r: 이미 알고 있는

고정노드들 간의 실제 거리,  $\hat{d}$ : 각 고정노드의 내부 지연값)을 이용하여 계산될 수 있다.

상대적인 클럭 오프셋값은,

$$\underline{z} = \underline{r} + c \cdot \underline{M} \cdot \hat{\underline{d}} + c \cdot \underline{H} \cdot \underline{\Delta f} + \underline{w}$$

$$\rightarrow \underline{\Delta f} = (\underline{H}^T \cdot \underline{H})^{-1} \cdot \underline{H}^T \left( \frac{1}{c} \underline{r} + \underline{M} \cdot \hat{\underline{d}} - \frac{1}{c} \underline{z} \right)$$

(z : TWR 거리 측정치, r : 고정노드간의 실제 거리, c : 전파 속도, d : 고정노드의 내부 지연값, w : 백색 가우시안 잡음)을 이용하여 계산될 수 있다.

여기서, 이동노드와 다수의 고정노드간 거리 측정치는,

$$z_{it} = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2} + c \cdot (d_i + d_t) + c \cdot (f_i - f_t)$$

(여기서,  $x_i, y_i, z_i$ 는 고정노드의 위치 좌표값이고,  $x_t, y_t, z_t$ 는 이동노드의 위치 좌표값이며, d : 내부 지연값,  $f_i - f_t$  : 상대적인 클럭 오프셋값, c : 전파 속도)를 이용하여 계산될 수 있다.

다른 실시예로서, TDOA 방식의 경우, 이동노드와 다수의 고정노드간 거리 측정치는,

$$\Delta z_{ij} = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2} - \sqrt{(x_j - x_t)^2 + (y_j - y_t)^2 + (z_j - z_t)^2} + c(d_i - d_j) + c(f_i - f_j)$$

(여기서,  $x_i, y_i, z_i$  및  $x_j, y_j, z_j$ 는 고정노드의 위치 좌표값이고,  $x_t, y_t, z_t$ 는 이동노드의 위치 좌표값이며, d : 내부 지연값,  $f_i - f_j$  : 상대적인 클럭 오프셋값, c : 전파 속도)를 이용하여 계산될 수 있다.

위 이동노드와 적어도 3개 이상의 고정노드간 거리의 계산시, 이동노드의 내부 지연값과 클럭 오프셋값은 상쇄되므로 무시될 수 있다.

고정노드의 위치 좌표는 고정노드가 배열되는 형태에 따라 무선 측위망 초기화 이전에 위치 추정 서버에 입력 저장될 수 있다.

여기서, 고정노드의 개수는 2차원 좌표의 경우 적어도 3개이고, 3차원 좌표의 경우 적어도 4개가 될 수 있다.

## 효 과

본 발명에 따르면, 무선 측위망에서 각 노드들의 H/W 내부 지연 시간과 클럭 오프셋을 모두 추정하여 이들 추정치를 위치 추정 서버에서 별도로 관리하고 측위 절차시, 각 노드들의 추가적인 메시지 교환없이 이들 추정치를 사용하므로 측위 절차가 간편하다.

본 발명의 다른 효과로서는 무선 측위망에서 미리 상대적인 오차값을 측정하여 저장하므로 TWR 방식만을 사용하더라도 SDS-TWR 만큼이나 정확하고, SDS-TWR 보다 측위 절차가 빠르게 수행된다는 점을 들 수 있다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

이하, 본 발명의 일실시예에 대해 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 측위망의 구성을 나타낸 도면이다. 본 발명의 일실시예에 따른 무선 측위망에서 이동노드의 측위 방법은 SDS-TWR 방식과 TWR 방식을 혼용함으로써 각 노드들의 H/W 내부 지연 시간과 클럭 오프셋을 모두 추정하여 이들 추정치를 위치 추정 서버에서 별도로 관리하고 측위 절차시 이들 추정치를 추가적인 패킷 메시지 전달 없이 적용함으로써 초기화 이후 측위 절차가 단순화되고 신속하며 정밀하게 이루어지도록 한 방법이다.

따라서, 본 발명의 일실시예에 따른 측위 방법을 위한 무선 측위망의 구성을 먼저, 살펴보기로 한다. 도 4를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 무선 측위망에는 고정 배열되는 고정노드(410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490)와, 이 고정노드 내에서 움직이는 이동노드(401)와, 이들 고정노드와 이동노드들의 위치정보를 관리하며, 측위 알고리즘을 통해 이동노드(401)의 위치를 산출하는 위치 추정 서버(400) 등이 구성된다. 이들

구성요소를 설명하면 다음과 같다.

- [0060] 먼저, 고정노드(410 내지 490)가 배열되며, 이 고정노드는 보통 이동체(즉, 이동노드)를 센싱할 수 있는 센서가 사용된다. 본 발명의 실시예에서는 이해의 편의를 위해 배열 형태가 사각형으로 도시되어 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 육각형, 팔각형 배열 형태도 가능하다.
- [0061] 덧붙여, 고정노드들은 유선 또는 무선으로 연결될 수 있다. 물론, 이들 고정노드들이 무선으로 연결되는 경우에는 통신 신호를 수신 또는 전송하기 위한 안테나와 무선 회로부가 구비된다. 본 발명의 일실시예에서는 통신 신호로는 보통 RF(Radio Frequency)를 사용하나, 이에 한정되지는 않으며 IrDA와 같은 다른 통신 신호를 사용하는 것도 가능하다.
- [0062] 또한, 이들 고정노드는 이동노드를 센싱할 뿐만 아니라 각 고정노드 사이에서도 센싱이 가능하다. 따라서, 고정노드(410 내지 490)는 각 고정노드간 센싱 정보와, 고정노드와 이동노드간 센싱정보를 위치 추정 서버(400)에 제공하는 역할을 수행한다.
- [0063] 이동노드(401)는 이동체로서 고정노드(410 내지 490) 내에서 이동하며, 고정노드와 통신을 한다. 이를 위한 이동노드(401)의 구성을 보여주는 도면이 도 5에 도시되며, 이에 대하여는 후술하기로 한다. 물론, 이동노드(401)는 간단한 RFID(Radio Frequency IDentification) 태그와 같이, 사람의 옷에 부착하는 방식일 수도 있다. 그러나 본 발명의 일실시예는 이에 한정되지 않으며, 고정노드와 통신할 수 있는 것이라면 적용가능하다.
- [0064] 위치 추정 서버(400)는 고정노드(410 내지 490)와 통신하며, 이동노드(401)의 위치를 **추정**하는 역할(간단히 줄여서, 측위 절차를 말함)을 한다. 이를 위해 위치 추정 서버(400)에는 고정노드(410 내지 490)의 위치 좌표값과, SDS-TWR 방식과 TWR 방식을 혼용하여 각 노드들의 H/W 내부 지연 시간과 클럭 오프셋을 모두 추정한 추정치를 저장한다. 또한, 이들 위치 좌표값과 추정치를 이용하여 이동노드(401)에 대한 측위 절차를 수행하는 알고리즘을 수행하는 기능을 담당한다.
- [0065] 물론, 도 4에서는 본 발명의 편의를 위해 위치 추정 서버(400)를 별도로 구성하는 것으로 도시하였으나, 이와 달리 위치 추정 서버(400)와 고정노드(410)를 합하여 하나로 구성하는 것도 가능하다. 이는 망 설계를 어떻게 하느냐의 차이에 불과하므로 동일한 범위 내에 있음을 이해해야 할 것이다.
- [0066] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 이동노드의 회로 구성도를 나타낸 블록도이다. 도면을 참조하면, 이동노드(401)에는 안테나(511)를 통하여 고정노드(410 내지 490)와 통신 신호를 수신 또는 전송하기 위한 무선 회로부(510), 이 이동노드에 정보 데이터를 입력하기 위한 입력부(520), 정보 데이터를 출력하는 출력부(540) 및 프로그램, 데이터를 저장하는 저장부(530), 이동노드를 전반적으로 제어하는 제어부(500) 등이 구비된다.
- [0067] 그러면, 본 발명의 일실시예에 대한 이해의 편의를 위해 고정노드의 좌표값을 위치 추정 서버에 저장하는 과정을 설명하기로 한다. 이러한 과정을 보여주는 도면이 도 6에 도시된다.
- [0068] 고정노드(410 내지 490)가 고정되게 배열 설치된다(단계 S600). 예를 들면, 본 발명의 일실시예에 따라 고정노드(410 내지 490)는 도 4에 도시된 바와 같이 사각형 형태로 배열될 수 있다.
- [0069] 고정노드(410 내지 490)가 배열 설치되면, 설치자가 각 고정노드의 위치 좌표를 파악한다(단계 S610). 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 측위 망은 예를 들면 건물과 같은 제한된 장소에서 구현되므로, 설치자가 직접 각 고정노드의 위치 좌표를 쉽게 파악할 수 있다.
- [0070] 파악된 좌표값은 직접 설치자에 의해 위치 추정 서버(도 4의 400)에 입력 등록되어 저장된다(단계 S620).
- [0071] 이제, TWR 및 SDS-TWR 방식을 혼용하여 클럭 오프셋과 H/W 내부 지연을 보상하는 과정을 설명하기로 한다. 이러한 과정을 도시한 도면이 도 7이다. 이에 앞서 망 초기화가 실행되기 전에 전제되는 몇 가지 가정을 소개한다.
- [0072] i) SDS-TWR 측정치에는 각 고정노드의 클럭 오프셋에 의한 오차는 거의 없음
- [0073] ii) 고정노드들 간의 위치 좌표는 설치자가 입력함
- [0074] iii) SDS-TWR 과정 중의 첫 번째 위치 추적 메시지(Ranging packet) 교환에 의한 첫 번째 TWR 거리 측정치, 두 번째 위치 추적 메시지 교환에 의한 두 번째 TWR 거리 측정치, 및 전체 네 번의 위치 추적 메시지 교환을 통한 SDS-TWR 거리 측정치 모두를 위치 추정 서버(도 4의 400)에 저장함.
- [0075] 위 i) 내지 iii)의 가정을 토대로, 도 7을 참조하여 설명하면, 우선 망이 초기화된다(S700). 즉, 고정노드(410 내지 490)들의 위치 좌표가 위치 추정 서버(400)에 등록된 상태에서, 망을 구성하는 시스템을 켜는 때 망이 초

기화된다(단계 S700).

[0076] 망이 초기화되거나 이후에 필요할 때마다 망내에 설치된 고정노드(410 내지 490)들 간에 통신하여 SDS-TWR 거리 측정치 및 SDS-TWR과정 중의 TWR 거리 측정치를 획득하고 이를 위치 추정 서버(400)에 보고함으로써 이 위치 추정 서버(400)가 각 고정노드(410 내지 490)의 내부 지연값을 추정한다(단계 S710). 이때, SDS-TWR 거리 측정치  $\rho_{ij}$ 은 통신 가능한 거리에 있는 고정노드들 간에 획득한다. 이 측정치는 앞서 설명한 SDS-TWR 특징으로 인해 클럭 오프셋이 제거된 측정치라고 할 수 있다.  $\rho_{ij}$ 는 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 8

[0077] 
$$\rho_{ij} = r_{ij} + c \cdot (d_i + d_j) + w$$

[0078] 여기서,

[0079]  $\rho_{ij}$ : SDS-TWR 거리 측정치

[0080]  $r_{ij}$ : 두 고정노드간 실제 거리

[0081]  $c$ : 전파 속도(=  $3 \times 10^8$  m/sec)

[0082]  $d$ : H/W 내부 지연값(Internal delay)

[0083]  $w$ : 백색 가우시안 잡음

[0084] 여기서, H/W 내부 지연값은 SDS-TWR 거리 측정치  $\rho_{ij}$ 와 고정노드의 위치 좌표로부터  $i$ -번째 고정노드(410 내지 490)의 절대 내부 지연값  $d_i$ 를 추정함으로써 계산된다.

[0085] 예를 들어, 망의 구조가 도 4와 같고 모든 고정노드(410 내지 490)들 간에 통신이 가능하다고 할 때 수학식 8을 행렬식의 형태로 다시 나타내면 다음식과 같다.

### 수학식 9

[0086] 
$$\begin{bmatrix} \rho_{12} \\ \rho_{14} \\ \rho_{15} \\ \vdots \\ \rho_{69} \\ \rho_{78} \\ \rho_{89} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{12} \\ r_{14} \\ r_{15} \\ \vdots \\ r_{69} \\ r_{78} \\ r_{89} \end{bmatrix} + c \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & & \ddots & & & & \vdots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_8 \\ d_9 \end{bmatrix}$$

[0087] 
$$+ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & & \ddots & & & & \vdots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{12} \\ w_{14} \\ w_{15} \\ \vdots \\ w_{69} \\ w_{78} \\ w_{89} \end{bmatrix}$$

[0088] 여기서,  $p$  는 고정노드들 간의 거리 측정치를 나타내는데, 이 측정치 개수는 다음식과 같다.

**수학식 10**

$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$

[0089]

[0090] 여기서,  $n$ 은 고정노드의 개수이다.

[0091]

따라서, 도 4에 도시된 고정노드의 개수가 9개이므로, 총 거리 측정치 개수( $N$ )는 36개가 된다. 예를 들면  $p_{12}$ 는 고정노드(410)와 고정노드(420) 간의 거리 측정치이며,  $p_{89}$ 는 고정노드(480)와 고정노드(490) 간의 거리 측정치가 된다.

[0092]

또한,  $r$ 은 고정노드들 간의 실제 거리를 나타내며, 예를 들면  $r_{12}$ 는 고정노드(410)와 고정노드(420) 간의 실제거리이고,  $r_{89}$ 는 고정노드(480)와 고정노드(490) 간의 실제 거리가 된다. 물론, 앞서 기술한 바와 같이, 실제 거리  $r$ 은 실제로 망을 구성할 때 실측한 거리로서 위치 추정 서버(400)에 저장된 값이다.

[0093]

위 수학식 9를 벡터로 표현하면 다음식과 같다.

**수학식 11**

$$\begin{aligned} p &= \underline{r} + c \cdot H \cdot \underline{d} + w \\ \rightarrow \hat{\underline{d}} &= (\underline{H}^T \cdot \underline{H})^{-1} \cdot H^T \cdot \frac{1}{c} (p - \underline{r}) \end{aligned}$$

[0094]

[0095] 여기서,

[0096]  $p$ : 거리 측정치,

[0097]  $r$ : 이미 알고 있는 고정노드들 간의 실제 거리,

[0098]  $\hat{\underline{d}}$ : 각 고정노드의 H/W 내부 지연값,

[0099] 여기서,  $w$ 는  $N(0, \sigma^2)$ 이며, 각각의 경로는 서로 독립적이기 때문에 IID(Independently and Identically Distributed) 백색 가우시안 잡음(White Gaussian Noise)이라 가정한다. 또한, 미치는 영향이 미미하므로 계산할 필요가 없는 무시할 만한 값이다.

[0100] 따라서, 수학식 11을 최소 자승법(Least Square)에 의해 풀이하면 각 고정노드의 H/W 내부 지연값인  $d$ 가 계산된다.

[0101] 각 고정노드의 H/W 내부 지연값이 계산되었으므로, 이제 각 고정노드의 상대적인 클럭 오프셋값을 계산할 수 있다. 이는 SDS-TWR 과정 중의 TWR를 이용해 추정된다.

[0102] 기술한 바와 같이, SDS-TWR 방식은 TWR을 번갈아 두 번 수행하는 방식이며, 이때의 TWR 거리 측정치 역시 위치 추정 서버(도 4의 400)에 저장된다. 부연하면, 도 3에 도시된 바와 같이, TWR 과정이 2회 수행되는데, 수학식 8 내지 수학식 11을 통해 첫 번째인 제 1 TWR 거리 측정치가 저장되어 있으므로, 두 번째인 제 2 TWR 거리 측정치는 구할 필요가 없이 제 1 TWR 거리 측정치를 사용하면 된다.

[0103] 그러나, 제 1 TWR 거리 측정치가 구해지면 당연히 제 2 측정치도 구해지며, 이에 따라 전체 측정치도 구해지므로, 결국에는 위치 추정 서버(400)에 제 1 측정치, 제 2 측정치 및 전체 측정치가 모두 저장된다.

[0104] 그러므로, 위치 추정 서버(400)에서 앞서 구한 내부 지연값  $d$ 와 SDS-TWR 과정 중의 하나의 TWR 거리 측정치를

이용해 고정노드(400 내지 490)들 간의 상대적 클럭 오프셋값  $\Delta f_{ij}$ 를 추정한다(단계 S720).

SDS-TWR 과정 중의 TWR 거리 측정치는 다음 수학적식과 같다.

### 수학적식 12

$$z_{ij} = r_{ij} + c \cdot (d_i + d_j) + c \cdot \Delta f_{ij} + w$$

여기서,

$z_{ij}$  : TWR 거리 측정치

$r_{ij}$  : 두 고정노드간 실제 거리

$d$  : 내부 지연값

$\Delta f$  : 상대적인 클럭 오프셋값

$c$  : 전파 속도

$w$  : 백색 가우시안 잡음

여기서,  $\Delta f_{ij}$ 는 고정노드(도 4의 410)를 기준으로 한 상대적인 클럭 오프셋을 나타낸 것이다. 따라서,  $\Delta f_{12} = f_1 - f_2$ ,  $\Delta f_{13} = f_1 - f_3$  ....와 같은 방식으로 계산된다

수학적식 12를 행렬식으로 나타내면, 아래의 수학적식과 같다.

### 수학적식 13

$$\begin{bmatrix} z_{12} \\ z_{14} \\ z_{15} \\ \vdots \\ z_{69} \\ z_{78} \\ z_{89} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{12} \\ r_{14} \\ r_{15} \\ \vdots \\ r_{69} \\ r_{78} \\ r_{89} \end{bmatrix} + c \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_8 \\ d_9 \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta f_{12} \\ \Delta f_{13} \\ \Delta f_{14} \\ \vdots \\ \Delta f_{19} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \cdots 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \cdots 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{12} \\ w_{14} \\ w_{15} \\ \vdots \\ w_{69} \\ w_{78} \\ w_{89} \end{bmatrix}$$

여기서,  $w_{12} = \Delta f_{12}$ ,  $w_{14} = \Delta f_{14}$ , ...,  $w_{79} = \Delta f_{17} - \Delta f_{18}$ ,  $w_{89} = \Delta f_{18} - \Delta f_{19}$ 가 된다.

위 수학적식 13의 행렬식을 치환하여 벡터로 표현하면 아래의 수학적식과 같이 정리된다.

### 수학적식 14

$$\underline{z} = \underline{r} + c \cdot \underline{M} \cdot \underline{\hat{d}} + c \cdot \underline{H} \cdot \underline{\Delta f} + \underline{w}$$

$$\rightarrow \underline{\Delta \hat{f}} = (\underline{H}^T \cdot \underline{H})^{-1} \cdot \underline{H}^T (\frac{1}{c} \underline{r} + \underline{M} \cdot \underline{\hat{d}} - \frac{1}{c} \underline{z})$$

[0120]

[0121] 여기서,

[0122]  $z$  : TWR 거리 측정치,

[0123]  $r$  : 고정노드간의 실제 거리,

[0124]  $\underline{\hat{d}}$  : SDS-TWR 방법에 의한 각 고정노드의 내부 지연값,

[0125]  $\underline{\Delta \hat{f}}$  : 상대적인 클럭 오프셋값

[0126]  $w$  : 백색 가우시안 잡음

[0127] 따라서 수학적식 14를 이용하여 상대적인 클럭 오프셋값을 추정하는 것이 가능하다.

[0128] 단계 S700 내지 단계 S720를 반복하여, 고정노드(도 4의 410 내지 490)의 H/W 내부 지연값 및 상대적인 클럭 오프셋값을 추정하였다. 그러면, 이들 값을 이용하여 이동노드(도 4의 401)와 고정노드(410 내지 490)간 거리 측정치를 계산하여 이들 거리 측정치를 위치 추정 서버(400)에 보고하는 과정을 설명하기로 한다(단계 S730).

[0129] 이동노드(401)와 고정노드(410 내지 490)간 거리 측정치를 구하는 수학적식은 다음식과 같다.

#### 수학적식 15

$$z_{it} = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2} + c \cdot (d_i + d_t) + c \cdot (f_i - f_t)$$

[0130]

[0131] 여기서, 아래 첨자  $i$ 는 고정노드를 의미하며, 아래 첨자  $t$ 는 이동노드를 의미한다. 즉, 이동노드(401)가 고정노드(410 내지 490)의 네트워크 영역 내에 있게 되면, 고정노드(410 내지 490)들과 통신하여 고정노드(410 내지 490)와 이동노드(401)간의 거리 측정치  $z_{it}$ 는 위 수학적식 15와 같이 나타낼 수 있다.

[0132] 부연하면, 고정노드(410 내지 490)의 위치 데이터,  $i$ -번째 고정노드의 절대 내부 지연값  $d_i$  추정치, 그리고 기준 고정노드(410)와  $i$ -번째 고정노드의 상대적인 클럭 오프셋값  $\Delta f_{ii}$ , 및 이동노드와 고정노드 사이의 거리 측정치( $z_{it}$ )를 이용하여 이동노드(401)의 위치( $x_t, y_t, z_t$ )를 추정한다(단계 S740).

[0133] TDOA는 각 측정치를 차분하여 위치를 계산하는 방식으로, 각각의 측정치를 차분하게 되면 다음식과 같다.

#### 수학적식 16

$$\Delta z_{ij} = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2} - \sqrt{(x_j - x_t)^2 + (y_j - y_t)^2 + (z_j - z_t)^2} + c(d_i - d_j) + c(f_i - f_j)$$

[0134]

[0135] 위 식에서 살펴보듯이, 고정노드의 개수가 4개라고 가정하면 이러한 차분한 식은 3개가 되며, 이를 나타내면 다음식과 같다.

### 수학식 17

[0136]

$$z_{1t} = \sqrt{(x_1 - x_t)^2 + (y_1 - y_t)^2 + (z_1 - z_t)^2} + c \cdot (d_1 + d_t) + c \cdot (f_1 - f_t)$$

[0137]

$$z_{2t} = \sqrt{(x_2 - x_t)^2 + (y_2 - y_t)^2 + (z_2 - z_t)^2} + c \cdot (d_2 + d_t) + c \cdot (f_2 - f_t)$$

[0138]

$$z_{1t} \cdot z_{2t} = \sqrt{(x_1 - x_t)^2 + (y_2 - y_t)^2 + (z_1 - z_t)^2} \cdot \sqrt{(x_2 - x_t)^2 + (y_2 - y_t)^2 + (z_2 - z_t)^2}$$

[0139]

$$+ c \cdot (d_1 - d_2) + c \cdot (f_1 - f_2)$$

[0140]

여기서, 차분에 의해 이동노드(401)의 내부 지연과 클럭 오프셋이 제거되므로 이동노드(401)의 위치인 ( $x_t$ ,  $y_t$ ,  $z_t$ )만 남게 되어 이동노드(401)의 위치를 추정하는 것이 가능하다.

[0141]

위에서는, 3차원 좌표를 이용하는 것으로 설명하였으나, 2차원 좌표를 이용하여 이동노드(401)의 위치를 추정하는 것도 가능하다. 물론, 이때, 고정노드(410 내지 490)의 개수는 2차원 좌표의 경우에는 적어도 3개가 필요하고, 3차원 좌표의 경우에는 적어도 4개가 필요하게 된다.

[0142]

이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일실시예를 설명하였으나, 본 발명의 권리범위는 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 수많은 변형예가 가능함을 당업자라면 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해져야 할 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0143]

도 1은 종래의 실시예에 따른 TWR 방식을 이용한 데이터 흐름도.

[0144]

도 2는 종래의 실시예에 따른 위치 추정을 설명하기 위한 도면.

[0145]

도 3은 종래의 실시예에 따른 SDS-TWR 방식을 이용한 데이터 흐름도.

[0146]

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 무선 측위망의 구성을 나타낸 도면.

[0147]

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 이동노드의 회로 구성도를 나타낸 블록도.

[0148]

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 무선 측위망에 고정노드의 좌표값을 설정하는 과정을 보이는 순서도.

[0149]

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 무선 측위망에서 오차요소 보상을 통한 이동노드의 측위 방법을 나타낸 순서도.

[0150]

\*\*\*\*\* 도면 부호의 설명 \*\*\*\*\*

[0151]

100: 디바이스A, 110: 디바이스B

[0152]

101, 111: 안테나, 120: 거리측정 카운터의 동작 시점

[0153]

121: 기준선, 122: 시간적 지연

[0154]

130: 위치 측정 메시지

[0155]

131: ACK 메시지(확인 응답 메시지), 400: 위치 추정 서버

[0156]

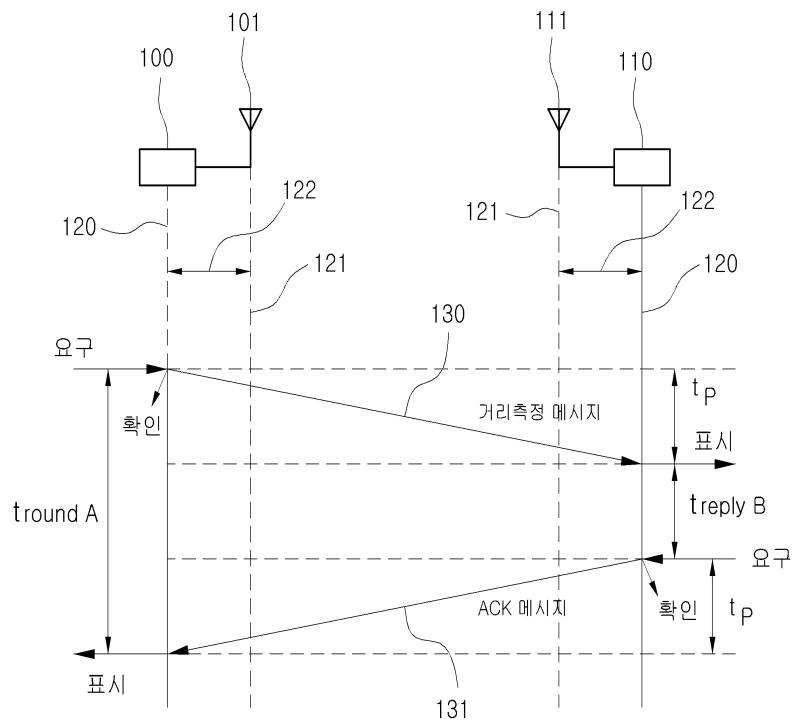
410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490: 고정노드

[0157]

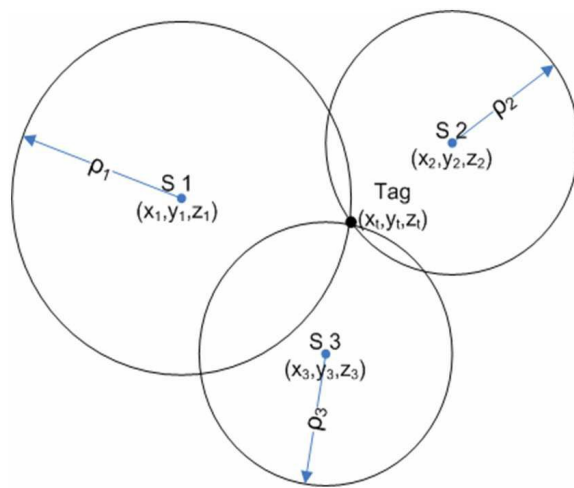
401: 이동노드

도면

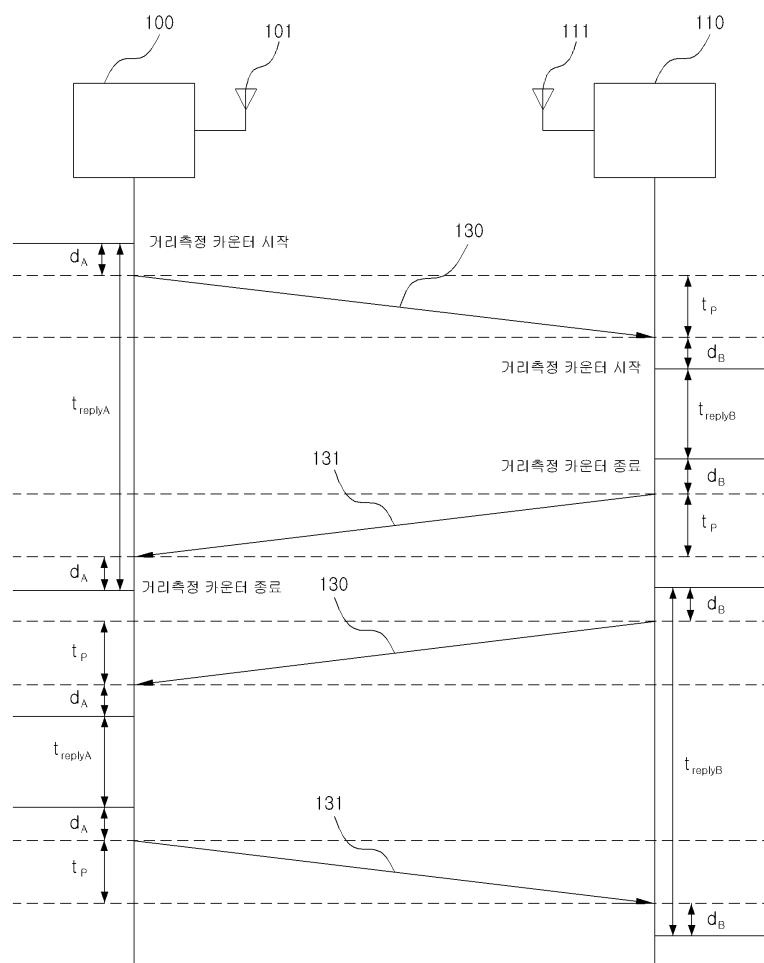
도면1



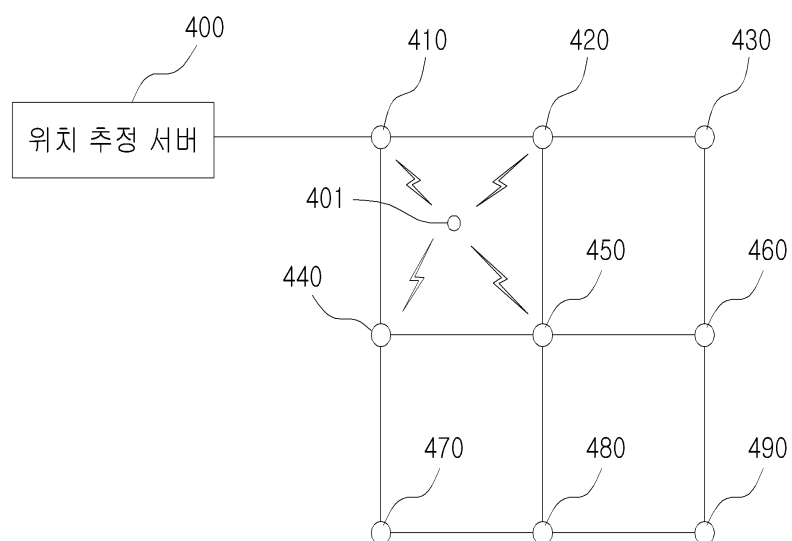
도면2



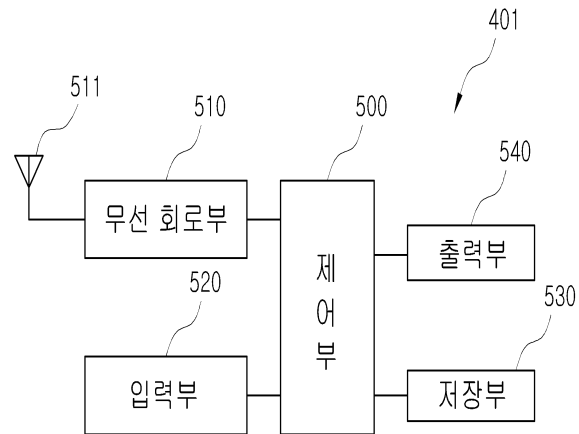
도면3



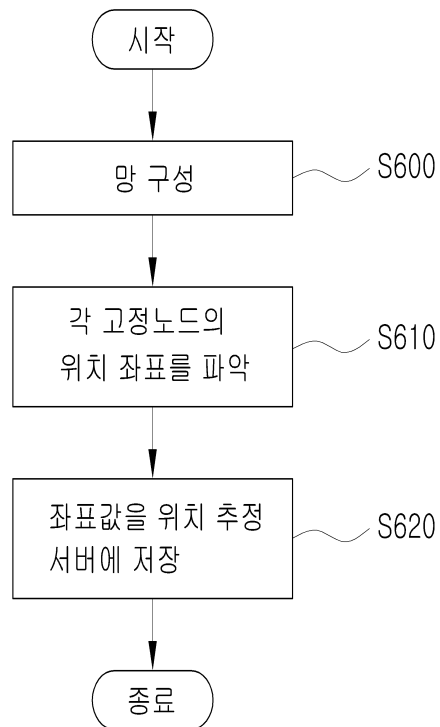
도면4



도면5



도면6



도면7

