

논문 2004-41SC-5-2

# 차량검지 시스템을 위한 펄스레이더 신호처리 알고리즘

## (Pulse Radar Signal Processing Algorithm for Vehicle Detection)

고 기 원\*, 우 광 준\*

(Ki Won Ko and Kwang Joon Woo)

### 요 약

본 논문에서는 펄스레이더를 이용한 차량검지 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 likelihood 개념을 이용한 likelihood ratio를 통해 하나의 펄스신호에서 분류위치를 추출하고 추출된 분리점을 기준으로 신호를 분리, 간략화 하였다. 이렇게 처리된 펄스신호에서 연속된 신호의 유클리드거리를 이용하여 단순 군집 탐색 알고리즘에 의해 차량을 검지하였고, 실험을 통해 제안된 알고리즘의 유용성을 확인하였다.

### Abstract

This paper presents a vehicle detecting algorithm using microwave system signals. The proposed algorithm decides the breakpoint of signals using the likelihood criteria. The decided signals are segmented and simplified. The proposed searching algorithm uses the Euclid distance from the weighted signal data. We tested the proposed algorithm to compare with the segmentation which is a method using smoothing and edge detection. We confirm that the proposed algorithm is very useful for detecting vehicles by field test.

**Keywords:** GPR (Ground penetrating radar), ITS (Intelligent transportation systems), Segmentation using likelihood ratio, Euclid distance

## I. 서 론

제한된 도로 여건에서 차량의 증가로 교통환경이 심각하게 나빠지고 있으며 이는 에너지 낭비, 환경오염으로 까지 영향을 미치고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 교통시설을 개량하고 도로를 확충해야 하나 이는 막대한 재원이 필요하며 또한 곧 한계에 다다를 것이다. 따라서 현재 환경에서 교통체계를 지능화 하여 교통 운영의 효율성을 확보하고, 교통 안전 및 환경개선을 위해 ITS(Intelligent transport systems)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.<sup>[1]</sup> 교통량 검지시스템은 ITS의 최하부 장비로서 각 도로에 설치되어 교통 정보를 획득하는 기기이며 도로교통 정보제공에 가장 기본적인 요소이다. 현재까지 교통 정보를 수집하기 위

해 루프 검지시스템, 초음파 검지시스템, 영상 검지시스템, 초단파 검지시스템 등이 활용되고 있다. 이중 레이더의 원리를 이용한 초단파 검지시스템은 설치 및 유지 보수 측면 뿐 아니라 검지의 정확도, 획득할 수 있는 정보의 양 등에서 좋은 성능을 보이고 있다. 하지만 용도에 따라 사용되는 주파수가 다르고 알고리즘 또한 차이가 있다. 본 논문에서는 다양한 주파수에서 적용이 가능한 알고리즘 개발을 위하여 비교적 낮은 주파수인 500MHz에서 다이폴 안테나를 이용한 펄스레이더에서 데이터를 획득했다. 수신된 레이더 신호는 Likelihood 방법을 이용하여 분리 하고 분리된 신호를 간략화 하여 특징 정보를 추출 하는 알고리즘을 제안 하였다. 또한 연속으로 들어오는 신호에서의 차량 존재 유무 즉 차량 개체를 판별하는 알고리즘을 제안하였다. 다이폴 안테나를 이용하여 획득한 데이터의 상태가 양호하지 않았으나 제안한 알고리즘을 적용하여 실험한 결과, 신호를 간략화 하기에 충분 했으며 하나의 신호에 대한 데이터

\* 학생회원, \*\* 정회원, 단국대학교 전자컴퓨터공학과 (DanKook University)  
접수일자: 2004년2월10일, 수정완료일: 2004년9월5일

의 양도 대폭 줄었다. 데이터가 연속으로 들어왔을 경우 간략화 된 신호의 누적 값을 통해 이웃한 신호와의 연관성을 근거로 차량 유무 여부를 판별할 수 있었다. 제안된 알고리즘의 성능 비교를 위해 LOWESS(Locally weighted scatter plot smooth)한 뒤 Gradient방법으로 Edge를 검출하여 신호를 분리, 간략화 하여 제안한 알고리즘과 비교 하였다..

### 1. 교통량 획득 방법

교통량 획득을 위한 교통량 검지시스템은 지능형 교통 시스템의 기본 장비로서 각 도로에 설치되어 교통 정보를 획득한다. 교통량 검지 방법은 매우 다양한 형태로 이루어지고 있으며 대표적인 것들은 다음과 같다.

루프 검지시스템은 도로위에 매설된 루프에 의하여 형성된 검지영역을 차량이 통과 하거나, 정지해 있는 경우 차량으로 인한 루프의 인덕턴스의 변화를 이용하여 통과 또는 존재의 결과를 검지하여 교통정보를 얻을 수 있는 차량검지시스템 이다. 사각형, 원형 등 다양한 형태로 구성할 수가 있으며 차선별로 검지가 가능하다. 또한 기본적인 교통 계수의 측정이 가능하다. 하지만 설치·보수 시에 교통을 통제하여야 하며 유지, 보수관리에 많은 비용이 소요된다.<sup>[2]</sup>

초음파 검지시스템 (Ultrasonic vehicle detector)는 20Khz 대역의 낮은 주파수를 이용하여 차량을 검출하는 센서로서 음파를 이용하기 때문에 야간이나 안개등의 시계상황에 무관하며 초음파 검지시스템을 한 차선에 두개를 사용할 경우 차량의 속도, 길이, 간단한 차종 정보를 얻을 수 있다. 하지만 음파 영역의 신호이기 때문에 온도, 습도, 난류등의 영향을 받기 쉽고 검지 영역이 원추형이기 때문에 다양한 차량구조와 높이 정보는 부정확하다. 또한 주변 환경조건에 민감하다.<sup>[3]</sup>

영상 검지시스템은 카메라의 영상입력수단을 이용하여 차량을 검지하는 시스템으로 교통변수 데이터들을 실시간 화면으로 검지할 수 있고, 도로와의 비 접촉식으로 설치가 용이할 뿐 아니라 1대의 카메라에서 다양한 교통변수 계측이 가능하므로 적은 비용으로 많은 기능을 수행할 수 있는 첨단 시스템이다. 영상 검지시스템은 비디오 감시 카메라로부터 얻은 영상을 운영자가 직접 관찰할 수 있으므로, 운영자에 의한 개입이 용이하다. 또한 한 대의 카메라와 프로세서로 여러 차로를 처리하는 것이 가능하므로, 다른 몇몇 시스템에 비해서 상대적으로 적은 비용이 소요된다. 하지만 영상 검지시스템의 경우 이동중인 차량에 의해서 생성되는 그림자

의 영향이 크고 습도, 빛으로 인한 오차가 발생할 수 있으며 가시광선 영역을 이용하기 때문에 밤의 경우 별도의 조명장치가 필요하고 안개나 비등의 장애 요인이 있을 경우 인식 성능이 현저히 떨어지게 된다.<sup>[4]</sup>

초단파 검지시스템은 마이크로파, 밀리미터파 대역의 전자파를 이용하여 측정하는 시스템으로서 목표물 탐지 시스템, 레이더 영상 시스템, 통신 시스템으로 이용되고 있다. 초단파 검지기는 사용되는 용도에 따라 다양한 주파수를 선택할 수 있다. 따라서 주파수 마다 그 특성이 많이 바뀐다. 높은 주파수 일수록 측정 가능한 거리가 짧아지나 주변 환경 변화에 강인해 지며 반사된 물체에 대한 해상력이 높아진다.<sup>[5]</sup>

## II. 신호처리 알고리즘

초단파 검지기는 레이더의 원리를 이용하지만 용도에 따라 주파수가 조금씩 다르며 처리 알고리즘 또한 약간씩의 차이가 있다. 본 논문에서는 교통량 측정 요소 중 기본요소인 차량의 유무를 판별하는 알고리즘을 수신된 신호별로 적용이 가능하게 함으로써 사용 주파수가 다른 검지기에서도 공통적으로 사용 가능한 알고리즘을 제안 하였다.

레이더에서 수신되는 신호는 송신된 신호가 물체에 부딪쳐 반사되는 신호를 수신하므로 물체의 거리가 멀면 공기 중에서 신호의 감쇄 때문에 거리가 가까울수록 신호의 세기는 강하고 반사되는 물체의 반사율이 클수록 수신되는 신호의 세기가 강하다. 피 탐지체의 거리 및 속도의 측정은 각각 전파의 전파 속도와 전파 소요 시간 및 반사 혹은 산란된 전파가 포함하고 있는도플러 효과에 의한 주파수 편이의 측정에 바탕을 둔다. 위의 원리를 이용한 레이더의 거리 및 속도 측정은 (1) 및 (2)에 근거를 둔다

$$R = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \quad (1)$$

$$v = \frac{\lambda \cdot f_d}{\cos\theta} \quad (2)$$

(1)에서  $c$ 는 자유공간에서의 전파전파속도,  $\Delta t$ 는 발사된 전파가 피측정체에 의해 반사되어 레이더로 되 돌아오는 데 걸리는 시간을 의미 한다. (2)에서  $f_d$ 는 도플러 주파수 편이를,  $\lambda$ 는 발사된 전파의 파장을, 그리고 각  $\theta$ 는 레이더와 피측정체 사이의 각으로 레이더

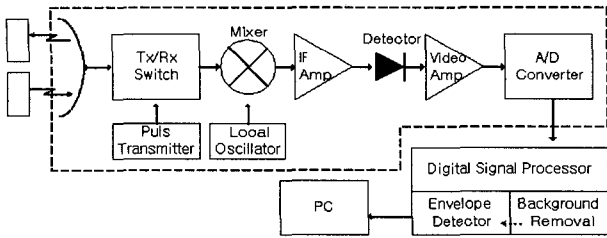


그림 1. 시스템블록 다이어그램  
Fig. 1. System Block Diagram.

의 측정 방향과 피측정체의 이동 방향이 이루는 각도를 의미한다<sup>[6]</sup>. 본 논문에서는 차량의 위치를 알수 있는 거리정보와 차량의 존재유무를 알아 낼수 있는 신호의 세기만을 획득하였다.

1. 레이더 신호 처리

그림 2에 사용된 펄스 레이더 시스템을 나타내었다.<sup>[6-7]</sup> RF Block에서 A/D 완료된 신호를 획득하였다. 획득된 신호에서 가장 기본적인 클러터 잡음인 주변 환경에 의해 발생하는 Background 잡음을 제거한 뒤 신호의 진폭만을 고려하여 처리하기 위해서 Envelope detector를 통과한 데이터를 PC로 전송하여 PC에서 Raw 데이터로 사용 하였다.

2. 차량 유무 식별 알고리즘

Likelihood 방법은 진폭응답을 두개의 별개 개체로 나눌 수 있는 신호를 분리하는데 적절한 후보 포인트를 인식하는데 사용된다.

기존의 Maximum likelihood operator는 그림 2와 같이 나열된 값들에서 한개의 움직이는 분리 점을 이용하여 획득하게 되며, 이때 분리점 좌우의 표준편차와 신호 전체의 표준편차를 이용한 Likelihood ratio는 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.<sup>[8]</sup>

$$LR = \frac{\sigma_m}{\sigma_n \sigma_{m-n}} \quad (3)$$

$\sigma_k$ : k에서 표준편차

그러나 이러한 이동 분할 방법은 신호가 두개 이상의 특징 정보를 가지고 있을 경우 적절치 않으며 신호의 진폭이 작아질 경우 Likelihood ratio 값이 불안정하게 된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 그림4와 같이 두개의 윈도우 쌍을 이용한 방법을 이용 한다. 윈도우의 크기에 따라 민감도가 달라지기 때문에 Likelihood ratio는 어느 한쪽 윈도우의 표준 편차 값이 '0'이 되면

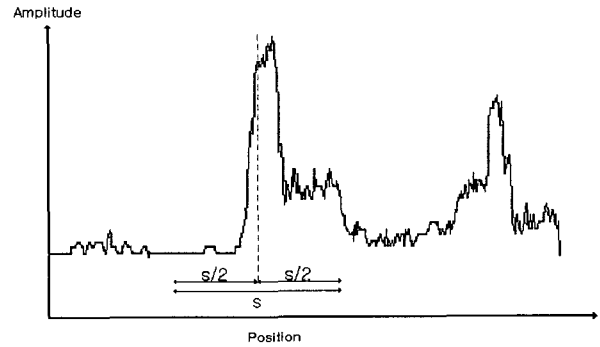


그림 2. Likelihood Ratio기반 윈도우 분리 방법  
Fig. 2. Likelihood Ratio-based Windowed Partition.

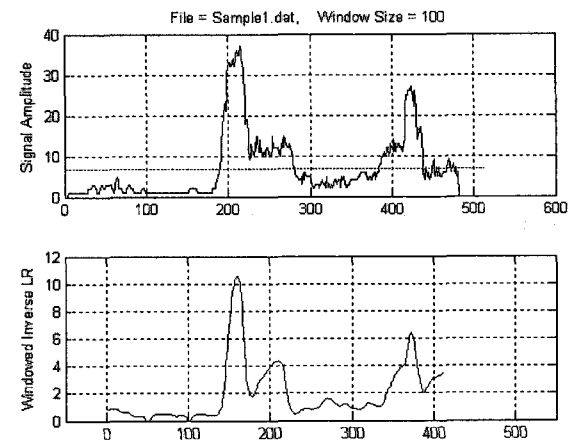


그림 3. 윈도우 분리 방법에의한 ILR  
Fig. 3. Windowed Inverse Likelihood Ratio.

그 값이 무한대로 되므로 ILR(Inverse likelihood ratio)를 사용한다.

ILR은 분리될 수 있는 작은 정조가 있는 값의 변화를 관측하는데 유리하다. 분리 가능한 정조가 있는 점에서의 ILR은 0에 가까워 진다. 즉 극소점에서 그 정조를 발견 할 수 있다.

그림 3에 임의의 신호와 그 신호의 ILR을 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 신호의 변화가 큰 부분에서의 ILR은 대체로 극소점을 갖는 것을 확인 할 수 있다. ILR의 극소점을 기준으로 신호를 Segment로 나누면 Signal에서 값의 변화가 시작되는 부분을 찾을 수 있다.

하지만 그림 4에서 보이는 것과 같이 지속적으로 진동이 있는 경우, 또는 Windowed partition방법에 의한 영향을 받는 부분에서는 실제 신호에서 변화가 거의 없는 경우에도 후보 분리점이 발생 하게 되어 분리 점 결정기준이 모호했다.

따라서 본 논문에서는 그림 5에 보인 것과 같이 ILR을 미분하여 진폭의 변화량이 일정값 이상인 점을 후보

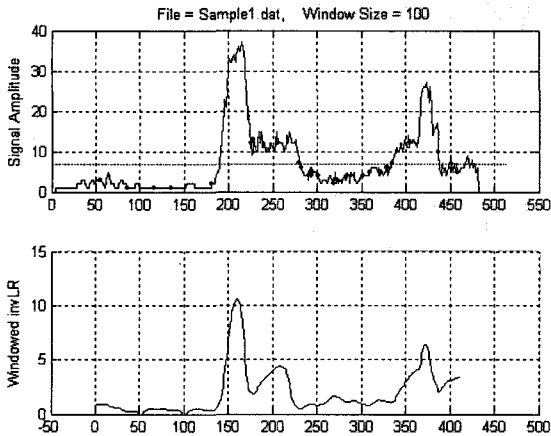


그림 4. ILR의 극소점을 후보 분리점으로 찾은 경우  
Fig. 4. Candidate break point using minima of ILR.

1. Compute mean amplitude
2. Compute standard deviation of amplitude
3. Compute Inverse Likelihood Ratio (ILR)
4. Compute Differential of ILR (dif\_ILR)
5. Find Maxima and Minima of dif\_ILR  
if  $abs(current\_dif\_ILR - previous\_dif\_ILR, s\_d\_ILR)$   
is smaller than S  
then delete
6. Decision point  
For each Maxima neighborhood Minima

그림 5. 분리점 결정 알고리즘  
Fig. 5. Break Point Decision Algorithm.

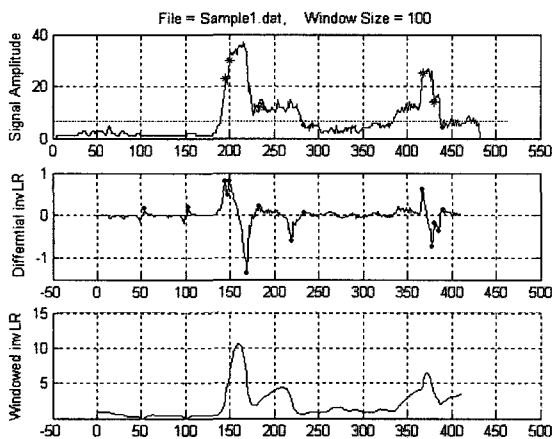


그림 6. 결정된 분리점  
Fig. 6. Decided Break Point.

분리 점으로 결정하고 후보 분리점 중에서 주변 후보분리 점과의 변화량이 S보다 클 경우를 분리 점으로 결정하였다. 여기에서 S는 문턱 값 이며, 결정된 분리 점은 그림 6에 나타내었다

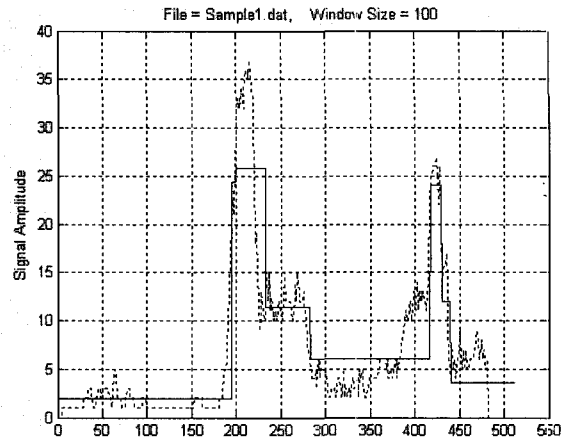


그림 7. 간략화 된 신호  
Fig. 7. Simplified signal.

표 1. 간략화 된 신호 데이터  
Table 1. Data of Simplified Signal.

위 치	크 기
0	1.9641
195	24.4
199	25.743
233	11.392
283	6.022
417	24.071
430	12
440	3.5753

그림 5에 보인 알고리즘에서 결정된 분리점을 기준으로 Segment화 된 신호를 간략하게 표현하기 위해 그림 7에서와 같이 분리된 구간의 값을 각 구간에서의 평균 진폭으로 값을 바꾸어 신호를 간략하게 했다. 간략화 된 신호는 분리구간의 위치와 그 위치에서 평균 진폭의 값만으로 표현이 가능하므로 데이터의 양을 대폭 감소시켜 그 후의 처리가 수월하도록 하였다.

연속된 신호에서 특징의 위치 변화 관찰을 위해 샘플링 시간과 차량의 이동 속도와와 관계를 알아보면 샘플링 시간이 충분히 작을 경우 샘플링 시간동안 차량이 이동하는 거리는 무척 짧기 때문에 연속해서 들어오는 신호의 특성은 크게 변하지 않는다. 즉 진폭이 크게 나타는 차량이 있는 부분에서의 연속된 신호일 경우 차량이 존재하는 위치가 앞뒤 신호에서의 위치와 크게 변화하지 않는다. 이를 바탕으로 간략화 된 신호에서 Edge 부분의 위치와 그 때의 진폭을 일정 구간 내에서 합산하였다. 그리고 상승 Edge와 하강 Edge를 구분하기 위하여 상승일 경우의 진폭은 그대로 더하고 하강일 경우

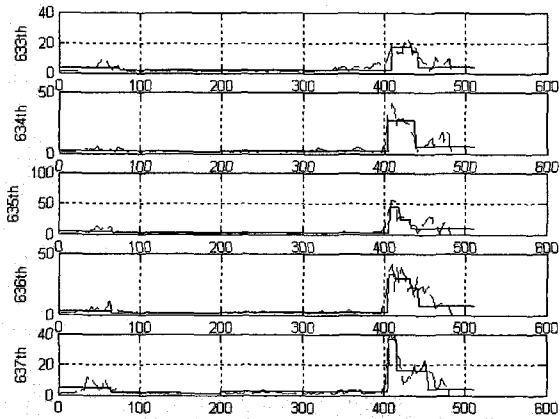


그림 8. 연속된 신호의 입력  
Fig. 8. Continuous Input Signals.

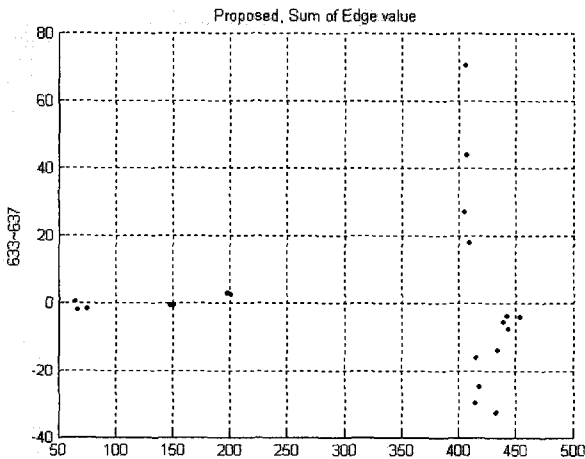


그림 9. 5개의 연속 신호에서 Edge부분 진폭 값의 누적 합  
Fig. 9. Edge Value Summation of Five Continuous Signals.

는 부호를 (-)로 바꾸어 합산하였다. 차량이 연속된 위치에서 계속 포착 될 경우 간략화 된 신호에서 Edge의 위치는 크게 변화하지 않을 것이며, Edge에서의 값을 가중치로 더했기 때문에 잡음에 의해 분리된 점에서는 비록 같은 위치에서 Edge가 발생했다 하더라도 그 값은 크지 않기 때문에 차량의 존재 여부를 확인 할 수 있다.

그림 8에서와 같이 5개의 신호가 연속으로 수신될 경우 이때의 간략화된 신호 정보를 이용하여 Edge부분의 값을 합산 했을 때는 그림 9와 같다.

그림 9에서 400근처의 위치에 최소 4개 이상의 Edge가 발생했고 또한 그때의 값이 다른 상승 Edge값보다 상대적으로 큰 것을 확인 할 수 있다. 여기에서 유클리드 거리를 이용한 단순 군집 탐색법에 의해서 군집별로 분리 할수 있으며,<sup>[9]</sup> 각 군집에서 진폭을 이용하여 각

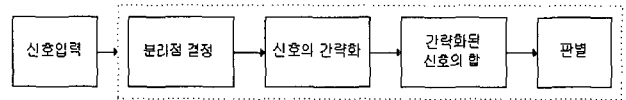


그림 10. 입력 데이터의 처리 과정  
Fig. 10. Process of Input Data.

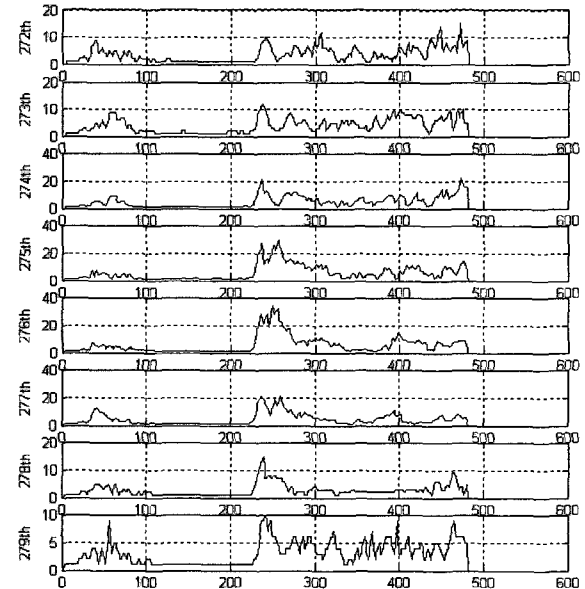


그림 11. 입력 신호  
Fig. 11. Input Signals.

군집의 특징을 이용하여 차량여부를 분리 할 수 있다.

### III. 실험 및 결과

본 논문에서는 500MHz의 캐리어 주파수를 갖는 펄스 레이더 시스템을 도로의 측면에 설치하고 70ms주기 로 펄스를 송신하여 데이터를 획득하였다. 획득되는 데이터는 곧바로 Background Remove필터, Envelope detector를 통하여 PC에 저장 되었다. 제안한 알고리즘은 PC에서 획득한 데이터에 적용하여 실험 하였다.

그림 10은 PC상에 저장된 데이터를 알고리즘을 이용하여 처리하는 과정을 나타낸다. 우선 입력된 신호는 ILR과 제안된 분리점 결정 알고리즘에 의해 분리 점을 결정 한다. 분리점이 결정되면 분리점을 기준으로 하여 각 구간의 값에서 평균 진폭 값을 구하고 분리 점의 위치와 평균 진폭 값을 저장한다. 이렇게 간략화 된 신호 들을 3개씩 순차적으로 누적 값을 구한다. 이때 상승 Edge와 하강 Edge를 구별하기 위해서 상승 Edge값은 +로, 하강 Edge는 -로 가중치를 주어 더하게 된다. 일반적으로 잡음성분은 크기가 작거나 앞뒤 신호와의 연관성이 떨어지게 된다. 그러므로 가중치를 두어 계산을

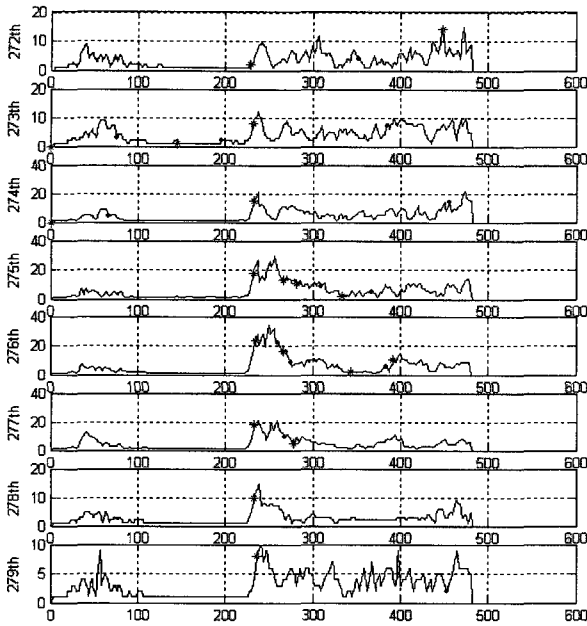


그림 12. 입력신호에서 분리점 결정  
Fig. 12. Break Point Decision of Input Signals.

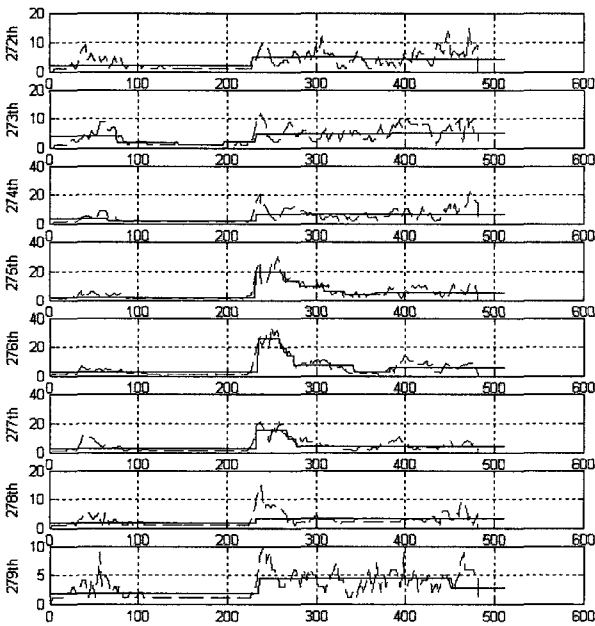


그림 13. 간략화 된 신호  
Fig. 13. Simplified signals

하게 되면 연속된 신호에서 정보 성분과 클러스터 성분의 분리가 수월해 진다.

그림 11은 차량이 지나갔을 때 포착된 신호이다. 도로의 측면에 설치하여 얻은 결과이며 사용된 빔의 폭이 넓기 때문에 차량이 있을 것으로 예상되는 230 이후에도 제거되지 않은 잡음 성분이 많다. 275번째 신호부터 278번째까지 신호를 보면 차량이 있을 것으로 예상되는 부분이 잡음성분에 비해 진폭이 큰 것을 확인 할 수 있

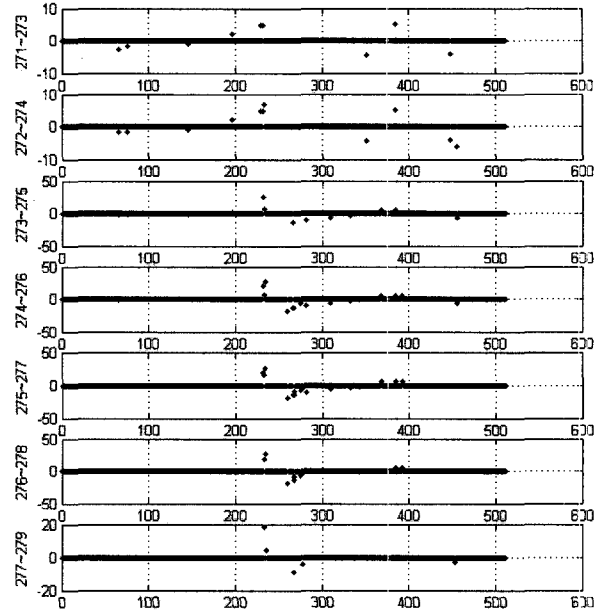


그림 14. 교번된 3개 신호의 합의 결과  
Fig. 14. Summation Result of Alternate Three Signals.

다.

입력된 신호 각각을 제안한 알고리즘에 의해 분리된 점을 그림 12에 도시해 놓았다. 잡음 성분이 주를 이루고 있는 272, 273, 274, 279번째 신호를 살펴보면 추출된 분리 점이 차량이 있을 것으로 예상되는 275, 276, 277번째 신호에 비해 적은 것을 확인 할 수 있다.

그림 13에는 분리 점을 기준으로 해서 각 구간에서 신호의 평균 진폭을 이용하여 신호를 간략화 한 것을 보이고 있다. 차량이 존재 할 것으로 예측 되는 위치에서는 분리 점의 수가 많고 간격이 좁기 때문에 평균 진폭도 높게 나타났다. 반면 잡음성분이 주로 분포한 위치에서는 분리 점의 수가 적고 분리점 사이의 간격이 넓기 때문에 평균 진폭도 낮게 나타났다.

간략화 된 연속 신호를 3개씩 누적시켜 출력한 결과를 그림 14에 보이고 있다. 274~276을 누적시킨 신호부터 상승 Edge점의 분포 밀도가 높아지고 있으며 그 값도 커지고 있다. 그 상태가 274~276을 누적시킨 신호까지 이어지면서 나타나고 있다. 또한 바로 뒤에 하강 Edge들이 분포하고 있음을 알 수 있다.

제안된 알고리즘의 성능을 비교하기 위하여 그림 15와 같이신호를 Smoothing한 뒤 기울기가 일정값 이상인 Edge들을 이용하여 제안된 알고리즘과 비슷한 형태로 간략화 하였다.

다른 smoothing 방법들은 (Moving average, Savitzky-Golay smoothing) 실험에 사용된 신호에서 제안된

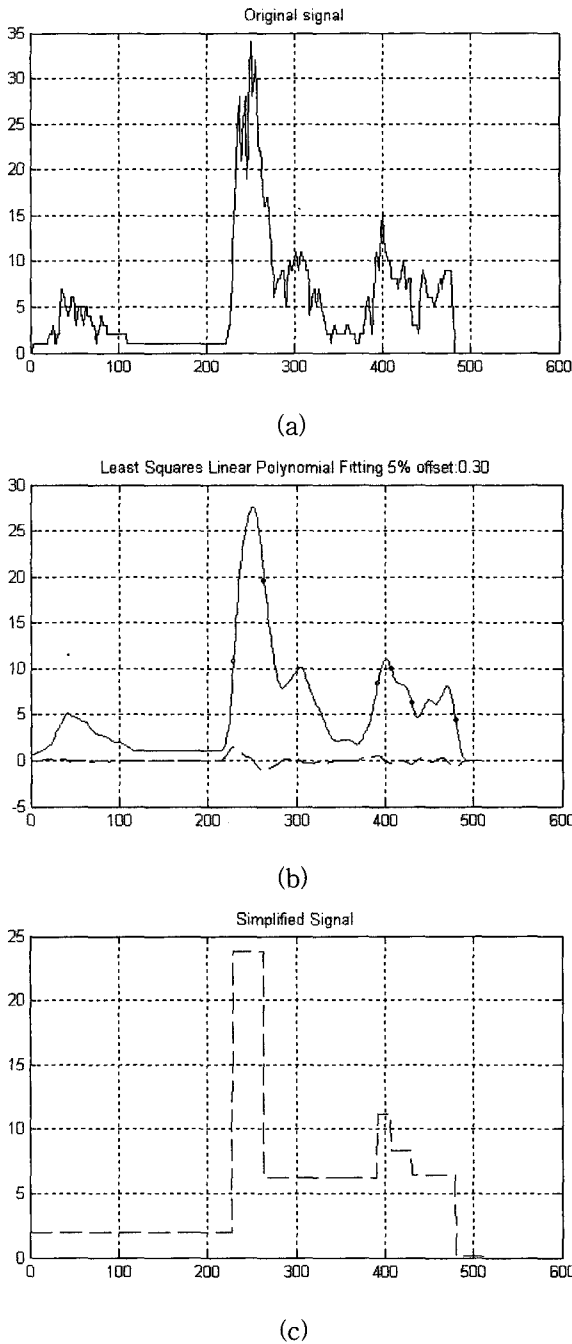


그림 15. (a) 원신호 (b) 최소자승 1차 다항식 방법에 의한 Smoothing 신호 (c) 간략화된 신호  
 Fig. 15. (a) Original Signal (b) Least Squares Linear Polynomial Fitting-based Smoothing Signal (c) Simplified Signal.

알고리즘과 비교 할 수 있을 정도로 균일한 성능을 보이지 않았기 때문에 고려하지 않았다. 비교에 사용된 방법은 LOWESS(locally weighted regression scatter plot smoothing)으로 파라미터(Span)를 각각 5%, 8%, 10%로 설정하여 실험 하였다.<sup>[10]</sup> 각각 간략화 된 형태를 다음(그림 16, 그림 17, 그림 18)에 나타내었다.

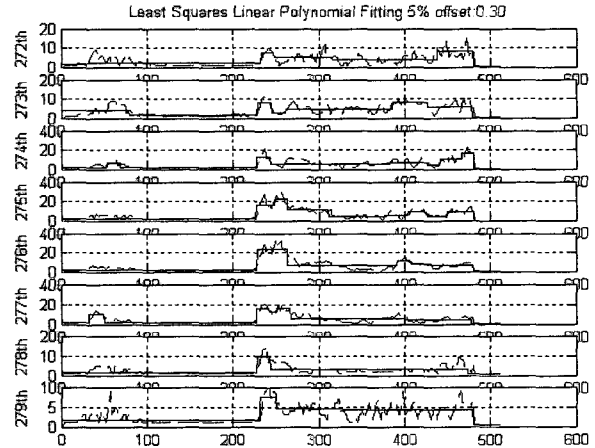


그림 16. LOWESS를 이용하여 간략화된 신호 (Span = 5%)  
 Fig. 16. Simplified Signal Using LOWESS. (Span = 5%)

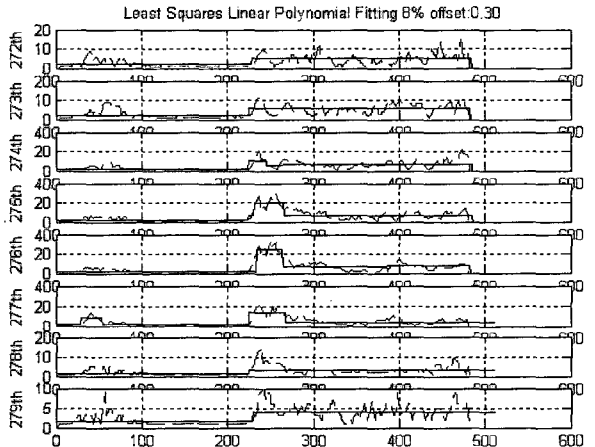


그림 17. LOWESS를 이용하여 간략화된 신호 (Span = 8%)  
 Fig. 17. Simplified Signal Using LOWESS. (Span = 8%)

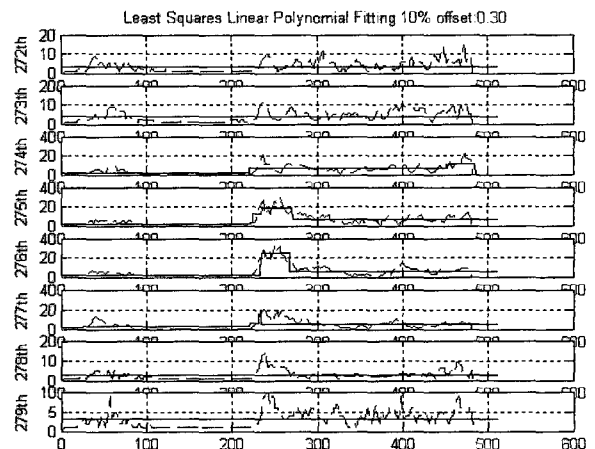


그림 18. LOWESS를 이용하여 간략화된 신호 (Span = 10%)  
 Fig. 18. Simplified Signal Using LOWESS. (Span = 10%)

위 그림에서 확인 할 수 있듯이, 파라미터가 커질수록 간략화 된 신호의 Edge점의 수는 적어지며 진폭의 크기도 감소했다.

보다 정량적인 비교를 위해 3개의 신호에서 가중치를 둔 Edge값의 합에서 단순 군집 탐색 알고리즘을 이용하여 인접한 Edge점의 거리가 10 이하이면서 그 값이 10 이상일 경우 하나의 개체로 보고 인접한 Edge점과의 거리가 10 이상일 경우 새로운 개체로 결정 하여 유클리드 거리를 계산 하였다. 유클리드 거리가 짧을수록 유사도가 커지며 유사도가 클수록 신뢰도도 높아진다.

그림 19는 제안된 알고리즘으로 처리한 결과이며 그림 20은 파라미터의 값이 5%, 그림 21은 파라미터의 값이 8%, 그림 22는 파라미터의 값이 10%일 때의 결과

이다. 단, 그림에서 표시된 유클리드 거리에서 0.5는 이웃한 edge점이 없이 단독으로 있는 경우를 처리하기 위해서 임의로 결정한 값이다.

결과에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 제안한 알고리즘과 LOWESS를 이용한 결과에서 파라미터의 값이 8%인 경우는 연속된 신호에서 하나의 특징만을 찾아내었고 다른 결과들은 여러 개의 특징을 찾아내었다. 이때 연속 신호에서 Edge의 위치가 같을 경우는 유클리드 거리가 0.5로 나타나지만 그 값이 최소 20이상일 것이다. 조건을 조금 완화해서 유클리드 거리가 0.5이고 그 값이 15이상인 개체, 그리고 유클리드 거리가 1 이상인 점들만 추출할 경우 5%의 파라미터를 갖는 결과에서 한 개의 값을 제외하면 모두 한 개의 특징만을 나타낸다. 그리고 제안된 알고리즘에서 유클리드 거리

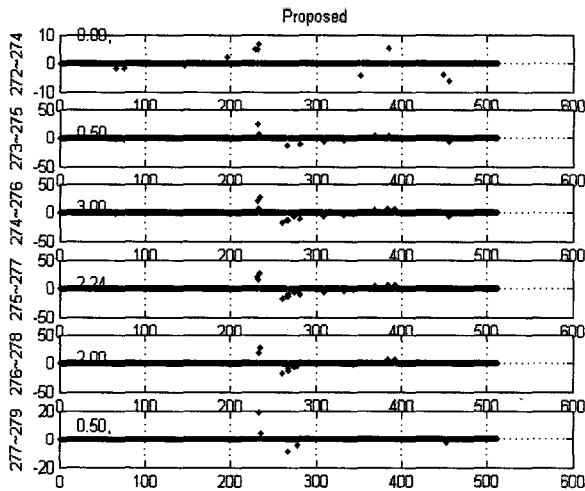


그림 19. 제안된 알고리즘으로 처리한 결과의 유클리드 거리

Fig. 19. Euclid Distance Using Proposed Algorithm.

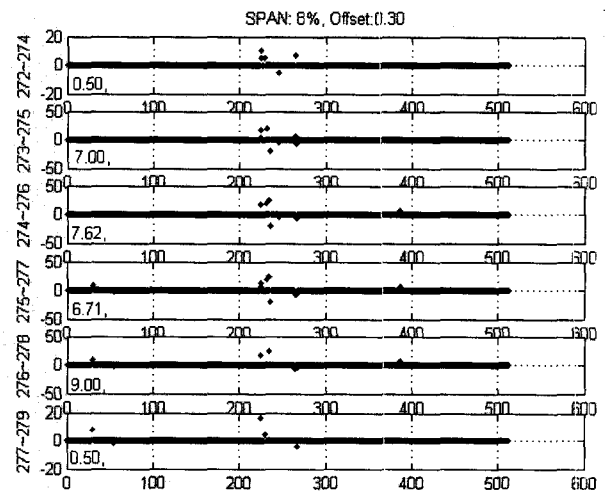


그림 21. LOWESS를 이용한 결과의 유클리드 거리 (Span 8%)

Fig. 21. Euclid Distance Using LOWESS. (Span 8%)

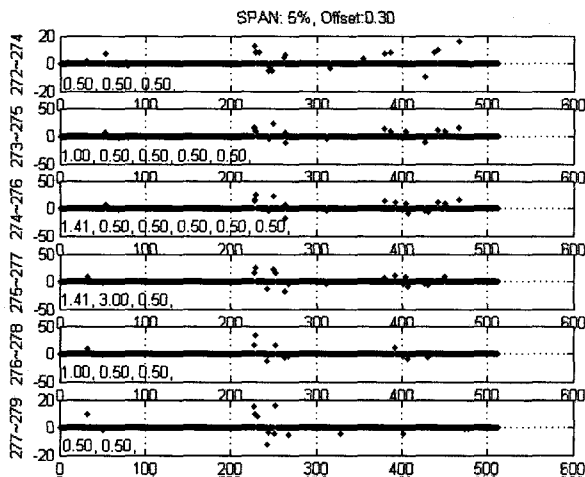


그림 20. LOWESS를 이용한 결과의 유클리드 거리 (Span 5%)

Fig. 20. Euclid Distance Using LOWESS. (Span 5%)

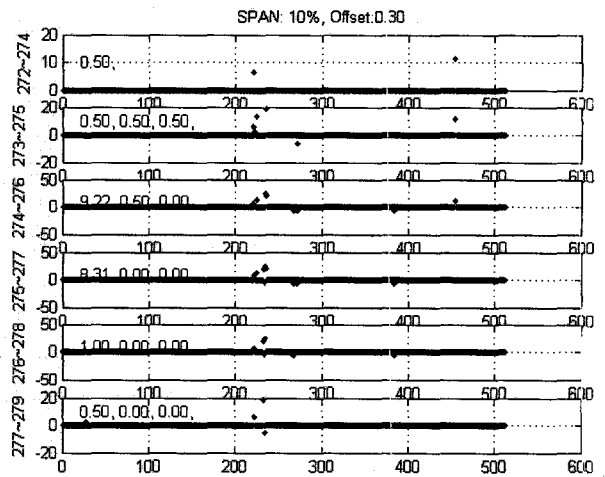


그림 22. LOWESS를 이용한 결과의 유클리드 거리 (10%)

Fig. 22. Euclid Distance Using LOWESS. (10%)



표 2. 1~4번째 차량에 대한 각 알고리즘별 유클리드 거리

Table 2. Euclid Distance of 1st~4th Vehicle.

Ob1	184~186	185~187	186~188	187~189	188~190
Proposed	0.5	1	1	1	0.5
Lowess 5%		0.5	0.5, 7.07	0.5, 7.07	0.5, 7.07
Lowess8%		6.4	6.4	5	0.5
Lowess 10%		9	8.06	1	0.5
Ob2	219~221	220~222	221~223	222~224	223~225
Proposed	0.5	1	1.41	1	0.5
Lowess 5%	2, 0.5, 0.5, 0.5	2.83, 0.5, 8, 6	2.83, 0.5, 8, 5.1	2, 1	0.5
Lowess8%	0.5, 0.5	7, 4	5.39, 4	5	0.5
Lowess 10%	0.5,	7, 4	6.08, 4	6	0.5
Ob3	273~275	274~276	275~277	276~278	277~279
Proposed	0.5	3	2.24	2	0.5
Lowess 5%	1, 0.5	1.41, 0.5, 0.5	1.41, 3	1, 0.5	0.5, 0.5
Lowess8%	7	7.62	6.71	9	0.5
Lowess 10%	0.5	9.22	8.31	1	0.5
Ob4	320~322	321~323	322~324	323~325	324~326
Proposed	0.5	1	1	0.5	0.5
Lowess 5%	0.5, 0.5	1, 0.5, 0.5	1, 0.5, 1	0.5, 1	0.5, 1
Lowess8%	0.5, 0.5	6, 0.5, 0.5	5.1, 3, 0.5	5, 3.61	0.5, 2
Lowess 10%		0.5	5	5	

의 변화가 크지 않으며 하나의 군집만을 나타낸다. 표 2에 각 방법에 대한 측정값을 나타냈다.

Lowess방법으로 처리한 결과를 살펴보면 파라미터의 값이 5%일 경우 차량으로 인식한 지점이 두개 이상 인 경우가 많다. 이는 Smoothing 파라미터의 값이 작아 Edge의 개수가 많아져 연속된 신호에서 그 분포가 산란 되어 있기 때문이다. 반대로 파라미터의 값이 10%인 경우는 파라미터의 값이 너무 커서 연속된 신호에서 Edge의 위치 변화가 심하기 때문으로 해석된다. 하지만 어느 특정신호에서 성능이 좋게 파라미터를 결정했을 경우 다른 신호에서는 같은 성능이 나타나지 않았다. 특정 부분에서는 Lowess방법으로 처리한 경우의 성능이 좋은 경우도 있었지만 Lowess의 경우 고른 성능을 내지 못했다. 제안된 알고리즘으로 처리한 경우 비교 실험에 사용된 알고리즘에 비해 유클리드 거리가 짧았으며 비교 실험에 사용된 알고리즘은 차량으로 인식된 지점이 두 점 이상인 경우가 많았다.

#### IV. 결 론

ITS의 기본적인 요소인 교통량 측정에 필요한 교통량 검지 시스템의 한 종류인 초단파 검지기는 다른 검지장치에 비해 획득할 수 있는 정보의 양도 많고 주변 환경에 덜 민감하며 설치시 교통 통행에 장애가 되지 않는 장점을 가지고 있다. 초단파 검지기는 용도에 따라 사용하는 주파수가 달라지는데 본 논문에서는 다양한 주파수에서 적용 가능한 알고리즘의 개발을 위하여 초단파 검지기로서는 비교적 낮은 주파수인 500Mhz를 사용하였다. 또한 레이더 빔의 폭도 상당히 넓은 다이폴 안테나를 이용하여 실험을 했다. 레이더에서 획득된 데이터는 널리 사용되고 있는 Background removal 필터를 사용했고 수신 신호의 진폭만을 고려하기 때문에 Envelope detector를 사용하였다.

측정된 데이터는 PC상에서 처리 되었다. 처리 결과 제안한 알고리즘은 하나의 신호를 표현하는데 필요한 데이터의 양을 줄 일수 있었으며 연속된 신호에서의 상호 연관성을 바탕으로 차량의 유무를 판별할 수 있었다. 또한 Lowess방법으로 Smoothing을 한뒤 Edge를 찾아 제안한 알고리즘과 같이 신호를 간략화 하여 비교한 결과에 비해 정확히 차량으로 분리 해냈으며 밀집도가 높아 연속된 신호에서의 연관관계가 더욱 강하게 나타났으며 차량으로의 인식이 더 뛰어 났다. 따라서 적절한 주파수와 측정 방법을 선택한다면 제안된 알고리즘을 적용하여 보다 좋은 성능을 낼 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이용택, 이상건, 이승환, “국가ITS표준화추진체계 운영효율화방안”, 대한교통학회지 제20권제2호, 2002.
- [2] 이승환, 조한선, 최기주, “단일 루프 검지기를 이용한 차종 분류 알고리즘 개발”, 대한교통학회지 제14권 제1호, 1996.
- [3] 김형진, 이주형 외, “ATIS 구현을 위한 초음파 검지기 기술”, 대한교통학회 제36회 추계 학술대회, 1999.
- [4] 하동문, 이종민, 김용득, “영상기반 교통정보 추출 알고리즘에 관한 연구”, 대한교통학회지 제19권 제6호, 2001.
- [5] 오영태, 이철기, “실시간신호제어를 위한 차량검지기 정보의 신뢰성 평가”, 대한교통학회지 제24권 제3호, 1996.
- [6] 김동호, 조평동, “차량용 레이더 응용 기술 및 발전 방향”, 전자통신동향분석 제18권 제1호, 2003.

- [7] Pacal DELOOF, Jean-Pierre GHYS, "Radar Systems Studied at INRETS to the Road and Railway Fields", the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2002.
- [8] D Pycock, S Pammu, AJ Goode, "Robust model-based signal analysis and identification", IEE Colloquium on 20 April 1999.
- [9] 김상운, "패턴인식 입문", 홍릉과학출판사, 1995.
- [10] Barry R. McQuarrie's Homepage.- Lowess  
<http://mrs.umn.edu/~mcquarrb/Modeling/Lecture19.pdf>

---

 저 자 소 개
 

---



고기원(학생회원)  
 2002년 단국대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 2004년 단국대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 <주관심분야: 제어계측 >



우광준(정회원)  
 1974년 한양대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1977년 스트라스브르대  
 전자제어공학 석사졸업.  
 1980년 국립그르노블공과대  
 제어계측공학 박사졸업.

<주관심분야: 제어계측 >