

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 실내 환경에서의 위치 색인 시스템의 설계

우성현*, 전현식**, 박현주***

*한밭대학교 정보통신공학과

**한밭대학교 전파공학과

***한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

e-mail:wsung123@gmail.com

A Design of Location Index System in Indoor Environment for Ubiquitous Computing Environment

Sung-hyun Woo*, Hyun-sik Jeon**, Hyun-ju Park***

*Dept. of Information Communication Engineering, Hanbat University

**Dept. of Radio-Wave Engineering, Hanbat University

***Div. of Information Communication Computer Engineering, Hanbat University

요 약

유비쿼터스 시대가 도래함에 따라 실내 환경에서의 위치 기반 서비스의 요구가 높아지고 중요해지고 있다. 따라서 본 논문은 실내 환경에서 이동객체의 위치를 추적하고, 이로 인해 생성된 위치데이터를 활용한 색인 알고리즘을 통해 이동 객체의 궤적을 트리에 저장, 색인하는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 기존에 사용되던 삼각측량 기법을 통해 실내 환경에서의 위치 데이터를 생성한 후, Kalman Filter를 사용하여 오차를 보정한다. 보정된 최종 위치 데이터를 기존에 연구된 HR 트리의 성능을 개선한 EHR-트리에 저장하여 이동객체의 위치를 색인 한다. 이를 통해 실내 환경에서 이동 객체의 이동 경로를 수집함으로써 대형 쇼핑몰에서 미아를 찾거나 유통과 물류 등에서 사용자 또는 물품의 이동경로 분석을 통해 새로운 비즈니스 모델을 도입하는 등 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

1. 서론

컴퓨터화의 새로운 컴퓨팅 패러다임으로 등장한 유비쿼터스(Ubiquitous)는 물리공간에 보이지 않는 컴퓨터를 집어넣어 모든 사물을 지능화하고 이를 네트워크로 연결하여 정보를 주고받는 것으로, 이는 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 이용자 눈에 보이지 않으면서도 언제 어디서나 사용이 가능하고 현실세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상생활에 통합되는 것을 전제로 한다[1]. 현재 주목 받고 있는 홈네트워킹(Home Networking)이나 모바일 컴퓨팅(Mobile Computing) 같은 기술보다 한 단계 발전된 컴퓨팅 환경을 말하며, 특히 이를 매개로 언제 어디서나 사람 혹은 사물의 위치정보를 얻을 수 있고,

그에 적합한 정보를 제공할 수 있다. 실내 환경에서의 위치인식 기술은 유비쿼터스 시대에 주목받고 있는 가장 핵심이 되는 분야로 최근 부각되고 있다. 그 중 삼각 측량 기법을 사용한 위치 추적 시스템이 대표적이라 할 수 있다. 하지만 삼각 측량 기법은 ToA(Time of Arrival) 신호를 사용하기 때문에 건물의 외벽이나 창의 메탈 성분 같은 장애물로 인한 전파의 반사와 회절, 분산 등의 NLOS(Non-Line-Of-Sight) 환경으로 인하여 많은 오차가 발생한다 [2]. 이러한 NLOS 문제를 완화한 정확한 위치추적을 위해 Kalman Filter를 사용하여 데이터의 오차를 보정함으로써 이동객체의 위치 데이터를 생성한다. 그리고 시간의 흐름에 따라 객체가 이동하면서 그 위치가 연속적으로 변경되는 특징을 지닌 이동 객체를 효율적으로 저장 및 관리 할 수 있는 색인 기술을

* 본 논문은 2006년도 정통부 기초기술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

제안한 후 시스템에 적용한다. 이동 객체의 위치 정보를 색인하기 위한 기존의 연구는 크게 세 가지가 있는데 그 중에서도 현재 및 과거 정보를 효율적으로 처리하기 위한 시공간 접근 기법은 본 논문과 밀접한 관련이 있으며, 그 중 HR-트리가 대표적이라 할 수 있다. 하지만 HR-트리는 연산이 발생할 때마다 새로운 HR-트리를 생성해야하므로, 빈번한 연산이 발생할 경우 성능이 떨어지고, 공간의 낭비가 있게 된다. 따라서 본 논문에서는 HR 트리의 성능을 개선시킬 수 있는 확장된 HR-트리(Extended HR-Tree : EHR-Tree)를 제안하고, 이를 적용하여 위치 색인 시스템을 설계하였다.

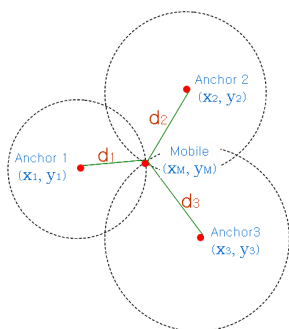
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 밀접한 관련이 있는 위치 추적 기법인 삼각측량 기법과 Kalman Filter 기법, 그리고 위치 색인 기법인 HR-트리에 관하여 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 실내 환경에서의 위치 색인 시스템에 관하여 설명한다. 그리고 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

본 장에서는 제안하는 실내 기반의 위치 색인 시스템에서의 위치 추적을 담당하는 삼각측량 기법과 Kalman Filter 기법에 관하여 기술한다. 그리고 위치 색인 기법 중 본 논문과 밀접한 관련이 있는 HR-트리에 관하여 기술한다.

2.1 삼각측량 기법

삼각 측량 기법이란, 신호원과 수신기 사이의 전파 도달 시간(ToA : Time of Arrival)을 측정하여 수신기와 신호원 간의 거리를 알게 되는 측위 방식이다[2].



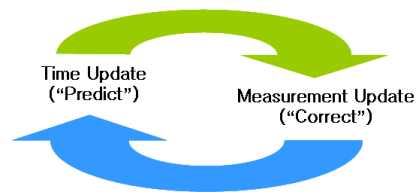
(그림 1) 삼각 측량 기법 도시화

일반적으로 분산된 많은 이동 객체(receiver)들은

anchor에서 전송된 신호를 받는데 사용되고, ToA나 TDoA(Time Difference of Arrival)의 정보를 활용하여 (그림 1)과 같이 receiver의 정확한 위치추정을 한다.

2.2 Kalman Filter

Kalman Filter는 프로세스의 상태를 추적하기 위해 오차를 최소화하는 방법으로 효율적인 계산 수단을 제공하는 수학적 방정식의 집합이다[3]. 이는 (그림 2)와 같이 피드백 제어(Feedback Control)를 통해 현재 객체의 위치를 추적한다.

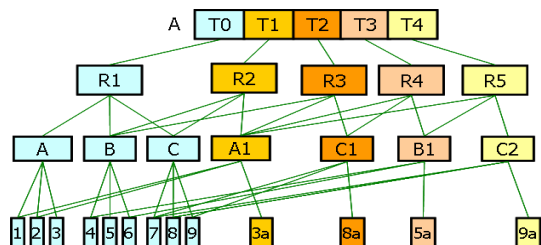


(그림 2) Ongoing Kalman Filter Cycle

(그림 2)에서 살펴본 바와 같이 Ongoing Kalman Filter cycle 'Time Update' 과정은 시간에 앞서 미리 현재 상태를 예측하는 단계로, 순방향으로 현재 상태 추정결과를 전달한다. 'Measurement Update' 과정은 해당 시간에 실제 측정에 의해 전달된 추정 상태 값들을 조정한다. 즉, 과거의 정보를 활용하여 현재의 위치를 추정하기 때문에 큰 오차가 발생하더라도 보정이 가능하다.

2.3 HR-트리

HR-트리(Historical R-tree)는 R-트리에 거래시간 개념을 추가하여 이력정보를 표현하고 있으며 연속적인 상태를 표현하기 위하여 R-트리에 중복 개념을 추가한 것이다[4][5].



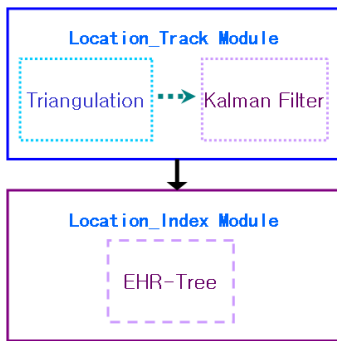
(그림 3) HR-트리의 일반적인 구조

모든 Time-Stamp마다 현재의 상태에 대한 2차원 R-트리를 만들어 유지하는 방법으로 모든 이전의 상태를 2차원 R-트리로 유지하는 구조를 가지고 있

으며, 새롭게 생성되는 노드들의 수가 기존에 제공된 트리들에 비해 적게 유지되도록 한다. (그림 3)에서 나타나는 바와 같이 연산이 발생한 시간을 저장하는 Time-Stamp인 T0, T1, T2, T3, T4에서 완전한 R-트리들이 유지되고 있다. 그리고 시간이 경과함에 따라 변하지 않는 객체들의 정보는 공유해서 연결하고, 변화하는 객체들에 대한 정보만 저장하게 된다. 따라서 HR-트리는 이동객체들의 이동이 빈번하지 않은 경우에는 효율적이라 할 수 있다. 하지만 계속적인 추가, 삭제, 갱신이 일어나는 경우에는 연산이 발생할 때마다 R-트리를 새로 생성해야 한다. 따라서 그에 따른 많은 저장 공간을 요구하기 때문에 비효율적이고, 실제적인 응용에는 무리가 따른다.

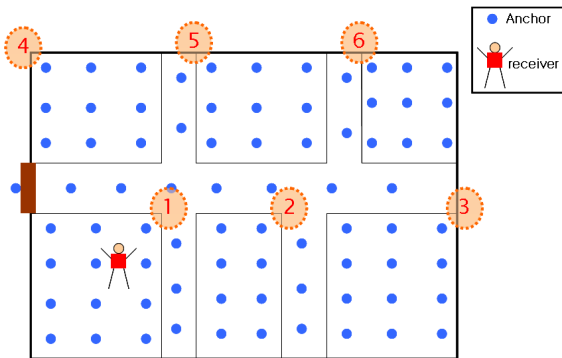
3. 제안하는 실내 기반 위치 색인 시스템의 구조

본 논문에서 제안하는 시스템은 (그림 4)와 같이 두 가지 모듈로 구분한다.



(그림 4) 제안하는 실내 기반 위치 색인 시스템의 구조

Location_Track Module은 (그림 5)에서 보는 것과 같이 실내 환경에 설치된 각 anchor들과 실제 이동객체인 receiver 간의 ToAs 정보를 활용하여, 삼각 측량 알고리즘을 시행한다.

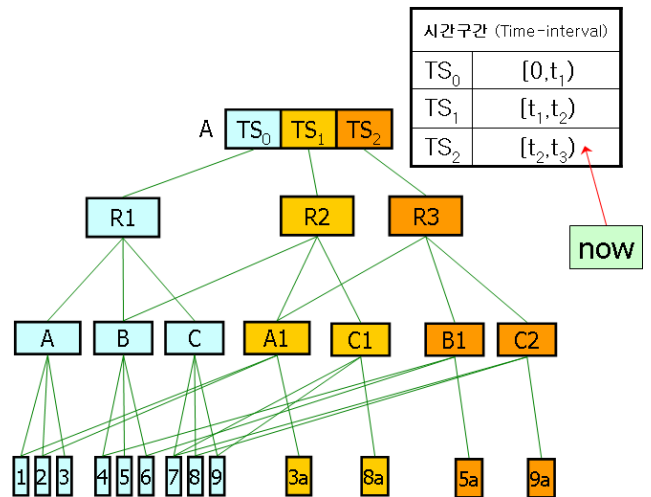


(그림 5) 실내 기반 환경

이를 통해 receiver의 위치 추적이 가능하다. 하지만 삼각 측량 기법은 앞에서 살펴본 바와 같이 ToA 신호를 사용하기 때문에 NLOS(Non-Line-Of-Sight) 환경으로 인한 많은 오차가 발생한다. 이러한 NLOS 문제를 완화한 위치추적을 위해 Kalman Filter를 활용하여 데이터를 보정함으로써 실제 이동객체와 더 근사한 이동객체의 위치 데이터를 생성한다. 생성된 위치 데이터는 Location-Index Module에서 EHR-트리에 저장되어 효율적인 위치 색인이 가능하다.

3.1 EHR-트리의 일반적인 구조

제안하는 실내 위치 색인 시스템의 핵심 기법인 EHR-트리의 구조는 (그림 6)에 나타난다.



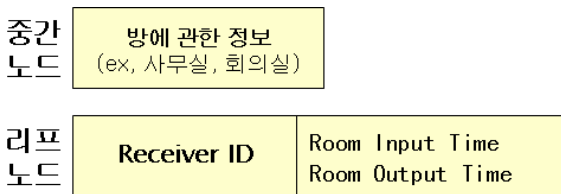
(그림 6) EHR-트리의 구조

(그림 6)을 살펴보면 EHR-트리의 구조가 기존의 HR-트리와 유사하다는 것을 알 수 있다. 하지만 연산이 발생할 때마다 새로운 R-트리를 생성하는 기존의 HR-트리와 달리 EHR-트리는 time-interval을 두게 된다. 따라서 새로 발생한 연산이 현재 지속되고 있는 시간구간 범위 내에서 발생하게 되면, 새로운 R-트리를 생성하지 않고 해당하는 단위 시간 내에 생성되어 있던 기존의 R-트리에서 삽입, 삭제, 갱신의 연산이 이루어지게 된다. (그림 6)에 나타난 EHR-트리가 완성되는 과정을 살펴보자. TS₁=[t₁,t₂)의 시간 구간에서 3의 값의 갱신이 발생하게 된다. 따라서 R2의 트리가 생성하게 되게 된다. 그리고 TS₁=[t₁,t₂)의 시간 구간 안에서 8의 값의 갱신이 발생하게 된다. 기존의 HR-트리(그림 3)에서 보면 알 수 있듯이 연산이 발생시 마다 R-트리를 생성하는 것을 볼 수 있다. 하지만 EHR-트리

는 현재 진행되고 있는 $TS_1=[t_1,t_2)$ 의 시간 구간 범위 안에서 새로운 연산이 요구되었기 때문에 기존의 R2 트리 내에서 갱신이 일어나게 되는 것을 볼 수 있다. 그리고 지정된 $TS_1=[t_1,t_2)$ 범위의 T_2 시간이 지나게 되면 다음에 발생하는 연산은 $TS_2=[t_2,t_3)$ 에서 처리되게 된다. 따라서 5의 값의 갱신은 R3 트리를 새로 생성하게 되고, $TS_2=[t_2,t_3)$ 의 시간 구간 내에서 발생된 9의 값의 갱신 역시 R3에서 발생하게 된다. 그리고 다음에 발생될 연산을 now인 현재 시간 구간 $TS_2=[t_2,t_3)$ 에서 T_3 의 시간이 지날 때까지 대기하게 되고, 만약 T_3 의 시간이 지나게 되면 새로운 TS_3 시간 구간에서 다음으로 발생될 연산을 기다리게 된다. 만약 TS_3 시간 구간에서 연산이 발생하지 않을 경우에는 TS_3 시간 구간은 사라지게 되고, 다음의 시간 구간인 TS_4 시간 구간에서 대기하게 된다.

3.2 제안하는 시스템에서의 EHR-트리의 적용

제안하는 실내 기반의 위치 색인 시스템의 Location_Track Module에서 생성된 위치 정보를 활용하여 실내 환경에서 이동객체가 현재 어느 곳에 위치하고 있는가에 관한 정보를 획득할 수 있다.



(그림 7) 각 노드의 정보

이를 통해 이동객체가 존재하는 장소와 장소에 진입한 시간, 장소를 벗어난 시간 등의 위치 정보를 EHR-트리에 저장한다. 즉, 이동객체가 실내 위치 추적 시스템 기반의 환경에 진입할 경우 그 시간을 트리의 Time-Stamp에 저장하고 일정 시간이 흐른 후, 이동 객체가 실내 위치 추적 시스템 기반의 환경에서 벗어날 경우, 리프 노드에 최종 위치 정보를 저장한 후 시스템은 종료된다. (그림 7)은 제안하는 실내기반 위치 색인 시스템이 동작하는 동안 EHR-트리의 각 노드에 저장된 위치 정보를 보여준다. R-트리의 중간 노드에는 실내 환경에서 각 방에 관한 정보를 저장하고 있으며, 리프노드에는 존재하는 receiver의 ID와 방에 진입한 시간과 나간 시간 등을 저장하고 있다. 이를 통해 이동 객체가 현재 어느 위치에 몇 분 머무르고 있는가에 관한 정확한 정

보 등이 저장된다. 예를 들어, Time-Stamp의 Time-Interval을 30분 간격으로 setting할 경우 이동객체가 실내 위치 추적 시스템 기반의 환경에 3시 6분에 들어왔을 경우, (그림 4)의 Time-Stamp의 Time-Interval은 $TS_0[03:06, 03:36)$ 와 같이 저장되고 R-트리를 유지한다. 그리고 40분 후 실내 위치 추적 시스템 기반의 환경을 벗어나게 되면, Time-Stamp는 $TS_1[03:36, 03:46)$ 구간에서 시스템을 종료하게 된다. 40분간 이동객체가 이동한 위치 궤적은 TS_0 와 TS_1 의 두 Time_Stamp 내에 유지된 두개의 R-트리에 저장된다.

4. 결론

본 논문에서는 실내 기반 위치 색인 시스템에서 이동객체의 위치 추적 및 시간의 흐름에 따른 이동객체의 위치 색인 기법에 관하여 연구하였다. 제안하는 시스템은 실내 환경에서 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위하여, 삼각측량 기법을 활용하여 위치 추적을 시행한 후, 생성된 위치 데이터를 Kalman Filter를 사용하여 보정한다. 또한 효율적인 이동객체의 이동 궤적 색인을 위하여 EHR-트리를 사용함으로써 기존의 HR-트리에서 발생되던 문제점을 최소화하고, 실내 기반에서의 이동객체의 시공간 질의의 처리 속도를 향상시켜 효율적인 질의가 가능하도록 한다.

참고문헌

- [1] 박옥선, 정광렬, 김성희, “유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템”, ETRI 주간 기술동향 1098호, 2003
- [2] Xin Wang, Zongxin Wang, “A TOA-Based Location Algorithm Reducing the Errors due to Non-Line-Of-Sight (NLOS) Propagation”, IEEE, pp. 97-100, 2001
- [3] Greg Welch and Gary Bishop, “An Introduction to the Kalman Filter”, UNC-Chapel Hill, TR 95-141, 2004.
- [4] Mario A.Nascimento, Jefferson R.O.Silva, “Towards Historical R-Trees,” Acm Press New York, NY, USA, pp.235-240, 1998
- [5] Yufei Tao, Dimitris Papadias, Tao, Efficient “Historical R-trees,” IEEE Computer Society, pp.223-232, 2001