

고정 위치 차량 및 MIMO 안테나를 활용한 측위 보조 방안

김 기 형
현대오토에버

Kihyoung.kim@hyundai-autoever.com

Positioning assistance using Stationary vehicles and MIMO antennas

Kim, Ki Hyoung
Hyundai-Autoever

요약

자율주행의 높은 정확도를 보장하기 위해서는 차량의 위치를 실시간으로 정확하게 측정해야 합니다. 일반적으로 차량의 위치는 GPS로 추정되며, INS와 같은 추가 센서로 위치를 보정하는 것이 일반적입니다. 하지만 GPS를 통한 위치 측정에는 치명적인 단점이 있습니다. 차량에서 측정된 GPS 수신 신호 강도가 매우 낮아 GPS 방해 공격에 취약하다는 것입니다. 이러한 상황에서는 차량이 자신의 위치를 추정할 수 없으며 위치를 보정하는 센서도 사용할 수 없습니다. 따라서 본 연구에서는 고정형 차량과 MIMO 안테나를 사용하여 자율주행차의 위치를 추정하는 방법을 제안합니다.

I. 서론

GPS는 중궤도에 위치한 인공위성을 활용하여 사용자의 현재 위치를 추정하는 시스템이다. 이론적으로 3기 이상의 인공위성을 활용하면 사용자의 위치를 추정할 수 있다. 사용자의 위치는 각 위성으로부터 송출되는 신호의 전파 시간(Propagation Delay)과 위성의 현재 위치 정보를 활용하여 측정될 수 있다.¹⁾

하지만 GPS는 수신 시점에서 GPS 신호 세기가 매우 낮으며, 이러한 특성으로 인해 재밍 공격에 취약하다는 단점을 가진다. 자율 주행환경에서 GPS 불능은 자율 주행 차량의 현재 위치 확인 불가라는 치명적인 결과를 초래할 수 있으며, 해당 차량의 자율 주행을 불가능하게 한다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 주/정차된 차량(Stationary Vehicle) 및 MIMO(Multi Input Multi Output) 안테나를 활용하여 자율 주행 차량의 현재 위치를 측위할 수 있는 방안을 제안한다.

II. 본론

제안하는 아이디어는 GPS 재밍 환경에서 Stationary Vehicle(주/정차 차량) 및 MIMO 안테나를 활용하여 Autonomous Vehicle(자율 주행 차량)를 측위하는 방안이다. Fig 1은 제안하는 아이디어를

그림으로 나타낸 것이다.

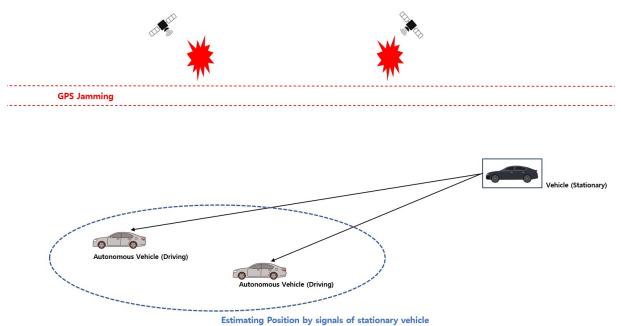
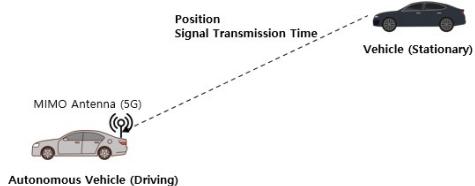


Fig.1 제안하는 아이디어 (1)

Autonomous Vehicle은 GPS 재밍 공격으로 인해 자신의 위치를 확인할 수 없다. 그렇기 때문에 INS 등 측위 보조 방안으로도 위치를 보정할 수 없다. Stationary Vehicle은 GPS 재밍 공격 전 자신의 위치를 알고 있으며, 주/정차되어 있다.

제안하는 알고리즘에서 Stationary Vehicle은 GRU(Ground Reference Unit)³⁾으로써 역할을 수행한다. GRU란 지상에 존재하는 참조 노드라 할 수 있으며, 의사 위성(Pseudolite) 역할을 수행한다. Stationary Vehicle은 자신의 위치 정보(Position)와 신호 송신 시간(Signal Transmission Time)을 포함한 신호를 Autonomous Vehicle로 송신한다. Fig 2은 이를 나

타낸 그림이다.



- 1) If a vehicle have been stationary before GPS was jammed, the vehicle knows his position
- 2) The stationary vehicle can transmit signals that contain his position and transmission time
- 3) An autonomous vehicle can calculate his position by the signals.
 - Direction from autonomous to stationary vehicle can be estimated by MIMO Antenna
 - Distance can be estimated by signal travel time from stationary to autonomous vehicle

Fig.2 제안하는 아이디어 (2)

제안하는 알고리즘에서 Autonomous Vehicle 은 Stationary Vehicle 로부터 수신되는 신호를 활용하여 측위를 진행한다. Stationary Vehicle 의 위치 정보는 의사 위성의 위치, Stationary Vehicle 로부터 거리는 신호의 Propagation Delay 와 빛의 속도의 합, Stationary Vehicle 로부터 방향은 MIMO 안테나의 수신 방향으로 확인할 수 있다.

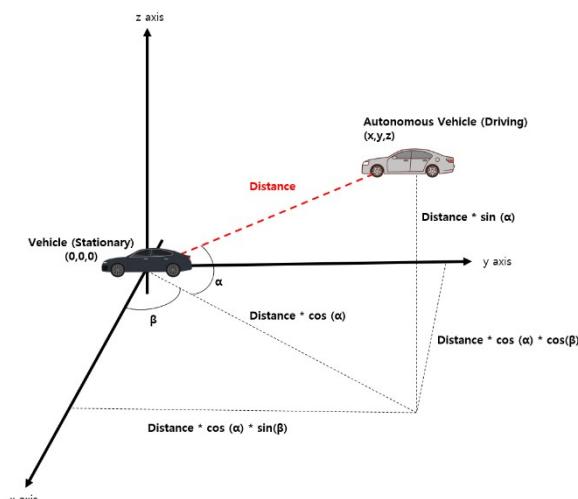


Fig.3 제안하는 아이디어 (3)

Fig 3 은 Autonomous Vehicle 의 위치를 계산하는 방법을 나타낸다. Autonomous Vehicle 의 위치를 (x, y, z) 라 가정하고, Stationary Vehicle 의 위치를 $(0, 0, 0)$ 이라고 가정한다.

Distance 는 빛의 속도(c)와 신호의 Propagation Delay 를 활용하여 구할 수 있다. 신호의 송신 시간을 t_1 , 신호의 수신 시간을 t_2 라 할 때, Propagation Delay 는 $t_2 - t_1$ 이다. Distance 는 아래와 같다.

$$\text{Distance} = c * (t_2 - t_1)$$

측위 간 발생하는 에러를 포함한 Autonomous Vehicle 의 위치는 아래와 같다.

$$x = \text{Distance} * \cos(\alpha + Ae_1) * \sin(\beta + Ae_2) + E_1$$

$$y = \text{Distance} * \cos(\alpha + Ae_1) * \cos(\beta + Ae_2) + E_2$$

$$z = \text{Distance} * \sin(\alpha + Ae_3) + E_3$$

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 제안하는 아이디어의 유효성 검증을 진행한다.

III. 시뮬레이션 및 결론

시뮬레이션을 통해 실제 Autonomous Vehicle 의 위치와 제안하는 아이디어에 의해 추정된 위치를 비교하였다. Estimated Error 는 두 위치의 차이다.

$(M, N = 30, 30)$ 인 $30*30$ MIMO 안테나를 사용하였으며, 시간이 경과함에 따라 발생하는 에러를 비교하였다.

아래 Fig 4 에서 볼 수 있듯이, 초기에는 x, y 축 모두 Error 발생이 높지 않으나, 시간이 지나 거리가 멀어질수록 Error 발생이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

제안하는 아이디어를 통해 기존에 자신의 위치를 측정할 수 없었던 차량에게는 적은 오차를 가지는 현재 위치를 추정할 수 있음을 확인하였다.

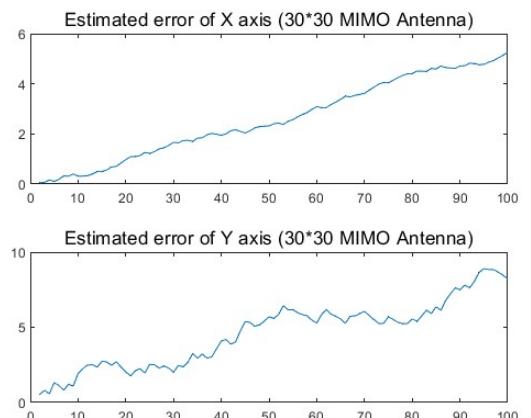


Fig. 4 Estimated Error 비교 (x, y 축)

참고 문헌

1. 김기형, “GPS 불능 자동차 및 UAV 의 자율 주행 환경에서 LEO 위성 1 기 및 MIMO 안테나를 활용한 측위 방안”, 2024, 한국통신학회 하계학술대회