

## 차량용 EPS 의 조향각 신뢰성 향상 제안

장 현 섭\*, 권 도 욱 , 한 상 휘

(주)만도 Global R&D Center

e-mail\* : hsj@mando.com

Address : 경기도 성남시 분당구 판교로 255 번길 21, 5 층

### IMPROVING METHOD FOR VERIFYING STEERING ANGLE SIGNAL OF EPS

Hyunseop Jang\*, Dowook Kwon, Sangwhi Han

MANDO corporation Global R&D center

(5F, 21, 255 Road, Pankyo-Ro, Bundang-Gu, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, Korea)

#### 요 약

본 논문은 EPS(전자식 파워 스티어링)에 사용되는 Torque and Angle sensor 의 절대각 신뢰성 보증 방식에 관한 것으로, Inductive 방식의 센서에서 절대각 신호 신뢰성 보증에 대한 효과적인 방법을 제시한다.

전동식 파워 스티어링 시스템의 ECU(전자제어유닛)는 조타각도를 출력하는 2 개의 소자에서 버니어 알고리즘을 통해 360 도 이상의 멀티 조타각을 인식하게 된다. 토크&조향각 센서는 절대 조향각을 계산하는 1 개의 Hall IC 소자 신호와, 상대 조향각을 계산하는 ASIC 소자 신호를 사용하여 멀티 조타각을 인식한다. 인식된 조타각이 추가적인 검증 절차 없이 제어에 사용된다면, 센서의 이상 발생 시에 운전자의 조타감을 불편해질 수 있고, 나아가서는 차량사고의 위험을 발생시킬 수 있다. 따라서 차량 거동 시 절대 조향각의 신뢰성 검증은 제어와 동시에 항상 요구되어야 한다. 특히, 유럽/미국 업계의 ISO 26262 표준 도입에 따라 절대 조향각의 높은 신뢰성이 요구된다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 만족하기 위해 측정된 절대각 신호를 기준으로 상대각 신호 2 개를 측정에 사용하고, Driving 시에도 절대각 기준의 신뢰도 향상을 위해 절대각 신호 1 개를 비교기로 사용한다. 최적화된 에러 기준을 근거로 절대 조향각 신호의 신뢰성을 보장하는 방법을 제안한다.

이러한 방법을 적용한다면, 정확하고 안정적으로 조타각을 결정함으로써 EPS 안전성 확보에 도움을 줄 수 있다.

Key words : Torque sensor(토크센서), Angle Follower, SENT, EPS(전자식 파워 스티어링), Inductive(전자기유도식), Angular Position Sensor(회전위치센서), Contactless(비 접촉식), Vernier 알고리즘

#### Subscripts

EPS: Electric power steering

ECU: electronic control unit

SAS(Steering Angle Sensor)

TAS(Torque and Angle Sensor)

TOS(Torque Only Sensor)

IS(Input Shaft)

OS(Output Shaft)

PWM(Pulse Width Modulation)

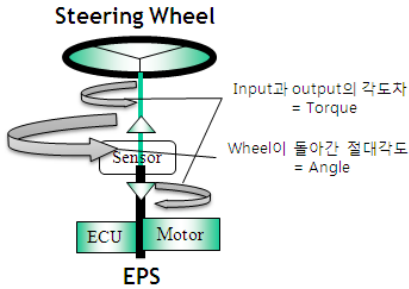
#### 1. 서론

일반적으로 차량에는 스티어링 휠(핸들)의 조향력을 경감하여 조향 상태의안정성을 보장하기 위한 수단으로서 파워 스티어링 시스템이 적용되는 바, 이와 같은 파워 스티어링 시스템은 기존에 유압을 이용한 유압식 파워 스티어링 시스템(HPS; Hydraulic Power Steering System)이 차량에 널리 이용되었으나, 최근에는 유압을 사용하던 기존의 방식과는 달리 모터의 회전력을 이용하여 운전자의 조향력

을 쉽게 해주며 환경친화적인 전동식 파워 스티어링 시스템(EPS; Electric Power Steering System)이 차량에 보편적으로 설치되고 있다.

전동식 파워 스티어링의 주요 부품은 운전자의 조향 의지를 감지하여 ECU에 적합한 전기신호로 변환하는 토크센서, 제어를 담당하는 ECU, 조향 장치 조절에 필요한 힘을 발생시키는 모터가 있다. 이 중 토크센서의 경우 조향 장치 제어에 기준이 되는

신호를 검지/전송하는 역할을 수행하기 때문에, 전동식 파워 스티어링 시스템 전체의 성능 및 안정성과 직결되는 중요 부품이라 할 수 있다.



(그림 1) EPS 개략도

근래의 토크 센서는 SAS(Steering Angle Sensor)를 확장형 모듈로서 제공하는 TAS(Torque and Angle Sensor)와 토크신호만 제공하는 TOS(Torque Only Sensor)로 나누어진다.

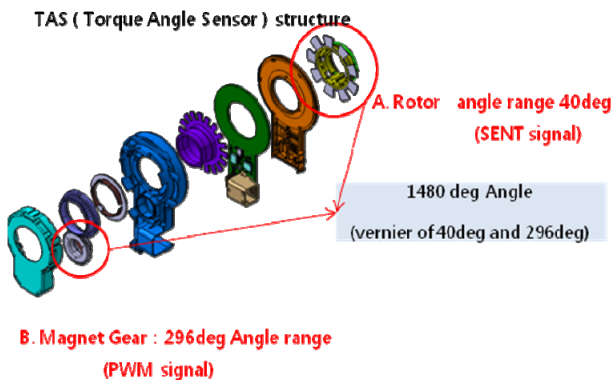
최근 세계적인 ISO 26262 인증기준 도입에 따라, 상기 2가지 신호에 대해서 최고등급의 신뢰성이 요구되고 있다.

본 논문에서는 TAS에서 제공하는 Angle신호의 신뢰성을 높이는 방법에 대해서 다루고자 한다.

## 2. 절대 조향각 제공 원리

조향에 요구되는 각도는 360 도(1 바퀴)이상이며, 통상적으로 1100 도(3 바퀴) 이상이 요구된다. 따라서 각도 센싱이 가능한 소자 2 개의 비를 통해 Multi turn angle(360 도 이상)을 구현할 수 있다.

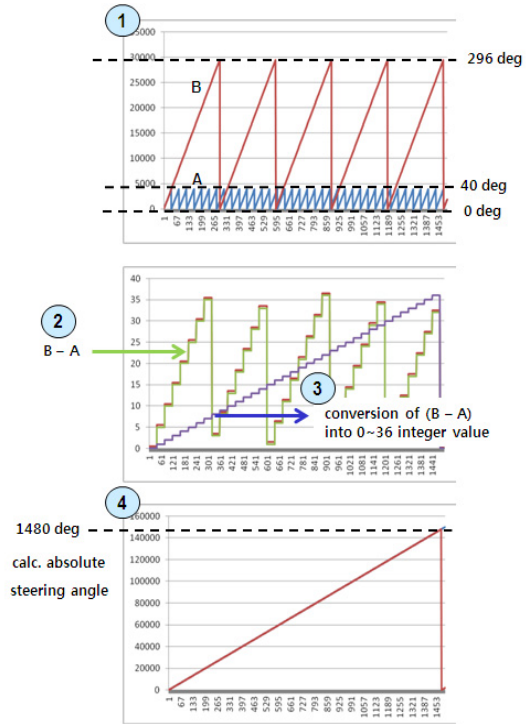
참고문헌[1] 및 (그림 2)에서 기술한 센서를 사용하면, Magnet-Hall IC 에서 나오는 절대각 1 개와 Rotor-ASIC 에서 나오는 상대각 1 개를 통해 Multi turn 인식이 가능한 절대 조향각을 구현할 수 있다.



(그림 2) Multi Turn 인식을 위한 센서구조

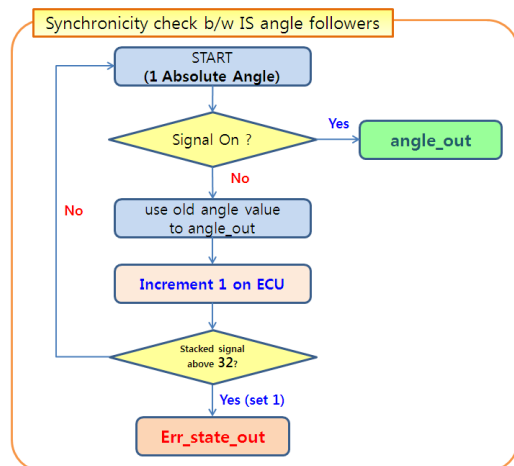
절대 조향각은 2 개의 신호의 차이를 Rough gain 으로, 작은 신호를 Fine gain 으로 사용하여 최종 구현한다. 두 신호의 차이는 최소공배수 지점까지 중복되지

않으므로 최소공배수까지 Multi turn 으로 사용이 가능하다.

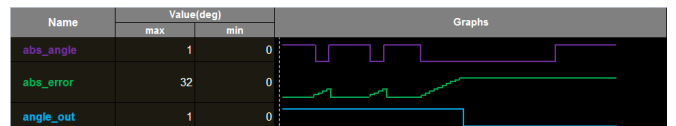


(그림 3) Multi turn 구현 원리

상기의 알고리즘을 통해 절대 조향각 신호를 전자 제어 유닛에 제공하며, 신호 신뢰성 판단을 위해 연속/불연속적의 불안정한 신호가 입력되면 이를 Error flag 로서 일정 횟수를 판단하여 제어를 중지하게 된다. 판단 알고리즘과 실험 검증 결과는 아래(그림 4)(그림 5)와 같다.



(그림 4) 절대 조향각 신뢰성 판단 Algorithm



(그림 5) 신뢰성 판단 Algorithm 검증 결과

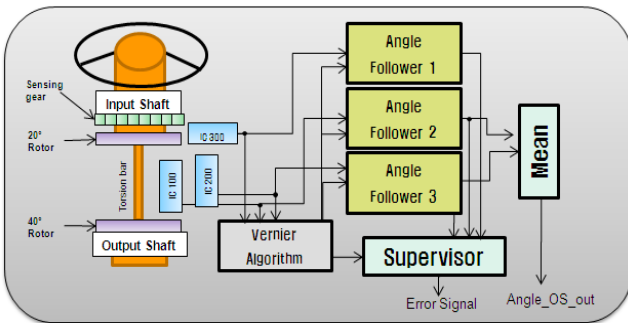
### 3. 절대 조향각 신뢰성 증대 방안

#### 3.1 Angle Follower

상기의 기술은, 절대각 계산을 하는 IC300 과 상대각 계산을 하는 IC100,200 간의 알고리즘을 통해 원하는 최종 절대 조향각을 산출해 낸다.

(그림 2)의 센서는 이 절대 조향각 값을 초기치로 하고 상대각을 누적하여 사용이 가능하다. 이 누적된 절대 조향각을 Angle Follower 라 하며, 이 정보를 이용하면 상호 비교를 통해 신뢰성이 높은 절대 조향각 신호의 획득이 가능하다.

(그림 4)의 Angle Follower 1,2 및 3 의 차이가 기준값을 초과하면 이 횟수를 카운트하게 되고, 일정횟수를 초과한 경우 미리 설정된 경고 정보를 출력함으로써, 운전자가 EPS 의 이상을 신속하게 인식할 수 있는 효과도 있다.



(그림 4) Angle Follower 를 이용한 알고리즘 block

#### 3.2 기준 지표

IC100,200 에서 2 개의 OS Angle Follower 신호가 ECU 로 들어오면 신호의 신뢰성 확인을 위해 비교를 실시한다. 상기의 OS Angle Follower 신호는 IS Angle Follower 신호와 대비하여 ESC 제어에 유리하다. Output 의 각도는 기구적 복원성능 때문에 Input 대비 실제 steering 동축의 틀어진 정도를 보다 정확하게 찾아낼 수 있다.

두 신호를 비교해 기준각도 이내로 들어올 경우에만 IC300 에서 송출되는 절대각 PWM Angle Follower 신호와 다시 비교를 실시한다. PWM Angle Follower 신호의 사용 목적은 Driving 시에 절대각 체크를 통한 Safety 성능 확보에 있다.

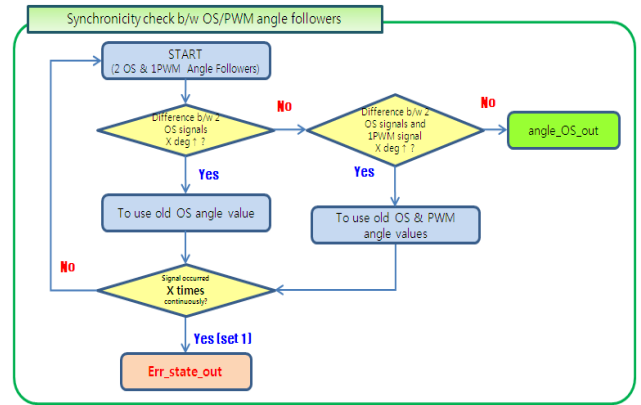
2 차레 비교 후에 문제가 없을 시 angle\_OS\_out 라는 절대 조향각을 최종 출력하여 제어에 사용한다.

기준각도를 초과할 경우는 출력 값으로 초과직전의 절대 조향각을 유지하되, 연속적으로 초과 신호가 들어올 경우 sensor signal error 라는 경고 메시지를 출력하여 운전자의 안전을 확보한다.

기준 각도는 다음의 인자들을 고려한다.

- SENT Max electrical error
- Max asynchronicity b/w 2 SENT channel

- ECU Max Time Delay \* Max rotation speed
  - PWM Max electrical error (6.7deg)
- 기준 횟수 미만으로 비연속적 신호 출력 시에는, 알고리즘 reset 하여 재 판단을 실시하게 된다.



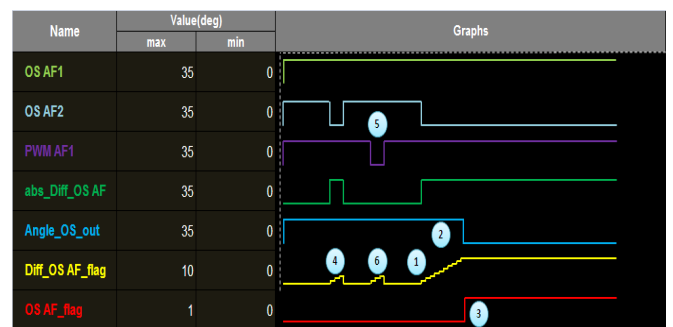
(그림 5) 알고리즘 순서도

#### 3.3 알고리즘 검증 결과

상기에서 기술한 알고리즘을 ECU 에 적용하여 검증을 실시한 사항은 다음과 같다.

- 기준 각도 초과 시 Flag 검출 유무
- 기준 각도 초과 시 조향각 old 값 유지 여부
- 기준 횟수 초과 시 Flag 검출 유무
- 기준 횟수 미만 시 Reset 여부

(그림 6) 신호 검증 결과



- ① (그림 6)에서 보여지는 바와 같이, 기준 각도 초과 확인을 위해 OS Angle Follower 2 의 각도를 변경하였을 경우, Error flag 송출 확인됨
- ② Error flag 발생 시 절대 조향각 old 값을 유지함
- ③ 기준 횟수 10 회 Error flag 발생 시 최종 Error flag 검출됨
- ④ OS Angle Follower 비교 Error 가 기준 횟수 미만 시 Error flag reset 확인됨
- ⑤ 2 차 비교를 확인하기 위해 조향각 PWM 신호의 Error 를 발생시킴
- ⑥ OS Angle Follower 대비 PWM Angle Follower 비교 Error 가 기준 횟수 미만 시 Error flag reset 확인됨

#### 4. 결론

전동식 파워 스티어링용 Torque & Angle 센서의 절대 조향각의 신뢰성을 증대하는 방법을 개발 하였다. 각도 소자들로부터 각각 수신된 상대각(OS Angle)에 따라 누적된 제 1 및 제 2 절대 조향각(OS Angle Follower)의 차이가 기준차이 이내에 있을 때, 그리고 이를 다시 조향각 PWM Angle Follower 와 비교하여 기준차이 이내에 있을 때에 최종 절대 조향각을 계산함으로써, 절대 조향각의 신호 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 계산된 절대 조향각은 전자 제어 유닛을 포함하는 전동식 파워 스티어링 시스템에 제공된다.

#### 참고문헌

- [1] Kwangho Yoo, "Study on Development of Inductive Torque Sensor for EPS"
- [2] William J. Fleming, "Overview of Automotive Sensors", IEEE SENSORS JOURNAL, VOL.1, NO.4, 296-308, 2001.
- [3] William J. Fleming, "New Automotive Sensors – A Review", IEEE SENSORS JOURNAL, VOL.8, NO.11, 1900-1921, 2008.
- [4] Automotive Handbook, 7th edition, 157-164, Robert Bosch GmbH, 2007.
- [5] Sang-Min Ahn et al., "A development of torques sensor for EPS", KSAE 2008 Annual Conference, KSAE08-A0384, 2008.
- [6] Chang-nam Jeon et al., "A study on the automotive non-contact steering torque sensor", KSAE 2009 Annual Conference, KSAE09-A0324, 2009.
- [7] Didier Angleviel et al., "Development of a Contactless Hall Effect Torque Sensor for Electric Power Steering", SAE World Congress, 2006-01-0939, SAE, 2006.