

완결을 향해 가는 by-Wire로의 진화

KATECH Insight

- ◆ 車의 조향·제동 분야에서 기계적 연결을 대신한 by-Wire 시스템이 상용화 단계에 이르렀으며, 전기차·자율주행이라는 큰 흐름과 스케이트보드 플랫폼이라는 현실적인 목표가 변화를 추동
- ◆ 조향·제동의 by-Wire 시스템은 상용화를 위해 기능 안전 등의 측면에서 보완점이 남아 있으나, 수요 맞춤형 제조 방식을 지향하는 완성차 기업의 의지에 힘입어 수 년 내에 보편화될 전망

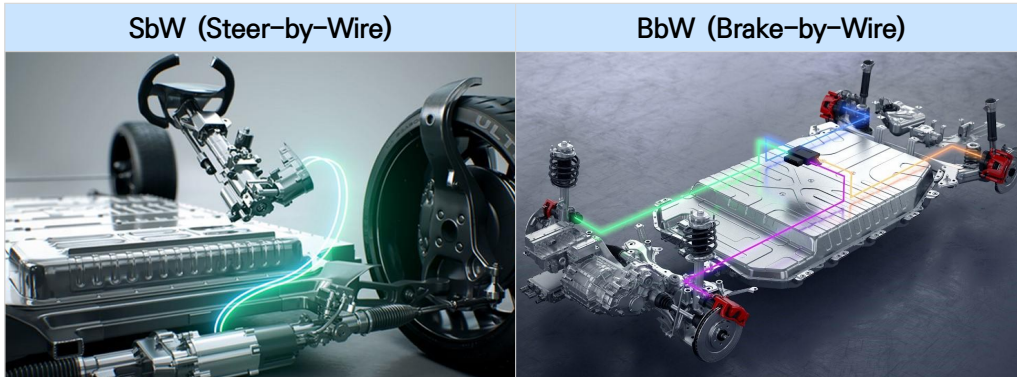
▣ 그간 자동차의 각종 시스템*들은 전기를 보다 많이 활용하는 방향으로 일관되게 진화

- * 동력발생, 공조, 조향 등의 기능 단위로, 엄밀하게는 車의 서브시스템(subsystem)이나 편의상 시스템으로 표현
- 과거 차에서 큰 힘이 요구되는 부분에는 기계적 연결과 유압(hydraulics) 장치가 활용되었으나, 이는 반도체, 제어, 통신 기술의 발전에 의해 점차 전기의 도움을 받는 방향으로 변화하였음
- 이 변화의 종착점은 기계적 연결을 전기적 구성요소로 대체한 소위 ‘by-Wire’ 시스템으로, 정교한 제어 및 경량화·소형화에 유리한 경향이 있어 車의 여러 영역에 이미 보편화됨
 - 이 시스템은 기본적으로 컨트롤러(ECU), 센서, 모터/액추에이터 등을 구성요소로 삼는데, 각 구성요소가 전선에 의해 연결되기 때문에 by-‘Wire’(‘전선’을 활용한)로 명명됨
 - 가속 페달과 엔진의 스로틀 간(Throttle-by-Wire), 변속 레버와 변속기 간(Shift-by-Wire)이 대표적이며, 넓게는 서스펜션의 전자식 댐퍼(Suspension-by-Wire)도 이 범주에 포함됨

▣ 마지막 두 허들인 조향, 제동 분야에서도 최근 by-Wire 시스템의 상용화가 임박

- 조향, 제동 분야는 주로 안전에 대한 우려 때문에 그간 by-Wire가 부분적으로만 시도되었음
 - (조향) 파워 스티어링이 유압식(HPS)에서 전동식(EPS)으로 변화하기는 했으나, 스티어링 휠·랙 사이의 기계적 연결을 제거한 Steer-by-Wire(SbW)는 여태껏 보편화되지 못했음
 - * 과거 Infinity가 양산 모델(Q50)에 SbW를 적용하였으나 기계적 연결을 완전히 제거한 방식은 아님
 - (제동) 브레이크 페달에 가해지는 압력을 모사하여 전기 신호로 제동량을 조절하는 시스템은 존재하나, 실제 제동에서 유압을 완전 배제한 Brake-by-Wire(BbW)은 상용화된 바 없음
 - * 최근 Audi가 e-tron에 BbW를 적용하였으나 마찰제동에 있어 여전히 유압을 활용하고 있음
- 그러나 최근 업계의 SbW·BbW의 상용화 시도가 뚜렷하며, SbW는 양산 모델 적용이 임박함
 - (부품) 만도, 현대모비스, Bosch, Brembo, Continental, Hella, Hitachi Astemo, Nexteer, ZF 등의 글로벌 부품기업들이 BbW 또는 SbW의 양산 개발을 추진 중
 - (완성차) Toyota와 Lexus가 각각 전기차인 BZ4X와 Lexus RZ에 이미 기계적 연결이 없는 SbW의 탑재를 확정하였으며, Tesla도 조만간 SbW를 탑재한다는 관측이 있음 (Electrek 외)

▮ 상용화를 앞둔 SbW 및 BbW 시스템 (출처: 만도) ▮



▮ SbW와 BbW의 상용화는 전기차 및 자율주행 부문의 기술 발전과 밀접하게 관련

- (전기차) SbW는 전기차의 실내 거주성 개선 및 회전반경 최소화 등에 도움이 될 수 있으며, BbW는 차의 전반적인 설계에서 이질적인 유압 장치를 제거해 에너지 효율을 높일 수 있음
 - (SbW) 구동 배터리 탑재 공간 확보·실내 거주성 개선을 위한 휠베이스 연장으로 발생하는 회전 반경의 증가를 상쇄하기 위해 사륜조향(AWS)을 도입함에 따라 SbW 적용이 불가피
 - * AWS가 탑재된 최신 완성차 대부분이 후륜의 조향은 기계적 연결이 없는 SbW를 채택하고 있음
 - (BbW) 전기차에 적용 시 회생제동과 마찰제동의 혼합제동을 보다 원활하게 구현할 수 있으며, 유압 장치를 제거하여 에너지 효율을 제고하는 한편 브레이크액(brake fluid)이 불필요해짐
- (자율주행) BbW·SbW 공히 보다 정밀한 제어가 가능하며 능동안전 기술과의 조화에도 유리함
 - (BbW) 자율주행 상황에서 ADAS 등 능동안전 기능과의 연계 하에 보다 정밀하고 빠른 제동 제어가 가능하며, 물리적인 제동거리를 단축하여 비상 시 대응력을 높일 수 있음
 - (SbW) 상황에 맞춰 조향 각을 탄력적으로 변화시키면서 조향의 정확성을 높일 수 있고, 운전자가 의도치 않은 조향 개입이나 노면에서 발생하는 불필요한 진동*을 차단할 수 있음
 - * 다만 일부 진동은 운전자의 노면 상태 파악에 도움이 되므로, 노면 피드백을 위한 장치가 포함되기도 함

▮ 설계 자유도를 높인 전기차 스케이트보드 플랫폼이라는 현실적인 목표도 변화를 추동

- 스케이트보드 플랫폼은 주행 관련 서브시스템을 모듈화하여 차체 하부(또는 차대)에 통합한 것으로, 완성차 기업은 이를 활용하여 자동차의 설계 자유도를 획기적으로 높일 수 있음
 - 개념적으로 볼 때 주행 관련 서브시스템이 그 외의 차량 설계에 가하는 제약이 감소하며, 이는 스케이트보드 플랫폼 위에 탑승·적재 공간을 보다 자유롭게 배치할 수 있음을 의미함
- 해당 플랫폼의 활용성을 극대화하기 위해서는 운전과 관련되는 부품을 자유롭게 배치하고 유압 장치 등을 제거해 구조를 단순화해야 하므로 by-Wire 시스템이 도움이 될 수 있음
 - 일례로 SbW 적용 시 스티어링 휠·랙을 기계적으로 연결할 필요가 없어 운전석의 위치를 자유롭게(좌·우 배치 포함) 조절할 수 있고 구동계 부품도 보다 합리적으로 배치할 수 있음

스케이트보드 플랫폼의 구조 및 적용 사례 (출처: 현대자동차그룹, Canoo) |



두 시스템은 기능 안전·소비자 수용성 측면의 보완점이 남아 있으나 모빌리티 서비스에 대응하여 맞춤형 제조 방식을 지향하는 완성차 기업의 의지로 수 년 내에 보편화될 전망

- 기능 안전(Functional Safety) 및 소비자 수용성 측면에서 완성차·부품 기업, 규제당국이 만족할 만한 합의점이 도출되어야 비로소 SbW·BbW의 적용이 본격화될 수 있음
 - 현 시점에서 SbW·BbW는 고장을 대비한 전기/전자 시스템 이중화(E/E redundancy)가 보다 개선되어야 하고, 실 주행 상황에서의 다양한 운전자 반응을 고려한 실질적 표준화가 필요함
- 그럼에도 다양한 모빌리티 서비스에서 파생될 차량 수요를 충족하려는 완성차 기업의 의지가 뚜렷하므로 기술적·제도적 문제도 궁극적으로는 해소될 것임
 - 현대차그룹이 주창한 PBV(Purpose Built Vehicle, 목적 기반 모빌리티)와 같이, 주요 완성차 기업들은 다양한 차량 수요에 탄력적으로 대응하는 ‘다품종 맞춤형 제조’를 구상 중임
 - 이러한 제조 방식에는 부품 공용화를 통한 비용 절감과 높은 설계 자유도 확보가 중요하며, 그 과정에서 SbW·BbW의 도입을 통한 by-Wire화의 완결은 자연스러운 수순임
 - * 현대모비스가 PBV 용으로 개발 중인 일체형 플랫폼 모듈 ‘e-CCPM’에도 SbW·BbW 개념이 적용됨
- 주요 완성차 기업과 부품 기업의 로드맵을 고려할 때, SbW와 BbW는 2025년을 전후로 양산 차량에 본격 적용되기 시작할 것으로 예상됨

참고: 기아의 PBV(Purpose Built Vehicle) 관련 로드맵 (출처: 기아자동차) |

