

실내 Wi-Fi 환경에서 칼만필터와 입자필터를 혼용한 이동물체 위치추적 알고리즘

박 구 삼*, 이 동 명^o

Localization Algorithm Mixing Kalman and Particle Filters for Moving Object in Indoor Wi-Fi Environment

Gu Sam Park*, Dong Myung Lee^o

요 약

본 논문은 실내 Wi-Fi 환경에서 칼만필터 (kalman Filter)와 입자필터 (particle Filter)를 혼용하여 무선 환경적 요소로 인한 오차를 줄이고 이동물체의 이동패턴의 특성을 고려한 이동물체 위치추적 알고리즘을 제안하였다. 또한 이동물체 및 정지상태 물체의 시나리오 4종류를 대상으로 데이터를 측정하고 MATLAB을 이용해 제안한 알고리즘의 성능을 각 필터와 비교하였다. 실험결과, 제안한 알고리즘은 설정 시나리오에서 직선과 곡선 비율이 1:1 또는 1:n 구조를 가질 때 오차거리 (error distance) 보정효과가 가장 효과적일 뿐 아니라 이동물체의 경로가 일정하지 않은 구간에서도 기존의 필터에 비해 더 적응적임을 확인하였다.

Key Words : Indoor Localization, Kalman Filter, Particle Filter, Wi-Fi, RSSI

ABSTRACT

The localization algorithm mixing the Kalman filter (KF) and the Particle filter (PF) for moving object in indoor Wi-Fi environment to reduce the localization error due to the wireless environment factors and to consider the characteristics of the mobility patterns is proposed in this paper. In addition, data for four scenarios of the moving and stationary objects is measured, and the performance of the proposed algorithm is compared with each filter using MATLAB. Experimental results show that the proposed algorithm is not only most effective in the compensation effect of error distance when the linear and curved ratio in assigned scenarios is 1:1 or 1:n topology but also it is more adaptive than the conventional filters even in the section where the moving object path is not constant.

1. 서 론

최근 Wi-Fi가 대중화 됨에 따라 다양한 무선 서비스 분야에서 위치추정기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 무선 네트워크 환경이 구축된 실내에서 위치를 추정할 수 있는 기술과 이동하는 물체를

추적하는 기술에 대한 관심이 매우 높아지고 있다.

실내 위치추정 및 추적에서 가장 많이 사용되는 신호지도 방식 (fingerprint scheme)은 신뢰도는 우수하지만 RSSI (received signal strength indicator) 값이 안정적으로 수집된다는 보장이 없으므로 만약 수집된 RSSI 값이 예측범위를 벗어날 경우 전혀 다른 위치추

* 이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1D1A1A01061369)

• First Author : Department of Computer Engineering, Tongmyong University, tnara9573@gmail.com, 학생회원

o Corresponding Author : Department of Computer Engineering, Tongmyong University, dmllee@tu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2017-06-165, Received June 2, 2017; Revised August 7, 2017; Accepted August 22, 2017

정 예측결과가 나올 가능성이 존재한다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 여러 가지 필터가 적용되기도 한다.

칼만필터 (kalman filter, KF)는 선형구조를 가질 경우에 가장 좋은 결과 값을 얻는 기술인데, 이를 위치추정기술에 적용하면 어떠한 물체가 움직임 없이 정지한 상태이거나 아니면 일정한 속도로 한 방향으로 움직일 수 있도록 한다. 그러나 실제 이동물체의 이동패턴은 다양하기 때문에 칼만필터를 그대로 적용하기에는 문제가 있다.

본 논문은 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 칼만필터와 입자필터 (particle filter, PF)를 혼용하여 이동물체의 위치추적 정확도를 개선하고자 한다. 즉, 실내 Wi-Fi 환경에서 칼만필터와 입자필터를 혼용하여 이동물체의 이동패턴의 특성에 맞는 필터링을 적용함으로써 무선 환경적 요소로 인한 오차를 줄였다. 이동물체의 이동패턴은 자이로스코프 센서 (gyroscope sensor)의 결과 값을 기반으로 수집하였으며, 이를 바탕으로 MATLAB을 이용해 시뮬레이션을 수행하고 설정한 각 시나리오에 따른 오차거리 (error distance) 및 위치추정 정확도 (localization accuracy) 를 분석하였다.

II. 관련 연구

칼만필터는 선형 시스템에서 데이터에 포함된 연속된 잡음이나 변화의 폭이 큰 신호가 있을 경우, 이를 보정하여 수신 데이터의 신뢰도를 향상시키기 위해서 공학분야에서 사용되는 기법으로 선형시스템에 적합하다. 그러나 이를 위치추정기술에 적용할 경우 실제 이동물체의 이동패턴은 비선형적인 경우가 자주 있기 때문에 칼만필터를 그대로 적용하기에는 문제가 있다.^[1]

입자필터는 입자의 무리를 이용해서 근사 값을 구하는 기법으로 주로 로봇 공학 분야에서 활발히 사용되며, 입자 샘플의 개수가 많을수록 높은 신뢰도를 가진다. 그러나 이 기법도 신호지도 방식의 위치추정에 사용할 경우 무선 신호세기의 환경과 특성에 영향을 받는다.

입자필터를 Wi-Fi SLAM (simultaneous localization and mapping) 에 적용하기 위하여 이동물체의 움직임 예측, Wi-Fi 신호 강도에 따른 우도 계산, 가중치 갱신을 위한 인식모델 그리고 입자필터 추론기를 구성한 사례도 있다. 이 연구에서는 입자의 개수가 250개 일 때 오차거리가 약 1.04m가 도출되었

으며, AP (access point) 개수의 변화에 따른 신뢰도를 비교한 결과 AP가 5개일 때 평균 오차거리가 가장 낮았음을 제시하였다.^[2]

또한, 확장칼만필터 (extended KF)와 입자필터를 이용하여 위치와 방향을 추정하는 혼합형 위치추정 알고리즘을 제안한 연구도 있다.^[3]

III. 문제점 분석 및 알고리즘 설계

3.1 문제점 분석

일반적으로 실내 Wi-Fi 환경에서의 신호지도 기반 위치추적 알고리즘은 그림 1과 같이 2 단계로 구성되어 있으나 주어진 전파환경의 특성에 따라 쓸 수 없는 문제점을 가지고 있다. 이 방식은 장치가 주변의 AP로부터 RSSI 신호를 측정 및 기록하는 첫 단계, 필터를 사용하여 RSSI 데이터를 보정한 뒤 미리 제작해 둔 신호지도와 비교하여 가장 가까운 위치를 추정하는 두번째 단계로 구성된다.

두 번째 단계에서 그림 2와 같이 직선 구간에서 입자필터를 사용할 경우 최대 8m의 오차거리가 생김, 이는 칼만필터의 약 2배에 해당하는 결과가 나타남을 확인하였다. 그 이유는 입자필터는 수많은 입자들의 분포를 구해 추론하는 과정을 거치게 되는데 이 입자의 최초 위치가 그 상황에서의 측정 위치를 기준으로 삼기 때문이다. RSSI는 무선 신호 특성상 비정상적인 값이 수집될 때가 있는데 이것이 이러한 현상의 주된 원인이 된다.

또한 그림 2에서 이동물체가 곡선구간으로 진입 시 칼만필터를 사용할 경우, 곡선의 각도에 따라 다르지만 이동방향이 수직으로 바뀐다고 가정할 시 최소 30 회의 측정을 더 실시해야 신뢰성을 유지할 수 있음을



그림 1. 필터를 이용한 위치추적 알고리즘 개념
Fig. 1. Concept of localization algorithm using filters.

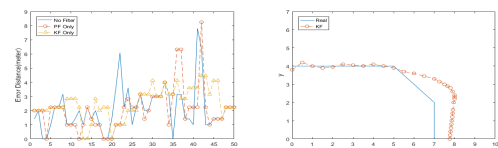


그림 2. 직선 구간에서 입자필터의 오차거리(좌)와 곡선 구간에서 칼만필터 적용 시 추정 모습(우)
Fig. 2. Error distances of PF in linear section(left) and KF in curve section(right).

확인하였다. 그 이유는 칼만필터가 선형 구조일 때 적합한 재귀방식을 가지고 있기 때문이다. 즉, 이전에 추정된 값과 새로 계산식에 의해 구해진 값으로 다음 값을 추정하기 때문이다.^[4]

3.2 이동물체 위치추적 알고리즘 설계

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 실내 Wi-Fi 환경에서 칼만필터와 입자필터를 혼용하여 이동물체의 이동패턴의 특성에 맞게 사용하는 이동물체 위치추적 알고리즘을 제안한다.

제안하는 위치추적 알고리즘의 처리단계는 그림 3 과 같이 3단계로 구성되며, 이동물체의 이동방향에 대한 패턴을 분석하여 이에 적합한 필터를 선택해서 처리함으로써 보다 정교한 위치추적을 하고자 한다.

첫 단계에서는 RSSI 신호 값을 수집하고, 두 번째 단계에서는 이동물체가 임의 이동경로를 따라 이동 중일 때 특정 이동패턴에 대해서 자이로 센서를 이용하여 각속도를 얻은 후 설정한 특정 임계치와 상호 비교하여 직선 또는 곡선구간을 결정한다. 마지막 셋째 단계에서는 특정 이동패턴에 적합한 필터를 적용 후 위치좌표를 보정한다. 그림 4는 제안하는 위치추적 알고리즘을 매크로 코드로 표현한 것이다.

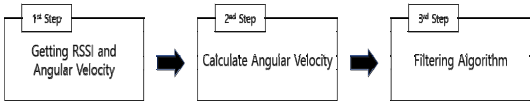


그림 3. 제안한 위치추적 알고리즘의 처리단계
Fig. 3. Steps of proposed localization algorithm.

3.2.1 필터 초기화 및 RSSI 데이터 수집단계 (단계 1)

칼만필터는 선형적 특성을 갖는 구간에서 많이 사용되는 필터로서 측정되는 환경의 특성을 고려하여 잡음을 먼저 계산하며 시스템 모델에서 사용되는 파라미터들 (A, H, Q, R)을 설정하여 시스템 내부에 저장한다. 또한 그림 4에서 보는 바와 같이 입자필터는 내부에 $noise$ 와 $particle$ 개수를 정의하여 시스템에 미리 저장한다.

칼만필터 및 입자필터의 초기화 과정은 단 한 번으로 끝나는 것이 아니라 단계 2의 결과에 따라 재사용해야 하기 때문에 고정적인 파라미터들은 변하지 않도록 설정해야 한다. 시스템이 RSSI 데이터를 수집하는 시간 간격은 안정적인 데이터를 얻기 위해 10초로 설정하였으며, 이는 위치추정 알고리즘이 수행되는 모바일 장치의 최소 측정간격이다.

```

Algorithm Hybrid_Filter( $X_t, Devide$ )
// initialize step
noise = 0.1
particle = PARTICLE COUNT
flag = 1

For i = 1 to length(X) do
// Degree Check Step
if CheckAngle = 1
// Particle Filter Step
if flag = 1
Initialize Particle Filter(particle)
end
Run Particle Filter
Add  $\bar{X}_i$  to result
flag = 0
else
if flag = 0
Initialize Kalman Filter
end
Run Kalman Filter
Add  $\bar{X}_i$  to result

flag = 1
end
end
return  $\bar{X}$ 
    
```

```

Algorithm CheckAngle( $w, DPS$ )
static previous_angle
Angle =  $\sum(w \times DPS)$ 
if ABS(previous_angle - Angle) > degree
previous_angle = Angle
return 1
else
previous_angle = Angle
return 0
end
    
```

그림 4. 제안한 위치추적 알고리즘의 매크로 코드
Fig. 4. Macro codes of proposed localization algorithm.

3.2.2 각속도 계산 및 필터 결정 단계 (단계 2)

단계 2에서는 이동물체가 특정 이동경로를 따라 이동 중일 때 특정 이동패턴에 어느 필터를 적용 할 것 인지를 결정하기 위한 방법으로 3축 자이로스코프 센서의 각속도를 이용한다. 식 (1)은 각속도를 이용하여 회전 각도를 계산하는 식을 나타내며, 그림 4의 *Algorithm Check_Angle* 모듈에 해당된다. 식 (1)에서 w 는 각속도를 의미하며 DPS 는 단위 시간당 각도 변화량을 의미한다. 칼만필터 또는 입자필터의 선정은 이전 측정 시 각속도로 계산된 각도와 현재 측정 된 각속도로 계산된 각도의 차를 계산하여 결정한다. 즉, 이동패턴이 직선이면 칼만필터를, 곡선이면 입자필터를 각각 적용한다.

$$\angle Angle = \sum(w \times DPS) \tag{1}$$

3.2.3 이동패턴 기반 필터적용 및 위치좌표 보정단계 (단계 3)

단계 1과 단계 2의 처리가 완료되면 해당 이동패턴에 적합한 필터를 적용하여 단계 3에서 위치를 보정한다. 첫째, 만약 단계 2의 결과가 곡선인 경우 단계

1에서 입자필터를 사용했다면 초기화 과정없이 단계 3의 보정단계를 진행하고 그렇지 않은 경우는 단계 1에서 정의한 *particle*의 개수와 잡음 *noise*를 다시 초기화 한 후 이동패턴에 따른 필터 결정단계와 위치좌표 보정단계를 진행한다.

입자필터에서 추정 및 보정단계는 크게 예측, 갱신 그리고 리샘플링 단계로 나누어지며, 식 (2)와 같이 나타낸다. 입자필터는 그림 4에서 보는 바와 같이 Check_Angle 모듈의 결과 값이 1이 나올 경우에 수행되며, 이는 식 (2)에서 k 번째 z 에 대입되는 값이다.

$$[x_k^i, w_k^{i=1}] = PF[x_{k-1}^i, w_{k-1}^{i=1}, z_k] \quad (2)$$

둘째, 만약 단계 2의 결과가 직선인 경우, 단계 1에서 칼만필터를 사용했다면 첫째 경우와 마찬가지로 초기화 과정없이 단계 3의 보정단계를 진행하고 그렇지 않은 경우는 단계 1에서 정의한 시스템 모델에서 사용되는 파라미터들 (A, H, Q, R)을 이용하여 칼만필터를 초기화 한 후 이동패턴에 따른 필터 결정단계와 위치좌표 보정단계를 진행한다.

칼만필터에서 데이터를 예측하기 위한 내부 변수인 칼만이득 (K_t)를 계산한 후, 해당 구간의 추정 값 (x_t)을 식 (3)과 같이 계산한다. 칼만필터의 계산과정은 그림 4의 매크로 코드에서 Check_Angle 모듈의 결과가 0이 나올 경우에 수행되며, 이 때 식 (3)은 시간 t 구간에서 추정된 결과 값 (x_t)을 재귀적으로 계산하는 것을 의미한다. 그리고 측정된 값 (z_t)와 이전의 예측된 값 (\hat{x}_t)는 시간 t 의 위치에 따라 계속 변화하며 추정 값 (x_t)의 신뢰도에 영향을 준다.^[5,6]

$$x_t = \hat{x}_t + K_t(z_t - H\hat{x}_t) \quad (3)$$

이러한 과정은 이동물체가 이동경로를 따라 이동할 때 재귀적으로 반복된다.

IV. 실험환경 및 결과분석

4.1 실험환경

실험장소는 본 대학의 본관 1층으로 선정하였고 해당 위치의 평면도는 그림 5의 왼쪽 그림과 같다. 실험에 직접적으로 사용된 공간의 크기는 그림 5의 오른쪽 그림에서 붉은색으로 표시된 부분으로 46m × 34m이다. AP는 외부 통신사 AP (SK_T-WiFi) 3대와 사설

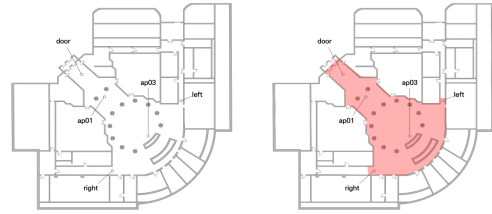


그림 5. 실험공간의 평면도(왼쪽)와 핑거프린트맵 구축에 사용된 실제 공간(오른쪽)

Fig. 5. Ground plan of experimental space (left) and real space for fingerprint map building(right).

AP (iptime A1004) 2대로 구성되며, RSSI 수집 장비는 노트북 (Macbook Pro, 2016 Late) 1대이다. 실험 장소에 설치된 통신사 AP는 door, left, right이며, 추가적으로 AP 2대를 설치하고 각각 AP01, AP03으로 정의하였다.

4.2 실험 시나리오 및 신호지도 구성

실험에 사용된 시나리오는 그림 6에서 보는 바와 같이 이동물체 및 정지상태 물체를 대상으로 각각 4개 (1~4번)와 3개 (5~7번)로 검토하였다. 본 논문에서는 이중에서 이동물체 및 정지상태 물체의 시나리오를 각 2종류씩 모두 4종류를 선정하였다. 선정된 시나리오에서 수집된 데이터의 신뢰도 향상을 위해 RSSI 값을 최소 30회 이상 수집하였다.

신호지도 구성을 위하여 먼저 2m × 2m 영역을 한 개의 참조구역 (reference point)으로 정의하였다. 참조구역의 크기를 2m × 2m로 정의한 이유는 각 구역 사이의 간격이 좁을수록 위치추적이 더욱 정밀해지나 실험당시 1m × 1m 참조구역에서의 신호 값 평균이 ±3dBm을 보여 최적의 위치 값을 찾기 어려웠기 때문이다. 이러한 신호지도 제작 방식으로 실험 대상구역을 참조구역을 141개로 나눈 모습은 그림 7과 같다.^[7]

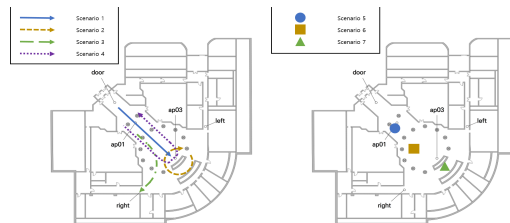


그림 6. 이동 및 정지상태 물체의 시나리오

Fig. 6. Scenarios for moving and stationary objects pattern.

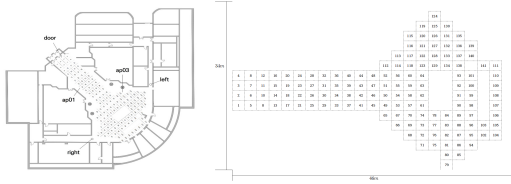


그림 7. 실험 대상구역의 신호지도 구성
Fig. 7. Fingerprint map building for experimental space.

4.3 실험결과 및 분석

그림 8과 9는 이동물체에 대해 각 필터의 적용결과를 시간 (측정단위: 10sec)에 따른 누적분포함수를, 그림 10과 11은 이동물체가 정지한 상태에서 특정 지점에 대해 각 필터의 적용결과를 시간 (측정단위: 10sec)에 따른 오차거리로 각각 비교 한 것이다. 제안한 알고리즘은 그림 8~11에서 ‘Hybrid’로 표시되었다.

그림 8은 이동물체의 직선 경로 시나리오에 대한 오차거리를 나타낸 것이다, 측정 초기단계에서는 확률변수 x 의 값이 2 이하일 때 제안한 알고리즘의 $F(x)$ (오차거리에 대한 누적분포)는 동일 구간에서 다른 필터에 비해 약 50% 정도 낮지만 측정 후반단계에서는 필터 미적용 경우와 입자필터의 경우에 비해 오히려 약 80% 높음을 알 수 있다. 그 이유는 직선 이동경로에서 방향 전환이 없었기 때문에 칼만필터와 동일한 결과를 갖게 되는 것으로 판단된다.

직선 구간에서는 입자필터의 성능이 확률변수 x 가 약 8일 때 $F(x)$ 값이 1에 도달하였으므로 이 시나리오에서는 이것이 가장 성능이 좋지 않음을 알 수 있다. 또한 동일 시나리오에서 데이터 수집 시 RSSI의 패턴을 분석한 결과, 20~30회 측정 할 때 마다

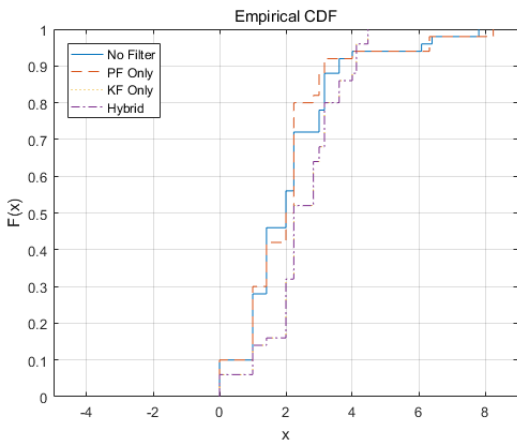


그림 8. 직선 구간에서의 오차거리 비교
Fig. 8. Comparison of error distance in linear section.

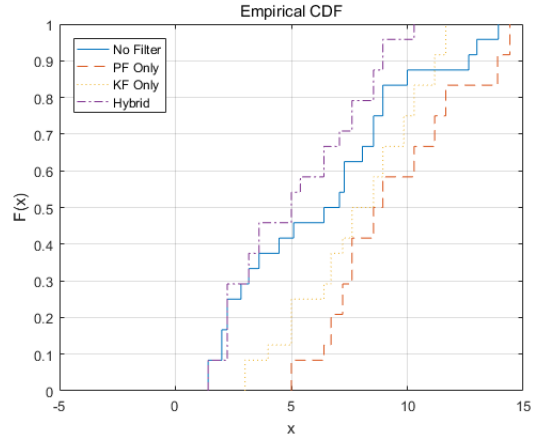


그림 9. 혼합 구간에서의 오차거리 비교
Fig. 9. Comparison of error distance in mixed section.

$\pm 18\%$ 범위 내의 비정상적인 $F(x)$ 값이 측정되었다. 그러나 이 현상은 발생 빈도가 낮아서 전체 결과에 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 제안한 알고리즘의 최대 오차거리는 4m로 확인되었는데, 이는 입자필터의 최대 오차거리 8.5m에 비해 성능이 2배정도 개선된 것이다.

그림 9는 이동물체의 대표적인 이동패턴 중 하나인 직선 구간과 곡선 구간이 함께 존재하는 혼합 구간 경로의 시나리오에 대한 오차거리를 나타낸 것이다. 따라서 제안한 알고리즘의 성능은 칼만필터 및 입자필터에 비해 2m~6m 정도 향상되었음을 알 수 있다. 아울러 혼합 구간 중 직선 구간에서 평균 오차거리는 칼만필터 및 입자필터가 각각 8m, 12m인데 비해 제안한 알고리즘은 6m로 최소 25% 성능이 향상되었다.

또한 혼합 구간 중 곡선 구간에서 오차거리는 제안한 알고리즘은 3.5m인데 비해 칼만필터 및 입자필터는 각각 10m, 7.5m로 나타났다. 따라서 제안한 알고리즘은 곡선 구간에서 각 필터에 비해 최소 2배 이상의 성능을 가짐을 확인하였다.

혼합구간 경로 시나리오 전체 구간에서 제안한 알고리즘의 보정성능은 그림 9에서 보는 바와 같이 칼만필터의 3배, 입자필터의 2배임을 알 수 있다. 오차거리는 칼만필터가 3m~12m, 입자필터가 5m~14m임에 비해 제안한 알고리즘은 3m~5m로 평균 2m~13m 더 성능이 우수하였다.

제안한 알고리즘이 타 필터에 비해 오차거리가 오히려 큰 부분은 확률변수 x 의 값이 10 이상인 경우로 나타났는데, 그 이유는 RSSI의 측정시간 간격이 작을 수록 이러한 결과가 빈번하게 발생하는 것으로 판단

된다.

이와 같은 분석결과를 볼 때, 혼합 구간으로 이루어진 시나리오의 직선과 곡선 비율이 1:1 혹은 1:n 구조를 가질 때 제한한 알고리즘의 오차거리 보정효과가 가장 효과적이며 직선 비율이 상대적으로 많은 구간에서는 다소 보정효과가 낮음을 확인하였다.

그림 10은 정지상태의 물체가 실험공간에서 임의의 지점인 45번에 있을 경우 오차거리를 비교한 것이다. 이 지점을 선택한 이유는 주변에 장애물이 없고 사방이 LOS (line of sight) 조건이 만족되는 곳이기 때문이다. 그런데 이 지점에는 RSSI 데이터 수집 시 30~60초 마다 특정 시점인 3, 5~9, 15~17 (단위: 10sec)에서 한 번씩 측정 신호 값이 요동치는 현상이 발생하였다.

그림 10에서 보듯이 지점 45번에서는 칼만필터와 제한한 알고리즘이 평균 오차거리가 1m로 가장 성능이 우수하였다. 입자필터의 오차거리는 RSSI 데이터 수집 시 상기의 특정 시점인 3, 5~9, 15~17에서 최대 7m로 나타났으며, 제한한 알고리즘에 비해 성능이 매우 낮음을 알 수 있다.

그림 11은 정지상태의 물체가 임의의 지점인 91번에 있을 경우 오차거리를 비교한 것이다. 이 지점을 선택한 이유는 이 지점 주변 2군데 방향이 벽으로 막혀 있어서 NLOS (non LOS) 조건이 만족되는 곳이기 때문이다. 실험결과, NLOS 환경임에도 불구하고 제한한 알고리즘과 칼만필터 및 파티클필터의 평균 오차거리는 모두 평균 2m로, 그리고 평균 오차거리의 범위는 최대 ±15% 이내인 것으로 확인되었다. 이 시나리오 역시 RSSI 데이터 수집 시 그림 10과 마찬가지로 측정 신호 값이 지점 3, 6, 8, 11, 1에서 요동

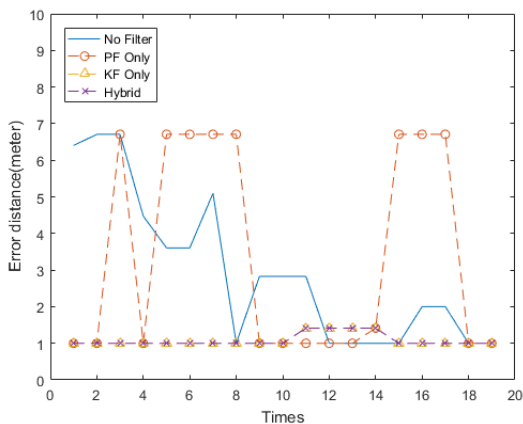


그림 10. 45번 지점에서의 오차거리 비교
Fig. 10. Comparison of error distance at point 45.

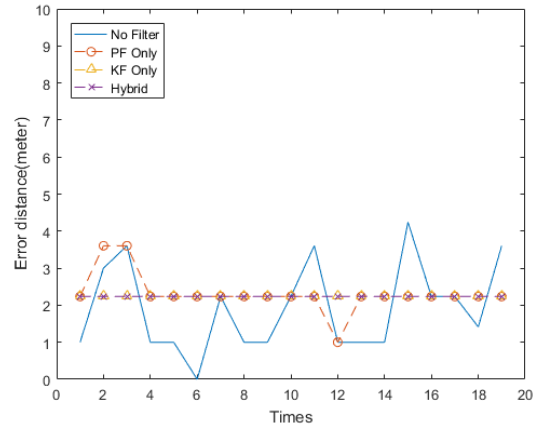


그림 11. 91번 지점에서의 오차거리 비교
Fig. 11. Comparison of error distance at point 91.

치는 현상이 발생하였다.

그림 11에서 입자필터의 오차거리는 대부분 시점에서 균일하게 2.2m 정도이나 시점 2에서 가장 높은 3.8m, 시점 12에서 가장 낮은 1m로 확인되었다. 그러나 제한한 알고리즘은 실험의 모든 시점에서 오차거리가 균등할 뿐 아니라 그 수치도 평균 2.2m 정도로 입자필터에 비해 성능이 더 안정적인 것으로 확인되었다.

V. 결론

본 논문에서는 실내 Wi-Fi 환경에서 2개의 필터(칼만필터, 입자필터)를 서로 혼용하여 서로의 단점을 보완하는 이동물체의 위치추적 알고리즘을 제안하였다. 또한 이동물체 및 정지상태 물체의 시나리오 4종류를 대상으로 데이터를 측정하고 MATLAB을 이용해 제한한 알고리즘의 성능을 각 필터와 비교하였다.

실험 결과, 직선 구간 시나리오에서 제한한 알고리즘의 오차거리 성능은 측정 후반단계에서 다른 필터에 비해 80%까지 개선되었다. 혼합 구간에서는 직선과 곡선 비율이 1:1 혹은 1:n 구조를 가질 때 제한한 알고리즘의 오차거리 보정효과가 가장 효과적이며 직선 비율이 상대적으로 많은 구간에서는 다소 보정효과가 낮음을 확인하였다. LOS 및 NLOS 실험공간에서 정지상태의 물체를 대상으로 실험한 경우에도 제한한 알고리즘의 오차거리는 비교 대상의 필터에 비해 안정적이고 더 성능이 우수함을 알 수 있었다.

제한한 알고리즘의 특징은 단순 직선이나 곡선 구간에서의 적용 결과보다 이동물체의 이동경로가 일정하지 않은 구간에서도 기존의 필터에 비해 더 적응적

이고 보정효과가 크다는 점이다.

추후 정지, 직선 및 곡선 이외의 더 다양한 이동패턴을 사용한 시나리오에서 제안한 알고리즘의 성능을 분석 할 예정이다.

References

- [1] G. S. Park, B. Labinghisa, J. W. Choi, and D. M. Lee, "A study on the efficiency of the indoor localization algorithm based on kalman filter in NLOS environment," in *Proc. KICS Fall Conf.*, vol. 61, pp. 182-183, Nov. 2016.
- [2] E. M. Choi, H. K. Oh, and I. C. Kim, "Particle filters for positioning WiFi device users," *KIISE Trans. Software and Appl.*, no. 5, pp. 382-389, May 2012.
- [3] S. P. Won, W. W. Melek, and F. Golnaraghi, "A kalman/particle filter-based position and orientation estimation method using a position sensor/inertial measurement unit hybrid system," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57 no. 5, pp. 1787-1798, May 2010.
- [4] G. S. Park and D. M. Lee, "A study on the localization algorithm of moving object based on kalman filter in indoor wi-fi environment," in *Proc. KICS Winter Conf.*, vol. 62, pp. 411-412, Jan. 2017.
- [5] R. Faragher, "Understanding the basis of the kalman filter via a simple and intuitive derivation," *Lecture Notes, IEEE Sign. Process. Mag.*, vol. 29, no. 5, pp. 128-132, Sept. 2012.
- [6] M. G. Jin, "Implementation and analysis of smartphone-based real-time indoor positioning systems," M. S. Thesis, Hanyang University, pp. 21-24, Aug. 2014.
- [7] K. Vadivukkarasi, R. Kumar, and M. Joe, "A real time RSSI based novel algorithm to improve indoor localization accuracy for target tracking in wireless sensor networks," *ARPJ. Eng. and Appl. Sci.*, vol. 10, no. 16 pp. 7015-7023, Sept. 2015.

박 구 삼 (Gu Sam Park)



2012년 3월~현재 : 동명대학교
컴퓨터공학과 (학사과정)
<관심분야> 위치추정 시스템,
통신, 모바일 컴퓨팅

이 동 명 (Dong Myung Lee)



1982년 2월 : 숭실대학교 전자
계산학과(학사)
1990년 8월 : 숭실대학교 전산
공학과(석사)
1997년 8월 : 숭실대학교 전자
계산학과(박사)
1982년 3월~2000년 2월 : 한국
전자통신연구원 책임연구원
2000년 3월~현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 이동통신, 센서네트워크, 위치인식