

공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술 연구

준회원 박재욱*, 최용성*, 정회원 이순우**, 종신회원 이원철*

A Study on UWB Ranging and Positioning Technique using Common Clock

Jae-wook Park*, Yong-sung Choi* *Associate Members*,
Soon-woo Lee** *Regular Member*, Won-cheol Lee*^o *Lifelong Member*

요약

실내 무선 측위를 위한 UWB (Ultra Wide Band) 무선 측위 시스템에서는 정확한 위치 정보를 추정하기 위해 거리 인지 정보를 사용한다. 거리 인지를 위해서는 TOA (Time of Arrival), TDOA (Time Difference of Arrival) 와 같은 시간 정보를 기반으로 하는 기법을 사용하는 것이 일반적이며, 시간 정보를 측정하기 위해서는 흔히 클럭 정보를 사용하는데, 이 때 가장 기본적으로 고려해야할 요소가 클럭 동기를 맞추는 것과 클럭 오프셋에 의한 오차를 보상하는 것이다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 공통 클럭을 이용한 거리 인지 및 무선 측위 기술을 제안한다. 제안하는 무선 측위 기술의 성능 검증을 위하여 IEEE 802.15.4a TG에서 제시한 채널 환경에서 공통 클럭을 이용한 측위 시스템의 거리 인지 및 무선 측위 결과를 확인하기 위한 실험을 진행하였으며, 모의실험 결과를 통하여 클럭 오프셋에 영향을 받지 않는 무선 측위 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

Key Words : Clock Offset, Synchronization, Common Clock, UWB Positioning, TDOA

ABSTRACT

A wireless positioning system using ultra-wideband (UWB) for indoor wireless positioning uses ranging data in order to accurately estimate location. Commonly, ranging uses time of arrival (TOA), time difference of arrival (TDOA) based on arrival time. The most fundamental issue in the ranging for wireless positioning is to obtain clock synchronization among the sensor nodes and to correct an error caused by the relative clock offset from each node. In this paper, we propose ranging and positioning technique using common clock in order to solve both clock synchronization and clock offset problems. To verify the performance of proposed, we simulated ranging and positioning in channel model introduced by IEEE 802.15.4a Task Group and then results show that location estimation is unaffected by clock offset.

1. 서론

최근 떠오르고 있는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위

해서는 실내의 무선 측위 기술이 요구되어진다. 실외에서는 GPS(Global Positioning System)를 사용하여 측위를 할 수 있으며, 이는 GPS 위성들의 클럭이 서로 동기화

※ 본 논문은 “서울시 산학연 협력사업(과제번호:10544)” 및 “지식경제부 산업원천기술개발사업(No.10011385)”으로 지원된 연구임.

* 숭실대학교 정보통신전자공학부 통신 및 신호처리연구실({nalmada, myoptima}@amcs.ssu.ac.kr, wlee@ssu.ac.kr) (°:교신저자)

** 한국전기연구원(rheesw@keri.re.kr)

논문번호 : KICS2010-09-455, 접수일자 : 2010년 9월 18일, 최종논문접수일자 : 2010년 11월 11일

가 되어 있기 때문에 가능하다. 하지만 실내에서는 GPS 신호를 사용할 수 없으며, 이에 따라 실내 환경에 적합한 측위 시스템 연구가 진행되어져 왔다. 근래에는 실내의 다중 경로 환경에 강한 UWB (Ultra Wide Band) 신호를 사용한 무선 측위 기술 연구가 많이 이루어지고 있다.

일반적으로 무선 측위를 위해서는 측위 시스템의 센서와 위치를 찾고자 하는 태그 사이의 거리 정보가 필요하다. 이러한 거리를 추정하기 위한 거리 인지 기법에는 TOA, TDOA 등 시간 정보를 기반으로 하는 기법이 주로 사용되고 있다. 그림 1과 같이 두 노드 A, B 사이의 거리를 추정하기 위한 거리 인지 기법에는 노드 A에서 노드 B로의 단방향 무선 통신에 의한 단방향 거리 인지 방식 (One Way Ranging)과 두 노드 A, B 사이의 양방향 무선 통신에 의한 양방향 거리 인지 방식 (Two Way Ranging)이 있다. 단방향 거리 인지 방식에서는 기본적으로 두 노드의 클럭 동기가 이루어져있어야 하며, 두 노드의 클럭 정보를 이용하여 단방향 통신에 걸리는 시간을 측정하고 두 노드 사이의 거리를 추정하게 된다. 양방향 거리 인지 방식에서는 두 노드의 클럭 동기를 필요로 하지 않으며, 두 노드의 클럭 정보를 이용하여 양방향 통신에 걸린 시간 (Round Trip Time)과 응답 시간 (Response Delay)을 측정하여 거리를 추정하게 된다.

두 노드의 거리 추정을 위한 거리 인지 기법에서 시간 정보를 측정하기 위해서는 각 노드가 독립적으로 가지고 있는 국부 클럭을 사용하는데, 이 때 가장 기본적으로 고려해야 할 요소가 클럭의 동기를 맞추는 것과 클럭 오프셋에 의한 오차를 보정하는 것이다. 독립적으로 가지고 있는 클럭의 정보를 사용하여 두 노드 사이의 전송 신호 도착 시간을 계산하기 위해서는 두 노드의 클럭 기준을 맞추기 위한 클럭 동기가 요구된다. 또한 서로 다른 클럭의 차이에서 오는 상대적 클럭 오프셋 (relative clock offset)은 ppm (part per million) 단위의 미세한 차이로 나타나지만, 시간 정보 기반의 거리 인지 및 무선 측위에서는 클럭 정보의 오차가 시간 정보의 오차로 이어지기 때문에 클럭 오프셋에 매우 민감하다.

정확한 무선 측위를 위해서는 앞서 설명한 거리 인지 기법에서 클럭 동기를 맞추는 방법과 클럭 오프셋에 의

한 오차를 보정하는 방법을 필요로 하며, 각 센서 노드가 독립적인 국부 클럭을 사용하는 측위 시스템 내에서 다양한 연구가 진행되어져 왔다. 본 논문에서는 무선 측위 시스템에 있어서 클럭 동기와 클럭 오프셋 문제를 해결하기 위해 두 가지 문제의 근본적인 원인이 서로 다른 국부 클럭을 사용하는데 있다고 보고, 각 노드의 국부 클럭 대신 모든 센서 노드가 하나의 공통 클럭을 사용하는 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 무선 측위를 위한 거리 인지 시 클럭 오프셋에 의한 오차 영향을 살펴보고, III장에서 제안하는 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술에 대해 설명한다. IV장에서는 모의실험을 통해 제안하는 기법의 성능을 확인하고, 끝으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 클럭 오프셋으로 인한 오차 영향

두 노드의 거리 추정을 위한 거리 인지 기법에서 시간 정보를 측정하기 위해서는 각 노드가 가지고 있는 국부 클럭을 사용하는데, 이 때 두 노드의 클럭 오프셋으로 인한 오차가 거리 추정 결과에 영향을 준다는 것은 이미 알려져 있다^[5,6]. 이는 동일한 주파수로 설계된 오실레이터를 사용하여 클럭을 생성한다고 하여도 사용하는 오실레이터에 따라 실제로 생성되는 클럭에 ppm 단위의 미세한 오프셋이 포함되기 때문인데, 각 노드의 클럭 오프셋의 서로 다른 차이로 인한 상대적 클럭 오프셋이 생기므로 인하여 오차가 발생하게 된다. 이와 같은 클럭 오프셋에 의한 오차는 그림 2와 같이 양방향 거리 인지 방식 (TWR)으로 두 노드 A, B 사이의 거리를 추정하는 경우에 그 결과에 오차 영향을 주며, 그 오차는 식 1을 통해 추정할 수 있다^[7]. 여기서 δ_A, δ_B 는 노드 A, B의 클럭 오프셋을 표현하는 ppm 단위의 클럭 주파수 오프셋이고 T_{rd} 는 노드 B의 응답 시간이며, Δt 는 상대적 클럭 오프셋이 없을 때 측정될 수 있는 두 노드 사이의 실제 시간 정보, Δt^m 는 두 노드 사이에 상대적 클럭 오프셋이 있을 때 측

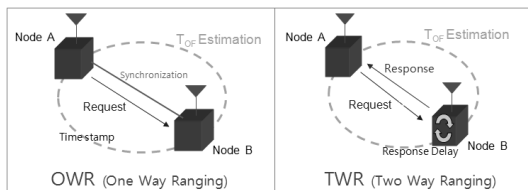


그림 1. 노드 A, B 사이의 거리 인지 방식

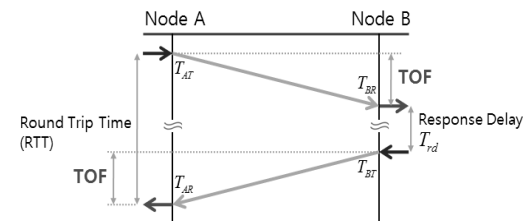


그림 2. 두 노드 A, B 사이의 거리 추정 과정 (TWR)

정되는 오차가 포함된 시간 정보이다.

$$\Delta t^m - \Delta t \approx \frac{1}{2} T_{rd}(\delta_A - \delta_B) \quad (1)$$

그림 2와 식 1에서 알 수 있듯이 클럭 오프셋으로 인한 오차는 거리 추정 과정에서 상대적으로 긴 응답 시간 T_{rd} 가 포함되는 양방향 거리 인지 방식의 경우에 심각한 영향이 있다고 알려져 있지만⁷⁾, 그림 3과 같이 오랜 시간이 지날수록 클럭 오프셋이 누적되어 클럭 정보의 오차가 지속적으로 커지게 되며, 따라서 시간 정보를 기반으로 하는 무선 측위 시스템에서도 각 센서 노드들이 독립적인 국부 클럭을 사용한다면 위치 추정 결과에 심각한 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 1GHz 주파수의 클럭은 1초 동안 1000000000번 진동하지만, +20ppm의 클럭 오프셋이 있는 경우에는 1초 동안 1000020000번 진동하며, 클럭 정보에서 20000번의 진동 횟수에 해당하는 오차가 발생한다. 이에 대한 오차 시간 정보는 2×10^{-5} 초이며, 결과적으로 +20ppm의 클럭 오프셋이 있는 클럭을 사용하여 거리 추정 시 6000m의 상당히 큰 오차가 발생함을 확인할 수 있다. 그림 4는 클럭 오프셋에 의한 오차 정도를 확인하기 위해 클럭 오프셋을

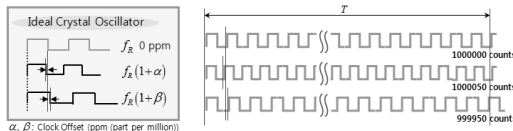


그림 3. 클럭 오프셋에 의한 클럭 정보 오차

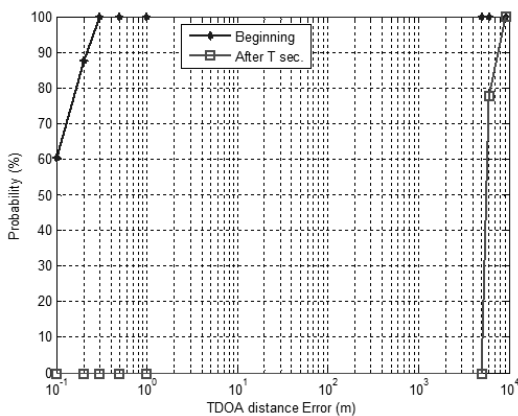


그림 4. 클럭 오프셋에 의한 거리 추정 오차 (T=1s, clock offset = +20ppm)

+20ppm으로 놓고 거리를 추정한 결과를 보여주며, 클럭 오프셋이 없는 경우의 TDOA 정보와 클럭 오프셋이 있는 경우의 TDOA 정보의 오차 크기에 따른 확률 분포를 나타내고 있다. 클럭 동작의 시작과 동시에 거리를 추정한 결과와 일정 시간 후에 거리를 추정한 결과를 비교하였으며, 여기서 일정 시간 T는 1초로 하였다. 10m 간격 내에 있는 노드 사이의 거리 추정 환경을 고려하였기 때문에 노드 사이에서 신호의 송수신은 수 나노초 단위의 매우 짧은 시간에 이루어지게 되고, 따라서 처음 클럭 동작이 시작되었을 때의 거리 추정 결과는 클럭 오프셋의 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 하지만 클럭의 동작이 1초만 진행되어도 클럭 오프셋이 누적되어 그 오차가 상당히 커진다는 것을 그림에서 볼 수 있으며, 클럭 동작이 진행될수록 오차는 지속적으로 커질 것이라는 것을 예상할 수 있다.

III. 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술

같은 주파수의 오실레이터라도 설계 시 약간의 상이한 오차 마진이 발생할 수 있으며, 이로 인한 클럭 차이를 클럭 오프셋이라 한다. 무선 측위에 사용되는 모든 센서 노드가 일정 주파수 f의 동일한 클럭을 생성하도록 설계된 오실레이터를 사용한다고 하지만, 실제로 생성되는 클럭은 오실레이터에 따라 ppm 단위의 오프셋이 발생하게 되며, 시간 정보를 측정할 때 오프셋이 포함된 클럭의 카운트 정보를 오프셋을 고려하지 않은 오실레이터의 클럭 주파수 f로 계산하기 때문에 오차가 발생하는 것이다.

적어도 3개 이상의 고정 센서 노드를 필요로 하는 무선 측위 시스템에서는 동일 주파수의 클럭을 사용하지만, 그림 5와 같이 각 센서가 독립적인 국부 클럭을 사용하기 때문에 각각의 클럭 오프셋이 모두 다르게 발생할 수 있으며, 또 어느 정도의 오프셋이 포함되었는지도 모르기 때문에 클럭 오프셋에 의한 영향이 필연적으로 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 일반적인 시간 정보 기반의 무선 측위 시스템에서는 각 센서 노드들을 유선으로 연결하여 동일한 클럭을 사용하는 방안을 택하고 있으며, 클럭이 오프셋을 포함하고 있더라도 동일한 오프셋을 가지는 클럭을 사용하기 때문에 시간 정보의 차인 TDOA 정보를 이용한 거리 추정 결과에는 큰 영향을 미치지 않는다. 하지만 측위 시스템의 구조 및 설치를 간단히 하기 위해 무선으로만 측위 시스템을 구현한다면 센서 노드들의 국부 클럭 간의 오프셋으로 인한 오차를 보상할 수 있는

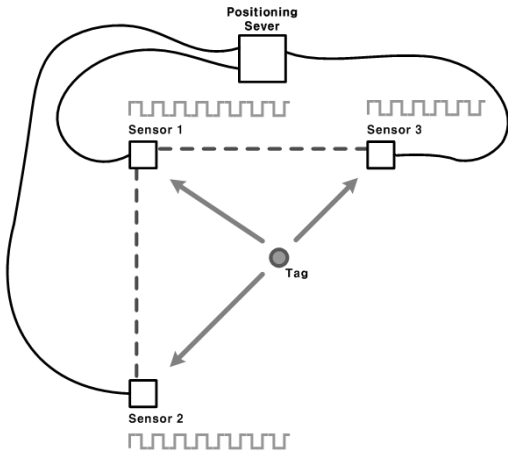


그림 5. 독립적인 국부 클럭을 이용하는 무선 측위 시스템

방안이 반드시 요구된다.

무선 측위 시스템에서 각 센서의 클럭 사이에 클럭 오프셋으로 인한 오차가 발생하는 근본적인 원인은 각 센서가 독립적인 국부 클럭을 사용하기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 본 장에서는 위치 추정에 필요한 거리 인지 정보를 얻기 위해 각 센서의 국부 클럭을 사용하는 대신, 하나의 공통 클럭을 사용하여 거리 인지 정보를 추정하는 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술을 제안한다. 공통 클럭을 이용하는 경우, 모든 센서에서의 시간 정보를 측정하는 클럭이 하나의 동일한 클럭이 되며, 따라서 클럭 간에 동기를 맞춰야 하는 조건을 필요로 하지 않는다. 공통 클럭을 이용하여 위치를 찾고자 하는 태그의 거리 인지 및 무선 측위를 위해서는 그림 6에서와 같이 태그에서 전송한 신호를 각 센서들이 수신

하고, 슬레이브 센서 1, 2는 수신 후에 마스터 센서로 신호를 다시 전송한다. 한편, 마스터 센서에는 태그에서 전송한 신호가 수신된다. 마스터 센서의 클럭은 수신된 시점의 클럭 정보를 측정하고, 공통 클럭의 주파수로 시간 정보 D_M, D_{S1}, D_{S2} 를 얻을 수 있다. 여기서 슬레이브 센서에서의 응답 시간 T_{rd1}, T_{rd2} 과 슬레이브 센서에서 마스터 센서로의 전송 시간 $T_{S1 \rightarrow M}, T_{S2 \rightarrow M}$ 을 식 2와 같이 사용하여 태그와 센서 사이의 거리 인지 정보를 추정하는데 필요한 시간 정보 T_M, T_{S1}, T_{S2} 를 얻을 수 있다. 이는 태그의 전송 신호를 각 센서에서 수신한 시점의 시간 정보이며, 시간 정보 T_M, T_{S1}, T_{S2} 를 이용하여 TDOA 정보를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} D_M &= T_M \\ D_{S1} - (T_{rd1} + T_{S1 \rightarrow M}) &= T_{S1} \\ D_{S2} - (T_{rd2} + T_{S2 \rightarrow M}) &= T_{S2} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} T_{S1} - T_M &= T_{tdoa1} \\ T_{S2} - T_M &= T_{tdoa2} \\ T_{S2} - T_{S1} &= T_{tdoa3} \end{aligned} \quad (3)$$

시간 정보의 차인 TDOA 정보를 얻기 위해서는 클럭의 동기가 맞춰져야 하는데, 공통 클럭을 이용하여 모든 시간 정보를 측정하기 때문에 동기화 과정 없이 식 3에 의해 TDOA 정보를 얻을 수 있다. 위 과정에서 슬레이브 센서의 응답 시간과 슬레이브 센서와 마스터 센서 사이의 전송 시간을 측정해야 하는데, 센서

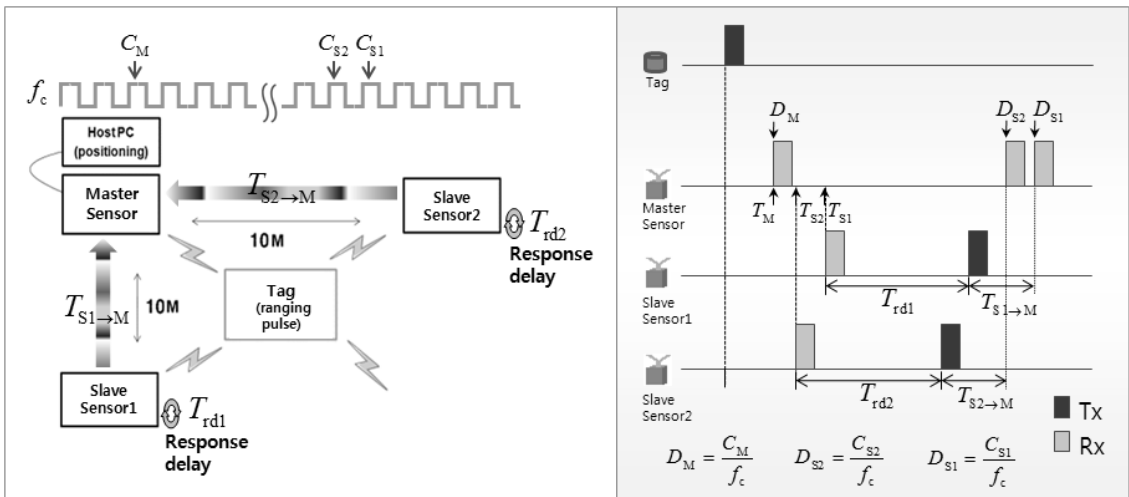


그림 6. 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술

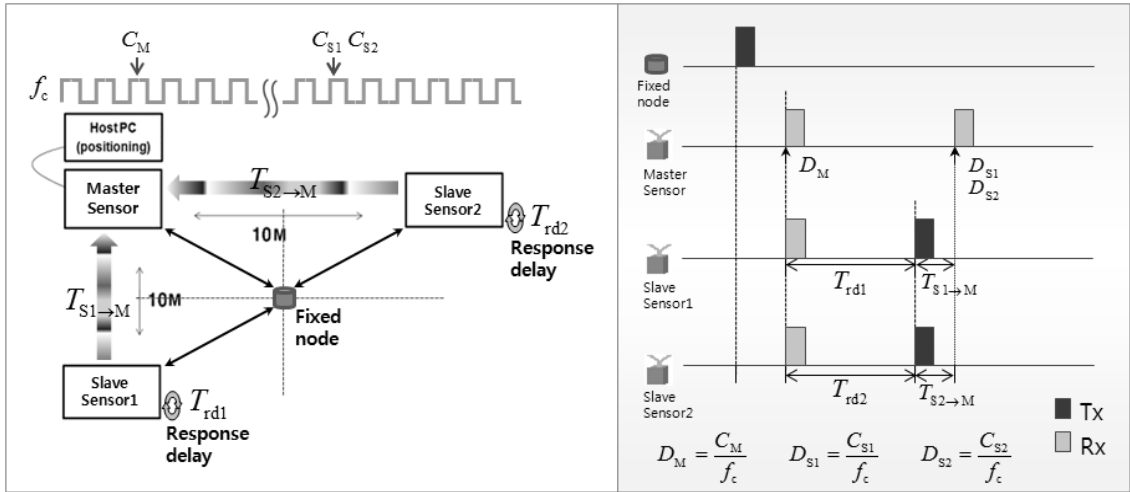


그림 7. 고정 노드를 이용한 센서의 응답 시간 (T_{rd1} , T_{rd2}) 및 전송 시간 ($T_{S1 \rightarrow M}$, $T_{S2 \rightarrow M}$) 보상 방안

사이의 전송 시간은 센서 사이의 거리를 알고 있기 때문에 측정이 가능하다. 하지만 센서의 응답 시간은 센서 자체의 내부 클럭으로 측정할 수밖에 없고, 따라서 응답 시간을 측정할 때 클럭 오프셋에 의한 문제를 또 다시 안아야 한다. 이러한 문제를 고려하여 응답 시간 및 전송 시간을 공통 클럭으로 측정하는 과정을 추가하였다. 우선 무선 측위 시스템 내의 고정된 위치에 노드를 설치하고 그림 6과 같은 송수신 과정을 우선 수행한다. 그림 7은 노드를 무선 측위 시스템의 가운데에 위치시켰을 때의 응답 시간 및 전송 시간을 측정하는 예를 보여주고 있다. 앞서 그림 6에서 태그와 무선 측위 시스템의 센서들이 수행한 송수신 과정을 고정 노드와 센서들 사이에 똑같이 진행하여 고정 노드와 센서들 사이의 신호 전송 시간을 빼주면, 위치 추정에 필요한 응답 시간 및 전송 시간 정보를 측정할 수 있다. 고정 노드와 센서들 사이의 신호 전송 시간은 고정 노드의 위치 정보를 알고 있기 때문에 그 거리 정보를 이용하여 측정할 수 있다. 그림 7과 같이 고정 노드를 측위 시스템의 가운데에 위치시키면 식 4와 같이 슬레이브 센서에서의 응답 시간 및 슬레이브 센서에서 마스터 센서로의 전송 시간을 측정할 수 있으며, 고정 노드의 위치를 다른 곳에 위치시키면 식 5와 같이 고정 노드가 신호를 송신한 시점의 시간 정보를 구하고 고정 노드와 센서들 사이의 거리 정보를 이용하여 응답 시간 및 전송 시간을 측정할 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{S1} - D_M &= (T_{rd1} + T_{S1 \rightarrow M}) \\ D_{S2} - D_M &= (T_{rd2} + T_{S2 \rightarrow M}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} D_M - d_M &= T_{FN} \\ D_{S1} - T_{FN} - d_{S1} &= (T_{rd1} + T_{S1 \rightarrow M}) \\ D_{S2} - T_{FN} - d_{S2} &= (T_{rd2} + T_{S2 \rightarrow M}) \end{aligned} \quad (5)$$

식 4의 D_M , D_{S1} , D_{S2} 는 마스터 센서의 공통 클럭으로 얻은 수신 시간 정보이고, T_{rd1} , T_{rd2} 는 슬레이브 센서 1, 2의 응답 시간, $T_{S1 \rightarrow M}$, $T_{S2 \rightarrow M}$ 는 슬레이브 센서 1, 2에서 마스터 센서로의 전송 시간을 나타낸다. 식 5의 d_M , d_{S1} , d_{S2} 는 고정 노드와 센서들 사이의 거리 정보를 이용하여 구할 수 있는 전송 시간 정보이며, T_{FN} 는 고정 노드의 송신 시간 정보이다.

무선 측위 시스템에서 센서들은 측위 시스템의 가장자리에 위치하고 있기 때문에 센서들 사이의 채널 환경은 변화가 없다고 가정할 수 있으며, 슬레이브 센서의 신호 처리 시간 역시 센서 고유의 특성이라 할 수 있다. 따라서 위 과정에서 측정된 응답 시간 및 전송 시간은 위치 추정을 할 때마다 측정할 필요 없이 한번 측정된 값을 저장하여 계속 사용할 수도 있으며, 무선 측위 시스템을 초기화하는 경우에 다시 측정하여 업데이트하는 것이 효율적인 방법이라 할 수 있다.

IV. 모의실험

본 논문에서는 정확한 거리 인지 및 무선 측위를 위하여 가장 기본적으로 고려해야할 요소인 클럭 동기화 클럭 오프셋에 의한 오차를 해결하기 위한 방안으로 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술을 제안하였다. 제안하는 기법의 성능 검증은

위해 위치 추정의 정확성 및 효율성을 평가하기 위한 모의실험을 수행하였으며, IEEE 802.15.4a TG에서 제시한 채널 모델 7 (CM7)에서 얻은 거리 인지 오차 정보를 추가적으로 사용하여 위치 추정 결과를 확인하였다. 그림 8에 위치 추정 실험을 위한 무선 측위 시스템의 구성도를 나타내었으며, 마스터 센서를 위치 좌표 (0,0)에 놓고 슬레이브 센서 1, 2는 각각 (0,10), (10,0)에 설치하였다. 무선 측위 시스템의 센서 사이의 거리는 10m이며, 위치 좌표 (5,5)에 고정 노드를 설치하여 슬레이브 센서에서 마스터 센서로의 전송 시간 및 슬레이브 센서의 응답 시간을 우선적으로 측정한 후, 임의의 위치에 있는 태그의 위치를 추정하기 위한 거리 인지 및 무선 측위를 수행하였다.

그림 9는 태그의 실제 위치 좌표가 (5,5)일 때, 공통 클럭을 이용한 거리 인지 및 무선 측위 기술을 사용하여 위치를 추정한 결과를 나타내고 있다. 같은 위치에서 위치 추정 실험을 1000회 실시하여 매 실험마다 나타나는 오차 값과 그 오차에 대한 확률 분포를 계산하여 그래프로 나타내었으며, 그림을 통해 위치 추정 오차가 1m 이내일 확률이 100%인 것을 확인할 수 있다. 또한 위치 추정 결과를 통해 무선 측위 시스템의 각 센서가 독립적인 국부 클럭을 사용하지 않고도 마스터 센서의 공통 클럭만으로 거리 인지 정보를 비교적 정확하게 추정할 수 있음을 확인할 수 있다. 그림 10은 태그의 위치가 (1,1)일 때의 위치 추정 결

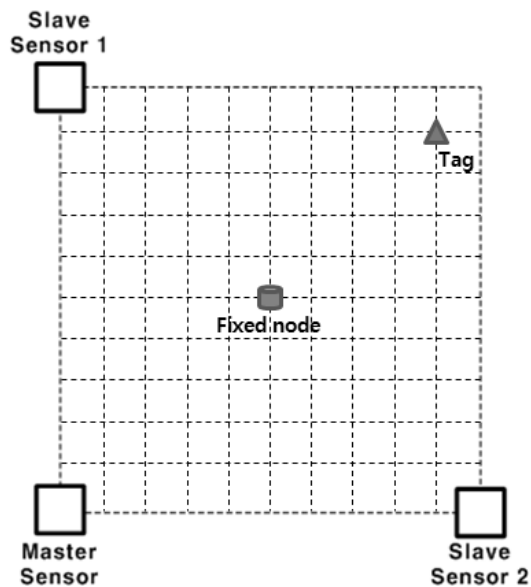


그림 8. 공통 클럭을 이용한 거리 인지 및 무선 측위 기술의 위치 추정 실험 구성도

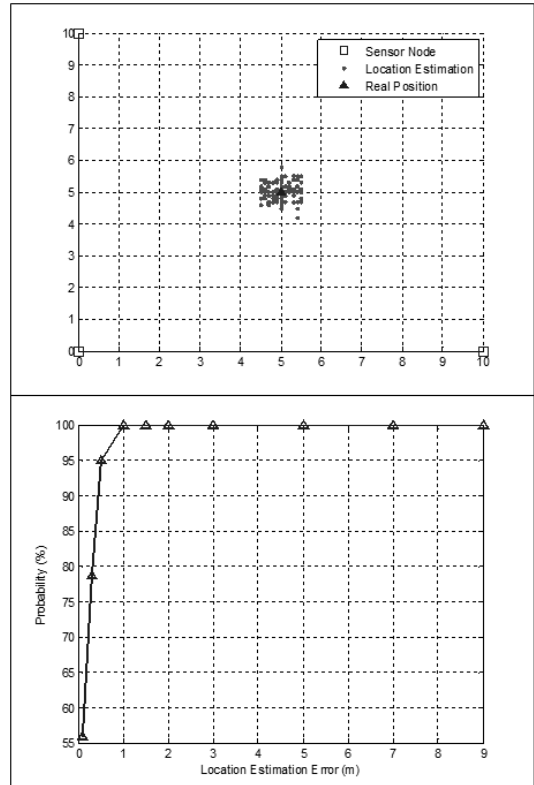


그림 9. 공통 클럭을 이용한 위치 추정 실험 결과 [위치 좌표 (5,5)]

과를 나타내며, 역시 100% 모두 1m 이내의 오차 범위에 들어오는 것을 확인할 수 있다. 그림 11은 태그의 위치가 (9,9)일 때의 위치 추정 결과를 나타내며, 그 결과가 앞선 실험의 경우보다는 성능이 떨어짐을 확인할 수 있다. 이는 위치 추정 실험에 사용한 무선 측위 시스템이 그림 8과 같이 센서 3개로 구성되어 있기 때문에 센서가 없는 지역에서 상대적으로 거리 인지 정보 추정 능력이 떨어지며, 따라서 위치 추정 결과가 흐트러진다고 볼 수 있다. 위치 추정 결과를 통해 다른 위치에서의 위치 추정 능력보다 다소 떨어진다고 볼 수 있지만, 95% 이상이 1m 이내의 오차 범위 안에 들어오며, 심각한 수준이 아니라는 것을 확인할 수 있다. 이를 좀 더 보상하기 위해서는 센서 하나를 더 설치할 수도 있으며, 본 연구에서는 마스터 센서의 위치를 (10,10)으로 옮겨 위치 추정 실험을 진행함으로써 센서의 위치에 따라 그 결과가 개선됨을 확인하였다. 위치 추정 실험 결과를 통해 공통 클럭을 이용한 거리 인지 및 무선 측위 기술은 클럭 오프셋에 영향을 받지 않으며, 오차 범위 1m 이내에서 정확한 위치 추정이 가능함을 확인할 수 있다.

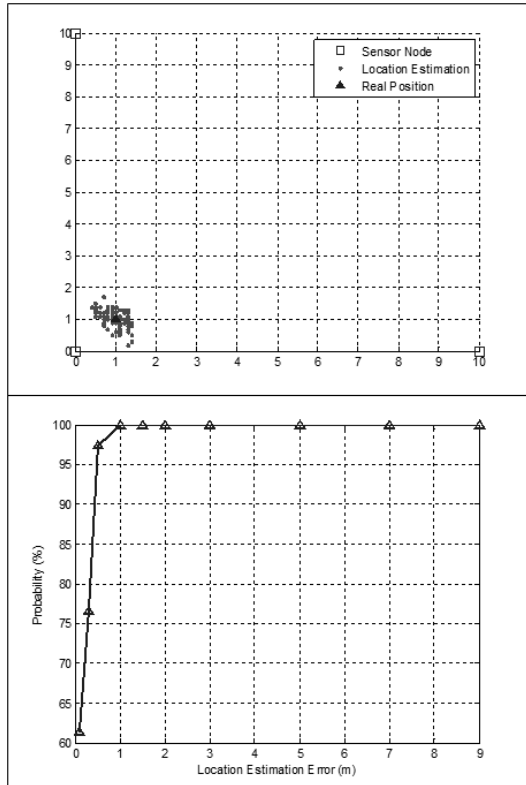


그림 10. 공통 클럭을 이용한 위치 추정 실험 결과 [위치 좌표 (1, 1)]

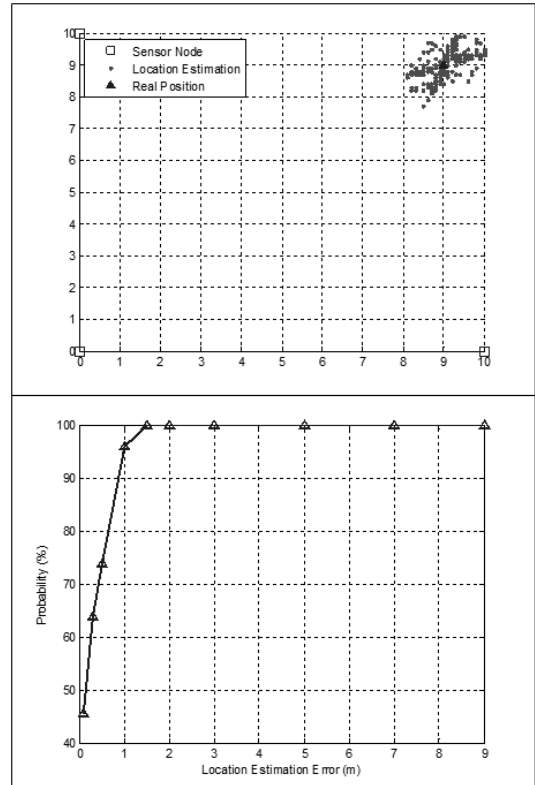


그림 11. 공통 클럭을 이용한 위치 추정 실험 결과 [위치 좌표 (9, 9)]

V. 결 론

정확한 위치 추정을 위해서는 무엇보다 정밀한 거리 인지가 필요하다. 정밀한 거리 인지를 위해서는 서로 다른 국부 클럭을 사용할 때 필연적으로 발생하는 클럭 동기와 클럭 오프셋 문제를 해결해야 한다. 본 논문에서는 각 센서가 국부 클럭을 이용하는 무선 측위 시스템이 센서들의 클럭 오프셋으로 인해 오차가 발생할 수 있음을 확인하고 이를 해결하기 위해 오차의 원인이 되는 클럭 오프셋을 제거하기 위하여 공통 클럭을 이용한 거리 인지 및 무선 측위 기술을 제안하였다. 위치 추정 실험 결과를 통하여 각 센서가 독립적인 국부 클럭을 사용하지 않고도 마스터 센서의 공통 클럭만으로 정확한 거리 인지 및 위치 추정이 가능함을 확인하였다. 공통 클럭을 이용한 UWB 거리 인지 및 무선 측위 기술로 클럭 오프셋에 영향을 받지 않는 위치 추정이 가능함은 물론, 하나의 공통 클럭으로 시간 정보를 측정하기 때문에 클럭 간의 동기를 맞춰야 하는 어려움도 해결할 수 있다. 또한 무선 송수신으로 필요 정보를 측정하기 때문에 클럭 동기 및 클

럭 오프셋 문제로 유선 연결을 필요로 했던 기존 측위 시스템보다 그 구조 및 설치가 간단하다는 이점이 따를 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] F. Chin, Zhi. Wanjun and Ko. Chi-Chung, "System performance of IEEE 802.15.4 low rate wireless PAN using UWB as alternate-PHY layer," *Proc. IEEE Conference on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2003)*, Vol.1, pp.487-491, Sept. 2003.
- [2] J.C. Adams, W. Gregorwich, L. Capots, and D. Liccardo, "Ultra-Wideband for Navigation and Communications," *Proc. IEEE on Conference Aerospace*, Vol.2, pp.785-792, March 2001.
- [3] R.J. Fontana, S.J. Gunderson, "Ultra-Wideband Precision Asset Location System," *Proc. IEEE Conference on UWB Systems and Technologies (UWBST)*, pp.147-150, May 2002.

- [4] K. Pahlaven and X. Li, "Indoor geolocation science and technology," *IEEE Commun. Mag.*, Vol.40, No.2, pp.112-118, Feb. 2002.
- [5] V. Brethour, "Two way ranging using tracking information to manage crystal offset," IEEE 802.15 WPAN documents, 15-05-0336-r00.
- [6] R. Hach, "Symmetric double side- two way ranging," IEEE 802.15 WPAN documents, 15-05-0334-r00.
- [7] B. Zhen, H.B. Li, R. Kohno, "Clock Offset Compensation in Ultra-Wideband Ranging," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol.E89-A, no.11, pp.3082-3088, November 2006.
- [8] IEEE 802.15-TG4a, Channel Modeling sub-Committee, "Channel Modeling sub-committee Report Final," available at <http://ieee802.org/15/pub/TG4a.html>

박재욱 (Jae Wook Park)

준회원



2009년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사
 2009년 3월~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정
 <관심분야> Position Location based on UWB, RFID, 유전자 알고리즘

최용성 (Yong Sung Choi)

준회원



2010년 2월 남서울대학교 정보통신공학과 학사
 2010년 3월~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정
 <관심분야> Position Location based on UWB, RFID

이순우 (Soon Woo Lee)

정회원



2001년 부산대학교 전자공학과 학사
 2003년 한국과학기술원 전기전자과 석사
 2004년~2005년 Hynix 반도체
 2005년~현재 한국전기연구원 전기정보망 연구그룹 근무
 <관심분야> 신호처리 및 VLSI 설계

이원철 (Won Cheol Lee)

종신회원



1986년 2월 서강대학교 전자공학과 학사
 1988년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
 1994년 New York Polytechnic Univ. Electronic Eng. 박사
 1995년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

<관심분야> Cognitive Radio, SDR 기술, Position Location based on UWB, CDMA2000 / WCDMA, Smart Antenna