

# RLS를 사용한 레이더 데이터의 가려지는 물체 분리

## Detect occluded object from radar data using RLS

류경진<sup>1</sup>, 박성근<sup>2</sup>, 황재필<sup>3</sup>, 김은태<sup>4</sup>, 박민용<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 서울시 연세대학교 전기전자공학부  
E-mail: ysc025@yonsei.ac.kr

<sup>2</sup> 서울시 연세대학교 전기전자공학부  
E-mail: keiny@yonsei.ac.kr

<sup>3</sup> 서울시 연세대학교 전기전자공학부  
E-mail: purnnara@yonsei.ac.kr

<sup>4</sup> 서울시 연세대학교 전기전자공학부  
E-mail: etkim@yonsei.ac.kr

<sup>5</sup> 서울시 연세대학교 전기전자공학부  
E-mail: mignpark@yonsei.ac.kr

### 요 약

운전자의 편의와 안전을 위한 장치로 센서를 차량에 많이 부착하게 되었다. 레이더도 그런 센서 중의 하나로 다른 센서들 보다 정확하게 주변상황을 인식하게 해 준다. 하지만 그런 레이더 데이터에는 차량의 정보들 뿐만 아니라 주변의 장애물, 건물 등의 원하지 않는 데이터가 같이 들어 오며 이런 물체들은 뒤에 있는 물체들을 가리기 까지 한다. 이 논문에서는 RLS(Recursive Least Square)를 사용하여 이런 가려지는 물체들의 데이터를 버리지 않고 사용할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

**Key Words** : 레이더, 겹쳐지는 물체, RLS

### 1. 서 론

이전에는 차량 사고가 났을 때 사고 후 운전자의 충격을 최소화 하기 위한 연구가 진행되었다. 하지만 이제 차량 사고가 일어나기 전 사고를 미리 예측하고 막는 방법이 연구되고 있다. 미리 사고를 예측하기 위해서는 운행 중인 차량과 그 주변에 있는 차량들의 위치와 속도를 실시간으로 파악할 수 있어야 예측 가능하다.

차량의 주변 상황을 인식하기 위해서 여러 가지 센서가 쓰이고 있다. 최근엔 차량과 차량 뒤의 물체와의 거리를 일정한 소리의 간격으로 알려주는 후방센서는 쉽게 볼 수 있다.

단순히 거리만을 측정할 수 있는 후방센서에 비해서 레이더와 카메라는 주변 상황을 더욱 구체적으로 인식 할 수 있는 센서들이다. 주변의 물체가 차량인지 아닌지, 어떻게 움직이고 있는지 구체적으로 파악할 수 있다.

레이더 데이터를 분석하여 차량만 구분하는

알고리즘에 대해서 연구가 진행 되었다. [1-3] 본 논문에서는 순차적으로 들어오는 레이더 데이터 처리에 맞게 재귀적 최소 자승을 구할 수 있는 RLS(Recursive Least Square) 방법을 이용하였으며, 이를 이용하여 배경이 되는 건물들의 외곽 이라든가 도로의 가드레일 등을 구분 할 수 있는 방법을 제시 하였다.

### 2. RLS<sup>[4]</sup>

최소자승 추적은 실제 데이터와 계산된 값들의 차이 제곱의 합이 최소가 되도록 선형 모델식의 파라미터를 찾는 것이다.

$$V(\theta, n) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y(i) - \phi^T(i)\theta)^2 \quad (1)$$

식(1)을 최소화 하기 위한 파라미터를 찾기 위해서 닫힌 형식으로 나타내면 식(2)와 같이 나타나진다.

$$\theta = \left( \sum_{i=1}^n \phi(i)\phi^T(i) \right)^{-1} \left( \sum_{i=1}^n \phi(i)y(i) \right) \quad (2)$$

하지만 식(1) 과 식(2)는 실시간으로 데이터를 처리하지 못한다. 레이더의 데이터는 순차적으로 들어오기 때문에 순차적으로 추적할 수 있는 방법이 필요하다. 식(2)를 재귀적인 형식으로 바꾸면 식(3)과 같다.

$$\theta(k) = \theta(k-1) + L(k)(y(k) - \phi^T(k)\theta(k-1)) \quad (3)$$

여기서

$$L(k) = P(k)\phi(k) \\ = P(k-1)\phi(k)(1 + \phi^T(k)P(k-1)\phi(k))^{-1} \quad (4)$$

그리고

$$P(k) = (I - L(k)\phi^T(k))P(k-1) \quad (5)$$

P(k) 는 공분산 행렬로 이용된다. RLS는 이상적인 추적과 같아지도록 해주는 필터로 볼 수 있다. 만약에 선형 모델의 파라미터들이 시간에 대한 상수라면 평균은 파라미터를 구하는데 있어서 가장 좋은 방법이다. 하지만 선형 모델의 파라미터들이 시간에 따라 변한다면 우리는 이런 변화를 유지하여 계속 추적할 수 있는 방법이 더욱 효과적이다.

일반적인 RLS는 감쇠요소(Forgetting factor)를 가지고 있다. 새로운 데이터들이 들어오면 처음 들어온 오래된 데이터들을 버리기 위한 요소이다. 감쇠요소는 가중치로 볼 수 있는데 오래될수록 예전에 들어온 데이터들의 가중치를 적게 두고 새로 들어온 데이터에 가중치를 많이 주는 것과 같다. 식(2)를 감쇠요소  $\lambda$ 를 포함하여 다시 나타내면 식 (6)과 같다.

$$V(\theta, k) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \lambda^{k-i} (y(i) - \phi^T(i)\theta)^2 \quad (6)$$

$$0 < \lambda \leq 1$$

감쇠요소는 오래된 데이터들을 사라지게 만들어 준다.  $\theta$  는 재귀적으로 식(5)와 같은 방법으로 계산되어진다. 하지만 L(k) 와 P(k)는 다음과 같이 유도된다.

$$L(k) = P(k)\phi(k) \\ = P(k-1)\phi(k)(\lambda + \phi^T(k)P(k-1)\phi(k))^{-1} \quad (7)$$

$$P(k) = (I - L(k)\phi^T(k))P(k-1) \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

### 3. 시뮬레이션

#### 3.1 레이더 데이터의 특징

본 논문에 사용된 레이더는 SICK 사의 RS422 모델로 물체의 거리와 방향을 알 수 있다.

RS422은 측정거리가 100m 이며 Angle의 최소단위는 0.25도 이다. 회전 방향은 시계방향이며 초당 10번의 스캔이 이루어진다.

그림 4. 은 주어진 도로상황일 때 레이더 데이터의 2차원 표시를 같이 보여 주고 있다. 그림에서 레이더의 각 방위각의 데이터는 각 점으로 이루어졌으며 이 점들이 모여서 하나의 물체를 나타나게 된다.

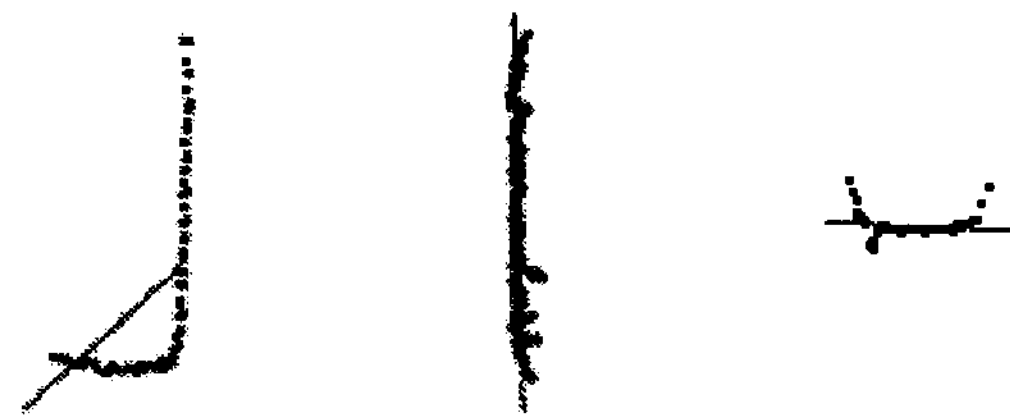
#### 3.2 Grouping

레이더 데이터를 처리하기에 앞서 같은 물체의 데이터끼리 모아주는 과정을 먼저 거친다. 한 물체는 여러 데이터들이 모여서 형성되기 때문에 각각의 데이터를 처리하기보다 한 물체를 처리하는 방법이 더욱 효율적이기 때문이다.

본 논문의 시뮬레이션에서는 근거리의 데이터들을 하나로 Grouping 하였다. [1]

#### 3.2 RLS

자동차의 형태를 분석하면 I, L 자 형 등이 주류를 이루고 있다. 이들 모형은 한 개 또는 두 개의 선으로 구성되어 있다. 이를 구분하기 위해 RLS 결과와 레이더 데이터의 오차를 구해서 판단할 수 있다. 그림 1. 은 대표적인 자동차의 레이더 데이터 형태를 구분한 것이다. [2]



a) Type I    b) Type II    c) Type III  
그림 1. 레이더 데이터의 자동차 모양

#### 3.2 겹쳐지는 물체

그림 2.는 겹쳐지는 물체를 나타내고 있다. 앞의 자동차(B)에 의해서 뒤쪽의 벽(A, C)이 가려져서 두 물체로 나타나고 있다. 하지만 이 두 물체(A, C)는 원래 하나의 물체이며 그림 3.에서 보듯이 라인으로 나타내었을 때 거의 비슷하게 나타난다. 이 성질을 이용하여 RLS를 이용하였다. 먼저 (A)에서 (B)로 가는 경우처럼 물체가 가려졌다고 생각 되는 부분을 체크해 둔다. 그리고 (B)에서 (C)로 가는 경우처럼 앞 물체가 끝나는 부분에서 앞에서 체크한 Group 들로부터 검사를 한다.

검사는 먼저 (A)의 RLS 결과를 이용하여 (C)가 시작 되는 데이터와 거리가 얼마나 되는지 그리고 (A)와 (C)의 RLS 결과가 얼마나 비슷한지 기울기의 오차 범위로서 판단을 한다. 이 두 항목이 일정한 값 이하로 들어오면 같은 물체로 판단을 한다.

#### 4. 결과 고찰

그림 8. 은 실험한 차량 그림이다. 그림 4.은 주어진 레이더 데이터이다. 데이터들을 점으로 나타낸 것이다.

그림 5. 는 근거리에서 있는 데이터들을 한 물체로 판단하고 Grouping을 한 것이다. 같은 색상으로 나타난 것은 같은 물체를 의미한다.

그림 6.는 Grouping 이후 물체의 Size를 이용하여 차량이 아니라고 판단한 그림이다. 차량보다 훨씬 작거나 훨씬 큰 물체들을 제거하였다. 그림 5.에서 있는 색상이 그림 6.에서 없어진 것을 볼 수 있다. 하지만 차량 이외의 물체가 많이 남아있다.

그림 7.은 RLS를 이용하여 차량 형태를 구분하고 겹쳐지는 물체를 판단하여 처리한 결과이다. 그림 7.에서 보듯이 차량만 남고 주위의 물체들을 제거 된 것을 볼 수 있다.

시뮬레이션 결과에서 보듯이 본 논문에서 제시한 방법이 가려지는 물체로 인해 여러 물체로 나뉘는 경우 같은 물체로 판단을 하고 차량이 아니라고 판단을 할 수 있었다. RLS도 레이더 데이터 처리에 적합하게 실시간으로 작동하여 효율을 높였다. 하지만 상황에 따라서는 충분히 차량을 구별 할 수 없는 경우도 있었다. 이를 위해 여러 가지 알고리즘을 추가하면 어느 정도 성능은 좋아질 수 있으나 실시간으로 구현하기에 계산 량이 많아졌다.

앞으로 과제는 실시간으로 데이터를 처리하기 위해서 최소한의 알고리즘으로 여러 상황에 맞게 파라미터들이 변화는 방법으로 연구를 해야 하겠다.

#### 참 고 문 헌

- [1] N. Shimomura, K. Fujimoto, T. Oki, and H. Muro, "An Algorithm for Distinguishing the Types of Objects on the Road Using Laser Radar and Vision," IEEE Trans-ITS, Vol. 3, No. 3, pp 189-195, September 2002.
- [2] 류경진, 박성근, 황재필, 김은태, 강형진, "물체 인식을 위한 레이더 센서 데이터의 그룹핑," 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 2007년도 춘계학술대회 학술발표 논문집, Vol. 17, No 1, pp. 394-396, 2007년 4월.
- [3] 류경진, 박성근, 김은태, 강형진, "최소자승법을 이용한 레이더 센서 데이터에서 자동차 선별 시스템," 한국자동차공학회 2007년도 춘계학술대회논문집 pp.2275~2279, 2007년 6월.
- [4] A. Vahidi, A. Stefanopoulou, H. Peng, "Recursive Least Squares with Forgetting for Online Estimation of Vehicle Mass and Road Grade Theory and Experiments," Vehicle System Dynamics, 2005

ACK : 본 연구는 한국 과학재단 특정기초 사업 'R01-2006-000-11016-0'으로 지원되었습니다.

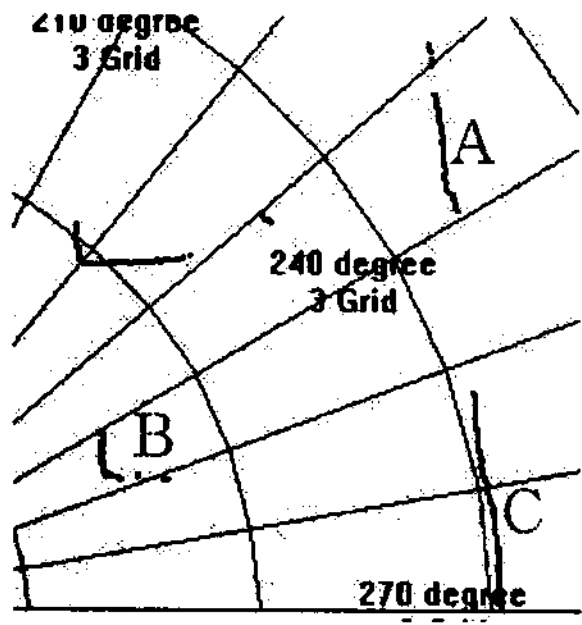


그림 2. 겹쳐지는 물체

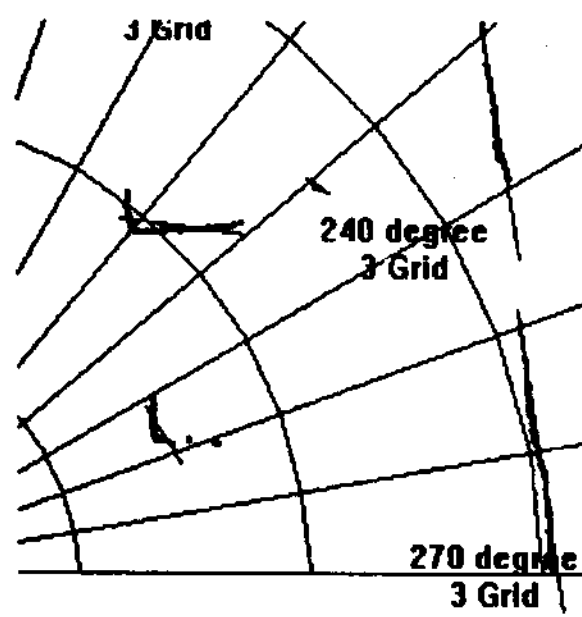


그림 3. RLS 결과

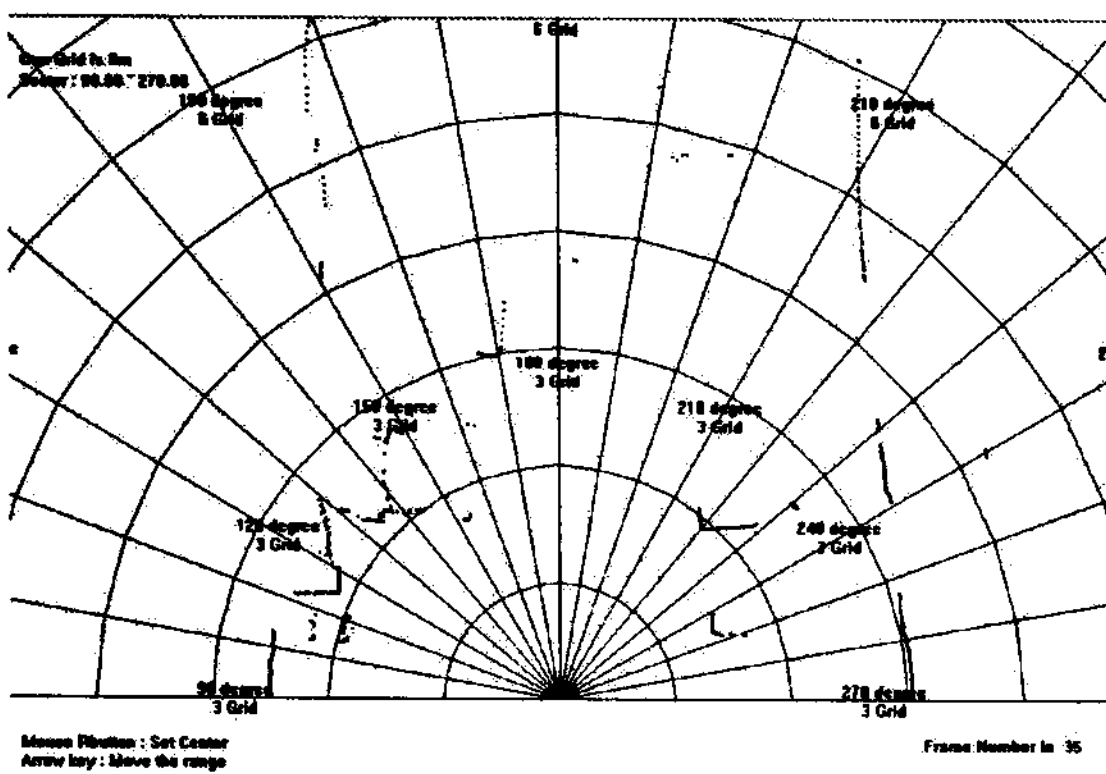


그림 4. 레이더 데이터

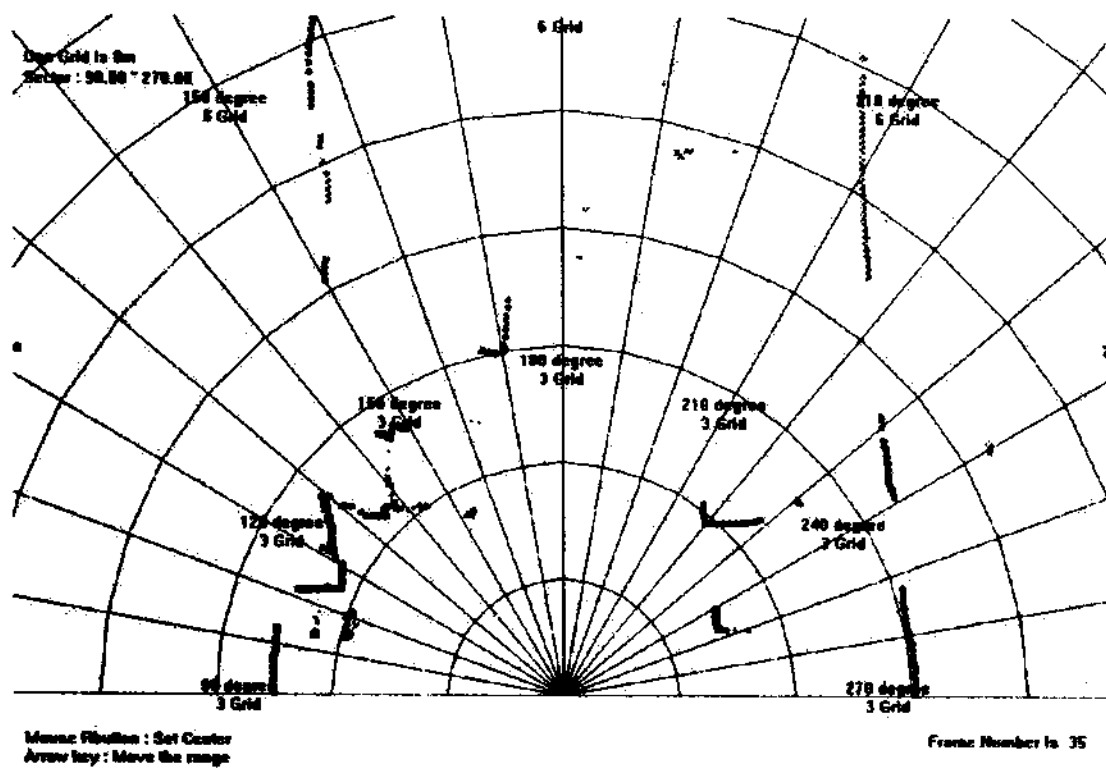


그림 5. Grouping

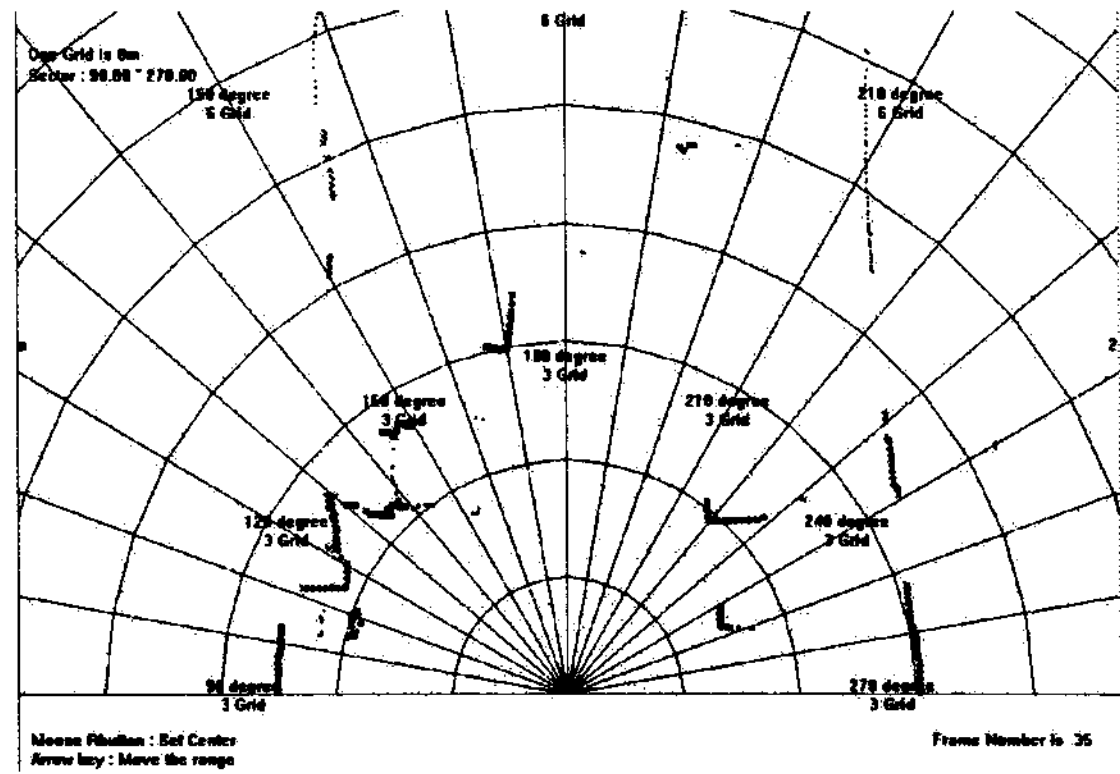


그림 6. 크기로 판단

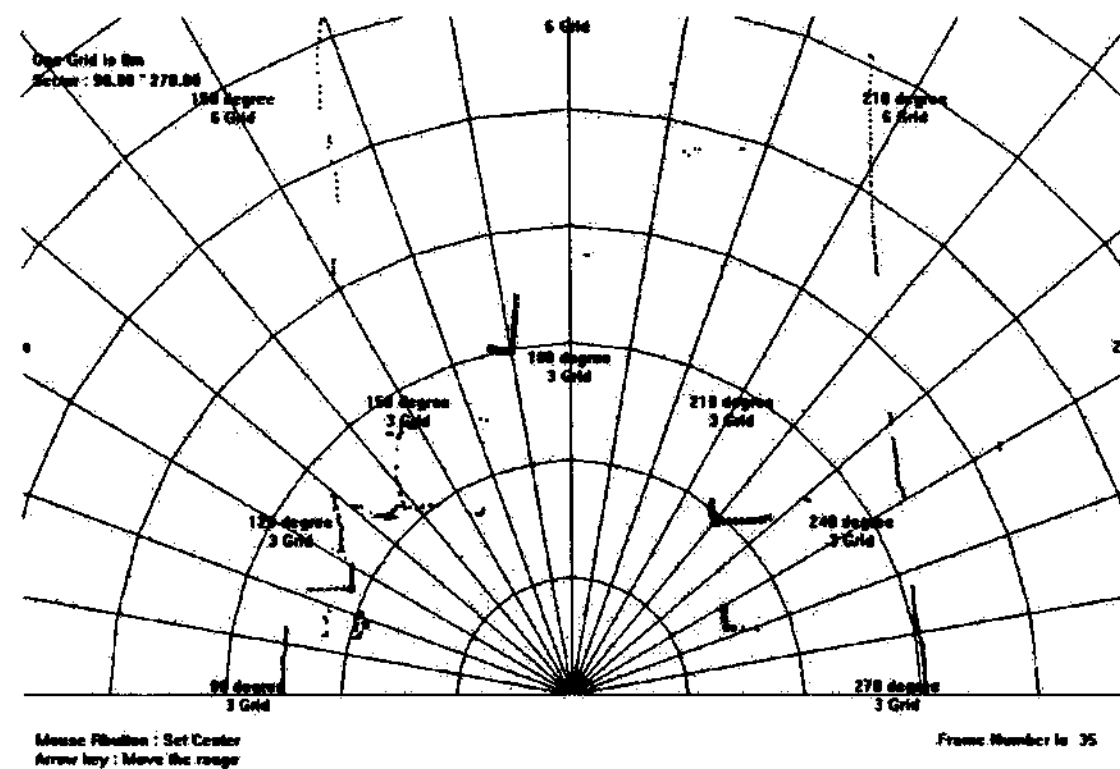


그림 7. RLS를 이용한 겹쳐지는 물체처리

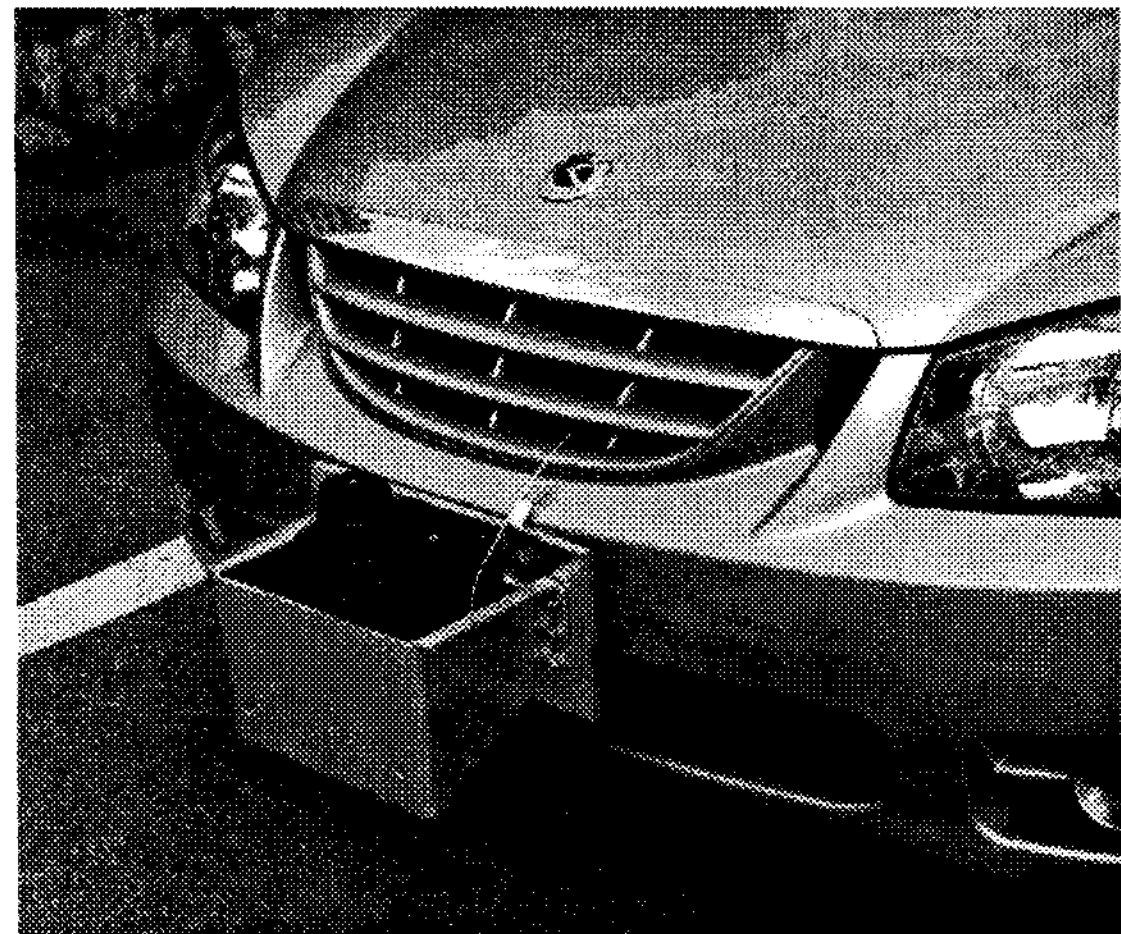


그림 8. 실험 차량