

# 동특성 해석에 기반한 이동용 안테나 시스템의 안정화 제어 기법

## Stabilization Control of Mobile Antenna System based on Dynamic Characteristics Analysis

\*#이기남<sup>1,2</sup>, 송재복<sup>2</sup>, 이병호<sup>1</sup>, 이증<sup>1</sup>, 김지역<sup>1</sup>

\*#Ki-Nam Lee(leekinam@lignex1.com)<sup>1,2</sup>, Jae-Bok Song<sup>2</sup>, Byoung-Ho Lee<sup>1</sup>, Jeung Lee<sup>1</sup>, Jie-Eok Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LIG 넥스원(주) 기계연구센터, <sup>2</sup> 고려대학교 기계공학부

Key words : NCW, LOS, IMU, LPF, FFT

### 1. 서론

최근 전술환경은 모든 요소들을 네트워크로 연결하고 통합하는 NCW(network centric warfare) 환경으로 변하고 있다. 이러한 환경에서 위성을 이용한 각 단말간의 양방향 실시간 통신은 매우 중요하다. 고품질의 위성링크를 제공하기 위해서 안테나 시스템의 LOS(line of sight)는 항상 위성을 지향해야 하며, 이를 위하여 다양한 연구가 진행되었다. 선박에서는 직렬 3축 짐벌 구조(direct three-axis gimbal)를 주로 사용하며, 지상에서는 직렬 2축 짐벌 구조(direct two-axis gimbal)가 주로 사용된다.<sup>[1]</sup>

본 연구에서는 차량에 탑재되는 위성 추적 안테나 시스템의 개발을 목표로 하여 안테나의 기구부를 설계하였다. 포장 및 비포장 도로 주행 중에 차량에 발생하는 외란 데이터를 얻기 위하여 차량 상단에 IMU(inertia measurement unit)를 설치하여 각속도 데이터를 측정하였다. 이를 바탕으로 포장 및 비포장 도로에서의 외란에 대하여 제어가 가능한지를 시뮬레이션을 통해서 확인하였다.

### 2. 안테나 외란 측정

안테나 구동장치의 제어를 설계하기 위해서는 주행 중 노면에 의해 위성통신 안테나 시스템에 발생하는 진동의 주파수 분석이 선행되어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 Fig. 1의 차량을 이용하여 포장 및 비포장 도로 시험장에서 주행시험을 수행하였으며, IMU를 이용하여 안테나 시스템의 각속도를 측정하였다.

센서 신호는 1.5kHz로 수집하였으며, 차단 주파수가 60Hz인 Butterworth 10차 필터를 이용하여 잡음을 제거하였다. 주행시험 결과, 진동에 의한 각속도는 비포장도로에서 시험 규정 최고 속도(28km/h)로 주행했을 때 가장 높게 나타났으며, 특히 Z(yaw) 방향으로 상대적으로 심한 진동이 전달됨을 알 수 있었다.

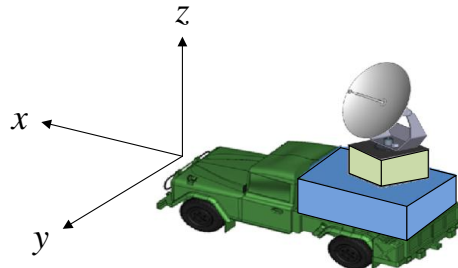


Fig. 1 Vehicle used and its coordinate system.

저역 통과 필터링된 각속도를 미분하여 각가속도 데이터를 추출하였으며, 그 결과 각 축의 최대 각속도, 각가속도는 Table 1과 같이 z축에서 20.7%/s, x축에 898.7%/s<sup>2</sup>로 나타났다.

Table 1 Maximum angular velocity and angular acceleration of low pass filtering

Parameters	x-axis	y-axis	z-axis
Angular velocity (%/s)	12.3	12.7	20.7
Angular acceleration (%/s <sup>2</sup> )	898.7	309.9	173.9

### 3. 각속도 주파수 분석

각속도의 FFT 분석 결과 Fig. 2와 같이 비포장 도로에서의 차량 운동의 주파수 특성은 x, y, 및 z축에 대하여 각각 1Hz 이하, 0.3Hz, 1.5Hz, 그리고 0.1Hz 근처에 운동에너지가 집중되어 있음을 알 수 있다.

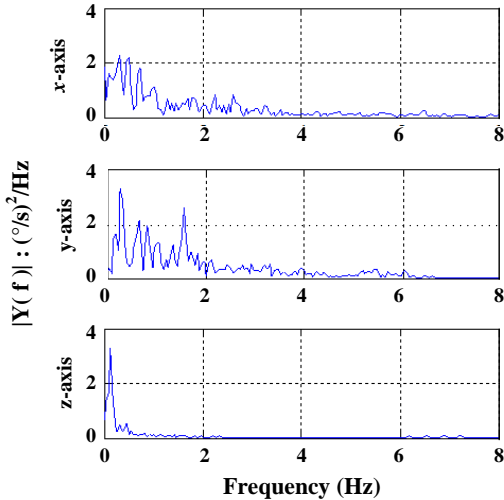


Fig. 2 Angular velocity of FFT analysis results

### 4. 안정화 성능 시뮬레이션

차량 운동에 대한 안정화는 노면에 따른 차량 운동의 주파수 특성을 고려하여야 한다. FFT 분석 결과를 반영하여 차량에 탑재된 안테나가 1Hz 외란에 대하여 -40dB의 안정화 성능을 갖도록 Fig. 3과 같이 안정화 제어기를 설계하였다.

서보 드라이버를 속도제어 모드로 설정하여 모터의 속도를 제어하며, 안테나 시스템의 강성과 탑재 차량의 외란 진동으로 유발되는 안테나 각속도는 자이로에 의해 측정되어 피드백된다. 안테나는 고해상도 리졸버(0.005°)를 사용하여 정밀한 위치제어가 가능하다.

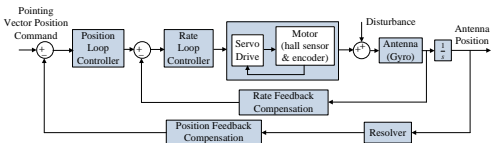


Fig. 3 Stabilization loop

제안한 안정화 알고리즘 성능과 설계의 타당성을 검증하기 위하여 MATLAB/Simulink를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, Fig. 4와 같이 안정화 제어를 하지 않은 경우에 최대 오차가 각각 20%/s인 반면에, 안정화 제어를 수행한 경우에는 각각 0.6%/s로 감소함을 확인할 수 있다.

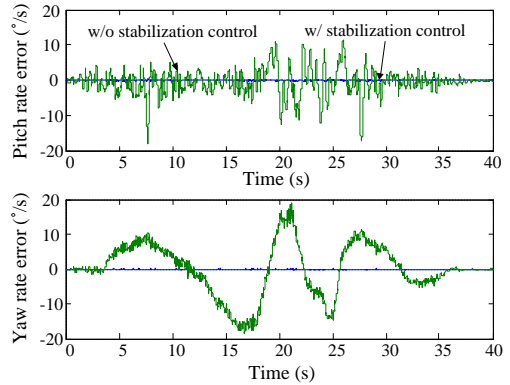


Fig. 4 Antenna angular velocity error

### 5. 결론

본 논문에서는 차량 탑재용 안테나의 위성 추적 시스템의 성능 향상을 위하여 안테나의 자세 안정화 제어기를 개발하였다. 안정화 제어를 통해 험로를 이동할 때 안테나에 전달되는 차량 진동을 감소시켜 안정된 위성 지향각을 얻을 수 있다.

### 참고문헌

1. P. J. Kennedy and R. L. Kenny, "Direct Versus Indirect Line of Sight (LOS) Stabilization," IEEE Trans. on Control Systems Technology, Vol. 11, No.1, pp. 3-15, 2003.
2. J. M. Hilkert, "Inertially Stabilized Platform Technology," IEEE Control Systems Magazine, pp. 26-46, 2008.
3. Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, 1998, "Antenna Theory and Design," John Wiley & Sons, New York, pp. 17~33.