

논문 2011-48CI-2-12

# 교차로 환경에서 Range-based와 Range-free 위치측정기법을 혼합한 개선된 차량위치추적기법

(An Improved Vehicle Tracking Scheme Combining Range-based and  
Range-free Localization in Intersection Environment)

박재복\*, 고광신\*\*, 조기환\*\*\*

(Jaebok Park, Kwangshin Koh, and Gihwan Cho)

## 요약

USN(Ubiquitous Sensor Network) 환경은 언제, 어디서나 정보를 이용할 수 있게 한다. 이러한 환경의 기반이 되는 기술은 타겟의 정확한 위치설정을 전제로 한다. 특히 ITS(Intelligent Transportation Systems)는 USN 기술을 적용함으로써 쉽게 구축될 수 있다. 위치측정은 Range-based 방식과 Range-free 방식으로 나눌 수 있다. Range-based 방식은 전파의 불규칙하고 추가 장비가 필요로 센서네트워크 기반 위치측정에 적합하지 않은 것으로 알려져 있다. 반면에 Range-free 방식은 능동적인 통신을 수단으로 위치를 측정하므로 자원제한적인 센서네트워크에서는 적합한 것으로 알려져 있다. 그러나 Range-free 방식은 일반적으로 정확성이 부족하며, 특히 밀집도가 낮은 환경에서는 정확성이 매우 낮다. 따라서 이 두 기법은 장단점을 가지고 있다. 그러므로 두 기법을 혼합하여 위치추적의 정확성을 개선할 수 있는 새로운 기법이 요구된다. 본 논문은 Range-free 방식을 개선할 수 있도록 추가 장비가 요구되지 않은 RSSI(Received Signal Strength Indication) 신호 값을 분류하고 주변노드의 위치와 통신범위 및 세기정보를 최대한 활용하여 이동차량을 보다 정확하게 추적할 수 있는 Range-hybrid 기반의 위치추적기법을 제시한다. 추가적으로 예측기법을 활용하여 위치추적의 정확성을 획기적으로 개선할 수 있는 방안을 제시한다. 그리고 시뮬레이션 결과, 제안된 기법이 기존 위치추적 알고리즘 보다 교차로 환경에서 위치추적의 정확도가 우수함을 증명하였다.

## Abstract

USN(Ubiquitous Sensor Network) environment permits us to access whatever information we want, whenever we want. The technologies to provide a basement to these environments premise an accurate location establishment. Especially, ITS(Intelligent Transportation Systems) is easily constructed by applying USN technology. Localization can be categorized as either Range-based or Range-free. Range-based is known to be not suitable for the localization based on sensor network, because of the irregularity of radio propagation and the additional device requirement. The other side, Range-free is much appropriated for the resource constrained sensor network because it can actively locate by means of the communication radio. But, generally the location accuracy of Range-free is low. Especially, it is very low in a low-density environment. So, these two methods have both merits and demerits. Therefore, it requires a new method to be able to improve tracking accuracy by combining the two methods. This paper proposes the tracking scheme based on range-hybrid, which can markedly enhance tracking accuracy by effectively using the information of surrounding nodes and the RSSI(Received Signal Strength Indication) that does not require additional hardware. Additionally, we present a method, which can improve the accuracy of vehicle tracking by adopting the prediction mechanism. Simulation results show that our method outperforms other methods in the transportation simulation environment.

**Keywords :** Range-based, Range-free, Tracking, Sensor Network, Localization

\* 정회원, 전북대학교 컴퓨터공학부 Post-doc 연구원

(Division of Computer Science & Engineering, Chonbuk National University)

\*\* 정회원, 성화대학 사회복지계열 (Department of Social Welfare, Sunghwa College)

\*\*\* 정회원, 전북대학교 컴퓨터공학부, 영상정보신기술연구센터

(Division of Computer Science & Engineering, Chonbuk National University), (CAIT)

접수일자:2010년10월29일, 수정완료일:2010년2월28일

## I. 서 론

유비쿼터스 환경은 물체의 위치를 실시간으로 수집하여 언제, 어디서나 정보를 이용할 수 있게 한다. 특히 여러 사물은 초소형 컴퓨터 및 센서를 장착하여 주변 상황을 인지할 수 있으며, 인지된 상황을 기반으로 적합한 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 인지능력은 특정 위치정보에 기반을 두는 경우가 대부분이다.

센서네트워크는 무선통신과 하드웨어 소형화 기술의 발전으로 가볍고, 저전력을 사용하는 저가의 무선 센서 개발이 가능하다. 무선 상호통신을 사용하여 정보를 주고받을 수 있는 센서 노드들은 실제 환경에 대량으로 배치시켜 필요한 정보를 얻는 센서네트워크의 구성에 대한 연구가 활발히 진행 중이다<sup>[1]</sup>. 또한 전장에서는 다양한 작전공간에서 시시각각 변하는 상황정보를 실시간으로 수집하고 이를 지휘통제에 활용할 수 있는 위치추적 연구 역시 활발히 진행 중이다. 추가적으로 센서네트워크기반의 이동물체추적은 GPS의 단방향성에 의한 단순한 서비스 및 위치추적의 정확성과 같은 여러 가지 문제점들을 해결할 수 있다.

센서네트워크 환경에서 이동객체의 위치추정은 Range-based와 Range-free 방식으로 나눌 수 있다. Range-based 방식은 초음파센서 혹은 RSSI (Received Signal Strength Indication)와 같은 장치를 이용하여 거리 값을 구하여 위치를 측정하는 것이다. 반면에 Range-free 방식은 추가 장치 없이 센서노드의 통신가능여부에 따라 대략적으로 물체의 위치를 측정한다. 그러나 노드의 밀집도가 적을 경우 Range-free방식 보다는 거리값을 이용하여 적은 노드(Anchor Node) 수로 위치를 측정할 수 있는 Range-based방식이 효과적이다. 하지만 센서네트워크 환경상 두 기법은 장단점을 가지고 있다. 따라서 두 기법을 적절히 결합하고 센서노드의 제약적인 정보를 최대한 활용하여 위치추적의 정확성을 향상 시킬 수 있는 새로운 기법이 요구된다.

본 논문은 교통 환경에서 센서네트워크를 활용하여 차량과 같은 이동물체의 위치를 효과적으로 추적할 수 있는 기법들을 제안한다. 제안된 기법은 정확성이 부족한 RSSI의 Radio패턴과 주변노드들을 효율적으로 활용하여 위치추적의 정확성을 획기적으로 개선하며, 특히 Range-free 방식을 개선할 수 있도록 Range-based와 Range-free 방식을 혼합하고 주변노드의 위치와 통신범위 및 세기정보를 최대한 활용하여 차량의 위치를 보

다 정확하게 추적할 수 있는 기법을 제시한다. 또한 제안된 기법은 차량의 진행속도와 방향을 고려해 EGP 기반의 예측기법을 제공함으로써 위치추적의 정확성을 개선한다. 제안된 기법은 시뮬레이션을 통하여 성능, 정확성, 효율성이 우수함을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안된 기관과 관련된 연구들을 분석하고 제안된 기법의 동기 및 공헌을 제시한다. III장에서는 제안된 위치추적의 overview를 제시하고 제안된 기법에 대한 위치추정 기법 및 위치추적 기법을 설명한다. IV장에서는 제안된 기법과 다른 위치추적 기법을 비교 분석하여 성능향상을 검증한다. V에서는 결론 및 향후 방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

센서네트워크에서 이동물체의 위치추정은 크게 Range-based 방식과 Range-free 방식으로 분류될 수 있다. Range-based 방식은 센서를 이용해 거리를 측정하여 이동물체의 위치를 계산한다. 반면에 Range-free 방식은 통신 여부를 간단히 판단함으로써 정확한 거리를 측정할 필요가 없으므로 거리 측정에 요구되는 비용을 절감할 수 있다.

[그림 1]은 위치추정기법들을 Range-based 방식과 Range-free 방식으로 분류된 기준을 보인다. 먼저 Range-based 방식은 인프라스트럭처기반, 분산형위치추정기법, 이동비컨을 사용한 위치추정기법, 참조포인트없는 위치추정기법, 홉기반 위치추정기법, 중심값을 이용한 위치추정기법, 영역기반 위치추정기법, Convex기반 위치추정기법

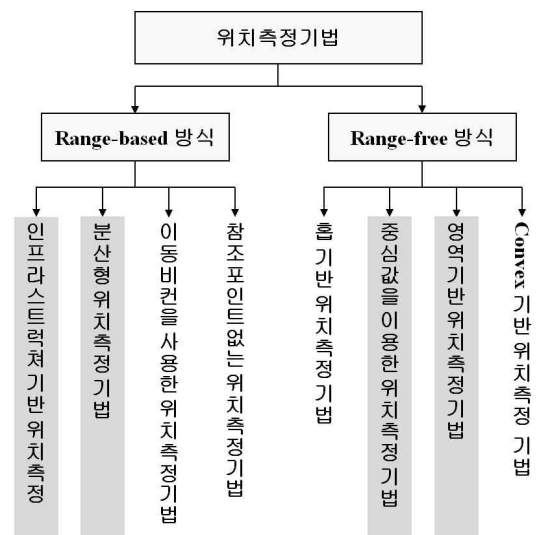


그림 1. 위치추정기법의 분류  
Fig. 1. Taxonomy of localization schemes.

없는 위치측정기법으로 분류할 수 있다. 또한 Range-free 방식은 홑기반 위치측정기법, 중심값을 이용한 위치측정기법, 영역기반 위치측정기법 그리고 Convex기반 위치측정기법들로 분류할 수 있다. 세부적으로 다음 절에서 각각을 설명한다.

### 1. Range-based 방식

일반적으로 Range-based 기법은 장비를 이용하여 정확한 거리를 측정하여 AoA(Angle of Arrival), ToA(Time of Arrival)<sup>[2~3]</sup>와 같은 기법들에 적용하여 물체의 위치를 계산한다. 다음은 Range-based 방식을 이용한 기법들을 분류하여 살펴본다.

첫 번째로, 인프라스트럭처기반 위치측정은 일반적인 GPS기반의 위치계산법과 유사하다. 예를 들어, 노드(Base Station)들은 인프라처럼 미리 결정된 위치에 배치된다. 노드들의 거리는 센서와 물체사이 신호전송시간을 이용하여 계산된다. Ding<sup>[4]</sup>은 클라이언트장치의 다른 전력수준의 영향을 개선할 수 있는 새로운 트레이닝 기법과 Neural network를 이용하여 인프라스트럭처 WLAN기반의 위치측정기법을 제안했다.

두 번째로, 분산형 위치측정기법은 인프라가 없이 한 홑의 주변노드를 이용하여 홑 간 정확한 거리를 측정하여 물체의 위치를 측정한다. 일반적으로 분산형 위치측정은 3단계로 나누어 처리된다. 먼저 거리 값을 측정하고 최소제곱법(least square)을 이용하여 타겟의 위치를 대략적으로 계산하고, 마지막으로 반복 알고리즘(iterative algorithm)을 사용하여 위치측정을 개선한다. 관련 연구들로, N-hop 다중반복기법<sup>[5]</sup>는 one-hop, two-hop, n-hop으로 위치를 계산한다. 초기 위치측정은 이웃노드의 거리측정에서 얻은 제약들과 위치조건을 사용하여 계산되며, least square 기법을 이용하여 위치측정을 개선하는 방식이다. 또한 AHLoS기법<sup>[6]</sup> 알려지지 않은 노드가 삼각측정법에 의해 그 위치를 추적하여 비컨노드가 될 때까지 반복적인 계산을 이용하여 위치를 계산하는 방식이다.

세 번째로, 이동비컨을 사용한 위치측정기법은 비컨에 위치정보를 포함하여 비컨패킷을 브로드캐스트하고, 이 비컨을 받은 노드는 이동비컨 근처에 반드시 있다는 것을 추론하여 받은 RSSI 값을 이용해 물체의 위치를 계산하는 방식이다.

네 번째로, 참조포인트가 없는 위치측정기법은 위치정보가 포함된 비컨신호가 필요 없는 기법이다.

Doherty<sup>[7]</sup>은 중앙서버가 노드사이 대략적인 통신 제약들을 표현할 수 있는 연속된 공식에 따라 네트워크를 모델링하여 타겟의 위치를 계산하는 기법을 제시했다.

또한 Capkun<sup>[8]</sup>은 인프라스트럭처와 GPS가 필요 없는 SPA(Self positioning Algorithm)을 제시했다. SPA는 이웃노드들 간 통신하여 각각의 제약들을 이용해 LCS(Local Coordinate System)을 만들고, LCS에서 이웃노드의 위치를 계산하는 기법이다.

### 2. Range-free 방식

Range-free 방식은 전송 레이저를 사용하지 않고 물체의 위치를 측정하는 방식으로, 노드간 거리를 계산하는 ToA, TDoA, AoA 같은 기법을 사용하지 않는다. 그러므로 Range-free 방식은 다소 부정확한 대략적인 위치를 계산할 수 있다. 다음은 Range-free 방식을 이용한 기법들을 분류하여 살펴본다.

첫 번째로, 홑기반 위치측정 기법은 가장 기본적인 Range-free 기법중의 하나이다. 이 기법은 거리벡터를 이용하여 홑 수를 계산하여 물체의 대략적인 위치를 계산하는 방식이다. 대표적으로 Niculescu<sup>[9]</sup>는 멀티 홑에서 얻어지는 정보를 기반으로 위치를 측정하며 비교적 적은 앵커로도 구현할 수 있는 DV-Hop 기법을 제안했다. [그림 2]는 DV-Hop의 예를 보인다. 노드  $N_1$ 은  $A_1, A_2, A_3$ 로부터 3홑, 2홑, 1홑에 있다는 것을 알 수 있다. 각 노드는 테이블을 유지하고, 그 테이블을 이웃노드들에게 교환한다. 노드가 다른 노드로부터 홑 수를 얻으면 한 홑을 위해 평균거리 값을 예측한다. 이를 전체 네트워크에 전달하여 삼각법을 수행하여 물체의 최종 위치를 계산한다.

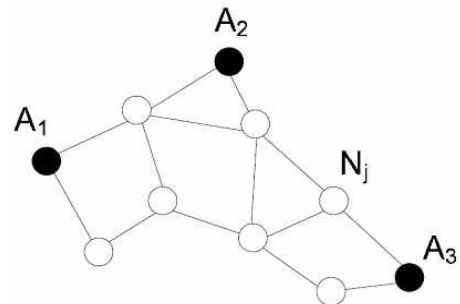


그림 2. DV-Hop 위치측정 기법  
Fig. 2. DV-Hop localization scheme.

두 번째로, 중심 값을 이용한 위치측정기법은 앵커노드들의 중앙을 물체의 위치로 계산하는 기법이다.

Bulusu<sup>[10]</sup>은 노드의 위치를 추정하기 위해 위치계산법을 이용하고 앵커비콘을 사용해 Range-free와 근접기반의 위치추정기법을 제안했다. 이 기법은 세 개의 기법을 받은 후, 타겟은 공식 (1)을 이용하여 자신의 위치를 계산한다.

$$(X_{est}, Y_{est}) = \left( \frac{X_1 + \dots + X_N}{N}, \frac{Y_1 + \dots + Y_N}{N} \right) \quad (1)$$

세 번째로, 영역기반 위치추정기법은 큰 센서네트워크 환경에서 각 노드의 정확한 위치를 정밀하게 계산하는 것은 비효율적이며 대부분 응용에서는 대략적인 위치정보만으로도 충분하다는 가정 하에 제안된 기법이다. 이 영역기반 위치추정기법은 대표적으로 APIT (Approximate Point In Triangle)<sup>[11]</sup> 기법으로 설명할 수 있다. [그림 3]은 영역기반의 APIT 알고리즘의 개요를 보인다. APIT에서 한 노드는 주변노드로부터 3개의 앵커노드를 선택하고, 이 3개의 노드로부터 삼각형을 구성하여 삼각형 내부에 있는지 없는지를 판단하여 물체의 위치를 계산하는 기법이다.

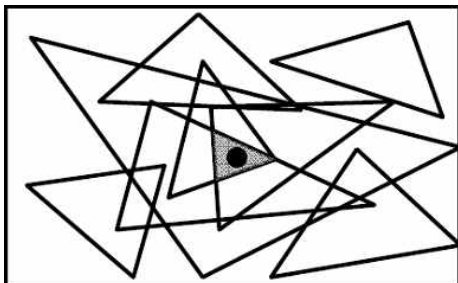


그림 3. 영역기반 APIT 알고리즘  
Fig. 3. Area-based APIT algorithm overview.

네 번째로, Convex기반 위치추정기법은 Convex Position Estimation (CPE) 알고리즘<sup>[7]</sup>에 Convex optimization을 이용한 방법이다. 예를들어, 한 타겟노드 (normal node)가 주변 앵커노드(위치정보를 가진 노드)와 통신한다면, 이때 연결된 앵커를 가짐으로써 앵커들의 통신영역의 교차점에 있게 된다. 따라서 이웃 앵커들의 위치 및 통신범위와 같은 정보는 타겟노드의 위치를 예측할 수 있게 한다. 또한 CPE 알고리즘은 계산을 쉽게 하기 위해 타겟노드의 추정된 위치에 따라 사각형의 중심과 겹쳐진 영역을 계산하는 Estimative Rectangle (ER)을 사용한다. [그림 4]는 CPE 알고리즘의 예를 보인다. 먼저 타겟노드 N이 3개의 이웃 앵커 ( $A_1, A_2, A_3$ )들의 통신범위  $r$ 에 있다면 타겟노드 N과

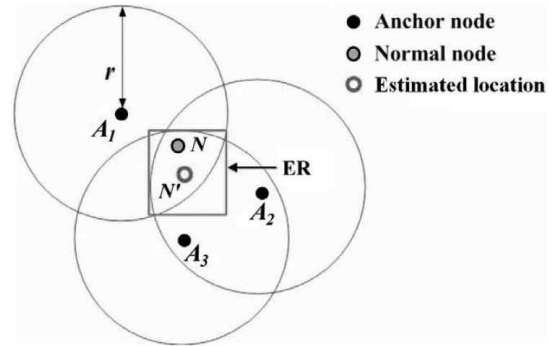


그림 4. CPE 알고리즘에 의해 추정된 위치  
Fig. 4. The estimated location derived by the CPE algorithm.

그것의 이웃앵커들 사이에 연결성의 제약들이 존재하며, 이때 타겟노드 N 주변의 overlapping 영역의 ER은 계산되어진다. 마지막으로, ER의 중심에 있는 N'은 타겟노드의 추정된 위치이다. CPE 알고리즘은 중앙형 위치추정 기법으로, 각 타겟노드는 수집된 연결성 제약들을 중앙에 보내서 위치를 계산하는 방식이다. 그러나 CPE 알고리즘은 교통환경에서 차량이 많이 있을 경우 오버헤드가 많고, 네트워크가 큰 환경일수록 낮은 확장성(scale)을 갖는다.

### 3. 기존 기법의 문제분석 및 공헌

ToA 또는 TDoA와 같은 기법에 의존하는 위치추정 기법들은 송신측과 수신측 사이 정확한 시간동기화가 요구된다. 간단한 기법으로 기간동기화를 위해 Radio 신호를 이용하는 기법이 있다. Savvides<sup>[6]</sup>과 Kwon<sup>[12]</sup>는 거리를 계산하기 위해 Radio 신호의 전파시간차를 5가지 레벨로 나누어 사용하고 있다. 그러나 센서네트워크 감시환경에서 시간동기화를 위해 RF 신호의 사용은 유용하지 않을 수 있다. 여러 Range-based 기법은 노드 사이 상대각도를 계산하여 사용하는 AoA기법을 이용하여 위치를 측정하고 있다. 그러나 AoA를 사용하는 기법들은 각도를 계산할 수 있는 특별한 안테나 설치를 요구한다.

반면, Range-free 기법은 거리를 계산하기 위한 추가적인 장비를 요구하지 않으므로써, 자원이 한정된 센서 노드에게 적용하기가 적합한 기법으로 알려져 있다. 특히 추가 장비를 요구하지 않은 RSSI를 적절히 활용함으로써, 위치추정의 정확성을 개선할 수 있는 기반을 제공할 수 있는 기법이다.

많은 위치추정 및 추적 연구들을 살펴보면, 기존 기

법들은 자원 제약적인 센서네트워크를 고려하여 위치추정의 정확성 및 에너지를 향상시킬 수 있도록 많은 노력들을 해왔다. 본 논문은 Range-free 방식과 Range-based 방식을 혼합하고, Range-free 방식을 개선할 수 있도록 RSSI 값을 적절히 사용하고 주변노드의 위치 및 신호세기정보를 효율적으로 활용하여 교통 환경에서 차량의 위치를 보다 정확하게 추적할 수 있는 기법을 제시한다. 본 논문에서 제안된 기법의 동기와 공헌은 아래와 같이 세부적으로 설명할 수 있다.

- 기존 위치추적 기법들은 Range-free 기법 혹은 Range-based 기법 중 하나를 사용하여 물체의 위치를 측정하고 있다. 하지만 센서네트워크 환경 상 두 기법은 장단점을 가지고 있다. 따라서 제안된 기법은 두 기법을 적절히 혼합하여 위치추정의 정확성을 개선시키는 방법을 제시한다.
- 제안된 기법은 물체의 진행정보를 최대한 활용하여 위치추정의 정확성을 향상시킨다. 특히 예측기법에 오버헤드를 줄인 제안한 EGP (Estimative Grid Points)기반의 예측기법은 계산의 낮은 오버헤드로 위치추정의 정확성을 향상시킨다.
- 본 논문은 실질적인 교통 환경 인프라스트럭처를 고려하여 이동차량의 위치를 보다 정확하게 추적할 수 있는 방법을 제시한다.

제안된 기법은 위치추정의 정확성에서 우수한 성능을 보인다. 그러나 센서노드는 RSSI의 세기를 측정할 수 있는 장비가 추가적으로 요구한다. 따라서 제안된 기법은 센서노드의 특정 하드웨어 스펙에 한정될 수 있다. 일부 센서노드(Zigbee기반 CC2420 RF chip)<sup>[13]</sup>는 RSSI의 통신세기를 측정할 수 있는 장치가 기본으로 내장되었다.

### III. 제안된 위치추적 기법

#### 1. 개요

센서네트워크를 이용하여 교통 환경을 구축할 경우, 매우 저렴하게 인프라스트럭처를 구성할 수 있다. 그러나 자원제약적인 센서네트워크를 고려하여 밀집도가 매우 적은 환경으로 구성될 수 있다. 따라서 이러한 환경에서도 위치추정의 정확도를 개선할 수 있는 방법이 요구된다. 일반적으로 저렴한 센서네트워크를 고려해야하므로 추가 장비가 요구되지 않은 ROA기법과 같은 RSSI를 이용한 Range-free 측정방식이 적합하다.

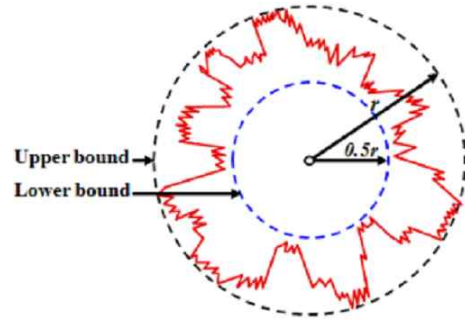


그림 5. 무선 전파 패턴  
Fig. 5. Radio propagation pattern.

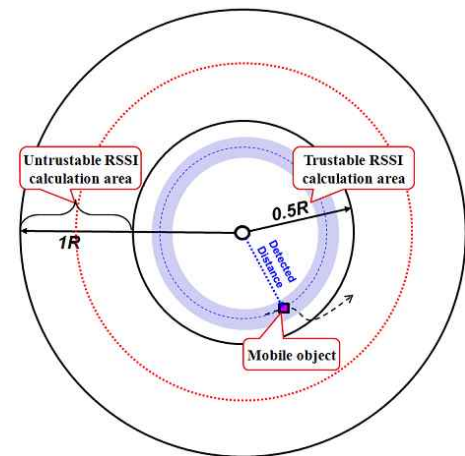


그림 6. RSSI의 성능을 고려한 위치추정  
Fig. 6. Localization with considering RSSI.

그러나 이 역시 multi-path fading과 같은 문제로 많은 오차를 가지고 있다. 하지만 [그림 5]와 같이 일반적으로 물체가 lower bound 안에 있다면 정확한 거리를 많은 오차 없이 측정할 수 있다. 따라서 본 논문은 [그림 6]과 같이 이동물체가 센서노드의 0.5r 범위 내에 있을 경우와 없는 경우에 주변노드와 이동물체 사이 거리값들을 효율적으로 활용하여 위치추정의 성능을 향상시킬 수 있는 방안을 제시한다.

따라서 제안된 Range-free 위치추정 개선전략은 거리추정 시, 오류가 많은 RSSI의 값을 효율적으로 분류하고 활용하여 위치추정의 정확성을 개선한다. 일반적으로 밀집도가 낮은 센서네트워크 환경에서 이동물체의 위치를 측정할 경우, 즉 한 노드만 센싱 되었을 때, 매우 낮은 정확도를 보인다. 따라서 이러한 경우에 예측기법을 활용함으로써 위치추정의 정확성을 개선시킬 수 있다.

이로써, 제안된 기법은 정확성이 다소 부족한 RSSI의 전송패턴을 이용하고 Range-free 방식과 결합하여

교통 환경에서 차량의 위치를 효율적으로 추적한다. 뿐만 아니라, 이동물체의 과거위치 정보를 이용해 예측기법을 활용하여 위치추적의 정확성을 획기적으로 개선할 수 있는 방안을 제시한다.

2. Range-free방식을 개선한 위치측정 기법

센서네트워크기반의 교통 환경에서 차량의 위치를 보다 정확히 측정하기 위해 RSSI의 신호 값을 효율적으로 활용함으로써 위치측정의 정확성을 개선시킬 수 있다. 특히 [그림 5]와 같이 물체가 lower bound의  $0.5r$  범위 안에 있을 때, 측정된 거리는 높은 신뢰성을 가짐으로 이를 활용할 경우 보다 정확한 위치측정을 제공할 수 있다.

[그림 7]은 제안된 위치측정 전략의 예로써, 그림과 같이 C노드가 차량을 탐지한 측정된 거리가  $0.5r$ 범위 이내일 경우, 측정된 거리는 높은 정확도를 가질 수 있

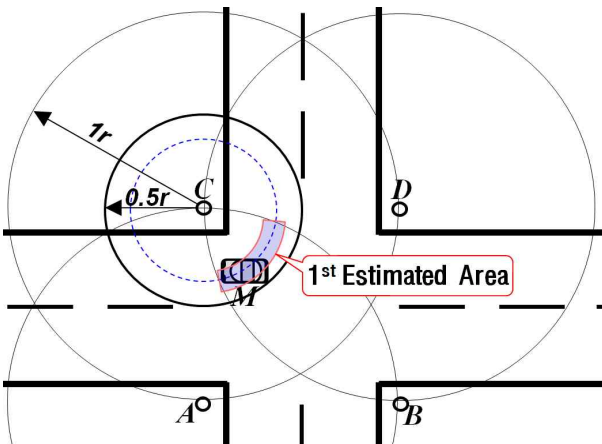


그림 7. Lower bound 기반 위치측정 전략  
Fig. 7. Localization based on the lower bound.

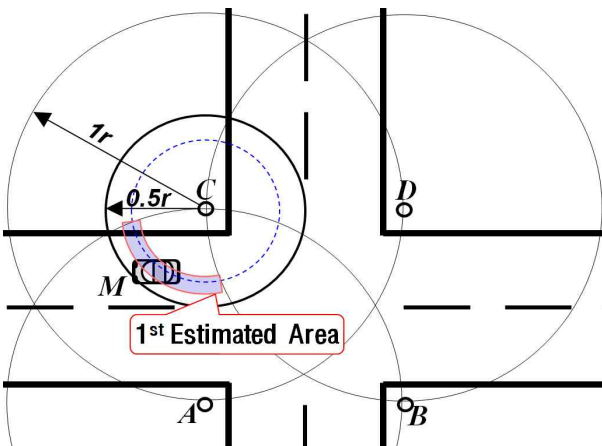


그림 8. 주변노드를 활용한 위치측정  
Fig. 8. Localization with utilizing neighborhood nodes.

다. 따라서 C노드에 의해 측정된 거리정보와 인접노드(A,D)의 탐지정보와 위치정보를 최대한 활용하여 1차 추정영역(1<sup>st</sup> Estimated Area)을 구할 수 있다. 또한 [그림 8]과 같이 제안된 기법은 이동물체를 탐지하지 못한 주변노드(D)를 활용하여 1차 추정영역의 사이즈를 줄임으로써 위치측정의 정확성을 개선한다.

추가적으로, 이동물체와 센서노드 사이 측정거리가  $0.5\sim 1r$ 일 경우를 고려하여 위치측정의 정확성을 개선할 수 있는 방안을 제안한다. 예를 들어 [그림 9]와 같이 센서노드가 이동물체 사이  $0.5r$  범위 내에 있는지를 판단하여 물체의 위치를 계산한다. 따라서 제안된 기법은 Lower bound 내에 이동물체의 정확한 식별로, 기존 Range-free 기법보다 추정영역의 사이즈를 크게 줄일 수 있다.

[그림 10]은 교통 환경에서 센서노드의 upper bound 센싱을 활용하여 차량의 위치를 측정하는 예를 보인다. 이동물체가 센서노드(A,C)의  $0.5\sim 1r$  범위에 존재하는 센싱정보와 주변노드(B,D)의 미탐지 및 각 노드의 위

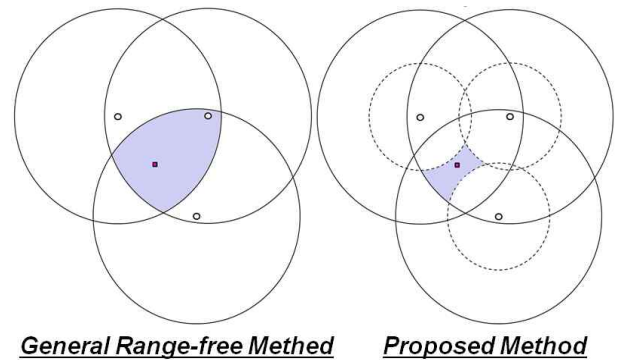


그림 9. Lower bound 센싱을 이용한 위치측정  
Fig. 9. Localization with using the lower bound sensing.

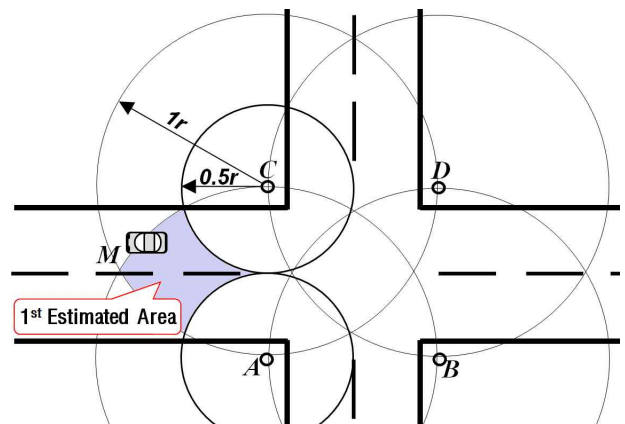


그림 10. Upper bound 기반 위치측정 전략  
Fig. 10. Localization based on the Upper bound.



치정보를 이용하여 1차 추정영역을 계산한다. 계산된 1차 추정영역은 다음 절에서 소개할 예측기법을 이용하여 위치측정의 정확성을 개선할 수 있다.

3. 예측기반의 위치측정 전략

앞 절에서는 제안된 위치측정기법을 활용하여 1차 추정영역(1<sup>st</sup> Estimated Area)을 구했다. 다음으로, 1차 추정영역에 제안된 EGP기반의 예측기법을 적용함으로써 위치측정의 정확성을 더욱 개선할 수 있는 기법을 제시한다.

제안된 예측기반의 위치측정기법은 [그림 11]과 같이 한 노드가 Inner bound에서 이동물체를 측정했을 경우, 1차 EGP로 5개의 Points들을  $\frac{1}{\sqrt{2}} * Detected\ distance$ 을 이용하여 간단히 구한다. 또한 주변노드가 더 존재한다면 주변노드의 제약조건에 따라 2차 EGP를 구한다. 만일 Upper bound에서 이동물체를 측정했을 경우, 1차 8개의 Points들을  $\frac{1}{\sqrt{2}} * 0.75R$ 을 이용하여 간단히 구하며, 이 역시 주변노드가 존재한다면 2차 EGP를 구할 수 있다.

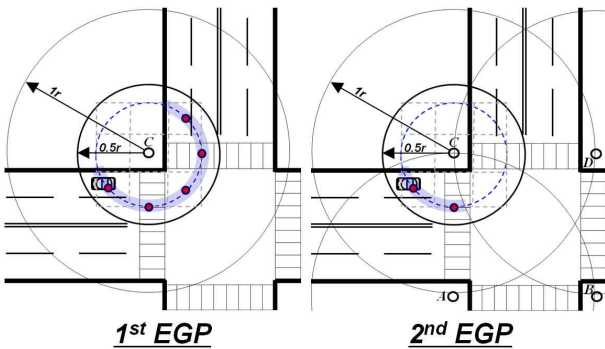


그림 11. Inner bound에서 EGP 생성  
Fig. 11. EGP creation in the inner bound.

다음으로, 2<sup>nd</sup> EGP에 이동물체 다음위치 예측기법을 적용함으로써 차량위치추적의 정확성을 향상시킬 수 있다. 따라서 EGP 환경에 쉽게 적용할 수 있는 예측기법은 다음과 같다.

이전 위치정보 두 점  $A_t(x_1, y_1), B_{t-1}(x_2, y_2)$ 가 있을 경우

- A와 B 사이의 거리:  $AB = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$
- A와 B사이에서 1m당 x 축 이동간격은

$$x = \frac{2x_2 + (AB-2)y_1}{AB} - \frac{x_2 + (AB-1)y_1}{AB}$$

- A와 B사이에서 1m당 y 축 이동간격은

$$y = \frac{2y_2 + (AB-2)y_1}{AB} - \frac{y_2 + (AB-1)y_1}{AB}$$

- AB 사이 1m당 이동거리: x, y의 배수
- s초 이후 차량의 위치:

$$P(x_2 + x \cdot current\ speed(m/s) \cdot s, y_2 + y \cdot current\ speed(m/s) \cdot s)$$

제안된 예측기법은 차량의 이전위치정보( $A_t, B_{t-1}$ )를 활용하여 차량의 다음위치를 예측할 수 있다. 또한 이동물체의 방향 및 속도를 활용하여 다음위치를 보다 정확하게 예측할 수 있으며, 예측기법의 과정은 다음과 같다. 이전 위치  $A_t$ 와  $B_{t-1}$ 점을 고려하여 1m당 이동하는 위치는 x, y 배수를 취한다. 따라서 B점에서 이동물체의 다음 위치를 예측한다면 s초 이후, 차량의 위치를 P점으로 예측할 수 있다. 이처럼 예측기법과 EGP를 활용하여 차량의 위치를 정확하게 추적해 나갈 수 있다.

[그림 12]는 교차로에서 제안된 lower bound 위치측정기법을 이용하여 차량의 위치를 추적하는 과정을 나타낸다. 이전 위치정보( $A_t, B_{t-1}$ )를 이용하여 NP (Next Point)를 예측하고, 차량의 현 위치에서 차량을 탐지하여 주변노드를 활용하여 NEP(Next Estimative Points)들을 구한다. 다음으로 NP와 가까운 NEP를 선정하여 차량의 최종위치를 예측함으로써 차량의 위치를 추적한다.

[그림 13]은 교차로에서 제안한 upper bound 위치측정기법을 이용하여 차량의 위치를 추적해 나가는 과정을 보인다. 이 예는 이전 위치정보( $A_t, B_{t-1}$ )를 이용하여 NP (Next Point)를 예측하여 사용하는 lower bound 위치측정기법과 유사하다. 그러나 차량의 위치가 노드(C)

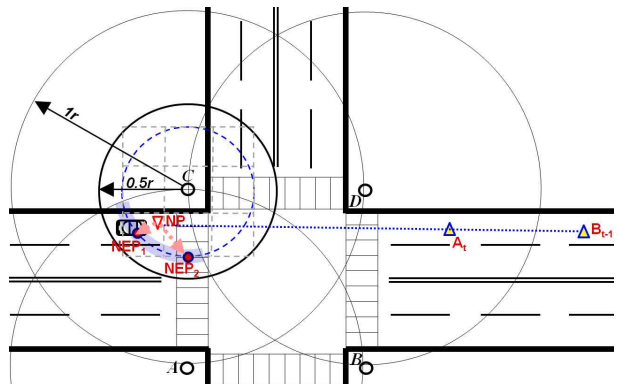


그림 12. Lower bound에서 차량 위치추적  
Fig. 12. Vehicle tracking in the lower bound.

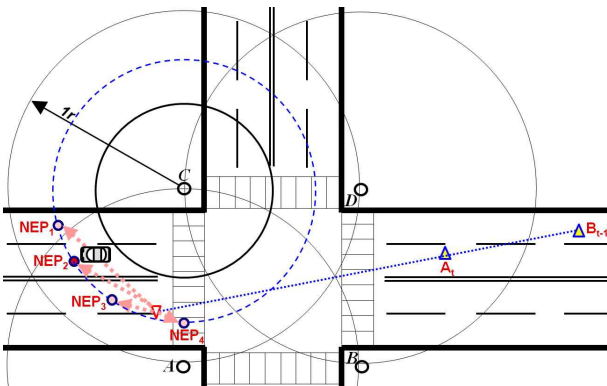


그림 13. Upper bound에서 차량 위치추적  
Fig. 13. Vehicle tracking in the upper bound.

의 upper bound에서 탐지됨으로, 이를 위해 upper bound의 중간 값을 1차 추정영역으로 설정하고 이동차량의 차선을 고려하여 NEP(Next Estimative Points)들을 구한다. 다음으로 NP와 가까운 NEP를 선정해 차량의 다음위치를 예측하여 차량의 위치를 추적해나간다.

**Algorithm1 : The proposed scheme**

```

1 The beacon exchange phase:
2 Four nodes at the intersection road collect the information packet from vehicles
3 The EGP determination phase:
4 if adjacent node >= 2 than
5 | Compute: EGP from the smallest range node(<50)
6 | or Compute: EGP from a node using 0.75R(>50)
7 | Compute: intersection points(2nd EGP) between EGP | and other nodes
8 end
9 if adjacent node = 1 than
10 | Compute: EGP from a node using node range(<50)
11 | or Compute: EGP from a node using 0.75R(>50)
12 end
13 The next location prediction of mobile nodes:
14 Compute: the NP(next point) from PA and PB
15 The final estimation location determination:
16 Compute: the final established point between EGP
17 | and NP
    
```

Algorithm1은 제안된 기법의 전체 pseudo 코드를 보인다. 먼저 차량의 주변노드들은 비컨을 서로 교환하고 차량과 가장 가까운 노드는 주변 노드 수에 따라 EGP 결정한다. 다음으로 이진정보를 활용하여 예측기법을 통해 NP를 구하고 EGP와 NP를 비교분석하여 최적의 위치를 찾아 차량의 위치를 추적해 나간다.

**IV. 시뮬레이션 및 성능분석**

**1. 시뮬레이션 환경**

제안된 기법을 평가하기 위하여 차량의 위치를 모델링하고 네트워크 시뮬레이션을 통하여 차량위치추적의 정확성을 분석했다. 차량은 동적으로 움직이는 것을 대상으로 하고 있으며, 네트워크 시뮬레이션은 NS-2<sup>[14]</sup>를 이용했다. 또한 성능평가를 위해 기존 위치추정기법을 활용하여 비교분석했다.

먼저 Centroid 기법은 위치계산을 중심으로 설정하는 방법으로, 두 노드가 있다면 두 노드 사이 중앙점을 찾아 이동물체를 추적해 나가는 기법이다. 다음 RSSI 기법은 Range-based 방식으로 통신세기를 활용하여 이동물체의 위치를 측정하는 기법으로 오차허용범위에 기반하여 0.5r 값을 설정하고 성능좌표를 만들어 성능을 비교 분석한다. ROCRSSI<sup>[15]</sup>는 RSSI를 기본적으로 활용하고 주변 센싱되지 않은 노드까지 최대한 활용하여 차량의 위치를 추적하는 기법이다.

[그림 14]는 주변 센서노드의 인프라스트럭처를 변경하여 차량의 위치를 추적해 나가는 시뮬레이션 환경을 나타낸다. 따라서 성능분석을 위해 이러한 환경을 NS-2환경에 구축하여 제안된 기법과 기존 기법들을 위치추적의 정확성 관점에서 분석했다.

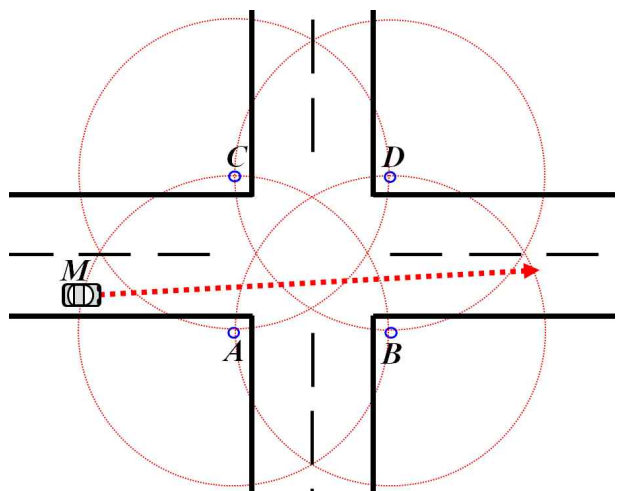


그림 14. 교통 시뮬레이션 환경  
Fig. 14. The traffic simulation environment.

**2. 시뮬레이션 분석 및 결과**

교통 환경에서 차량위치추적의 성능평가를 위해, 먼저 교차로에 2개의 센서노드를 구성하여 차량의 위치를



추적해 보았다.

[그림 15]는 센서노드 2개의 인프라스트럭처에 시간에 따라 차량을 탐지된 순간부터 차량의 위치를 추적한 추적평균오차를 나타낸다. 성능평가는 센서노드의 센싱 시간 10.4초 동안 여러 기법들을 적용하여 누적된 오차를 평균하여 평가했다.

먼저 중앙값을 이용하여 이동물체의 위치를 계산하는 Centroid 기법의 계산된 평균오차는 53.33m 이었으며, RSSI의 평균오차는 50.5m, ROCRSSI+의 평균오차는 41.63m 이었으며, 제안된 기법의 평균오차는 19.06m 이었다. 따라서 제안된 기법은 센서노드의 최소 인프라스트럭처에서도 위치추적의 정확성을 더욱 향상시킬 수

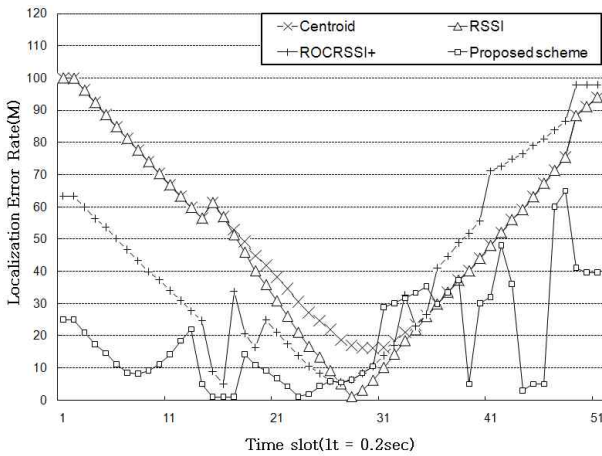


그림 15. 교차로에 2개의 센서노드를 이용한 추적오차거리

Fig. 15. Tracking error distance using two nodes at the intersection road.

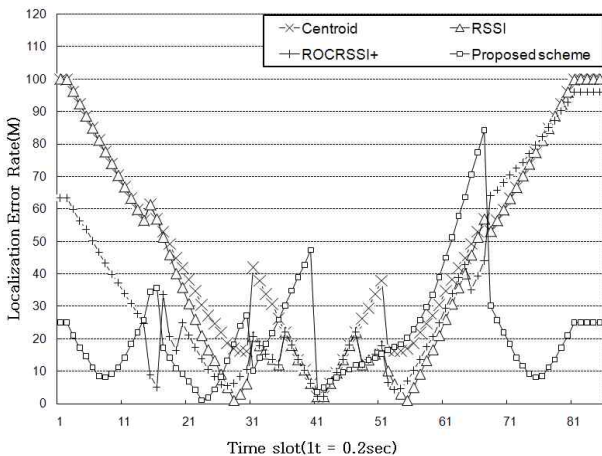


그림 16. 교차로에 4개의 센서노드를 이용한 추적오차거리

Fig. 16. Tracking error distance using four nodes at the intersection road.

있음을 증명했다. 마찬가지로 [그림 16]은 센서노드 4개의 인프라스트럭처에서 위치추적의 정확성을 분석해 보았다. 따라서 본 실험을 통해 다른 3개의 기법과 비교하여 제안된 기법이 높은 정확도를 보였다.

다음으로 [그림 17]은 센서노드 4개의 인프라스트럭처에서 시간에 따라 차량을 탐지한 순간부터 차량의 위치를 추적한 추적평균오차를 나타낸다. 본 시험의 성능평가는 센서노드의 센싱시간 17.2초 동안 누적된 오차를 평균하여 평가했다. Centroid 기법을 적용한 평균오차는 47.96m, RSSI의 평균오차 42.96m, ROCRSSI+의 평균오차 35.22m이었다. 이 평가 역시 제안된 기법의 평균오차가 21.97m로써, 다른 기법과 비교하여 현저하게 향상됨을 보였다.

일반적인 위치계산은 주변 센서노드의 수가 3개 이상 되어야만 물체의 위치를 정확히 측정할 수 있다. 하지만 저밀도 센서네트워크 환경에서는 3개 이상의 주변 센서노드를 활용하여 위치를 측정하는 것은 어려울 수 있다. 그러므로 주변 센서노드를 최대한 활용하여 차량의 위치를 측정해야 한다. 따라서 이를 분석하기 위해 교차로에 인프라스트럭처인 센서노드를 1~4개를 설치하여 차량위치추적의 정확도를 분석해보았다.

[그림 17]은 교차로에서 주변 센서노드 수를 변경하면서 차량의 위치추적에 대한 평균오차를 나타낸다. 본 실험은 이동차량의 위치를 연속으로 추적할 때, 발생하는 미탐지에 대한 미스율을 추가하여 분석했다. 분석 결과, 센서노드가 증가할수록 추적평균오차는 전체적으로 낮아졌다. 특히 제안된 기법은 주변노드가 1개일 경

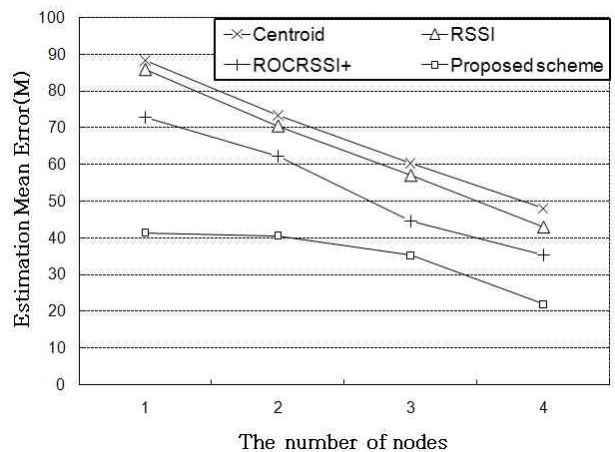


그림 17. 교차로에서 노드 수에 따른 추적평균오차

Fig. 17. Estimation mean error versus the number of nodes at the intersection road.

우에도 매우 우수한 성능을 보였으며, 센서노드의 증가에 따라 평균오차도 낮은 쪽으로 향상되는 것을 보였다. 따라서 제안된 기법은 효율적인 교통 환경을 구축하기 위해 자원제약적인 센서네트워크 환경을 고려하여 위치추적의 정확성을 향상시킬 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문은 교통 환경에서 저밀도 센서네트워크를 고려해 차량위치추적의 정확성을 보장할 수 있는 기법을 제시했다. 제안된 기법은 추가 장비를 요구하지 않은 RSSI를 사용하고 RSSI 전송패턴의 성능을 고려하여 전송범위를 분류했으며 위치추정기법인 Range-based 방식과 Range-free 방식을 혼합하여 차량위치추정의 정확성을 개선했다. 또한 위치추적의 정확성을 개선하기 위해 추가적인 예측기법을 제안했다.

제안된 기법은 시뮬레이션을 통해 기존 위치추적기법을 적용한 알고리즘 보다 위치추적의 정확도가 향상되는 것을 보였다. 특히, 센서노드가 하나인 저밀도 교차로 환경에서 제안된 기법은 기존 위치추정기법을 활용한 것보다 2배 이상 높은 정확도를 검증했다.

향 후 연구과제는 교통안전시스템에 적용될 수 있도록 보다 정확하고 효율적인 차량추적 방법을 제시하는 것이다. 또한 시뮬레이션 환경인 아닌 실제 교통 환경에 적용하여 차량의 위치를 추적함으로써 제안된 기법의 우수함을 증명할 것이다.

## 참 고 문 헌

[1] A. Bharathidasan and V. A. S. Ponduru, "Sensor Network: An Overview," IEEE Infocom 2004.  
 [2] 공현민, 성태경, 권영미, "UWB 실내 측위를 위한 TDOA 위치결정기법," 전자공학회논문지, 제 42권 TC편, 제 1호, 9-15쪽, 2005년.  
 [3] M. Heidari, N. A. Alsindi and K. Pahlavan, "UDP Identification and Error Mitigation in ToA-based Indoor Localization Systems using Neural Network Architecture," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol.8 No.7, p.3597-3607, July 2009.  
 [4] X. Ding, H. Li, F. Li, and J. Wu, "A novel infrastructure WLAN locating method based on neural network," Proc. on the 4th Asian Conference on Internet Engineering, Pratumam, Bangkok, Thailand. November 18-20, 2008.

[5] A. Savvides, H. Park and M. Srivastava, "The Bits and Flops of the N-hop Multilateration Primitive for Node Localization Problems," Proc. on First ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, Sep 28, 2002.  
 [6] A. Savvides, C.C. Han and M.B. Srivastava, "Dynamic Finegrained Localization in Ad-hoc Networks of Sensors," Proc. on the 7th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom2001), July, 2001.  
 [7] L. Doherty, K. Pister, and L. Ghaoui, "Convex Position Estimation in Wireless Sensor Networks," Proc. on the 20th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2001), April 22-26, 2001.  
 [8] S. Capkun, M. Hamdi and J. Hubaux, "GPS-free Positioning in Mobile Ad-hoc Networks," Proc. on the 34th Annual Hawaii International conference on System Sciences, Jan 3-6, 2001.  
 [9] D. Niculescu and B. Nath, "DV Based Positioning in Ad-Hoc Networks," Telecommunication Systems, Vol. 22, No. 1-4, pp. 267-280, 2003.  
 [10] N. Bulusu, J. Heidemann and D. Estrin, "GPS-less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices," IEEE Personal Communications Magazine, Vol. 7, No. 5, pp. 28-34, October 2000.  
 [11] T. He, et al, "Range-free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks," Proc. on the 9th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom2003), Sep 2003.  
 [12] Y. Kwon, K. Mechitov, S. Sundresh, W. Kim and G. Agha, "Resilient Localization for Sensor Networks in Outdoor Environments," Proc. on 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS2005), June 6-10, 2005,  
 [13] T. Instruments, CC2420 Datasheet, 2004. [Online]. Available:<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf>  
 [14] The Network Simulator, ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>  
 [15] R. Crepaldi, P. Casari, A. Zanella and M. Zorzi, "Testbed Implementation and Refinement of a Range-based Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks," Proc. on the 3rd International Conference on Mobile Technology, 2006.

저 자 소 개



**박 재 복**(정회원)  
 2005년 호원대학교 컴퓨터학부  
 학사 졸업  
 2007년 충남대학교 대학원  
 컴퓨터공학과 석사 졸업  
 2000년~2003년 (주)서울전원시스  
 템 부설연구소 연구원

2011년 전북대학교 대학원 전자정보공학부  
 박사 졸업  
 2011년~현재 전북대학교 Post-Doc 연구원  
 <관심분야 : 센서네트워크, 임베디드시스템, 이동  
 컴퓨팅, 위치추적시스템>



**고 광 신**(정회원)  
 1993년 목포대학교 전산통계학과  
 학사 졸업  
 1995년 목포대학교 전산통계학과  
 석사 졸업  
 2005년 전북대학교 전산통계학과  
 박사 졸업

1995년~1997년 광은경영경제연구소 연구원  
 1998년~현재 성화대학 사회복지계열 교수  
 <주관심분야 : 이동컴퓨팅, 무선 네트워크, 컴퓨  
 터통신>



**조 기 환**(정회원)-교신저자  
 1985년 전남대학교 계산통계학과  
 학사 졸업  
 1987년 서울대학교 계산통계학과  
 석사 졸업  
 1996년 영국 Newcastle 대학교  
 전산학과 박사 졸업

1987년~1997년 한국전자통신연구원 선임연구원  
 1997년~1999년 목포대학교 컴퓨터과학과  
 전임강사  
 1999년~현재 전북대학교 컴퓨터공학부 교수  
 <주관심분야 : 이동컴퓨팅, 컴퓨터통신, 분산처리  
 시스템, 무선네트워크보안, 무선네트워크>