

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

요 약

자율주행의 높은 정확도를 보장하기 위해서는 차량의 위치를 실시간으로 정확하게 측정해야 합니다. 일반적으로 차량의 위치는 GPS 로 추정되며, INS 와 같은 추가 센서로 위치를 보정하는 것이 일반적입니다. 하지만 GPS 를 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. 서 론

GPS 는 중궤도에 위치한 인공위성을 활용하여 사용자의 현재 위치를 추정하는 시스템이다. 이론적으로 3 기 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 GPS 는 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 1 는 제안하는 아이디어를

그림으로 나타낸 것이다.

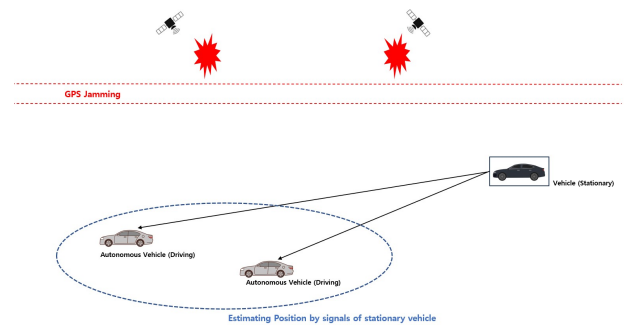


Fig.1 제안하는 아이디어 (1)

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

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

타낸 그림이다.

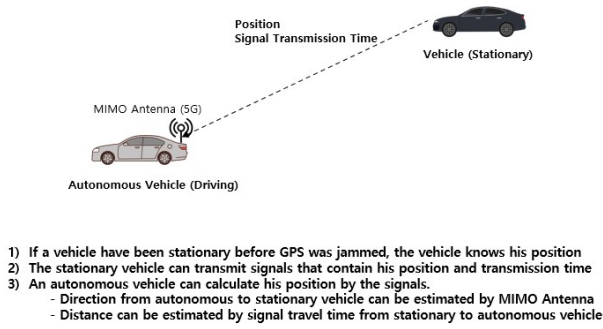


Fig.2 제안하는 아이디어 (2)

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 곱, Stationary Vehicle 로부터 방향은 MIMO 안테나의 수신 방향으로 확인할 수 있다.

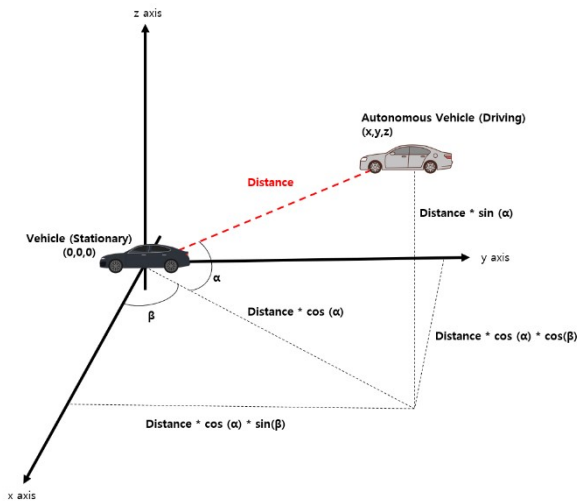


Fig.3 제안하는 아이디어 (3)

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.

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

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

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

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 차이이다.

(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.

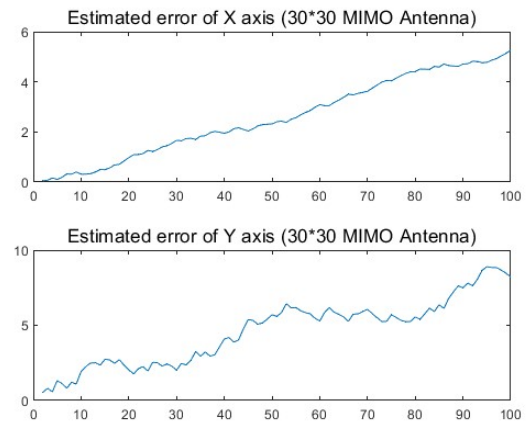


Fig. 4 Estimated Error 비교 (x, y 축)

참 고 문 헌

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