

UWB 채널 상에서 실내 위치인식을 위한 시뮬레이터

준회원 김 완*, 정회원 안 기 진**, 주 현 철*, 이 경 철*,
안 진 응***, 손 명 규***, 양 연 모****, 송 황 준*

Indoor Location Recognition Simulator over UWB Channel

Wan Kim* *Associate Member*, KiJin An**, HyunChul Joo*, GyeongCheol Lee*, Jinung An***,
Myoungkyu Sohn***, Yeon Mo Yang****, Hwangjun Song* *Regular Members*

요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 활용하여 새로운 서비스들을 개발하려는 노력이 진행 중이며, 이에 관련된 기술의 중요성도 급증하고 있다. 특히 실내에서 사물의 정밀한 위치를 인식하는 기술은 유비쿼터스 서비스를 제공함에 있어 핵심 기술로 떠오르면서, 이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 많은 관심에도 불구하고, 지금까지 실내 위치인식을 위한 시뮬레이션 툴은 그 중요성에 비해 연구가 미진한 실정이다. 본 논문에서는 고속의 근거리 무선 통신망을 제공할 수 있는 해결책으로 최근 각광을 받고 있는 UWB 무선 채널 상에서 정밀한 실내 위치인식을 위해 Ptolemy 툴을 이용한 범용적인 위치인식 시뮬레이터를 개발하고 다양한 위치인식 알고리즘들의 성능을 분석하고자 한다.

Key Words : Ptolemy, UWB, 실내 위치인식 시스템, 시뮬레이터

ABSTRACT

In the recent, the importance of ubiquitous-related technique is increased as many companies and researchers make an effort to create a new service model using ubiquitous computing and network technologies. Especially, the research of indoor location recognition has gained a lot of interest because it is a critical component for supporting ubiquitous services. Nevertheless, the simulation tool for indoor location recognition hardly has studied compared to their importance. In this paper, we propose a Ptolemy-based simulator over UWB channel that provides short-range and high-bandwidth communication. Finally, we conduct experiments using the proposed simulator and analyze the performance of various location recognition algorithms.

1. 서 론

지금까지 정보화의 기본 축은 그림 1과 같이 인간과 컴퓨터가 인터넷과 같은 정보통신망으로 연결되는 전자 공간 중심이었으나, 미래의 정보화의 기본 축은 사람, 컴퓨터 그리고 사물이 유·무선 정보통신망으로 연결되는 유비쿼터스 공간 중심으로 이동될 것으로

전망된다^[1]. 유비쿼터스 사회에서는 사람뿐만 아니라 주변의 사물들이 언제 어디서나 상호 정보를 주고받는 통신망의 구축을 통해서 필요한 서비스를 이용할 수 있게 될 것이다. 이 중 어디서나 정보를 받고 서비스를 이용하기 위해서는 객체의 위치를 확인하는 서비스가 매우 중요하다^[2]. 이를 해결하기 위해 다양한 실내 위치인식 기술에 대한 연구들이 활발하게 진행

* 본 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 대구경북과학기술연구원 기관교유사업비로 수행되었음.

* 포항공과대학교 컴퓨터공학과 멀티미디어 통신/네트워킹 연구실 (txviii, chul1978, brandon, hwangjun}@postech.ac.kr)

** SK 텔레시스 (kijin@sktelesys.com), *** 대구경북과학기술연구원 미래산업융합기술연구부 (ydkim, smk}@dgist.ac.kr)

**** 금오공과대학교 전자공학부 (yangym@kumoh.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-06-228, 접수일자 : 2009년 6월 1일, 최종논문접수일자 : 2010년 6월 28일

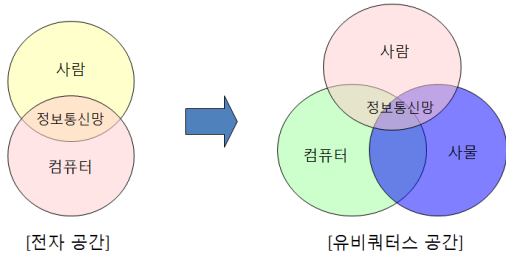


그림 1. 정보화 기본축의 변화

되고 있으며, 각 기술마다 서로 다른 문제 해결 능력을 가지고 조금씩 다른 서비스를 지원하고 있다 (Wi-Fi 방식의 핑거프린팅 방법, ZigBee 기반 위치 인식 방법). 최근에는 고속의 근거리 무선 통신망을 제공할 수 있는 해결책으로 각광을 받고 있는 UWB 채널 상에서 전파 기반의 실내 위치 인식을 위한 다양한 알고리즘이 개발되었다.

일반적으로 위치 인식 알고리즘의 성능 측정을 위해 분석적 접근, 컴퓨터 시뮬레이션, 실제 테스트베드 상의 측정 방식을 이용한다. 실험 환경의 변화와 기기 오차와 같은 제한 때문에 분석적 접근을 이용한 성능 측정에는 한계가 있으며, 실제 테스트 베드를 이용하는 방법은 시간과 비용 측면에서 많은 제약이 따른다. 이러한 제약을 극복하기 위해 본 논문에서는 UWB 채널 상에서 Ptolemy 툴을 이용한 범용적인 위치인식 시뮬레이터를 개발하고 다양한 위치인식 알고리즘들의 성능을 분석하고자 한다.

II. 관련 연구

2.1 실내 위치인식 시스템

실내 위치인식 시스템은 위치인식의 대상이 되는 태그, 기준노드, 그리고 중앙서버 혹은 위치계산 엔진으로 구성된다. 실내 위치인식 시스템은 두 가지 방식으로 구성될 수 있으며, 각 구성요소의 기능은 위치인식 시스템이 구성되는 방식에 따라 다소 차이가 있다. 단말기 기반 방식의 위치인식 시스템에서는 기준노드들에서 발신한 신호를 태그와 같은 전파 수신 단말기에서 수신하여 추출된 위치 정보를 기반으로 자신의 위치를 계산하고 중앙서버에 위치 값을 저장하는 방법이다. 반면, 기준노드 기반 방식의 위치인식 시스템에서는 태그에서 발신한 신호를 기준노드에서 수신하여 위치정보를 추출한 후 중앙의 위치계산 엔진에서 태그의 위치를 계산한다³⁾. 위치정보는 비콘 신호의 세기, 비행 시간, 도착 각도 등의 형태가 될 수 있다.

위치정보의 변환은 태그 혹은 기준노드에서 수신한 신호를 이용하여 위치 값 계산에서 사용할 수 있는 형태로 변환하는 과정이며, 위치정보의 유형에 따라 그에 상응하는 전파 모델을 이용하여 거리로 변환하게 된다.

2.2 UWB 특성

UWB (Ultra WideBand)는 매우 넓은 대역폭을 가지는 라디오통신을 이용하는 무선 통신 기술이다. 미국 연방통신위원회는 라디오의 대역폭이 500MHz 이상이거나 중심 주파수의 20 % 이상일 때 이것을 UWB라고 정의하였고, UWB의 넓은 대역폭으로 인해 기존에 사용하고 있는 GPS, WLAN과 같은 무선 통신 설비가 영향을 받아 성능이 저하되는 것을 막기 위해 신호의 발산 세기가 약 0.5 mW 이하일 때만 제한 없이 사용할 수 있다. UWB의 가장 큰 특징은 초광대역을 활용하면서 동시에 출력이 상대적으로 낮다는 점이다. UWB 시스템의 경우, 기존 협대역 시스템이나 광대역 CDMA 시스템에 비해 매우 넓은 주파수 대역에 걸쳐 상대적으로 낮은 스펙트럼 전력 밀도를 바탕으로 구성된다. 신호에너지를 수 GHz 대역폭에 걸쳐 스펙트럼으로 분산 및 송신함으로써 다른 협대역 신호에 간섭을 주지 않고 주파수에 크게 구애받지 않으며 높은 시간 해상도를 제공한다.

2.3 Ptolemy 툴

Ptolemy 툴⁴⁾은 1990년대에 U.C. Berkeley의 Edward Lee 교수를 주축으로 개발이 시작되었고 지금은 두 번째 버전인 Ptolemy II가 자바로 출시되었다. Ptolemy II는 시스템 수준에서 다양한 계산 모델을 적용하여 각 시스템을 기술한 후 체계적으로 통합하는 방식을 취한다. 이로 인해 설계 환경의 다양성을 고려할 수 있으며, 이종적인 시스템을 시뮬레이션하고 프로토타이핑 할 수 있는 환경을 제공한다.

Ptolemy II는 기존의 객체 지향 디자인과는 달리 그림 2와 같이 컴포넌트 사이의 동시수행성과 통신 기능을 향상 시킨 액터 (Actor) 중심의 디자인을 지원한다. 액터는 컴포넌트 인터페이스를 가지며, 이를 통해 내부 상태를 추상화 하고, 액터의 동작을 기술한다. 또한 외부의 다른 액터와 효과적으로 통신하는 방법을 제공하고 컴포넌트의 상호 작용을 통해 연산의 효율을 높일 수 있다. 현재에는 임베디드 시스템을 모델하고 시뮬레이션을 수행하는 단계에 있지만 미래에는 다양한 범위의 임베디드 소프트웨어 설계에 사용될 것으로 전망된다.

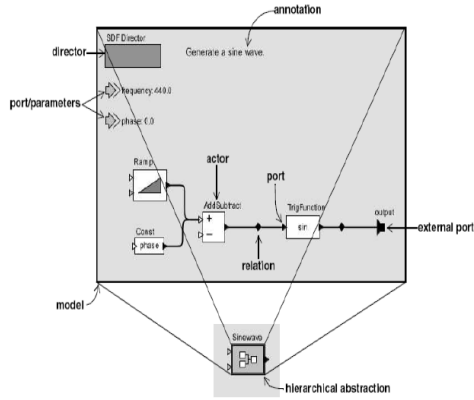


그림 2. Ptolemy II의 액터 설계

III. 실내위치인식 시뮬레이터

본 논문에서 개발한 전체 시뮬레이터의 구성은 그림 3과 같다. 크게 사용자 편의 제공을 위한 인터페이스 부분과 실내 위치 인식 기술을 실험하기 위한 Ptolemy 기반의 시뮬레이터로 구성된다. 세부적으로 인터페이스는 입력 인터페이스와 출력 인터페이스로 나누어지며, Ptolemy 기반의 시뮬레이터는 그림 4와 같이 AP 액터, 태그 액터 및 UWB 채널 액터로 구성되며 액터들의 유기적인 결합을 통해 동작한다.



그림 3. 실내 위치인식 시스템

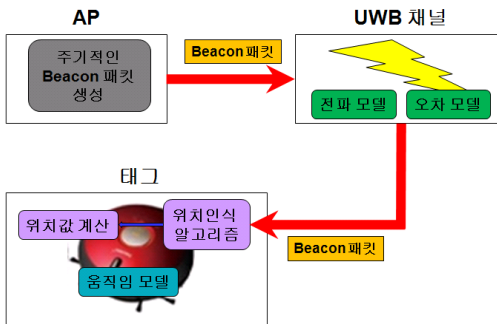
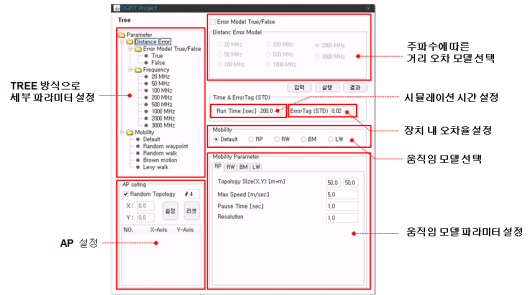


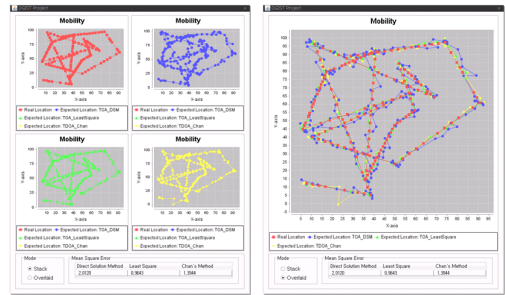
그림 4. 실내 위치인식 시뮬레이터의 구성요소

3.1 인터페이스

인터페이스는 그림 5와 같이 구성된다. 입력 인터페이스는 거리 오차 모델, 움직임 모델, AP 구성, 시뮬레이션 시간 및 장치 내 오차율에 대한 세부적인 파라미터 설정이 가능하고, 버튼을 통해 Ptolemy 기반의 시뮬레이터 및 출력 인터페이스와 연관 관계를 가진다. 출력 인터페이스는 태그의 위치에 대한 결과 표현 및 통계를 다루고 있다.



(a) 입력 인터페이스



(b) 출력 인터페이스

그림 5. 인터페이스 구조

3.2 AP 액터

AP 액터는 주기적으로 비콘 패킷을 생성하여 UWB 채널 액터상으로 이를 전송하며, AP 액터의 내부 구조는 그림 6과 같다. 비콘 패킷은 그림 7과 같이 송신 AP 액터의 ID와 위치정보 (x 좌표, y 좌표), 송

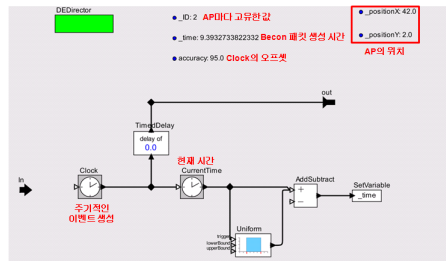


그림 6. AP 액터의 내부 구조

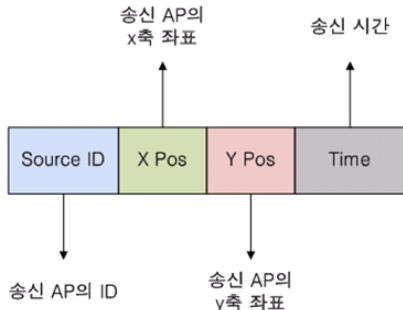


그림 7. 비콘 패킷 구조

신 시간이 기록된다. 각 AP 액터는 고유한 ID를 가지며, 토폴로지 상에서 파라미터 `_positionX`, `_positionY`에 해당하는 좌표에 위치한다.

3.3 태그 액터

태그 액터는 그림 8과 같이 크게 비콘 정보를 이용한 위치 추정 부분과 움직임 모델에 따라 태그의 위치를 변경하기 위한 위치 변경 부분으로 나뉜다. 위치 추정 부분은 최소자승법 (Least Square Method)^[5], 직접해 방식 (Direct Solution Method)^[6], Chan 알고리즘^[7]을 구현한 3개의 액터들과 `GetProperties` 액터로 구성된다. 최소자승법은 TOA 기반의 측위 기법으로서 측정 거리에 포함된 오차의 특성을 고려하지 않고 오차의 공분산을 최소화하는 위치를 찾는 방법이고, 직접해 방식은 최소자승법의 수렴성의 문제를 해결하기 위한 방법으로 해석적으로 위치 해를 구하는 방법이다. Chan 알고리즘은 TDOA 기반의 측위 기법으로서 서로 다른 송신단에서 도달한 시간차를 이용하여, 수신된 신호 사이의 상호상관 관계를 비선형 방정식으로 유도한 후 이를 통해서 해당 위치를 찾는 방법이다. `GetProperties` 액터는 수신된 비콘 패킷의 정보를 추출하고, 이러한 정보를 각 위치인식 액터의 입력 포트로 전달하는 기능을 한다.

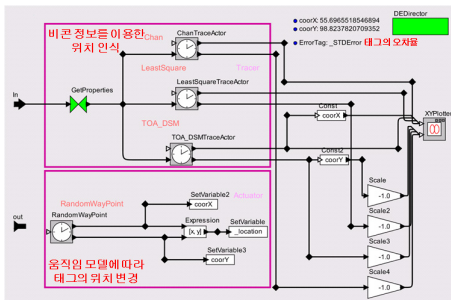


그림 8. 태그 액터의 내부 구조

위치 변경 부분은 `_location` 파라미터의 값을 변경하는 방법을 통해 그림 9과 같은 임의의 중간기점 (Random waypoint)^[8], 임의 보행 (Random walk)^[9], 레비 보행 (Levy walk)^[10], 브라운 운동 (Brown motion)^[10] 움직임 모델로부터 생성된 (x, y) 좌표를 이용하여 움직임 모델에 따라 태그 액터의 위치를 변경한다. 임의의 중간기점 움직임 모델은 무선 환경에서 노드의 움직임을 모델링하는데 일반적으로 사용되며, 현재의 위치에서 다음 위치로 이동할 때 임의의 방향과 속도를 선택하여 이동한다. 임의 보행 움직임 모델은 대표적인 마르코프 과정으로 확산 모델과 관련되어 있다. 레비 보행과 브라운 운동은 임의 보행의 특수한 형태라고 할 수 있다. 중간에 경로의 수정이나 정지 없이 한 지점에서 다른 지점으로 이동하는 직선을 비행 (Flight)이라 하며, 레비 보행은 이러한 비행이 확률적으로 두꺼운 꼬리 분포 (Heavy-tailed Distribution)를 보이며 확률 분포의 분산이 무한한 값을 갖는다. 반면 브라운 운동은 레비 워크와 유사한 특성을 가지나 비행의 확률 분포의 분산이 유한한 값을 갖는다.

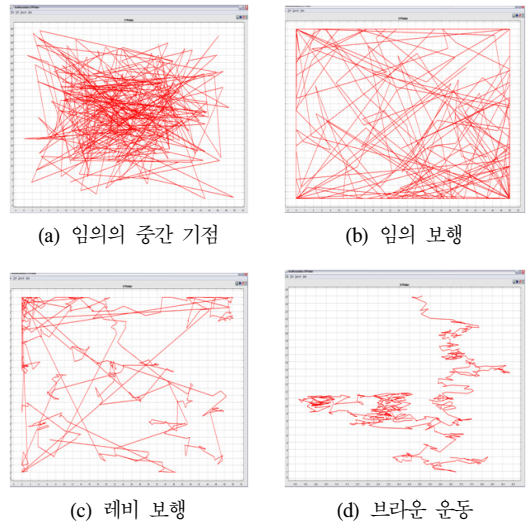


그림 9. 움직임 모델

3.4 UWB 채널 액터

UWB 채널 액터는 전파 지연 모델과 확률적 거리 오차 모델을 포함한다. 채널의 전파지연은 식 (1)과 같다 (d 는 전파의 비행 거리이고 c 는 전파 속도이다).

$$T_{propagation} = \frac{d}{c}, \quad c = 3.0 \times 10^8 m/s \quad (1)$$

일반적으로 실내에서 UWB를 이용한 위치 추정시 거리 오차를 발생 시키는 주요 요소는 다중경로 간섭과 장애물에 의한 NLOS (Non Line-Of-Sight) 환경에 따른 수신 신호의 감쇠가 있다. 먼저 다중경로 간섭에 의한 거리오차는 작은 평균값과 분산을 가지는 정규 분포 (Gaussian Distribution)로 모델링 할 수 있으며, 거리에 따라서 다중경로 간섭에 의한 영향은 비선형적으로 점점 커지므로 이를 반영하기 위해서 로그함수가 동시에 고려된다. 장애물에 의해 발생하는 NLOS 환경에 따른 거리 오차는 마찬가지로 정규 분포로 모델링 할 수 있으나 그 영향의 정도가 다중경로 간섭보다 크므로 정규 분포의 평균과 분산은 큰 값을 가지게 된다. 또한 거리에 따른 NLOS가 발생 확률이 다르므로 이를 고려한 확률 값이 동시에 고려된다^[11]. 예를 들어 중심 주파수가 1 GHz일 때 해당 거리 오차에 대한 결과는 그림 10과 같다.

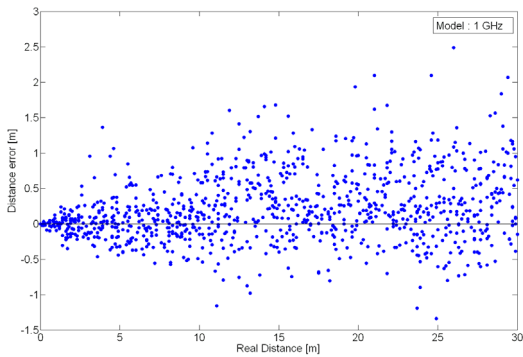
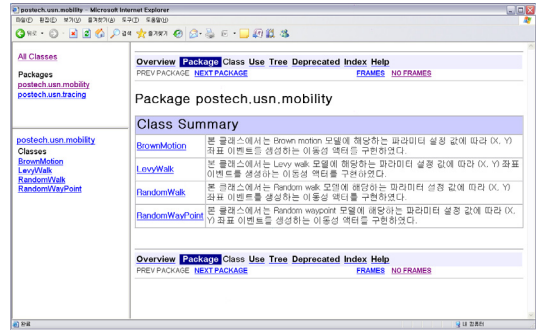


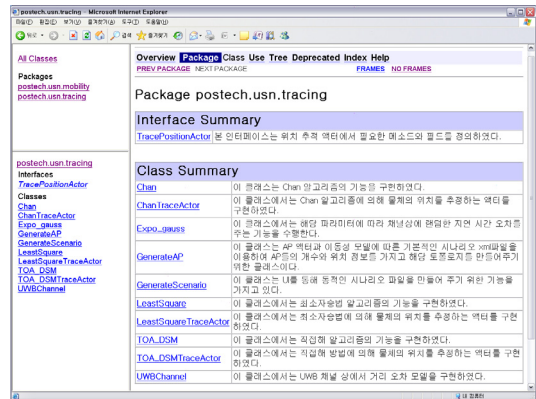
그림 10. 중심 주파수 1GHz일 때, 거리에 따른 거리 오차 분포

3.5 개발자 편의 제공

자바 API (Application Programming Interface)는 자바에서 제공하는 프로그래머를 위한 운영체제나 프로그램의 인터페이스로서, 사용자와 직접 대하게 되는 그래픽 사용자 인터페이스나 명령형 인터페이스와는 구별된다. 좋은 API는 모든 빌딩 블록 (building block)을 제공함으로써 프로그램 개발을 쉽게 해준다. 프로그래머는 그 블록을 함께 합치기만 하면 된다. API가 프로그래머를 위해서 만들어지기는 했지만, 사용자 입장에서라도 같은 API를 사용한 프로그램은 비슷한 인터페이스를 가지기 때문에 새로운 프로그램의 사용법을 배우기에 용이하다. 이 같은 이유로 자바 언어로 구현된 시뮬레이터의 빌딩 블록을 이루는 모든 클래스들에 대해 그림 11과 같이 자바 API를 제공하고 있다. API를 통해 개발한 패키지 및 클래스 정보를



(a) postech.usn.mobility 패키지



(b) postech.usn.tracing 패키지

그림 11. 자바 API

전체적으로 살펴볼 수 있으며, 개발자는 이를 상속 받아 쉽게 새로운 위치인식 알고리즘이나 움직임 모델을 추가 할 수 있다.

IV. 실험결과

이번 절에서는 제한한 실내 위치인식 시뮬레이터를 사용하여 100*100 영역 상에서 5 m/sec로 태그가 이동 시, AP 배치와 AP 개수에 따른 각 실내 위치인식 알고리즘들의 성능을 비교 및 분석한다. 추정 위치 값과 실제 값의 평균 자승 오차 (MSE, Mean Square Error)는 실내 위치인식 알고리즘의 성능을 비교하는 척도로서 사용되었다. 실험에서 사용된 파라미터 설정은 표 1과 같다.

4.1 AP 배치에 따른 실내 위치인식 알고리즘들의 성능 비교

실험에 사용된 AP 배치는 그림 12와 같다. 배치 1은 AP들이 한 쪽으로 편향 분포된 경우이고, 배치 2는 AP들이 임의의 좌표로 분포된 경우이고, 배치 3은

표 1. 실험 파라미터 설정

(a) 움직임 모델 관련 파라미터

파라미터	레이보행	브라운 운동
stability (α)	1.9	0.5
skew (β)	1.0	1.0
sigma (σ)	0.0	0.0
location (δ)	1.0	1.0

(b) 거리 오차 모델 관련 파라미터

파라미터	값
중심 주파수 (GHz)	1.0
다중경로 간섭에 대한 정규 분포의 평균 값 (m)	0.09
다중경로 간섭에 대한 정규 분포의 표준편차 값 (cm)	13.6
NLOS 환경이 발생할 확률 (근거리)	0.064
NLOS 환경이 발생할 확률 (원거리)	0.620
NLOS 환경에 대한 정규 분포의 평균 값 (m)	0.96
NLOS 환경에 대한 정규 분포의 표준편차 값 (cm)	60.4

대칭형 구조로 AP들이 위치한 경우이다. 그림 13은 AP 배치에 따른 각 실내 위치인식 알고리즘에 대한 MSE 평균치를 나타낸다. 결과에서 보듯이 배치 1과 같은 경우 노드는 여러 AP에서 오는 신호가 위치 추정을 위해 필요로 하는 충분한 정보를 제공하지 못하므로 추정 오차가 크다. 반면 AP가 완벽히 대칭적으로 분포된 배치 3과 같은 경우에는 충분한 정보를 바탕으로 위치 추정을 함으로써 최적의 성능을 보인다. 배치 2와 같은 경우는 배치 1과 3의 중간 정도의 성능을 보이고 있다. 실험 결과에서 직접해 방식의 오차가

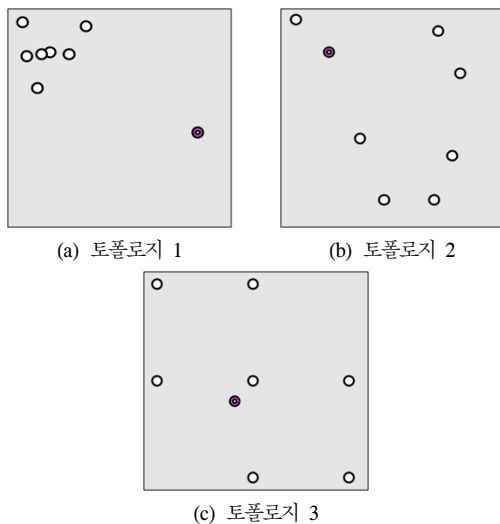


그림 12. AP 배치 상태

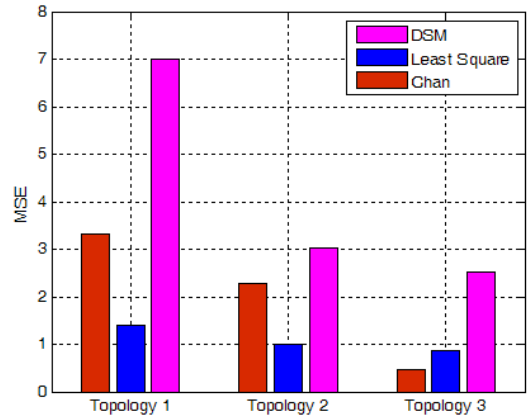


그림 13. AP 배치에 따른 실내 위치인식 알고리즘들의 성능 비교

큰 이유는 AP로부터 수신된 신호에 오차가 있을 경우 이를 보정 없이 그대로 위치 추정을 위해 사용하기 때문이다. 이와 반대로 최소 자승법은 추정 오차가 최소가 되는 값을 계산하므로 토폴로지의 변화에 크게 영향을 받지 않는 것을 확인할 수 있다. Chan 알고리즘은 TOA 기반인 것과는 달리 TDOA 기반이므로 배치 3과 같은 대칭형 구조에서 최상의 성능을 보인다.

4.2 AP 개수 증가에 따른 실내 위치인식 알고리즘들의 성능 비교

AP 개수가 증가함을 위치 추정 시 사용할 수 있는 데이터 량이 증가함을 의미하며, 이는 AP 개수가 많을수록 위치 추정의 정확도는 높아진다는 것을 뜻한다. 반면 비용 적인 측면에서 AP 개수를 무한정 늘릴 수 없으므로 추정 오차의 정확도와 비용을 고려하여 AP 개수를 효과적으로 결정해야 할 필요가 있다. 그림 14는 AP 개수의 증가에 따른 평균 거리 추정 오차

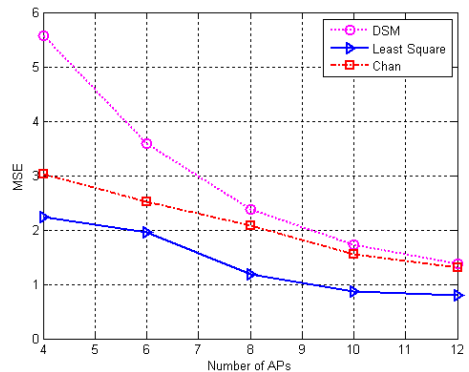


그림 14. AP의 개수 증가에 따른 실내 위치인식 알고리즘들의 추정 오차.

의 변화를 나타내며, AP 개수가 증가할수록 모든 알고리즘에서의 오차율이 감소하다가 AP 개수가 일정 수 이상 증가하면 오차율은 수렴하는 경향을 보인다.

V. 결 론

본 논문을 통해 개발된 Ptolemy 기반의 실내 위치 인식 시뮬레이터는 실제 시스템을 적용하기 전 성능 검증 및 최적화 모델링을 위한 도구로써 사용될 수 있다. 예를 들어 실내에서 실제 기준노드 및 태그를 설치하여 실내 위치인식 시스템의 성능을 검증하기에는 많은 시간과 비용이 요구된다. 반면 본 논문을 통해 개발된 시뮬레이터를 이용할 경우, 시스템의 위치 인식율을 쉽게 검증 가능하며 최적의 AP 위치 및 실내 위치인식 알고리즘 선정이 사전에 가능하다. 이를 통해 시스템 설계에 요구되는 시간과 노력을 상당부분 줄일 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] USN 관련 최근 국내 기술 및 시장 동향, (2007. 11)
- [2] 근거리 위치추적 기술 동향, (2007. 11)
- [3] 근거리 위치 추적 최신 기술 및 시장 동향, (2007. 12)
- [4] Ptolemy Project, URL : <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>
- [5] Y.T. Chan, K.C. Ho, "Least Square Algorithms for Time-of-Arrival-Based Mobile Location", IEEE Transaction on Signal Processing, 2004
- [6] Biton, M. Koifman, Y. Bar-Itzhack, "Improved Direct Solution of Global Positioning System Equation", Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 1998
- [7] Y.T. Chan, K.C. Ho, "A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location", IEEE Transaction on Signal Processing, 1994
- [8] A. Jardosh, E. M. Belding-Royer, K.C. Almeroth, S.Suri, "Towards Realistic Mobility Models For Mobile Ad hoc Networks", ACM/IEEE MobiCom, 2003
- [9] C. Bettstetter, "Mobility Modeling in Wireless Networks: Categorization, Smooth

Movement, and Border Effects", ACM Mobile Computer and Comm. Rev., 2001

- [10] Injong Rhee, Minsu Shin, Seongik Hong, Kyunghan Lee, Song Chong, "On the Levy-walk Nature of Human Mobility", INFOCOM, 2008
- [11] Bardia Alavi, Kaveh Pahlavan, "Modeling of the TOA-based Distance Measurement Error Using UWB Indoor Radio Measurements", IEEE Communication Letters, 2006

김 완 (Wan Kim)

정회원



2007년 8월 홍익대학교 컴퓨터 공학과(학사)
 2008년 3월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과(통합)
 <관심분야> WiMAX, 미래 인터넷, 네트워크 시뮬레이션

안 기 진 (KiJin An)

정회원



2007년 2월 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부(학사)
 2009년 2월 포항공과대학교 정보통신공학과(석사)
 2009년 4월~현재 SK 텔레시스 <관심분야> 네트워크 모델링, 애드혹 네트워크, 크로스 레이어 설계

주 현 철 (HyunChul Joo)

정회원



2005년 2월 한양대학교 컴퓨터 공 학과(학사)
 2007년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2007년 3월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과(박사)
 <관심분야> IPTV, 영상압축, 오버레이 멀티캐스트

이 경 철 (GyeongCheol Lee)

정회원



2006년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부(학사)
2008년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과(석사)
2008년 6월~현재 포항공과대학교 정보통신연구소 연구원
<관심분야> 애드혹 네트워크, 크로스레이어 설계, 미래 인터넷

양 연 모 (Yeon Mo Yang)

정회원



1990년 2월 KAIST 전기전자공학과(학사)
1999년 2월 GIST 메카트로닉스(석사)
2006년 2월 GIST 메카트로닉스(박사)
2006년~2008년 2월 대구경북과학기술원 선임연구원

2008년 3월~현재 금오공과대학교 전자공학부(교수)
<관심분야> EPONs, 센서 네트워크, 메카트로닉스, 융합기술, 네트워크 시뮬레이션

손 명 규 (Myoung-Kyu Sohn)

정회원



1997년 2월 경북대학교 전자공학(학사)
1999년 2월 서울대학교 전기공학부(석사)
1999년~2005년 5월 LG전자 선임연구원
2005년 5월~현재 대구경북과학기술원 선임연구원

<관심분야> 센서 네트워크, 컴퓨터 비전, HCI

송 황 준 (HwangJun Song)

정회원



1990년 2월 서울대학교 제어계측공학과(학사)
1992년 2월 서울대학교 제어계측공학과(석사)
1999년 5월 Univ. of Southern California, EE-Systems(박사)
2000년~2005년 2월 홍익대학교 전자전기공학부(조교수)

2005년 2월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과(부교수)

<관심분야> 멀티미디어 네트워킹, 영상압축, 통방융합기술

안 진 응 (Jinung An)

정회원



1993년 2월 성균관대학교 기계공학과(학사)
1997년 2월 KAIST 기계공학과(석사)
2005년 2월 KAIST 기계공학과(박사)
2005년~2008년 2월 광운대학교 정보제어공학부(조교수)

2008년 5월~현재 대구경북과학기술원 실용로봇 연구소 소장

<관심분야> 지능형 로봇 인터페이스, 햅틱, 유비쿼터스 센서 네트워크, 인간로봇상호작용