

퍼지추론/UPF를 이용한 UGV의 GPS/INS 데이터 융합 및 위치추정

GPS/INS Data Fusion and Localization using Fuzzy Inference/UPF

이소희 · 윤희병*

Sohee Lee and Heebyung Yoon*

국방대학교 전산정보학과

요 약

UGV가 임무를 수행하기 위해서는 먼저 자신의 위치를 인식하는 것이 중요하며, 위치 인식을 위해 일반적으로 GPS나 INS 등 하나의 센서로 구성된 항법시스템을 이용한다. 그러나 GPS와 INS와 같은 센서들은 각각 단독으로 사용되기에는 제한사항을 가지고 있다. 즉 GPS는 정확한 위치정보의 제공이 가능하지만 기상과 환경에 의해 위치정보가 단절되며, INS는 독자적인 항법정보의 제공이 가능하지만 오차가 누적되어 정확한 위치추정이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 연속적이고 정확한 위치추정을 위해서는 센서 융합을 통한 복합 항법시스템이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 GPS와 INS를 융합한 복합 항법시스템을 구성하기 위해 퍼지추론과 언센티드 파티클 필터를 이용한 UGV의 데이터 융합 및 위치추정 알고리즘을 제안한다. 퍼지추론은 GPS와 INS를 융합하는데 있어 수학적인 방법보다 더 간단하게 구현이 가능하며, 언센티드 파티클 필터는 오차보정에 탁월한 성능을 보여주는 비선형 추정 필터이다. 제안한 알고리즘의 성능을 비교분석하기 위해 실험을 실시하였으며, 실험 결과 제안한 알고리즘이 기존 알고리즘보다 연속적이고 정밀한 위치추정이 가능함을 입증하였다.

키워드 : GPS; INS, 언센티드 파티클 필터, 퍼지추론, 융합알고리즘, UGV

Abstract

A GPS/INS system is widely used in the UGV to estimate position during the mission. However, there are few restrictions when a GPS/INS system used alone. For example, GPS provides precise location information but easily interrupted by external factors like weather, environment, etc. INS provides continuous location data but positioning errors grew very rapidly with time. Therefore, it is necessary to integrating multi-sensors for more continuous and correct position estimation. In this paper, we propose location estimation algorithm of the UGV for GPS/INS integrated system that combines Fuzzy Inference and Unscented Particle Filter(UPF) to improve navigation. Fuzzy inference provides the simplest method integrating GPS/INS and UPF is non-linear estimation filter well suited to the correction of errors. The performance of the proposed algorithm was tested to compare with other algorithms. the results show that the proposed algorithm is more accuracy in position estimation and ensures continuous position tracking.

Key Words : GPS, INS, Unscented Particle Filter, Fuzzy inference, Fusion algorithm, UGV

1. 서 론

UGV의 자율행동을 위해서는 주변환경 인식, 최적의 경로계획 및 주행제어, 그리고 위치추정 등의 능력이 필요하며, 이 중 가장 기본적으로 수행되어야 하는 것이 바로 위치추정이다[1]. 로봇이 자신의 위치를 추정하는 방법에는 엔코더를 이용하여 초기 위치로부터 이동거리를 더해 자신의 위치를 추정하거나, INS의 가속도 정보를 2차 적분하여 초기 위치로부터 변화된 자신의 위치를 찾아내는 방법[2], 그리고 GPS를 이용하여 절대 위치를 수신하는 방법[3] 등이 사용되어 왔다.

그러나 이러한 단독 항법시스템에 의한 방법들은 단순하고 비교적 손쉽게 구현 가능한 장점을 가지고 있으나 몇 가지 단점으로 인해 그 활용이 제한되는 경우가 있다. INS는 오차를 누적시키는 특성 때문에 장시간 주행 시 누적 오차

가 발생되어 위치추정에 심각한 오류를 유발하게 되며, GPS는 위치추정을 위해 위성의 수가 4개 이상이어야 하고 지형과 기상에 의해 수신이 불가능하게 되는 경우가 발생할 수 있다.

따라서 하나의 센서로 구성된 단독 항법시스템은 정밀한 위치정보를 획득하는데 한계가 있기 때문에, 2개 이상의 센서 데이터를 융합한 복합 항법시스템을 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 복합 항법시스템을 구성하기 위해 여러 가지 필터를 이용한 위치추정 방법이 제안되었으며, 그 중 대표적인 방법이 칼만 필터를 이용한 GPS/INS 융합시스템이다[4][5]. 그러나 GPS나 INS는 선형뿐만 아니라 비선형적인 문제점도 포함하는 시스템으로써 비선형/Non-Gaussian 잡음을 처리할 수 있는 비선형 필터의 연구가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 정밀한 위치추정을 위해 필터의 능동성을 증가시키고 연산을 단순화하여 실시간 처리가 가능하도록 퍼지추론을 이용하여 센서 데이터를 융합하고 비선형/Non-Gaussian 잡음을 처리할 수 있도록 언센티드 파티클 필터(UPF: Unscented Particle Filter)를 이용한 위치추정 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 실험을 통해

접수일자 : 2009년 1월 8일

완료일자 : 2009년 5월 21일

* 교신저자

그 효율성을 확인한다.

2. 관련연구

2.1 INS/GPS

관성항법시스템(INS: Inertial Navigation System)은 자이로와 가속도계로 구성된 관성센서장치(IMU)와 신호처리기, 항법 알고리즘 연산을 위한 항법컴퓨터 등으로 구성되며 외부의 도움 없이 항체의 자세, 속도, 위치정보를 획득할 수 있다[6]. 관성센서를 이용하여 항체에 가해지는 가속도와 각속도를 측정하여 항체의 위치, 자세, 속도 등을 외부의 도움 없이 연속적으로 계산할 수 있는 장치로서 과거에는 군에서 많이 사용되었으나 연속적인 항법정보를 제공한다는 장점으로 현재는 많이 사용되고 있다.

그러나 INS가 제공하는 가속도와 각속도는 물리적으로 오차를 포함하고 있으며, 계산 방식에서도 수치적 계산오차를 포함하여 비교적 많은 오차를 가지고 있고, 특히 저 주파수 잡음과 같은 센서 바이어스 등의 오차 성분들은 시간이 증가함에 따라 증폭되는 특성이 있다[7]. 다시 말해 INS는 시간이 지남에 따라 항법 오차가 지속적으로 누적되어 정밀한 위치를 추정하는데 제한이 있다.

따라서 INS는 보정센서 없이는 일정시간이 지난 후 발산하는 특성이 있으며 단일 센서로는 장시간 사용에 문제점을 가지고 있다. 이러한 INS 오차 보정에 많이 사용되는 것이 바로 GPS(Global Positioning System)이다.

GPS는 미 국방부에서 구축한 인공위성을 이용한 전파항법장치로써 지구 전역에서 시간과 기상에 관계없이 이용 가능한 시스템이다. 최초 군용으로 개발되었으나 현재는 민간에서도 사용할 수 있도록 개방되었다. GPS는 미국의 24개 GPS 위성 중 3개 이상의 위성으로부터 전파를 수신하여 삼각측량법으로 계산하여 위치와 속도 정보를 제공할 수 있다[3].

GPS는 일반적으로 $\pm 2\sim 10\text{m}$ 의 일정한 오차범위를 가지며, 시간에 따른 오차 누적이 없어 장기간 사용 시에도 안정성이 높지만, 반응속도가 낮고, 전파방해에 취약하며 위성수의 변화에 의해 오차 범위가 영향을 받아 위성수가 적어도 4개 이상일 때 정확한 위치정보를 획득할 수 있다[8].

이러한 INS와 GPS의 결합은 GPS 수신기가 비정상적인 항법정보를 제공하는 경우에도 INS만의 단독 항법이 가능하며, GPS가 정상인 경우에는 INS의 항법오차를 실시간으로 보상이 가능하다는 장점 등으로 인해 많이 사용되고 있다.

2.2 퍼지추론

언어적 기술로 이루어진 퍼지명제는 애매함을 포함하고 있으며 x 와 y 가 각각 집합 X 와 Y 의 임의의 원소이고 A 가 X , B 가 Y 의 퍼지집합이라고 하면 퍼지명제 “ $P = x \text{ is } A$, $Q = y \text{ is } B$ ”로 정의할 수 있다. 이러한 명제 형식이 퍼지논리를 다루는 기본이 되고, “ P 이면 Q 이다”라는 퍼지조건 명제는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\text{퍼지조건 명제: } P \rightarrow Q = \text{If } P \text{ then } Q$$

이때, P 를 퍼지조건 명제의 전건부 또는 조건부라 하고, Q 를 후건부 또는 동작부라고 한다.

퍼지추론(Fuzzy inference)은 위와 같은 몇 개의 퍼지명

제로부터 다른 퍼지명제를 도출하는 것으로 퍼지추론을 근사추론이라고도 한다. 퍼지추론은 “If P then Q ”를 조건부로 퍼지명제 “ $x \text{ is } A$ ”를 전제하여 이로부터 후건부 퍼지명제 “ $y \text{ is } B$ ”에 의미상 가까운 퍼지명제를 추론하는 것이다. 퍼지추론에서는 이진논리와는 달리 다양한 해석이 존재할 수 있기 때문에 추론방식도 다양하다.

퍼지추론법으로는 합성규칙을 기반으로 한 직접법과 언어적 진리값을 매개로 한 간접법이 있다. 직접법에는 크게 조건부와 동작부의 형태에 따라 Mamdani형과 Sugeno형으로 구분된다. Mamdani형은 동작부가 퍼지집합으로 정의되고 Sugeno형은 선형식이나 상수를 갖게 된다[9].

Mamdani형 퍼지규칙에서의 추론은 퍼지화와 조건부 퍼지연산자를 적용하여 각 규칙에 대한 동작부 퍼지집합을 생성하고 퍼지추론시스템에서는 모든 규칙을 고려하여 최종 결정을 내리기 때문에 각 퍼지집합을 합하여 비퍼지화 단계를 거쳐 명확한 숫자로 출력된다.

Sugeno형 퍼지규칙에서의 추론은 Mamdani형과 마찬가지로 퍼지화와 퍼지연산자 적용단계는 동일하며, 이후 만족도 정규화 단계에서 조건부 만족도를 정규화시키고, 후건부 선형식 계산을 실시한 후, 최종 출력을 계산한다.

그림 1은 Mamdani형과 Sugeno형의 추론에서 입력 데이터를 퍼지규칙에 적용하여 출력 데이터를 얻는 방법을 보여준다[10].

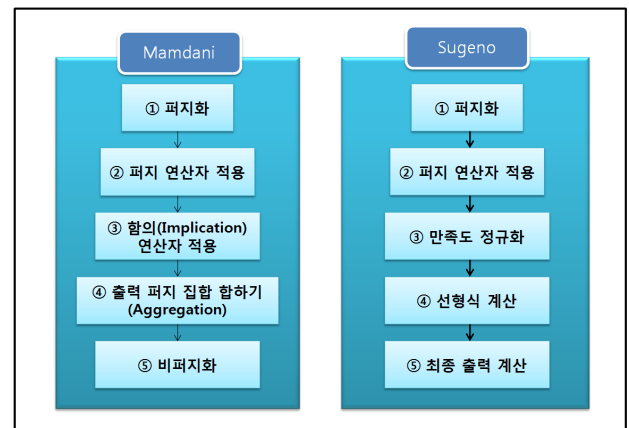


그림 1. Mamdani형과 Sugeno형의 추론 단계

Fig 1. Inference level of Mamdani and Sugeno type

2.3 파티클 필터

선형/가우시안 잡음시스템에서 최적의 필터로 사용되는 칼만 필터는 상태변수 추정을 위한 사후 분포를 해석적으로 구할 수 있다는 장점이 있으나, 실제 시스템은 선형보다는 비선형일 경우가 많고, 부가되는 잡음이 가우시안이 아닐 경우에는 칼만 필터의 성능을 더 이상 보장받을 수 없다는 단점을 가지고 있다.

파티클 필터(PF)는 비선형/Non-Gaussian 시스템의 대표적인 준 최적 필터로서 칼만 필터와 달리, 사후분포를 해석적으로 구하는 것이 아니라 상태변수를 대표할 수 있는 다수의 파티클과 각 파티클이 가지는 가중치를 통하여 사후 분포를 구한다. 파티클 필터는 SMC(Sequential Monte Carlo) 방법의 일종으로 사전분포 및 사후분포의 베이시안 조건확률을 기반으로 하며, 대부분의 파티클 필터의 알고리즘은 SIS(Sequential Importance Sampling) 알고리즘을 기초로 구성된다. SIS 알고리즘은 측정값과 가중치를 가진

상태값을 이용하여 시간에 따라 반복적으로 알고리즘을 수행하여 현재의 상태값을 추정하는 방법이다. 식 (1)은 사전 및 사후분포와 제안분포를 이용하는 파티클 필터의 가중치를 계산하는 식이다[11].

$$W_k = W_{k-1} \frac{p(y_k|x_k)p(x_k|x_{k-1})}{q(x_k|x_{k-1},y_k)} \quad (1)$$

언센티드 파티클 필터(U PF)는 그림 2와 같이 기본적인 파티클 필터의 구조를 가지며 제안분포 생성을 위해 UKF의 결과를 사용한다. 또한 퍼펙트 몬테카를로 시뮬레이션과 중요도 표본 추출 과정을 거친 후 재표본 추출을 통해 상태변수의 사후분포를 정확하게 추정할 수 있다. UPF는 기본적으로 UKF의 성능을 가지며 파티클 필터링을 통해 보다 향상된 추정 및 빠른 수렴 성능을 갖는다[12].

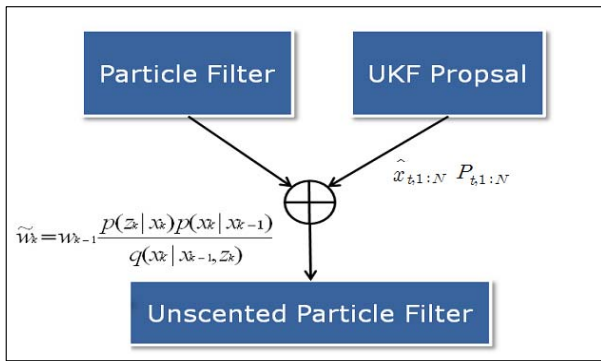


그림 2. 언센티드 파티클 필터링
Fig 2. Unscented Particle Filtering

3. 융합 및 위치추정 알고리즘 제안

3.1 알고리즘 구성

퍼지추론과 UPF를 이용한 UGV의 GPS/INS 데이터를 융합하여 위치추정을 하는 알고리즘을 그림 3에 제시하였다.

그림 3에서 먼저 융합단계 이전에 GPS의 초기위치와 INS의 초기위치는 측정되었다고 가정한다. 1단계에서 각 항법센서의 측위를 시작한다. 2단계와 3단계는 센서 데이터의 융합을 위한 단계로써, 2단계에서 퍼지추론에 의해 각 센서 데이터를 융합하고 3단계에서 Smoothing 기법을 이용하여 1차적으로 잡음을 보정한다. 그 이후 4단계부터 6단계까지는 UPF를 이용하여 오차보정을 실시한다. 4단계에서 파티클을 초기화하고 각 파티클의 가중치를 계산한다. 이때 UKF 기법을 이용하여 가중치 계산에 필요한 제안분포를 생성한다. 5단계는 중요도 표본 추출 단계로써 상태변수와 사후분포를 계산한다. 6단계인 재표본 추출 단계는 SIS 알고리즘의 단점인 가중치가 0이 되어 필터가 발산하는 것을 방지하기 위한 단계이다. 또한 4~6단계를 재귀적으로 반복함으로써 더욱 정밀한 결과를 얻을 수 있다.

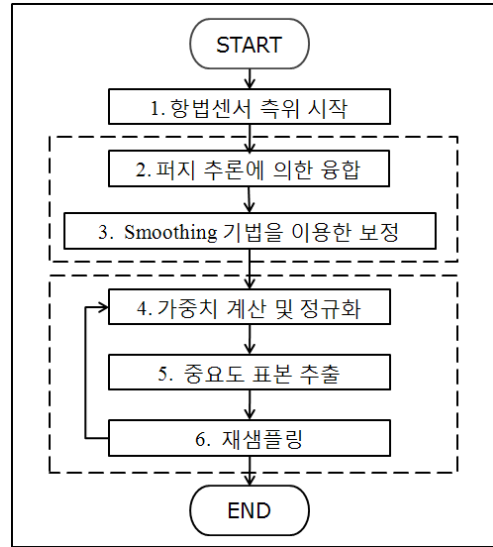


그림 3. 융합 및 위치추정 알고리즘
Fig 3. Fusion and localization algorithm

3.2 퍼지추론을 이용한 GPS/INS 융합시스템

퍼지추론시스템(FIS)은 GPS와 INS 센서로부터 측정된 데이터를 융합하기 위한 부분이다. GPS 데이터를 기준으로 INS 데이터의 오차를 추정하고 추정된 INS 데이터의 잡음을 제거함으로써 최종적인 융합결과를 얻게 된다. GPS 데이터의 수신이 제한되는 지역에서도 INS 데이터와 이전 수신된 GPS 데이터와의 융합을 통해 연속적인 항법정보를 제공할 수 있도록 하였다. 이와 같은 퍼지추론을 이용한 GPS/INS 융합시스템의 기본 개념은 그림 4와 같다.

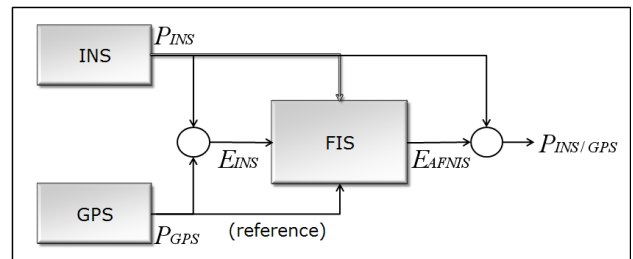


그림 4. 퍼지추론을 이용한 GPS/INS 융합시스템
Fig 4. a GPS/INS fusion system using fuzzy inference

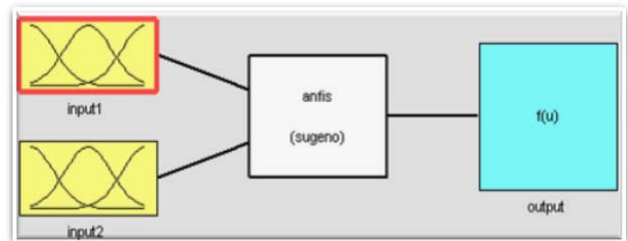


그림 5. 퍼지추론을 이용한 융합시스템 구조
Fig 5. The structure of fusion system using fuzzy inference

퍼지추론을 이용한 융합시스템의 기본 구조는 그림 5와

같으며, 이 융합시스템에서 사용하는 데이터는 항법 센서로부터 측정된 INS와 GPS 측정 데이터이며, 융합시스템을 통해 INS의 오차를 추정하고 최종적인 결과를 얻게 된다.

퍼지추론을 이용한 융합시스템은 식 (2)의 비선형 방정식을 이용하여 추론한다.

$$y(t) = \frac{4\sin(x(t)x(t-1))}{1+x(k-1)^2} \quad (2)$$

퍼지연산자로 AND는 곱하기(Product), OR은 최대값(Max)으로 하고, 비퍼지화 방법은 무게중심법을 사용한다. 퍼지추론을 이용한 융합시스템의 퍼지규칙은 다음의 4가지로 정의하고, 각 퍼지규칙의 가중치는 모두 1의 기본값을 갖는다.

1. if input1 is in1mf1 and input2 is in2mf1 then output is mf1.(1)
2. if input1 is in1mf1 and input2 is in2mf2 then output is mf2.(1)
3. if input1 is in1mf2 and input2 is in2mf1 then output is mf3.(1)
4. if input1 is in1mf2 and input2 is in2mf2 then output is mf4.(1)

3.3 언센티드 파티클 필터(UPF)에 의한 2차 보정

언센티드 파티클 필터(UPF)는 기본적인 파티클 필터의 구조를 따르지만 제안분포(Proposal distribution)가 UKF 기법에 의해 생성되므로 기본적으로 UKF의 성능을 갖는다. UKF는 임의의 비선형 함수를 테일러 시리즈 전개를 통해 1차항만으로 선형화하는 대신에 표본 점수를 생성한 후 통계적으로 계산하기 때문에 실제 확률분포의 평균과 공분산을 보다 완벽하게 구할 수 있다. 또한 UKF는 시그마 점수를 사용하여 사전 분포의 확실한 특성을 획득할 수 있다.

UPF의 제안분포는 UKF의 상태변수와 공분산을 사용하며 복합 항법시스템을 설계하기 위한 초기 상태값과 공분산은 식 (3)과 같이 정의한다[11].

$$\hat{x} = 0$$

$$P_{x_0} = E[(x_0 - \hat{x})(x_0 - \hat{x})^T] \quad (3)$$

파티클 필터의 제안분포로 제공하기 위한 UKF의 상태변수와 공분산 행렬을 구하기 위해 먼저 공분산 행렬의 시간전파를 수행한 후 측정치 갱신 순으로 진행한다. 공분산 행렬의 시간전파는 식 (4)에 의해 수행되며, P_t , Q_t 는 t 시간의 공분산을 의미한다.

$$P_{t|t-1} = \Phi_t P_{t-1} \Phi_t^T + Q_t \quad (4)$$

그리고 상태변수와 측정치 예측을 위해서는 식 (5)의 칼만 이득을 구한다.

$$K_t = P_{x|y_t} P_{y|y_t}^{-1} \quad (5)$$

여기서 x 는 상태변수, y_t 는 측정치를 나타내며, $P_{x|y_t}$ 는 상태변수와 측정치의 교차 공분산을 의미하고, 칼만이득은 이 교차공분산을 측정치의 공분산으로 나눈값을 의미한다. 칼만이득을 계산하여 최종적으로 식 (6)과 같은 상태변수와 공분산 행렬의 측정치를 갱신한다.

$$\hat{x}_t = K_t(y_t - \hat{y}_{t|t-1})$$

$$P_t = P_{t|t-1} - K_t P_{y|y_t} K_t^T \quad (6)$$

또한, 이전 상태 $x_{0:t-1}$ 을 수정 없이 현재 시간 t 에 대한 사후분포의 연속 추정을 위해 제안분포 q 는 식 (7)과 같이 정의한다.

$$q(x_{0:t}|y_{1:t}) = q(x_{0:t-1}|y_{1:t-1})q(x_t|x_{0:t-1}, y_{1:t}) \quad (7)$$

4. 구현 및 평가

4.1 실험 구성 및 내용

융합 및 위치추정 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 그림 6의 경로상에서 실제 주행실험을 통해 획득한 센서 데이터를 이용하며, 이 중 GPS 수신이 제한되어 불안정한 위치 정보가 나타나는 터널구간 (가) 지역 주변의 데이터를 추출하여 실험에 사용한다.



그림 6. 주행시험 경로

Fig 6. The path of driving test

4.2 실험 결과

실험에 사용된 주행시험 경로상의 (가) 지역 주변의 GPS 데이터와 INS 데이터가 그림 7에 나타나 있다. 그림에서 보듯이 INS 데이터는 끊김 없이 이어져 있으나 GPS 데이터는 터널 구간에서 데이터가 끊어짐을 알 수 있다.

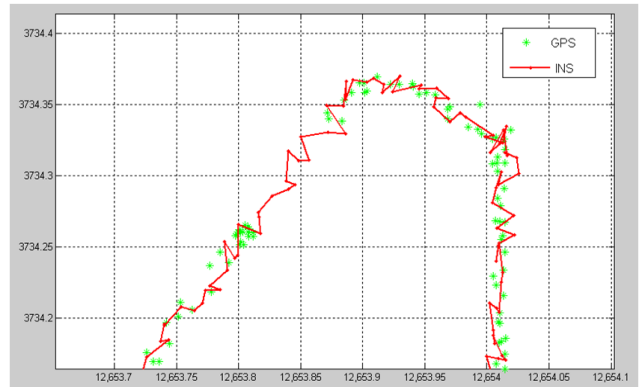


그림 7. (가) 지역 주변의 GPS 데이터 및 INS 데이터

Fig 7. GPS data and INS data around (가) area

그림 8은 GPS 데이터와 INS 데이터를 융합하여 얻은 결과를 실제 경로와 비교한 그림이다. GPS 데이터 수신이 제한된 터널 구간에서도 위치정보가 제공됨을 물론 오차도 일부만 보정되어 실제 경로에 가까워져 있음을 알 수 있다.

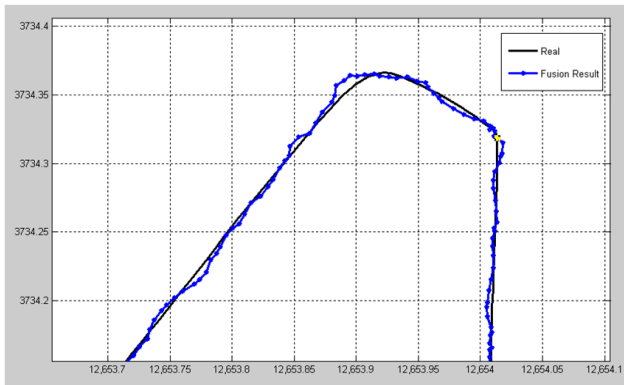


그림 8. GPS/INS 데이터 융합결과
Fig 8. The fusion result of GPS/INS data

그림 9는 GPS 데이터와 INS 데이터를 융합한 결과와 UPF를 이용하여 2차 보정한 최종 결과를 실제 경로와 비교하여 제시한 그림이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 융합 및 위치추정 알고리즘이 오차 감소는 물론 실제 경로에 더욱 가까워졌음을 알 수 있다.

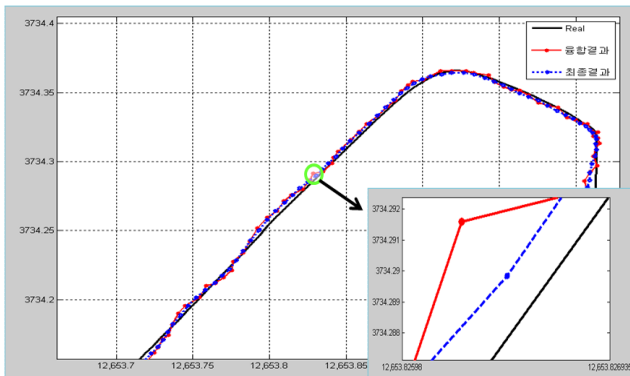


그림 9. 제안 알고리즘과 실제 경로와의 비교
Fig 9. Comparison of the proposed algorithm with the real path

그림 9에서 제시된 최종결과에 대한 오차평균 및 표준편차를 GPS 데이터와 INS 데이터와 비교한 결과가 그림 10에 나타나 있다. 즉 최종 결과의 위치정보인 X축과 Y축의 오차평균 및 표준편차를 GPS 데이터와 INS 데이터의 위치정보와 비교하여 히스토그램으로 제시함으로써 최종결과 위치정보가 얼마나 더 정확하게 위치추정을 하였는지 비교한 그림이다. 그림 10에서 각 축마다 2개의 히스토그램이 보이는데 왼쪽 히스토그램은 오차평균의 크기를, 우측 히스토그램은 표준편차의 크기를 나타낸다. 비교 결과, INS의 X축은 오차평균이 9.5m, 표준편차가 7.1m인 반면 최종결과는 오차평균이 3.9m, 표준편차가 3.0m로 41%와 40%가 각각 감소하였다. INS의 Y축도 오차평균이 7.7m, 표준편차가 5.9m에서 최종결과는 오차평균이 3.2m, 표준편차가 2.4m로 각각 42%씩 감소하였다. 결과적으로 본 논문에서 제안한

알고리즘을 적용 시 GPS 수신이 제한되는 터널 구간에서도 연속적인 위치정보가 제공됨은 물론 오차보정 성능도 향상되었음을 알 수 있다.

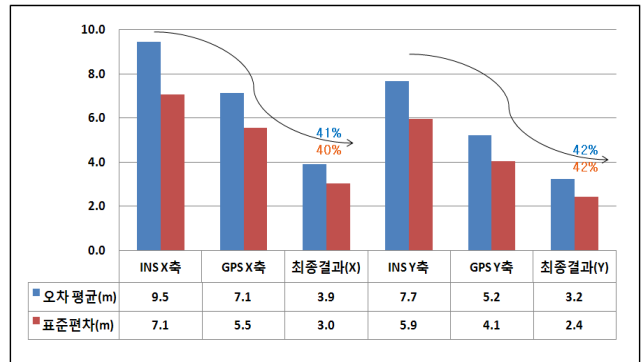


그림 10. 최종결과와 GPS/INS 데이터와의 오차평균 및 표준편차 비교
Fig 10. Comparison the error and deviation average of the final results with GPS/INS data

그림 11은 GPS/INS 데이터와 최종결과와의 오차 분포도를 나타낸 그림으로, 오차의 분포정도가 퍼져 있을수록 오차범위가 크고 편차가 심하며, 오차분포가 가운데로 집중될수록 정확한 위치추정이 가능하다는 것을 나타낸다. 실험 결과, 최종결과가 INS나 GPS 데이터의 오차에 비해 오차범위가 작고 분산이 집중되어 있어 정밀한 위치추정이 가능하다는 것을 알 수 있다.

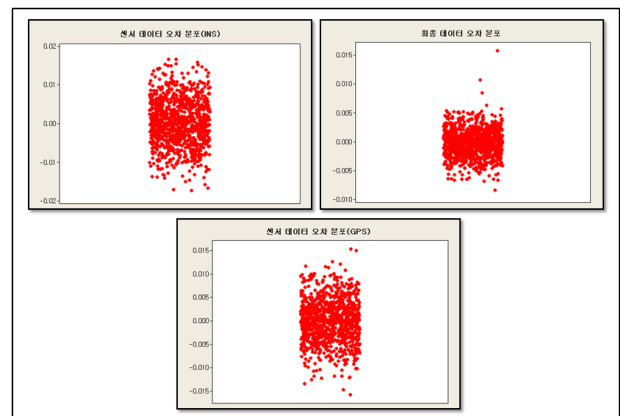


그림 11. 최종결과와 GPS/INS 데이터의 오차 분포도
Fig 11. Error distribution of the final results and GPS/INS data

4.3 실험 평가

UPF의 오차보정 성능을 확인하기 위해 퍼지추론시스템에 의해 융합된 결과를 파티클 필터(PF), EKF 제안분포를 사용하는 파티클 필터(EPF), 그리고 UPF의 3가지 필터를 이용하여 각각 필터링을 실시하였으며 그 결과가 표 1에 나타나 있다. 표 1에서 UPF의 오차평균은 3.2m, 표준편차는 2.4m로 PF의 5.5m와 5.0m, EPF의 3.3m와 3.0m보다 더 작다는 것을 알 수 있으며, 이것은 UPF가 다른 필터보다 더 성능이 우수하다는 것을 의미한다.

표 1. 3가지 필터의 오차보정 성능 비교
Table 1. Comparison the performance of error compensation with 3 filters

구분		PF	EPF	UPF
오차 평균	분	0.003729122	0.0026525363	0.002191472
	m	5.5	3.3	3.2
표준 편차	분	0.003405558	0.001939416	0.001642387
	m	5.0	3.0	2.4

그림 12는 표 1에서 제시한 3가지 필터의 필터링 결과를 이동궤적으로 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이, UPF가 다른 필터를 이용한 것보다 더 실제 경로에 가깝다는 것을 알 수 있다. 결론적으로 본 논문에서 제안한 알고리즘, 즉 퍼지추론과 UPF를 이용한 방법이 다른 필터를 이용한 방법보다 더 정밀한 위치추정이 가능하다는 것을 알 수 있다.

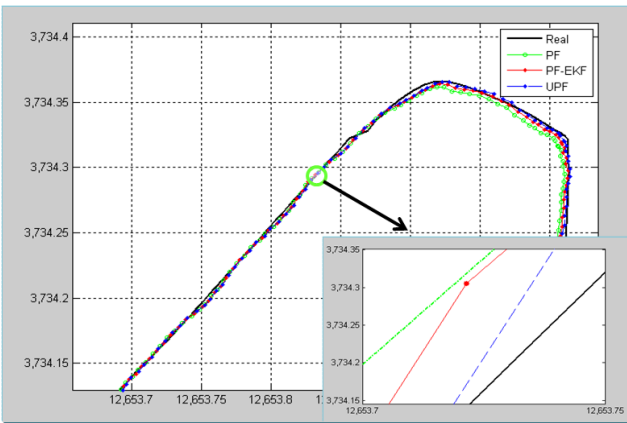


그림 12. UPF와 다른 필터와의 성능 비교
Fig 12. Comparison the performance of UPF with other filters

5. 결 론

본 논문에서는 GPS 데이터와 INS 데이터를 융합한 복합 항법시스템을 구성하기 위해 퍼지 추론과 UPF를 이용한 위치추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 효용성을 확인하기 위해 실제 주행실험을 통해 획득한 GPS 데이터를 이용하여 실험하였다. 실험 결과, 제안한 알고리즘은 구현이 용이하면서도 GPS 데이터나 INS 데이터보다 더 정밀한 위치추정이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 향후에는 비전 센서 또는 레이저 센서 등 다른 센서와의 융합을 통한 복합 항법시스템에 대한 연구와 선형과 비선형 문제를 동시에 다룰 수 있는 필터링 기법 적용에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Yunsu Bok et al., "UGV Localization based on Scene Matching and Pose Estimation,"

Proceedings of 2007 Annual Conference, KIMST, pp.1144-1150, 2007.

[2] A.D. King, "Inertial navigation-Forty Years of Evolution," *GEC Review*, vol. 13, no. 3, 1998.

[3] Elliott D. Kaplan, *Understanding GPS Principles and Applications*, Artech House, Inc., 1996.

[4] Francois Caron et al., "GPS/INS data fusion using multisensory kalman filtering: introduction of contextual aspects," *Information Fusion* 7, pp.221-230, 2006.

[5] J.Z. Sasiadek and Q. Wang, "Low cost automation using GPS/INS data fusion for accurate positioning," *Robotica*, vol. 21, pp.255-260, 2003.

[6] B.W. Leach, R. Rahbari, and J. Dillon, "Low cost strapdown IMU/DGPS integrated navigator with fuzzy logic adaptive tuning," *9th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation System*, Saint Perterburg, pp.264-273, 2002.

[7] D.H. Titterton and J.L. Weston, "Strapdown Inertial Navigation Technology," *IEEE Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series*, 1997.

[8] B. W. Parkinson et al., *Global Positioning System: Theory and Application*, vol. I & II, American Institute of Aeronautics and Astronautics. Inc., 1996.

[9] M. Mamdani, "Application of fuzzy algorithm for control of simple dynamic plant," *Proc IEEE* 121, pp.1585-1588, 1974.

[10] H.S. Hwang, *Fuzzy, Evolutionary Computing Programming*, Naeha Publication, 2006.

[11] N.J. Gordon, D.J. Salmond, and A.F.M. Smith, "Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation," *IEEE Proceedings on Radar and Signal Processing*, vol. 140, pp.107-113, 1993.

[12] N.J. Gordon, D.J. Salmond, and A.F.M. Smith, "Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation," *IEEE Proceedings on Radar and Signal Processing*, vol. 140, pp.107-113, 1993.

저 자 소 개



이소희 (Sohee Lee)

2000년 : 동덕여자대학교 전자계산학과 졸업

2007년 ~ 현재 : 국방대학교 전산정보학과 석사과정

관심분야 : 데이터 융합 및 위치추정, 퍼지이론
E-mail : naree0902@dapa.go.kr



윤희병(Heebyung Yoon)

1983년 : 해군사관학교(이학사)
1986년 : 연세대학교(공학사)
1991년 : 미국 해군대학원 전산공학 석사
1998년 : 미국 Georgia Institute of
Technology 전산공학 박사
2002년 ~ 현재 : 국방대학교 전산정보학과
부교수

관심분야 : 무인화 무기체계, 물체식별 및 추적, 자가적응
소프트웨어, 무인로봇 위치추정, 임베디드 SW
E-mail : hbyoon@kndu.ac.kr