

# 가속도계를 이용한 타이어의 회전감지 Circular Motion Detection of Tires Using Accelerometer

\*박동훈<sup>1</sup>, #성상만<sup>2</sup>

\*Donghoon Park<sup>1</sup>, #Sang Man Seong(ssman@kut.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

Key words : Circular motion, Tire, Accelerometer, TPMS(Tire Pressure Measurement System)

## 1. 서론

TPMS(Tire Pressure Monitoring System)는 차량의 타이어 공기압 상태를 감시하는 장치로서 운전자의 안전을 위하여 매우 중요한 장치이다. 타이어에서 공기압을 측정하여 무선으로 중앙 제어 장치에 보내고 중앙 제어 장치는 공기압 상태가 정상이 아니라고 판단되면 운전자에게 경고를 하게 된다. 이때 무선으로 전송되어온 공기압 데이터가 어느 타이어에서 측정된 데이터인지 구별하여야 한다. 이는 공기압 센서와 타이어 위치 구별장치가 하나의 타이어에 존재하면서 측정된 공기압 데이터에 식별 번호를 첨부해야 함을 의미한다. 따라서 타이어 위치 구별장치는 TPMS에서 중요한 장치 중의 하나이다.

타이어 위치 구별 장치를 구현하는 방법은 다양하다. 가장 순위은 방법은 각각의 타이어에 수동으로 직접 식별번호를 입력하는 방법이다. 그런데 이 방법은 타이어 교체시에 일일이 수동으로 식별번호를 입력해야 하는 번거로움이 있다. 이러한 불편함을 해소하기 위하여 타이어가 차량에 부착되면 자동으로 위치를 인식하는 방법이 개발되었다. 그 중 한 가지는 각 타이어에 LF(Low Frequency) 수신 장치를 부착하고 각 타이어에 가까운 차체에 LF 송신 장치를 부착하여 중앙 제어장치에서 위치를 알고 있는 LF 송신 장치에 명령을 내리면 이와 가까운 LF 수신장치가 반응하도록 하는 방법이다. 이 방법의 단점은 LF 송신 및 수신 장치를 별도로 부착해야 한다는 점이다. 이를 개선하기 위하여 타이어 2개당 1개의 LF 송신 장치를 사용하고 타이어 2개는 자동으로 좌우 위치를 구별하는 별도의 장치를 사용하는 방법이 발표 되었다[1].

본 논문은 참고문헌 [1]의 방법을 실제 자동차에 적용하였을 때 고려해야 할 점을 살펴본다.

## 2. 가속도계를 이용한 타이어 회전 감지 방법 및 실차 적용시 고려해야 할 점

참고문헌 [1]에 제시된 가속도계를 이용한 타이어 회전 감지 방법을 간단히 설명하고 실차 적용시 고려해야 할 점을 살펴본다. 참고문헌 [1]의 방법은 그림 1과 같이 타이어에 센싱축이 반대가 되도록 가속도계를 장착하여 그 가속도의 크기 변화를 이용하여 타이어의 정회전 역회전을 구별한다. 즉, 그림에서 차량 진행 방향이고 표시된 방향으로 차가 가속하게 되면 오른쪽 타이어는 가속도계의 최대값은 중력가속도보다 크게 되고 왼쪽 타이어는 더 작게 된다. 따라서 차량의 진행 방향을 알고 있는 경우에는 가속도 측정값의 차이로 오른쪽 타이어와 왼쪽 타이어를 구별할 수 있다.

위에서 설명한 방식을 실차에 적용시 발생할 수 있는 문제점은 크게 2가지로 볼 수 있다. 첫 번째는 가속도계의 타이어내 장착시 발생하는 장착오차이다. 두 번째는 가속도계의 측정치에 포함되어 있는 차량 진동에 의한 잡음이다. 장착오차의 경우 가속도계가 차량진행 방향과 평행하며 타이어의 회전반경의 접선 방향 즉, 그림 1에서  $x$ 축상에 존재 하여야 하는데 이는 현실적으로 불가능하며 다소의 오차가 포함되는 것은 필연적이다.

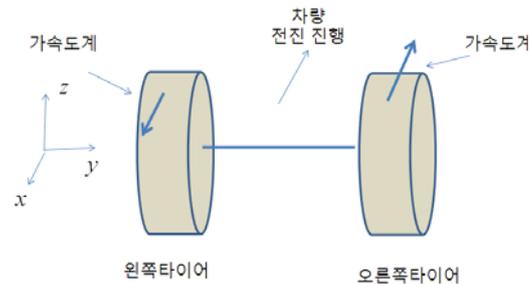


Fig. 1 Accelerometer sensing axes for left and right tires

식으로 다음과 같이 설명할 수 있다. 3차원 좌표계에서 회전하고 있는 어떤 물체의 원점  $O$ 에서 측정되는 가속도와 어떤 점  $P$ 에서 측정되는 가속도의 차이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$a_P - a_O = \dot{\omega} \times (P - O) + \omega \times \omega \times (P - O) \quad (1)$$

여기에서  $a_P$  및  $a_O$ 는 각각  $P$  및  $O$ 에서의 가속도를 말하며  $\omega$ 는 이 물체의 회전 각속도이다. 이 식 (1)의 우변의 첫째항은 회전체 각가속도에 의한 접선 가속도를 의미하며 두번째항은 구심 가속도이다. 만약  $O$ 가 타이어의 중심이라면  $a_O$ 는 다음과 같다.

$$a_O = [g \cos \omega t \ 0 \ -g \sin \omega t]^T \quad (2)$$

여기에서  $g$ 는 중력가속도를 의미한다.  $P$ 가 중심으로부터  $r$ 만큼 떨어진 곳에 위치한다면  $P-O$  벡터는 다음과 같다.

$$P - O = [0 \ 0 \ r]^T \quad (3)$$

이 경우에는 식 (1)에 의하여 측정되는 가속도는 다음과 같다.

$$a_P = a_O + r[\dot{\omega} \ 0 \ -\omega^2]^T \quad (4)$$

만약 가속도계가 그림 1의  $x$ 축상에 위치하고 방향도 일치한다면 측정되는 가속도 값은 다음과 같다.

$$a_x = g \cos \omega t + r \dot{\omega} \quad (5)$$

이제 가속도계가 장착에 오차가 있는 경우를 고려하자. 롤각( $\phi$ ), 피치각( $\theta$ ), 요각( $\psi$ ) 만큼 틀어져서 장착되어 있다면 좌표변환 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & -\cos \phi \sin \psi & \sin \phi \sin \psi \\ \cos \theta \sin \psi & \cos \phi \cos \psi & -\sin \phi \cos \psi \\ -\sin \theta & \sin \phi \cos \theta & \cos \phi \cos \theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

그러면 새로운 축  $x_-$ 에서 측정되는 가속도는 다음과 같다.

$$a_{x_-} = (g \cos \omega t + r \dot{\omega}) \cos \theta \cos \psi + (g \sin \omega t - r \omega^2) (\sin \phi \sin \psi + \cos \phi \sin \theta \cos \psi) \quad (7)$$

식 (7)에 의하면 피치각에 의하여 측정값이 민감하게 변할 수 있음을 예측할 수 있다.

차량의 진동에 의한 잡음은 식 (7)에 부가적인 잡음으로 존재한다. 잡음은 차량 시험 규격 DEF

STAN 00-35에 정의된 랜덤잡음  $0.14g/\sqrt{Hz}$  정도를 예로 들 수 있다. 이 정도의 잡음은 앞에서 유도한 장착오차에 의해 가속도 측정값의 변화에 비하면 무시할 만 하다고 할 수 있다.

### 3. 결론

가속도계를 이용하여 타이어의 회전을 감지하는 시스템을 실차에 장착하였을 때 고려해야 할 점을 제시하였다. 실차 장착 시 고려할 점은 가속도계 장착오차와 차량 진동에 의한 잡음으로 볼 수 있다. 그 중 장착오차에 대해서는 가속도계가 롤각, 피치각, 요각 만큼 틀어져서 장착될 경우 어떠한 측정값을 보일지 예측하는 식을 유도하였다. 유도 결과를 보면 피치각에 의하여 측정값이 민감하게 변할 수 있음을 예측할 수 있다. 잡음에 대해서는 가진 시험 규격을 고려하여 예측할 수 있는데 그 크기로 보면 장착오차에 비하면 가속도 측정값에 영향이 미미함을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. 현대자동차, “차량 바퀴의 좌우측 위치 확인방법”, 대한민국 특허등록번호 10-898215, 2007