

지능형자동차 능동안전제어

최규재

자동차부품연구원 차체샤시연구센터

1. 서론

지능형자동차 기술은 기계, 전자, 통신, 제어를 기초분야로 하여 차량의 "안전성"과 "편의성"을 획기적으로 향상 시킴으로써 안전하고 쾌적한 교통환경을 확보하고 교통사고로 인한 사회적인 인적/물적 손실을 최소화하고 차량이 단순한 운송수단에서 운송/정보/업무/휴식 공간으로 발전하는데 필요한 기술이다[1]. 이와 같은 지능형자동차 기술은 안전성 향상 및 편의성 증대라는 목표를 가지고 1990년대 이후 세계선진각국에서 기술개발에 적극 나서고 있다. 특히 전세계적으로 교통사고로 인한 사망자수가 대단히 많기 때문에(2000년 기준 미국 41,821명, 일본 10,403명, 한국 10,236명 사망)[2] 자동차 안전도 향상은 중요 핵심 테마로 다루어지고 있으며 각종 안전 규제와 신설 등을 통하여 보다 안전하고 더 나아가 운전자 및 보행자 모두가 안심하고 주행하고 이동할 수 있는 교통 환경 [3]을 구축하는 것이 지능형자동차기술이 지향하는 방향이라고 할 수 있다.

이에 따라 세계적인 안전 규제 추세에 대응하고 보다 안전한 차량을 개발하기 위한 기술개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 우리나라에서도 지능형자동차 기술을 개발하기 위하여 산학연 공동연구개발사업인 차세대성장동력 미래형자동차 기술개발 사업을 2004년 착수하게 되었다.

본고에서는 지능형자동차에 적용되는 안전제어기술을 분류하고 이중 능동적안전도(active safety) 기술과 사시 통합제어기술의 기술개발로드맵 및 기술개발동향 등에 대하여 기술하였다.

2. 안전제어기술

2.1. 안전기술의 분류

자동차가 주행중 교통사고에 의해 피해가 발생하는 과정을 살펴보면 그림 1과 같다.

그림에서 보는 바와 같이 운전자는 도로의 상황, 주위 차량의 움직임, 자기차량의 주행상황에 대한 각종 정보를 올바르게 인지하고 판단하여 운전이 필요한 조작을 수행한다. 이와 같은 상황이 안정적으로 반복되는 경우 안전주행이 가능하게 된다. 그러나 어느 한 과정에서 문제가 발생하는 경우

위험상태에 빠지게 되며 이 상태가 되면 운전자는 이를 회피하기 위한 조작을 하게 된다. 이 회피조작이 적절하게 이루어지면 자동차는 위험상태에서 빠져나와 다시 안전주행상태로 되돌아가게 되지만 그렇지 못한 경우 사고발생으로 이어진다. 충돌사고가 발생하면 운전자 뿐만 아니라 승객들도 차내에서 2차 충돌을 일으키게 되며 인적피해가 발생한다. 또한 보행자 사고인 경우 상해정도가 클 우려가 있으며 다른 차량과의 2차 사고로 이어져 대형사고가 발생할 수 있는 등 피해가 확대될 가능성이 있다.

따라서 안전도 향상을 위한 지능형자동차기술은 차량주행의 각 과정에 따라 적절하게 사고발생 원인을 제거할 수 있는 기능을 가져야 하며 사고 발생 후에도 승객, 보행자, 차체 등의 손상을 줄여줄 수 있는 기능을 갖추고 있어야 한다. 즉 안전주행상태에서는 운전자, 도로환경, 상대차량, 자기차량의 상태를 적절하게 감시하면서 필요한 경우 경보를 통하여 운전자에게 정보를 줄 수 있어야 하며, 위험상태에 도달한 경우 운전자의 운전조작을 도와 위험상태로부터 탈피할 수 있어야 하고 또한 사고발생 직후에도 피해를 최소화할 수 있도록 사고자동통보, 안전장치 작동 등을 수행할 수 있어야 하는 등의 능동적, 수동적 안전 기능을 보유하고 있어야 한다.

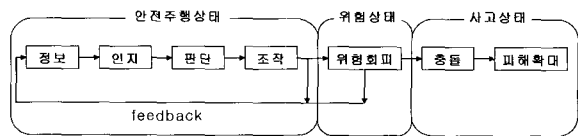


그림 1. 사고발생 process[4].

이와 같이 자동차의 안전기술은 사고발생 전(pre-crash), 사고 시(crash), 사고발생 후(post-crash) 등으로 나눌 수 있으며 이것은 미국의 FMVSS(Federal Motor Vehicle Safety Standard) 분류와 일치하고 있다(FMVSS 100번대는 사고발생 전 예방관련 기준, 200번대는 사고 시 피해경감을 위한 기준, 300번대는 사고발생 후 피해확산 방지를 위한 기준으로 분류). 또한 여기에서 사고 시와 사고발생 후를 함께 고려하여 전체과정을 사고발생 전과 사고발생 후로 나누어 사고발생 전에 적극적으로 사고를 방지하기 위한 기술인 능동안전기술(active safety, 예방안전기술)과 사고발생 후 피해경감을 최소화하는 기술인 수동안전기술(passive safety, 수동안전기술)로 분류할 수 있다(그림 2).

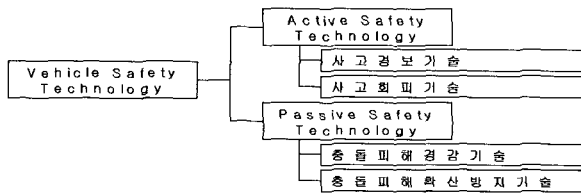


그림 2. 자동차 안전기술의 분류.

안전도 및 편의성 향상 관점에서 과거, 현재, 미래로 이어지는 자동차의 기술개발 내용을 그림 3에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 미래형 지능형자동차는 능동적 안전도를 강화할 수 있는 기술개발이 필수적이며 더 나아가 ITS (intelligent transport system)와의 통합과 수동적 및 능동적 안전시스템과의 결합 등을 통하여 안전도 향상과 편의성 증대라는 목표를 달성할 수 있을 것이다.

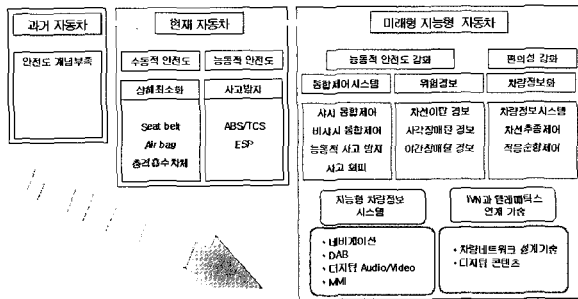


그림 3. 지능형자동차 기술개발.

2.2. 능동안전기술 개발 로드맵

능동안전기술은 교통사고 발생 전에 각종 차량제어 시스템을 활용하여 적극적으로 사고를 방지하기 위한 기술이며 이 기술을 개발하기 위한 로드맵의 하나의 예로 그림 4에 미국의 TRW사에서 예측하고 있는 능동안전기술 개발 로드맵을 나타내었다. 그림에서 도시한 바와 같이 차량의 능동적 안전도를 향상시킬 수 있는 각종 차량제어시스템을 개발하여 차량에 장착함으로써 좀더 안전한 차량개발이 가능할 것으로 예측되고 있으며 각 단계의 특징을 다음과 같이 정의하고 있다.

- ① Phase 0 : Longitudinal optimization brake assist, traction control, adaptive cruise control 등을 통한 종방향 운동의 최적화
- ② Phase 1 : Cornering optimization slip control, rear steer, steering assist, body control을 통한 코너링 성능 최적화
- ③ Phase 2 : Ride & handling optimization, body control, rear wheel steer, stop & go, vehicle stability control, electrically assisted steering, suspension control 등을 통한 승차감, 조종안정성 최적화
- ④ Phase 3 : Highly reactive vehicle control, lane

guard, active steer, anti-rollover chassis를 통한 고반응성 차량 제어

- ⑤ Phase 4 : Predictive vehicle control, telematics integration, collision mitigation, steer/brake-by-wire에 의한 차량선(예견)제어

또한 이상과 같은 각 단계의 능동안전제어기술은 전후방향 사시제어, 횡방향 사시제어, 운전지원시스템 기술 등으로 분류할 수 있다.

1) 전후방향 사시제어 기술

차량의 전후방향제어를 통하여 제동거리 단축, 충돌회피 등을 위한 기술로 ABS(antilock braking system), TCS (traction control system), BA(panic brake assist), 충돌피해경감 brake(passive safety system과의 통합), brake-by-wire system 등의 기술을 포함한다.

2) 횡방향 사시제어 기술

운전자의 steering wheel 오조작, 급조작 등에 의해 차량이 불안정한 거동을 일으키거나 한계상황에서 차량성능부족으로 인해 사고발생 위험성이 있는 경우 능동적으로 사고를 방지할 수 있는 기술로 4WS(four wheel steering system), direct yaw moment control system(ESP, VSC), AFS(active front steer), steer-by-wire system 등의 기술을 포함한다.

3) 운전지원시스템

운전자의 운전조작을 지원하기 위한 시스템이며 전후방향 및 횡방향 운동을 지원할 수 있는 기술로 전방충돌경고시스템, ACC(adaptive cruise control), 차선이탈경보시스템, 차선추종지원시스템 등의 기술을 포함한다.

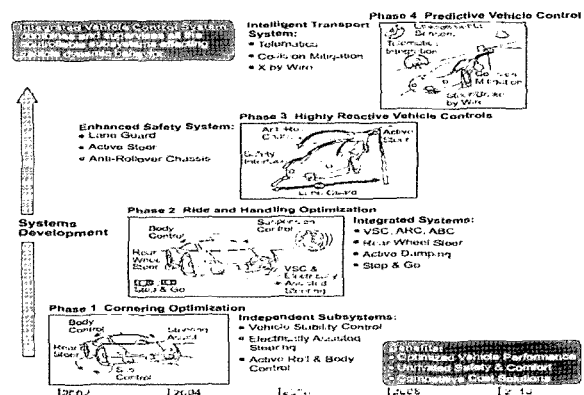


그림 4. TRW active safety technology roadmap.

이와 같은 각종 능동안전제어기술 중 2004년부터 차세대 성장동력 미래형자동차기술개발사업으로 진행중인 지능형 사시통합제어시스템 개발에 대하여 좀더 상세히 기술하였다.

3. 지능형 사시통합제어시스템

3.1. 지능형 사시통합제어시스템 개요

지능형 사시통합제어시스템은 차량의 안전도 향상을 위해 전자제어 조향, 제동, 현가, 구동 시스템 등을 통합 제어하여 개별 제어시스템에서는 얻을 수 없는 높은 수준의 안전도 향상 효과를 얻을 수 있는 시스템이다. 이 시스템은 ABS, TCS, 4WS, Active suspension, 4WD(four wheel drive) 등 개별 제어시스템에서 한 단계 발전된 시스템으로 극한 상황에서의 차량 주행안정성을 확보할 수 있다. 특히 여러 개의 제어시스템이 동시에 작동하는 경우 각 시스템 사이의 제어 상호 효과에 의하여 차량 제어가 불가능한 상황이 발생할 가능성이 있으며 위험 상황에 처할 수도 있어 각 시스템의 통합 제어를 수행할 수 있는 사시통합제어시스템 개발이 능동적 안전도 확보 측면에서 적극적으로 이루어지고 있다.

사시통합제어의 목적은 그림 5에 나타낸 바와 같이 하나의 제어 A에 의해 성능 a는 대폭적으로 향상되지만 성능 b는 제어 A의 영향을 받아 오히려 저하되는 경우가 발생할 수 있으며, 제어 B의 경우에도 같은 현상이 발생할 수 있다. 또한 제어 A와 제어 B를 단순히 조합한 경우의 성능은 벡터 합으로 단독제어의 경우보다 일부 성능이 떨어지게 되지만 통합제어를 수행하는 경우에는 상호간의 악영향을 보완하여 단순조합에 의한 성능보다 훨씬 높은 성능을 발휘할 수 있다. 차량의 기본적인 운동인 구동, 제동, 선회 및 상하 운동은 타이어와 노면사이에서 발생하는 힘과 밀접한 관계가 있으며 각각의 차량 성능은 상호 연결되어 있어 일부 성능 개선을 위한 제어가 다른 성능을 악화시킬 수 있음을 알 수 있다. 예를 들면, 4WS에 의해 yaw 응답성을 향상시키면 횡가속도의 발생이 급격히 이루어져 roll 발생이 크게 된다. 또한 ABS에서 차량의 안정성 확보를 위해 제동력이 큰 바퀴의 액압을 조절하기 때문에 제동거리가 길어질 수 있으며 suspension 제어에 의해 승차감이 향상되지만 바퀴의 접지성이 떨어져 험로 주행 시 안정성이 떨어질 수 있다.

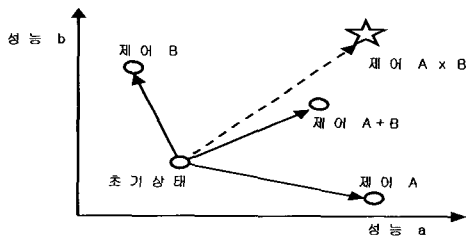


그림 5. 사시통합제어 시스템[5].

이상과 같이 여러 가지의 제어시스템을 차량에 탑재한 경우 각 시스템을 중복하는 것만으로는 최적으로 차량을 제어할 수 없으며 통합적인 사시제어가 필요하다. 그림 6에는 각 제어요소와 조종안정성과의 관계를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 차량의 운동 상호간에는 밀접하게 연관

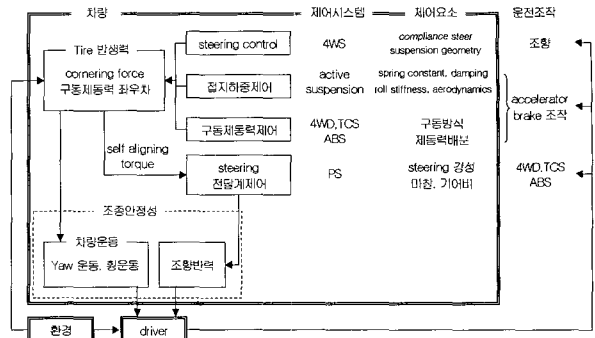


그림 6. 제어요소 및 조종안정성.

되어 있으며 각 제어요소의 성능을 동시에 향상시키기 위해서는 전체적인 차량시스템을 고려한 통합제어가 요구된다.

3.2. 사시통합제어시스템 개발동향

사시통합제어시스템은 시스템 개발 능력을 가진 완성차 업체 및 대형 사시부품업체 위주로 개발을 진행 중에 있다. 조향, 제동, 현가장치에 대한 기술을 동시에 보유한 Delphi, TRW사 등이 기술 선점을 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있으며 핵심 기술을 동시 보유하지 못한 Sachs, Bosch, ZF, Conti-Teves 등은 상호 협력관계 구축을 통하여 각자 보유한 기술 중심으로 통합제어시스템을 개발 중에 있다. 그림 7에는 미국 Delphi사의 UCC(unified chassis control) 시스템을 나타낸 것이며, 그림 8에는 독일 ZF-Sachs사와 Teves사가 협력하여 개발하고 있는 GCC(global chassis control) 시스템을 도시한 것이다. 그림 9에는 BMW사의 integrated chassis management 개념을 도시한 것으로 선진업체에서는 관련 기술개발을 적극적으로 추진하고 있다.

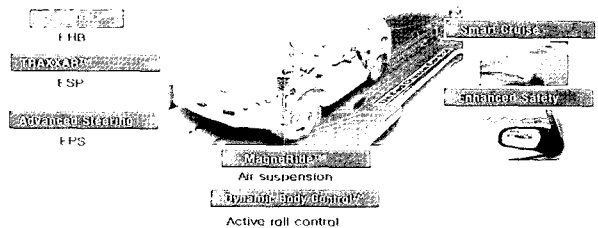


그림 7. Delphi UCC(unified chassis control)[6].

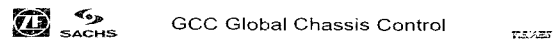


그림 8. GCC(global chassis control)[7].

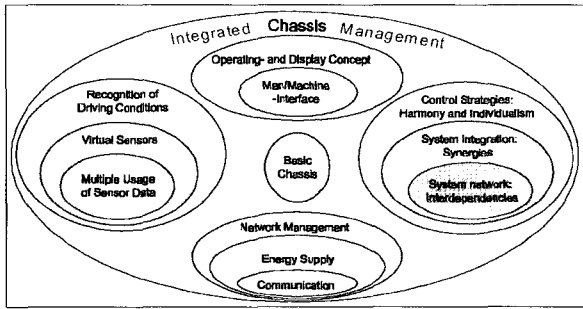


그림 9. BMW integrated chassis management 개념[8].

4. 향후전망

일본의 교통성 자료에 따르면 안전도 향상과 편의성 증대를 목표로 하고 있는 지능형자동차기술의 활용을 통한 교통사고 감소효과는 승용차가 41%, 상용차가 31%에 이르고 있는 것으로 분석하고 있어[2] 지능형자동차 기술개발은 필수적으로 인식되고 있다. 자동차의 주행상황은 운전자-차량-환경이 상호작용하는 복합시스템으로 차량의 주행안전성 향상을 위해서는 지금까지 운전자가 담당했던 정보, 인지, 판단, 조작 및 더 나아가 사고회피 동작 등의 역할을 향후에는 그림 10과 같이 자동차가 좀더 많은 부분을 담당해야 할 것이다. 이렇게 하기 위해서는 자동차에 각종 제어시스템 등 전자제어기술의 적용 확대는 필수적이며 차량 동역학 제어기술과 함께 인간과 차량과의 조화, 신뢰성 확보 등에 대한 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

또한 지능형자동차는 많은 제어시스템을 탑재한 고가, 고기능성 시스템으로 새롭게 추가되는 기능에 대한 정확한 평가가 필요하다. 이를 위해서는 차량과 제어시스템의 역학 모델 구축과 평가지표의 확립 및 제어이론의 응용을 통하여 운전자, 차량 및 도로 환경을 조화시킬 수 있어야 한다. 또한 차량에 탑재된 각 시스템이 조합된 상태에서의 신뢰성 확보 및 시험이 필수적이며 특히, 차량, 인간 및 환경이 복합된 상태에서의 closed loop 시험 연구, 감성상품으로서의 차량운동 특성연구가 요구되고 있다.

지능형자동차기술은 자동차의 안전성 향상과 편의성 증대를 위한 기술로 이 기술개발을 통하여 더욱 안전한 차량을 개발할 수 있을 것이며 궁극적으로 운전자와 보행자가 안심할 수 있는 교통환경 구축에 중추적 역할을 수행할 수 있을 것이다.

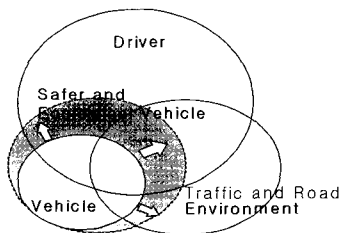


그림 10. 자동차제어의 역할[9].

참고문헌

1. 차세대자동차기술, 국가과학기술지도, 국가과학기술위원회, 2002. 12.
2. 차세대 성장동력 미래형자동차 종합기본계획 세미나, 자동차부품연구원, 2004. 5. 24.
3. M. Nagai, "Prospects of active safety technology", *Journal of society of automotive engineers of Japan*, vol. 57, no. 7, pp. 4-8, 2003. 12.
4. *자동차의 안전기술*, 자동차기술series, (社)자동차技術會, 1996.
5. H. Sato et. al., "Technical trends of integrated chassis control", *Journal of society of automotive Engineers of Japan*, vol. 46, no. 1, 1992, pp. 55-61.
6. www.delphi.com
7. www.trw.com
8. H. Leffler, "Electronic brake management EBM - Prospects of an integration of brake system and driving stability control", SAE960954, 1996.
9. H. Harada, et al., "Vehicle dynamics and control for active safety", *Proc. of FISITA '94*, no. 945069.
10. 이경수, "차량 시뮬레이터를 이용한 첨단안전차량의 Human-in-the-loop 성능평가", 자동차공학회지, 한국자동차공학회, vol. 26, no. 4, 2004, pp. 6-10.
11. 김병수, "첨단안전차량", 자동차공학회지, 한국자동차공학회, vol. 26, no. 4, 2004, pp. 23-25.
12. 이준용, "지능형자동차 개발에 있어서의 컴퓨터비전의 응용", 자동차공학회지, 한국자동차공학회, vol. 26, no. 4, 2004, pp. 11-16.

저자약력



《최규제》

- 1985년 경희대 기계공학과 졸업.
- 1987년 한국과학기술원 기계공학 석사.
- 2000년 한국과학기술원 기계공학 박사.
- 1987~1991년 삼성전자(주) 생산기술

연구소 주임연구원.

- 1991년~현재 자동차부품연구원 차체사시연구센터 센터장.
- 주요 관심 분야 : Vehicle Dynamics, Chassis System Design, Intelligent Vehicle.