

GPS 불능 자동차 및 UAV의 자율주행 환경에서 LEO 위성 1기 및 MIMO 안테나를 활용한 측위 방안

김기형
현대오토에버

kihyoung.kim@hyundai-autoever.com,

A Positioning Method of Vehicles or UAV using one LEO Satellite and MIMO Antenna in an Autonomous Driving Environment without GPS

Kihyoung Kim
Hyundai-Autoever.

요약

자신의 현재 위치를 확인할 수 있는 기술은 측위라고 부르며, 자율주행 환경에서 필수적인 기술이다. 측위는 일반적으로 GPS(Global Positioning System)을 활용하여 이루어진다. GPS에서 사용하는 위성은 MEO (Medium Earth Orbit, 중궤도) 내 배치된 위성이며, MEO 위성 4기 이상을 활용하여 측위를 가능하게 한다. 하지만, MEO 위성은 지구로부터 먼 거리로 인해 송출되는 신호의 수신 세기가 약하다는 단점이 있다. 이러한 단점으로 인해 GPS는 재밍 공격에 취약하다. 본 논문에서는 GPS 재밍 환경에서도 측위가 가능하도록 LEO (Low Earth Orbit, 저궤도) 내 위치한 위성과 MIMO (Multi-Input Multi-Output) 안테나를 활용하는 방안을 제안한다.

I. 서론

측위 시스템이란 사람 또는 사물의 현재 위치를 측정하는 시스템이다. 대표적인 측위 시스템은 미국의 GPS를 들 수 있다. GPS 시스템은 중궤도 위치한 인공위성을 활용하여 측위를 가능하게 하며, 이론적으로 중궤도에 위치한 3기 이상의 인공위성을 활용한다. 측위는 각 위성으로부터 송출되는 신호의 전파 시간 (Transmission Delay)과 인공위성의 현재 위치를 활용한 TOA (Time Of Arrival) 기술을 활용하여 이루어진다.

하지만 중궤도에서 송출되는 위성의 송신 신호는 수신 시점에서 신호 세기가 약하며, 이로 인해 GPS 재밍 공격과 같은 전파 교란에 취약해진다는 단점을 가진다. 자율주행 환경에서 GPS가 불능되는 상황은 매우 치명적이며, 이로 인해 큰 피해를 입힐 수 있다.

자율주행 환경에서 UAV (Unmanned Aerial Vehicle), 자동차 (Vehicle) 등 자율주행하는 어떤 물체의 현재 위치의 정확한 파악은 필수적이다. 하지만 GPS 재밍으로 인해 측위가 불가능하다면, UAV 또는 자동차는 자율주행은 불가능할 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 GPS 재밍 환경에서 LEO 위성 1기를 활용한 측위 방안을 제안한다.

II. 제안하는 아이디어

제안하는 아이디어는 GPS 재밍 환경에서 LEO 위성을 활용하여 UAV 및 자동차 위치를 확인하는 것을 목표로 한다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 GPS 전파교란 환경에서 MEO 위성으로부터 송출되는 신호는 전파교란으로 인해

사용할 수 없으며, LEO 위성으로부터 송출되는 신호만 활용할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 환경에서 LEO의 인공위성으로 UAV 및 자동차 측위하는 방안을 제안한다. 그림에서는 UAV만 표기하였다.

UAV와 자동차는 MIMO 안테나를 활용하여 LEO 위성으로부터의 신호의 방향을 추정할 수 있으며, 위성에서 송신하는 신호를 활용하여 신호의 전파 시간, 위성의 위치 정보를 확인할 수 있다.

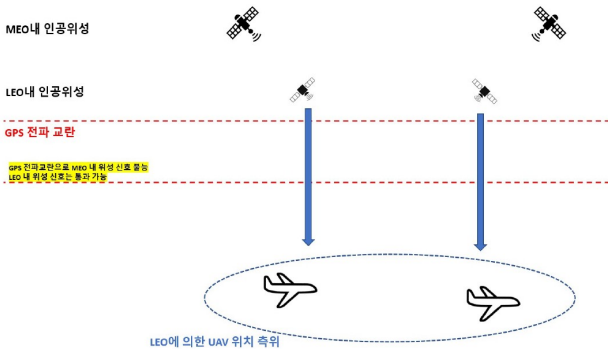


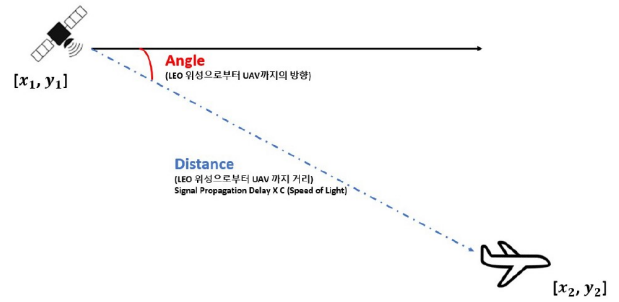
그림 1 LEO 위성을 활용한 측위

신호 전파 시간은 위성의 신호 송출 시간과 UAV의 신호 수신 시간과의 차이라고 할 수 있다.

$$\text{신호 전파 시간} = \text{UAV 신호 수신 시간} - \text{위성의 신호 송출 시간}$$

또한, 신호의 방향 정보는 UAV 및 자동차에서 수신되는 방향을 통해 알 수 있다. MIMO 안테나는 신호 수신 시, 수신 방향을 추정할 수 있으며, 안테나의 개수가 늘어날수록 수신 방향의 오차를 줄일 수 있어 더 정확한 신호 방향을 추정할 수 있다.

그림 2는 2 차원 기준으로 UAV 및 자동차의 위치를 추정하는 방안을 나타낸다. 제안하는 알고리즘은 UAV와 위성 간 LOS (Line Of Sight)를 보장한다. LOS 환경이 보장된다면, 빛의 속도를 활용하여 위성으로부터 UAV까지의 거리를 쉽게 구할 수 있다.



UAV의 위치 [x2, y2] 추정

$$= \text{위성의 위치} + \text{Distance와 Angle로 부터 추정한 Vector 값}$$

$$= [x_1, y_1] + [\text{Distance} * \cos(\text{Angle}), \text{Distance} * \sin(\text{Angle})]$$

그림 2 LEO 위성 1 기로 측위 방안

위성의 송출 신호 정보에는 위성의 위치 정보 [x1,y1], 신호의 송출 시간 정보 t1 이 포함되어 있다. UAV 및 자동차는 이러한 정보를 활용하여 위치 추정을 하는 데 활용한다. 위성으로부터 거리를 Distance (D), 신호 수신 시간을 t2 라 정의한다면 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$\text{Distance (D)} = C (\text{빛의 속도}) \times (t2 - t1)$$

위성과 UAV 간 거리 Distance 를 구했다면, 아래의 식을 통해 UAV의 위치 [x2,y2]를 추정할 수 있다.

$$[x2,y2]=[x1,y1]+[D \times \cos(\theta), D \times \sin\theta]$$

이렇듯 제안하는 아이디어를 활용하여 한 기의 LEO 위성과 MIMO 안테나를 활용하여 측위를 할 수 있다.

III. 결론

제안하는 아이디어는 GPS 재밍 환경에서 활용할 수 있는 LEO 1 기의 위성 기반 측위 알고리즘이라고 할 수 있다. 항상 위치의 실시간 정보 업데이트가 중요한 자율주행 환경에서 GPS 환경에서 대체할 수 있는 방안으로 사용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김기형, 김용규, “GPS 전파교란 환경에서 5G 기지국을 활용한 UAV 및 차량 측위 보조 방안”, 대한전자공학회 하계학술대회, 2022

[2] 김기형, 김용규, “GPS 사용 불가 환경에서 CV2X mode 3의 Group Leader 선정으로 인한 mode 4 측위 오차 보정 방안”, 한국통신학회 하계학술대회 2021