

# 차량 충돌 경보/ 회피 시스템

이 경 수 교수 · 한양대학교 기계공학부

## 1. 머리말

자동차의 고성능/고기능화에 따라서 자동차의 안전성이 더욱 중요해지고 있으며, 미국, 유럽, 일본 등의 자동차 선진국에서는 사고 발생시 승객을 보호하는 안전장치와 더불어 사고를 사전에 방지하는 “능동 안전(Active Safety)” 기술 개발에 관한 연구를 진행하여 오고 있다. 충돌 경보/회피 시스템(이하 “CW/CA 시스템”)은 충돌이 발생할 수 있는 상황에서 경보를 발생하고, 필요시 제동장치를 제어하여 차량의 안전을 향상시키는 능동 안전 시스템이다. 또한 선행 차량과 안전한 차간거리를 유지하기 위해 위험상황을 판단하여, 위험 정도에 따라 경보를 발생시켜 운전자가 위험 상황에 대처할 수 있게 하며, 보다 위험한 상황에서는 충돌을 회피할 수 있도록 브레이크 제어를 수행하게 된다. 이러한 충돌 회피 시스템의 실현을 위해서

는 선행차량과의 상대 속도와 거리를 측정할 수 있는 센서와 측정된 정보를 이용하여 돌발 상황 시 경보를 발생할 수 있는 알고리즘이 개발되어야 하며, 위험 상황을 벗어나기 위한 브레이크 제어 기술이 필요하게 된다.

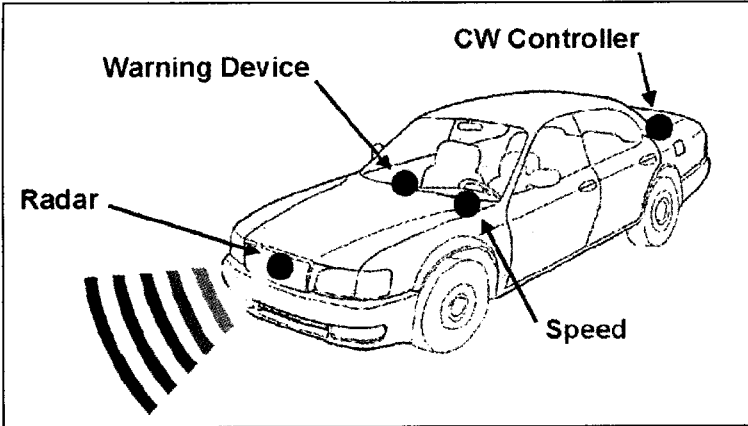
독일 및 일본의 연구에 의하면 교통사고의 70~90%가 운전자가 위험상황을 인식하지 못하거나 적절한 운전조작을 하지 못한 것에 기인하며, 운전자가 1초정도 위험 상황을 미리 인식하면 교차로나 추돌사고의 경우는 90% 정도, 정면 충돌의 경우는 60%정도 사고를 방지할수 있다고 한다. 미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration) 보고서는 1994년 미국에서 발생한 150만건의 추돌사고중 50%정도는 충돌회피 시스템에 의하여 방지될 수 있다는 것을 지적하였다. 그러므로, 위험상황을 미리 감지하여 운전자에게 알려주거나, 충돌이 발생할 수 있는 상황에서

는 적절한 제동력을 자동으로 제어할 수 있는 시스템이 있다면 운전자에게는 크게 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 교통사고를 회피함으로써 사고로 인한 교통체증을 예방할 수 있으므로 인명손실 예방효과와 더불어 사회적인 손실을 줄이는 효과도 크다고 할 수 있다.

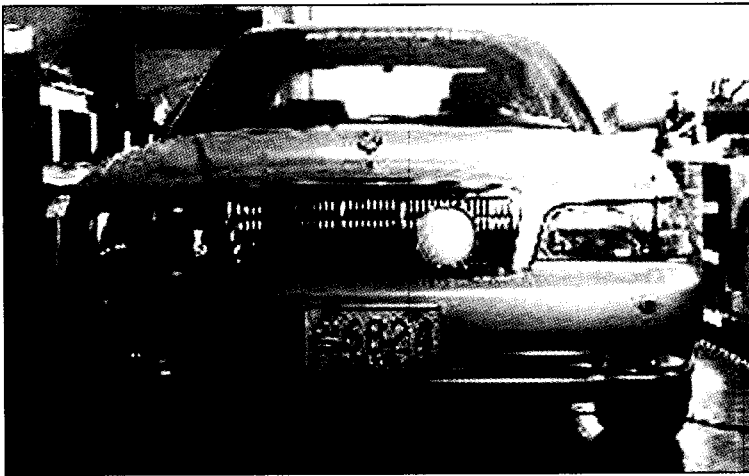
CW/CA 시스템은 1990년대 초반부터 활발하게 연구개발되었으며, 충돌경보(CW) 시스템의 경우는 미국의 Eaton VORAD Technologies에 의하여 대형트럭용으로 개발되어 상용화되었다. 충돌회피 시스템의 경우는 많은 회사에 의하여 개발되었으나 브레이크제어시스템의 비용, 운전자 반응(Driver Acceptance), 기타 기술적인 문제로 인하여 아직 상용화가 이루어지지지는 않았다.

## 2. CW/CA 시스템

CW/CA 시스템의 구성요소는 전방 차량 또는 장애물과



<그림 1> A collision warning vehicle(SAE paper 99PC-138, An experimental investigation of a CW/CA System for Automobiles, Sung Ha Kim et al.)



<그림 2> A front view of the CW vehicle (SAE paper 99PC-138, An experimental investigation of a CW/CA System for Automobiles, Sung Ha Kim et al.)

CW/CA 차량과의 상대거리를 감지하는 센서, 측정신호를 바탕으로 위험정도를 판단하는 ECU, 운전자에게 위험정도를 알려주는 경보장치, 필요시에 엔진과 제동장치를 제어하는 액츄에이터로 구성된다. 전자파를 이용한 충돌방지레이더는 1970년대 초부터 개발이 시작되었으며, 1980년대

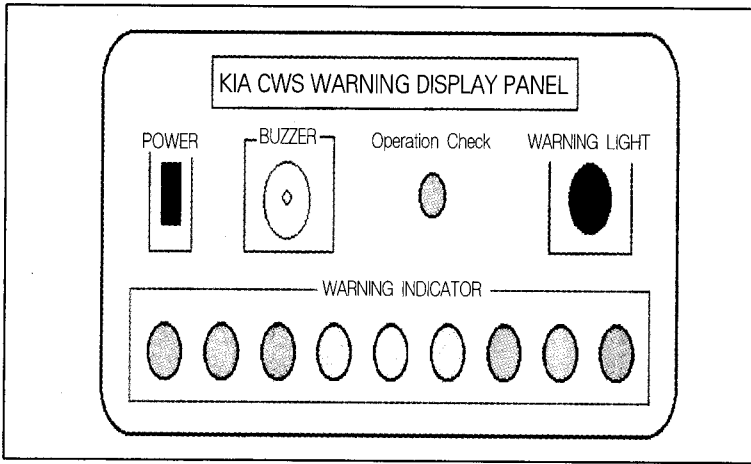
초에 일본에서 레이저 레이더(laser radar)의 상용화가 이루어졌으나, 레이저 레이더는 눈, 비, 안개 등의 날씨에 따라 성능이 저하되고, 흙, 먼지등의 오염에 취약한 특성이 있어 자동차에 사용되는데는 문제가 있다. 1980년대 후반부터 레이저 레이더보다 성능이 우수한 밀리미터파 레

이다(mm wave radar)가 미국과 유럽에서 연구개발되었고, 현재는 밀리미터파 레이더의 상용화 연구가 진행되고 있다. 엔진의 출력을 제어하는 스로틀 액츄에이터는 DC모터나 스텝모터가 많이 이용되며, 브레이크 액츄에이터는 유압, 공압, 전기모터 제어 방식 등의 다양한 방식이 개발되고 있다.

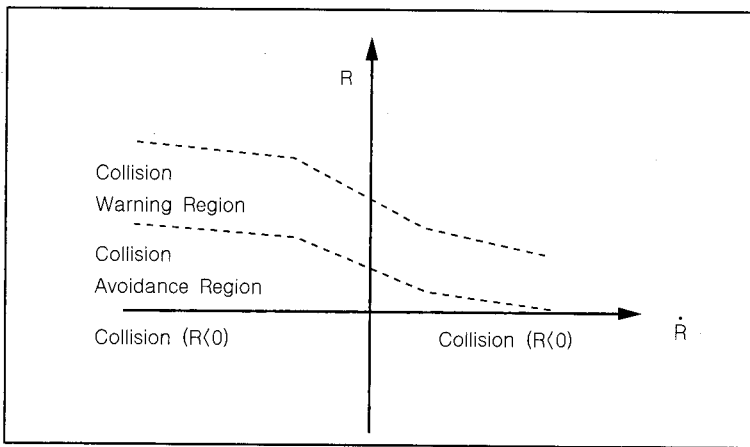
그림 1은 CW 차량의 구성을 보여주고 있으며, 그림 2는 CW 차량의 전면을 보여주고 있다. 앞면 번호판 위에 원형으로 보이는 것이 밀리미터파 레이더 센서이다. 경보장치(warning display)의 한 예가 그림 3에 나타나 있다. 이 경우에는 운전자에게 위험한 상황에서 경보를 주는 방법은 시각적인 방법과 경보음을 사용하는 방법, 두 가지를 적용하였다. 시각적인 경보방법은 9개의 LED를 이용하여 위험한 정도를 표시하도록 하였다. 안전한 경우는 녹색 LED가 켜지게 되고, 위험한 상황이 시작되면 노란색 LED가 먼저 시각적인 경보를 제공하고, 위험도가 높아짐에 따라서 빨간색의 LED가 켜지기 시작하며 경보음을 발생하게된다. 상대거리가 제동거리(braking critical distance)보다 작아지면 3개의 빨간색 LED가 모두 켜지면서 경보음과 함께 제동력 제어가 시작되게된다.

### 3. CW/CA 알고리즘

현재 개발된 CW/CA 알고리즘



(그림 3) A warning display panel(SAE paper 99PC-138, An experimental investigation of a CW/CA System for Automobiles, Sung Ha Kim et al.)



(그림 4) Collision warning/collision avoidance criteria

은 대부분 유사하다. 차량의 속도, 차간거리, 앞차와의 상대속도를 측정하여 경고거리(warning distance) 및 제동거리(braking distance)를 계산하고, 차간 거리가 경고거리보다 작으면 운전자에게 경보를 주고 제동거리보다 작으면 제동력제어를 수행하게 된다. 경고거리 및 제동거리는 다양한 방법에 의하여 정의 될 수 있

나 대체적으로 유사하게 정의되며, CW/CA 알고리즘의 기본 개념이 그림 4에 설명되어 있다.

상대거리(Range, R), 상대속도(Range Rate,  $\dot{R}$ ) 평면에서 충돌경보영역(collision warning region), 충돌 회피 제동영역(collision avoidance region)을 정의한 후, 상대거리, 상대속도가  $R - \dot{R}$  평면에서 해당되는 영역에

따라 충돌 경보나 충돌회피제동 제어를 수행하게 된다.

CW/CA 알고리즘은 날씨 및 도로상태등의 환경조건에 따라 달라져야 하며, 운전자의 성향에 따라서도 달라져야 한다. 운전자의 운전 습관에 맞게 운전자가 CW/CA 알고리즘에서 경고거리/제동거리를 조정(tuning)할 수 있는 기능을 추가함으로써 운전자의 성향에 맞출수 있는 방법이 있으며, 와이퍼작동상태나 전조등의 상태에 따라 알고리즘이 자동 조정되도록하는 방법이 이용되기도 한다. 또한 노면의 상태를 주행중에 직접 추정하여 도로상태에 따라 적절한 알고리즘으로 자동조절하는 알고리즘도 연구되고 있다.

#### 4. 운전자 성향문제 (Human Factors)

CW/CA 시스템은 운전자에게 효용이 있다고 인정을 받아야 한다. 즉, CW/CA 시스템은 운전자가 받아들일 수 있는 경보 또는 제동력 자동제어 기능을 제공하는 것이 필요하며, 운전자의 운전 습관과 간섭을 일으켜서는 안된다. 지나치게 자주 경보를 주게되면 운전자는 경보를 무시하게되고, 경보가 지나치게 위험한 경우에만 주어지게되면 사고예방효과가 충분하지 못할 수 있다. 그러므로 경보 방법이나 경보 거리는 다양한 실험을 통하여 결정되어야 하며, 운전자의 성향에 따라 조절되어야 한다.

충돌회피 제동력 제어는 운전자의 정상운전 습관을 간섭하지 않는 것이 중요하다. 운전자가 사고를 피하기 위해 조향을 하려고 할 때 CW/CA시스템이 자동으로 브레이크를 작동하게 되면 운전자는 당황하게 되고 운전자가 운전 불능상태에 빠질 수도 있다. 모든 사고를 방지하도록 설계된 충돌회피 알고리즘의 경우는 운전자의 운전습관과 간섭을 일으킬 가능성이 높고, 예기치 못한 사고의 원인이 될 수도 있다. 그러므로 충돌회피 알고리즘은 운전자 간섭을 최소화하고, 충돌사고를 100% 방지하기보다는 사고의 충격을 감소시키도록 설계하는 것이 중요하다.

### 5. 제동시스템 제어문제

충돌이 발생할 수 있는 상황이 발생하면 CA 차량은 자동으로 제동장치를 제어하게 된다. 이때 중요한 것은 가능한한 운전자가 놀라지 않도록, 또한 운전자의 운전 습관과 간섭을 일으키지 않는 범위에서 제동력이 제어되는 것인데 이 두 가지는 상충되는 기준이다. 즉, 운전자가 충격을 받지 않도록 부드럽게 제동력이 제어되려면 제동거리 및 시간이 길어지게 되고, 운전자의 운전과 간섭을 일으키는 경우가 더 많이 발생하게 된다. 반대로 운전자와 간섭을

방지하려면 짧은 시간에 큰 감가속도를 갖거나, 충돌 상대속도가 커질 수 밖에 없다. 그러므로 안전(safety)와 승차감(ride comfort) 두 가지 사이에서 최적의 절충을 설계에 반영하여야 한다.

일반적으로 제동시의 승차감은 가속도와 jerk의 크기에 영향을 받는다고 하며,  $2.5m/s^2$ 의 감가속도까지는 운전자 승차감을 악화시키지 않는다고 한다. 그러므로, 최대 가속도가 일정한 범위를 넘지 않고, jerk가 크게 발생하지 않도록 제동장치를 제어하는 것이 필요하다. 단순히 위험상황에서 제동장치를 ON 하고, 안전거리가 확보되면 OFF 하는 방식의 제어는 jerk가 크게 발생하게 된다. 도로의 상태, 도로의 경사 등의 다양한 환경변화, 차량속도의 변화 등 다양한 주행상황에서 가속도와 jerk를 적절하게 제어하는 제어기법이 연구되는 것이 필요하다.

### 6. 맺음말

충돌경보/회피(CW/CA)시스템은 모든 자동차 충돌사고의 40% 정도에 효과적으로 작용할 수 있다고 한다. CW/CA 시스템이 상용화되면 사고를 줄이고, 사고가 일어나더라도 사고의 피해를 줄이는 효과를 얻게되므로 인

적손실 및 재산 손실을 크게 줄일 수 있을 것이며, 사고로 인한 극심한 교통체증을 방지하는 효과가 있을 것이므로 사회적인 손실을 예방하는 방법이 될 수 있을 것이다. CW/CA 시스템이 상용화되려면 다양한 도로 및 주행환경을 감지하고 판별하는 센서 및 신호처리기법이 개발되어야 하며, 효율적인 제동력 제어 시스템이 개발되어야 한다. 현재 CW/CA 시스템 연구는 첫째, 센서, 액츄에이터, 경보/회피 제어알고리즘의 개발, 둘째, CW/CA 시스템의 효과, 셋째, CW/CA 시스템의 성능을 예측할 수 있는 주행상황, 넷째, 설계된 CW/CA 시스템의 성능 검증 및 운전자에 대한 홍보 방법에 대하여 진행되고 있다.

21세기에는 인간의 운전 부담을 상당부분 감소시켜주고, 운전자가 인식하지 못하거나 적절한 조작을 하지 않는 경우에는 적절한 판단 및 조작을 수행하는 "지능 차량(intelligent vehicles)"이 등장할 것이다. ITS (Intelligent Transportation Systems)는 지능차량기술을 기반으로 실현될 수 있을 것이며, 인간을 편하고 안전하게 해주는 지능 차량은 우리의 예상보다 빨리 우리 곁으로 다가올 것이다.

〈이경수교수 : kyongsu@email.hanyang.ac.kr〉