

ACC(Adaptive Cruise Control) 평가프로그램 개발

Development of Evaluation Programs for Adaptive Cruise Control System

문 영 준

(교통개발연구원, 책임연구원)

박 유 경

(교통개발연구원, 연구원)

목 차

- | | |
|---------------------------|------------------|
| I. 서론 | III. ACC 평가 프로그램 |
| 1. 연구배경 및 목적 | 1. ACC test 개요 |
| II. ACC 시스템 개요 | 2. ACC 평가 시나리오 |
| 1. 시험을 위한 가정 | IV. 결론 |
| 2. ISO에서 제시한 ACC 시스템 작동한계 | 참고문헌 |

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

「첨단안전차량(Advanced Safety Vehicle: ASV)에 대한 성능시험사이트 구축 및 평가기술 개발」에 대한 연구개발이 건설교통부 ITS 연구개발사업으로 2001년 12월부터 시작하여 총 5개년간 진행된다.

ASV는 전방차량을 따라 순항하거나 전방 장애물을 인식해 경고를 주는 등 교통 및 도로 상황에 대응하여 운전자에게 운전을 지원하는 기능을 갖추고 있다. 최근 미국, 일본 및 유럽 등의 선진국에서는 ASV 관련 시스템 개발 및 국제표준화를 통해 세계시장선점에 노력하고 있으나 아직 우리는 이에 대비한 도로/교통, 자동차 및 운전자 등에 대한 적합성 평가와 향후 우리 제품의 국제표준 반영을 위한 실용화 사양 등을 검증할 수 있는 실차 주행환경 복합시스템 평가용 성능시험사이트가 전무한 실정이다. 또한 국제적으로 ITS 응용시스템 시장이 확대됨에 따라 ISO/TC204에서는 각종 ITS 시스템 표준을 국제표준으로 제정하고 있으며 이는 WTO TBT 협약에 의해 의무적으로 KS 표준화하여야 하기 때문에 충분한 사전준비가 없을 시에는 국내의 교통 현실과 상이한 시스템 표준을 도입하여 큰 혼란을 초래할 가능성이 매우 높다. 이에 따라 현재 ASV관련 도로/차량 경고 및 제어시스템(Vehicle/Roadway Warning and Control System) 분야에서 국제표준으로 진행 중인 핵심기능들을 대상으로 국내 환경 하에서의 실차 주행시험을 통해 기능의 안전도 및 적합성을 평가하는

성능시험 사이트를 구축하여 이를 토대로 기존 시스템의 적용 여부와 기 추진중인 표준안의 검토 등을 수행하여 향후 ITS 관련 기술개발 및 평가의 근간이 되도록 이 연구개발 사업이 시행되었다.

이 사업의 1단계 개발 목표는 현재 일부 시판 중이거나 양산 예정인 감응식순항제어(ACC), 전방차량충돌경고장치(FVCWS), 교통장애물경고장치(TIWS) 및 전조등능동제어장치(AHLS: 상하제어)를 대상으로 국내 환경하에서 실차시험을 통한 단품시험을 시행하고 평가기술을 개발하며 이 평가기술을 바탕으로 국제 표준안을 검토하고 이를 국내 평가기준 및 표준개발에 적용하는 것이다. 최종적으로 국내 ITS 산업의 활성화 및 국제 표준안에 대한 대응을 위하여 현재 일부 시판중이거나 개발 또는 양산 중인 ASV 시스템 중 완성차 수준에서 시험 및 평가가 가능한 핵심기능을 대상으로 국내 환경 하에서 실차 시험을 통한 단품시험 및 통합시스템의 평가기반을 구축한다. 또한 이를 산자부에서 추진 중인 미래형 자동차 사업과 연계하여 단계별로 ASV 평가기술을 개발하며 이 평가기술을 바탕으로 국내 산업체의 국제 경쟁력 확보 및 지원을 위하여 보유기술의 개발동향 및 의견 등을 조사하고 국내 평가기준 및 표준안을 검토하여 ISO 활동을 통한 국제 표준안에 적극 반영하며 이를 통해 국내 ASV 관련 연구개발에 있어서의 개발 방향을 제시하는 것이다.

본 논문에서는 위의 ASV 기능 중 ACC 평가 프로그램만을 제시하기로 한다.

II. ACC 시스템 개요

ACC는 기존 Cruise Control 기능을 강화하여 엔진, 동력전달계, 브레이크의 제어를 통해 주행 중 적당한 거리로 전방차량을 추종하도록 하는 기능이다.

ACC 시스템은 최소한 추종제어전략과 상대전환전략을 제공해야 하는데 추종제어는 ACC 시스템의 기본 조건이 된다. ACC가 작동되면 자동차의 속도는 전방 차량에 대해 Time Gap(차간거리)을 유지하기 위해, 또는 속도가 설정된 속도보다 낮은 경우이면 항상 설정된 속도를 유지하기 위해 자동으로 조절되며 이 두 조절 모드 사이의 전환은 ACC 시스템에 의해 자동으로 이루어진다. ACC 장착 차량의 속도가 최소 작동 속도보다 낮으면 ACC 작동이 금지되어야 하며 ACC 작동 상태에 있는 동안에 자동차의 속도가 최소 작동속도 아래로 떨어진다면 자동가속은 금지되어야 한다. 전방 차량이 1대 이상 존재할 때 추종할 1대의 차량을 자동으로 선택하여 추종해야 한다.

1. 시험을 위한 가정

- ACC 시스템을 위한 도로조건은 교통용량편람과 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침의 선형 설계와 속도에 일치함
- ACC 시스템의 감속 능력은 차량 사용자 매뉴얼에 반드시 언급 되어야 함
- ACC 시스템은 고정된 목표물을 무시할 수 있음
- ACC 시스템 작동한계를 벗어나는 범위에서는 반드시 운전자가 조작해야 함

2. ISO에서 제시한 ACC 시스템 작동한계

- ACC 시스템의 자동 가속은 적어도 5m/s의 차량 속도 v_{low} (최소 자동 가속 속도)를 필요로 함
- v_{low} 이하에서 ACC 시스템은 자동 정지 시에 갑작스럽게 제동을 해지 하지 않음
- v_{set_min} (최소 가속 설정 속도)는 $v_{set_min} \geq 7m/s$ 이고 $v_{set_min} \geq v_{low}$ 임
- 자동 감속율의 평균치는 2.5m/s²(평균 1초 이상)을 넘지 않음
- ACC 시스템의 평균 감속도가 3.0m/s²을 넘지 않음 (2초 동안)
- ACC 시스템의 최대 자동가속은 2.0m/s²을 넘지 않음

III. ACC 평가 프로그램

1. ACC Test 개요

ACC는 감지범위, 목표물 구별 및 차량 추종 능력, 곡선부 선회능력 시험이 요구되며 시스템 제어는 다음과 같다.

- 선행차량(LV; Lead Vehicle)의 속도가 대상차량(SV; Subject Vehicle)의 설정속도(Set Speed)보다 크면 ($v_{SV_set} < v_{LV}$) SV는 Set Speed로 주행함(LV와 무관)
- $v_{SV_set} > v_{LV}$ 이면 SV는 LV와의 거리를 τ_{set} (설정 Time Gap)의 차두간격을 유지하며 주행함

본 연구개발 사업에서는 <표 1>에서 제시한 데이터의 실측치를 통해 국내에 맞는 Time Gap과 감/가속도 값을 도출하여 평가기준을 제시하는데 그 목적이 있다.

<표 1> 요구 데이터와 가공 데이터

요구 데이터		가공 데이터
Sensor Data	거리(m)	차간거리(m) 감/가속도(m/s^2)
Vehicle Data	속도(km/h)	
	감속시점(m, s)	

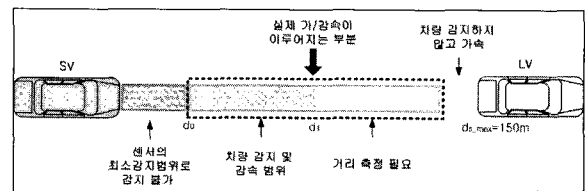
ACC 장착 시험차량의 성능은 다음과 같다.

- Time gap : 1.0초 ~ 2.0초(간격은 0.1초)
- 속도범위 : 40km/h ~ 160km/h
- 감속·가속도의 범위 : $-2m/s^2 \sim +2m/s^2$

2. ACC 평가 시나리오

1) 감지범위 시나리오

국내 교통 환경 고려하여 검지 거리 및 적정 Time gap 기준 도출하는데 목적이 있다.



<그림 1> 시험 시 ACC 시스템의 제어 범위

(1) 최대 감지 범위

- d_1 에서 d_{max} 의 거리 범위에서는 LV와 SV 사이의 거리만 측정

$$d_{max} = \tau_{max} (v_{set_max}) \times v_{set_max} = 89m$$

$$\tau_{max} = 2.0초, v_{set_max} = 160km/h$$

(2) 최소 차간거리

- d_0 에서 d_1 의 거리 범위 안에 전방차량이 존재할 때, ACC 시스템은 차량을 감지하지만 도달거리와 상대 속도는 측정하지 않음. 이 범위에서는 차간거리를 증가시켜야 하고 자동가속은 금지해야 함

$$d_1 = \tau_{min} (v_{low}) \times v_{low} = 7m$$

$$\tau_{min} = 1.0초, v_{low} = 7m/s$$

(3) 최소 감지범위

- d_0 의 거리 범위 안에 전방차량 존재할 때, ACC 시스템은 차량을 감지하지 않음

$$d_0 = MAX(2, (0.25 \times v_{low})) = 2.8m$$

2) 목표물구분 및 차량 추종시나리오

(1) 직선부 목표물 구분 시나리오

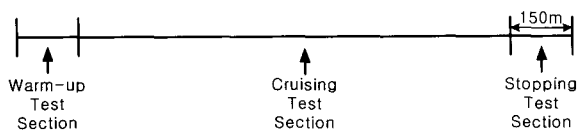
① 2대의 LV가 동일 속도로 나란히 주행하고, SV는 LV 1을 추종하며 이때 같은 차선에 있는 LV 1이 가속하면 SV는 옆의 LV 2를 추종하지 않고 목표차량을 따라 가속하면서 LV 2를 지나치면 시험 종료한다.

② 동일 차선에 2대의 LV가 나란히 80km/h로 주행하고 옆 차선에 SV가 주행하고 있음. LV 2(80km/h)가 SV를 지나치면 LV 1(60km/h)이 차선을 변경하여 SV(70km/h) 앞으로 들어왔을 때 SV는 LV 2를 추종하지 않고 ACC 시스템에 의하여 안전거리 확보를 위해 속도를 줄이며 LV 1을 추종한다.

③ 한 차선에 2대의 LV가 주행하고 뒤따라서 SV가 주행하고 있다. 이 때 LV 2가 차선을 변경, SV는 LV 1을 추종하여 가속한 후 감속한다.

④ 한 차선에 LV 1이 80km/h 주행하고 있으며 SV가 추종하여 주행 중이다. 이때 두 차량의 차간거리는 $d_0 \sim d_1$ (첫번째 시험), $d_1 \sim d_{max}$ (두번째 시험) 범위이다. 옆 차선에 LV 2가 주행하고 있다. 이 때 LV 2가 SV 앞으로 차선을 변경, SV는 목표물을 변경하여 LV 2를 추종한다.

(2) 직선부 차량 추종 시나리오



(그림 2) 직선부 Test Road

- Warm-up Test Section은 실제 Test를 위해 요구되는 속도를 올려주는 구간

- Cruising Test Section과 Stopping Test Section (부분적으로)은 실제 Test가 이루어지는 구간
- Stopping test section의 150m는 늘 가속과 정지를 할 수 있는 구간

① LV가 Warm-up Test Section에서 요구 시험 속도를 내어준 후 Cruising Test Section에서 일정속도 유지하여 주행(40~160km/h)한다. 마지막 Stopping Test Section에서 <표 2>과 같은 감속도로 감속하여 정지한다.

(표 2) Test Road 주행별 감속도

LV 주행 시나리오		
km/h	m/s	Stopping deceleration(m/s ²)
40	11.1	0.41
50	13.9	0.64
60	16.7	0.93
70	19.4	1.26
80	22.2	1.65
90	25.0	2.08
100	27.8	2.57
110	30.6	3.11

초기속도로 LV와 SV가 주행하며 이때 SV는 Time gap에 맞는 차량간격을 유지하고 있다. 예상결과는 낮은 속도에서는 Set Speedmin에서 운전자가 직접 운전조작을 할 것이며 높은 속도에서 높은 감속이 일어나면 Set Speedmin로 속도가 감속되기 전에 운전자가 직접 운전하도록 한다. 이러한 결과를 가지고 ACC 작동 멈춤에 대한 우리나라의 안전조건을 제시해줄 수 있다.

② LV는 $3.5 \pm 0.5m/s$ 의 속도를 2초 동안 감속한다. ($a = -1.75m/s^2$) SV가 감속한 속도를 추종하여 Time gap을 유지됨이 관측되면 LV는 2초 동안 가속하여 다시 초기속도로 주행한다.

③ LV는 $\frac{1}{3}g$ (일반감속도)의 감속도로 2초 동안 감속: 이때 SV의 평균 감속도가 $-3.0m/s^2$ 을 넘지 않는다.(2초 동안) SV가 감속한 속도를 추종하여 Time gap이 유지됨이 관측되면 LV는 2초 동안 가속하여 다시 최대 가속도로 가속하여 주행한다. SV는 자동 가속도가 $2.0m/s^2$ 을 넘지 않는다.

이때 SV와 LV의 시간대별 차간거리의 변화를 관측한 후 일반 감속 상황에서의 안전조건을 찾아낼 수 있다.

④ LV는 $-\frac{2}{3}g$ (돌발상황 감속도)의 감속도로 2초 동안 감속: 이때 SV의 평균 감속도가 $-3.0m/s^2$ 을 넘지 않는다.(2초 동안) SV가 감속한 속도를 추종하여

Time gap이 유지됨이 관측되면 LV는 2초 동안 최대 가속도로 가속하여 주행한다. SV는 자동 가속도가 $2.0m/s^2$ 을 넘지 않는다.

이때 SV와 LV의 시간대별 차간거리의 변화를 관측한 후 돌방감속 상황에서의 안전조건을 찾아냄

⑤ LV는 $-\frac{1}{3}g/-\frac{2}{3}g$ 의 감속도로 멈춤: 이때 SV의 평균 감속도가 $-3.0m/s^2$ 을 넘지 않는다.(2초 동안) 이 시험을 통해 ACC 시스템이 꺼지는 시점과 운전자가 충분히 반응하여 정지 할 수 있는 조건을 제시해준다.

후방충돌 가능성을 대비한 안전조건을 위해 차간간격 조사가 정확히 이루어져야 하며 결과적으로 Operation limit이 우리나라 운전행태 및 교통조건으로 인해 강화될 것이 예상된다.

3) 곡선부 주행 시나리오

곡선부 선회 능력 시험은 도로 기하구조에 따른 ACC 시스템 센서의 감지범위를 고려해야 하며 전방차량이 일정한 곡선반경 R_{min} 인 곡선을 일정속도로 주행할 때 ACC 시스템은 전방차량을 정상상태의 Time Gap으로 추종할 수 있어야 한다.

$$V_{\leq} \leq \sqrt{a_{lateral_max} \times R_{min}}$$

$$a_{lateral_max} = 2.3m/s^2$$

곡선부 선회 시험에서 SV의 감속은 최대시간간격의 2/3로 떨어지기 이전에 이루어져야 한다.

III. 결론

감응식 순항제어(ACC) 시스템에 대한 국내 환경하에서의 실차실험을 위한 시험평가 프로그램이 1차적으로 완성되었다. 이는 국내 환경에 맞는 평가기술과 안전 기준을 도출하기 위한 것으로 이 프로그램은 가상현실(VR: Virtual Reality) 시뮬레이션을 통해 검증한 후 실차실험을 실시할 예정이다.

참고문헌

1. 대한토목학회, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000
2. 대한교통학회, 도로용량편람, 2001
3. Road Vehicle - Adaptive Cruise Control Systems- Performance Requirements and Test Procedures, ISO/TC204/WG14N 143. 17, 1999. 7. 19
4. P.Fancher, R.Ervin, S.Bogard, A Field Operational Test of Adaptive Cruise Control : System Operability in Naturalistic Use, SAE Technical paper series : 980852, 1998.2
5. P. Fancher et al, Intelligent Cruise Control Field Operational Test(Final Report), DOT HS 808 849, 1998.5
6. Collen Serafin et al, Driver Preferences and Usability of Adjustable Distance Controls for An Adaptive Cruise Control(ACC) System. Ford Motor Company, 1996.10
7. Evaluation of the intelligent Crusie Control System Volume I - Study Results. US DOT, NHTSA, DOT HS 808 969, 1999.10
8. P. Venhovens, K. Naab, B. Adiprasito, Stop and Go Cruise Control, International Journal of Automotive Technology, Vol.1, No.2, pp.6 1~69, 2000
9. Willibald Prestl, Thomas Sauer, Joachim Steinle, Oliver Tschernoster, The BMW Active Cruise Control ACC, SAE paper No.2000-01-0344, 2000
10. Mooncheol Won, Sungsoo Kim, Byeongbae Kang, Hyuckjin Jung, Test Bed for Vehicle Longitudinal Control Using Chassis Dynamoter and Virtual Reality : An Application to Adaptive Cruise Control, KSME International Journal, Vol.15, No.9, pp.1248~1256, 2001