

차량 감지용 레이다 성능 향상을 위한 가변 threshold 설정 기법

박상진^{*}, 김태용, 강성민, 구경현
인천대학교 공과대학 전자공학과
전화: (032) 772-8015 / 팩스: (032) 761-9961

Variable threshold estimation for performance improvement of vehicle detection RADAR

Sang Jin Park, Tae Yong Kim, Sung Min Kang, and Kyung Heon Koo
Dept. of Electronics Eng., University of Incheon, Incheon, 402-749, Korea
E-mail : ilikesummer@incheon.ac.kr

Abstract

In this paper, variable threshold estimation algorithm for multiple vehicle detection RADAR is proposed and realized by using DSP for real time processing. The algorithm is developed to get the information of velocity and length of vehicles in multiple lanes by using FMCW RADAR. For real time operation, signal processing part is realized with a high speed DSP board to detect and manipulate the vehicle data and some experimental results are given to show the usefulness of the proposed technique.

I. 서론

기존의 루프와 영상 등 여러 차량 감지기는 각각 장점을 갖지만, 기후 변동에 따른 변화, 설치 및 유지 보수 관리의 문제점과 감지율이 떨어지는 단점을 갖는 문제가 있다. 이러한 문제점을 보완하고, 유지 보수비용을 절감하며, 차량 속도와 길이 등 차량에 대해 필요한 정보를 얻을 수 있는 새로운 형태의 레이다 차량 감지기가 연구되어지고 있다 [1, 2].

본 논문에서는 현재 알려진 단일 차선 차량 감지기와 달리 복수 차선 차량들의 속도와 차량 종류, 차선 점유율을 감지할 수 있는 차량 감지기 신호처리 알고리즘 개발에 중점을 두었다. 차량 감지는 측방에 설치한 레이다로부터 송신신호와 수신신호의 차 신호인 비트 신호를 이용하여 신호처리를 위해 개발한 알고리즘을 통하여 차량의 정보를 추출하였다. 신호 처리는 빠른 연산을 위해 고속의 DSP를 사용하였으며 각 차선의 차량이 동시에 레이다 감지 범위에 감지되었을 경우는 가변 threshold를 적용하여 차량 정보 획득 시 발생할

수 있는 오차를 최소화하였다.

II. FMCW 레이다 신호처리

그림 1에 주파수 변화 특성을 나타낸 FMCW (Frequency Modulation Continuous Wave) 레이다 방식은 비교적 짧은 거리의 물체 측정에 이용되는데 변조 파형을 만들기가 쉽고 높은 평균 전력을 송출할 수 있으며 대역폭을 크게 가질 수 있다. 인가 전압을 일정하게 변화시켜 가변 대역폭 내에서 송신 주파수가 변화하도록 함으로써, 송신 신호와 차량에 반사된 신호 사이의 차인 비트 주파수를 이용하여 차량까지의 거리 및 속도를 측정한다. 상승시의 비트 주파수인 fb_up 과 하강시의 비트 주파수인 fb_down 의 차가 차량의 정보를 구하기 위한 두 가지 변수이다.

이 방식은 단일 목표물뿐만 아니라, 주파수 분석법을 이용하면 여러 목표물, 즉 복수 차선의 차량을 감지할 수 있으며 각 차선의 차량의 속도, 레이다와의 거리, 차량의 길이를 산출할 수 있다.

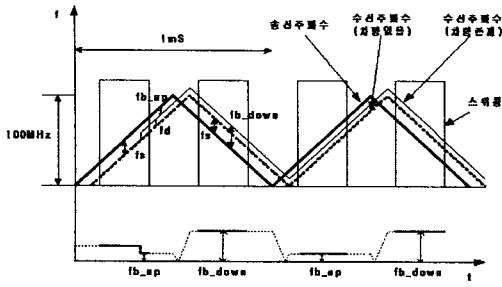


그림 1. FMCW 레이다의 동작 원리

Ⅲ. 측방 설치 레이다의 차량 정보 추출 알고리즘

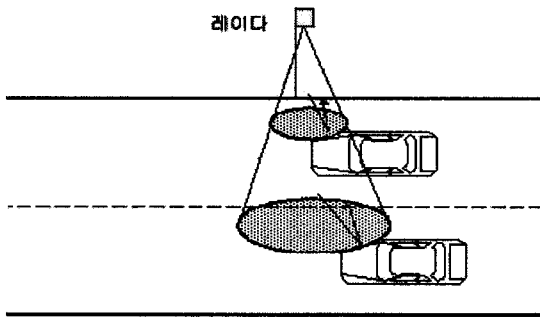


그림 2. 측방 설치 레이다의 동작

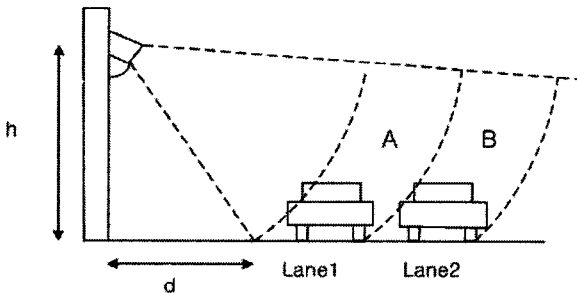


그림 3. 차선에 따른 거리 구분

측정 방법은 복수 차선의 차량을 감지하기 위해 그림 2와 같이 측방 설치 방법을 택하였으며 전방 설치와 달리 측방 설치법은 도플러 주파수 변이를 이용하여 차량의 속도를 구하는 데 어려움이 있어 두 차선의 차량을 감지하기 위해 차선에 따른 거리 주파수가 다른 것을 이용하여 그림 3과 같이 주파수 범위를 차선의 경계선을 기준으로 A, B지역으로 구분하였다.

거리 정보는 식(1)을 이용하여 레이다에서 1차선

감지 범위 A지역에 있는 차량과의 거리주파수와 2차선 감지 범위 B지역에 있는 차량과의 거리 주파수를 이용하여 구할 수 있다[3].

차량의 감지는 고정 반사체에 의한 불필요한 신호를 고려하여 threshold를 설정하고 반사전력의 크기가 threshold 보다 크고 A, B의 주파수 범위를 만족하는 신호가 입력되었을 때 차량으로 인식한다. threshold 설정은 설치될 도로 주변의 환경에 따라 변화할 수 있기 때문에 차량이 없는 상태에서 일정 회수 n회 반복 수행한 후 평균값에 일정한 여유를 두어 설정한다. 차량이 감지되는 주파수 범위에 일정한 크기로 입력되는 고정 반사체의 반사전력을 측정 후 정보를 저장하여 고정 반사체에 의해 차량 감지시 발생할 수 있는 오류를 최소화한다. threshold를 넘는 차량의 신호가 차량이 존재할 수 있는 최소 시간 이하로 감지되는 경우는 noise 신호로 간주하고 차량으로 인식하지 않는다. 차량 통과 시 감지되는 반사 전력과 고정 반사체의 반사 전력의 차를 통해 실제 차량의 반사 전력을 얻고 차량마다 반사 전력이 차이가 있는 것을 이용하여 차량을 대, 중, 소형으로 구분한다. 차량 속도는 차량이 감지되는 주파수 범위에서 차량이 감지되면 속도를 구하기 위해 차량의 신호의 점유시간을 측정하며, 점유시간은 DSP 내부에서 루프 반복 횟수와 루프 1회 처리 시 소요되는 시간을 이용하여 구한다. 실제 점유시간은 식(2)에 의해 얻을 수 있으며 차량의 속도는 각 차선의 감지범위와 차량의 점유시간, 차량의 길이를 이용하여 식(3)에 의해 얻을 수 있다.

$$f_b = \frac{4 \cdot \Delta f}{c \cdot T_m} \cdot R \quad (1)$$

$$\tau (\text{점유시간}) = \text{count} (\text{횟수}) \times t (\text{1회처리시간}) \quad (2)$$

$$v (\text{차량속도}) = \frac{R (\text{감지범위})}{\tau (\text{점유시간})} \quad (3)$$

정지 상태의 차량을 감지하기 위해 threshold 보다 크고 감지 주파수 범위를 만족하는 연속된 신호의 점유시간이 한계 값을 넘으면 그 차선에서의 차량은 정지 차량으로 간주한다. 복수 차선 감지를 위해 두 차선의 차량이 레이다 감지 구역을 동시에 통과할 경우는 이를 감지하고 기존의 threshold를 가변하여 적용함으로써 두 차량의 속도 측정 시 발

생하는 오차를 최소화한다.

IV. 실험 결과

FMCW 레이다를 이용한 차량 감지 신호처리 알고리즘의 성능평가를 위해 실제 두 차선을 주행하는 차량의 속도를 측정하였다. 측방 설치 방법으로 복수 차선의 차량을 감지할 경우 차량 속도의 정확도는 차선별 차량의 정보를 추출하는 알고리즘과 샘플링 시간, 신호처리 시간의 영향을 받는다. 차량 정보 추출 알고리즘에서 차량의 속도 측정 시 가장 큰 영향을 주는 파라미터는 threshold와 주파수 범위의 설정이다. threshold를 높게 설정할 경우 옆 차선의 차량으로 인한 영향을 적게 받는 반면에 감지 범위를 통과하는 차량의 작은 신호는 감지하기 어렵고 threshold를 낮게 설정할 경우 차량의 작은 신호의 감지는 용이하나 근접 차선의 차량으로 인한 오동작을 일으키기 쉽다. threshold 설정과 마찬가지로 주파수 범위는 넓게 설정할 경우 근접 차선 차량의 영향을 많이 받으며 좁게 설정할 경우에는 차량의 신호를 놓칠 수가 있어 threshold와 주파수 범위 설정 값은 차량 감지 시 중요한 파라미터이다. 이 두 파라미터는 옆 차선의 차량에 의해 영향을 받지 않는 범위에서 각 차선의 차량신호를 최대한 감지할 수 있게 설정하였다.

그림 4는 물체를 이동시키면서 물체와 레이다와의 거리 주파수를 측정한 것이다. 그림 5는 실제로 도로에서 차량이 없는 경우를 측정한 신호로 이 신호를 기준으로 일정한 여유를 두어 threshold를 설정하였다. 그림 6은 1차선의 차량 신호이고 그림 7은 2차선의 차량 신호이다. 그림 8은 1차선과 2차선에 나란히 두 대의 차량이 있는 경우를 측정한 신호이다.

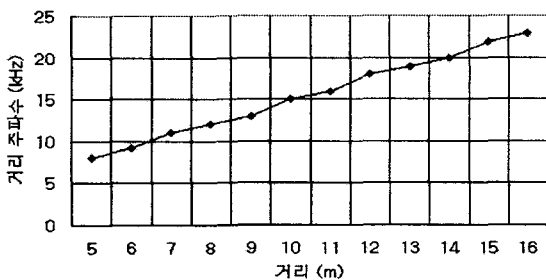


그림 4. 거리에 따라 측정한 거리 주파수

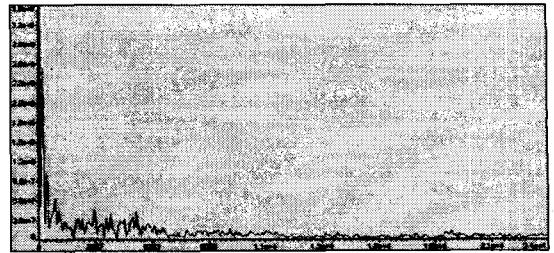


그림 5. 차량이 없는 경우의 레이다 수신 신호

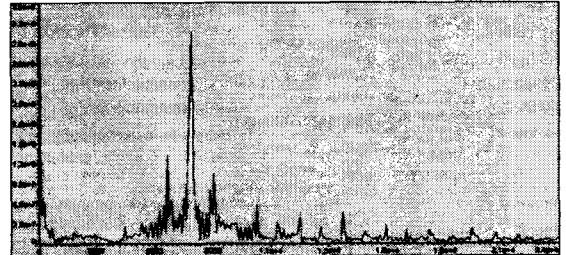


그림 6. 1차선에 있는 차량의 레이다 수신 신호

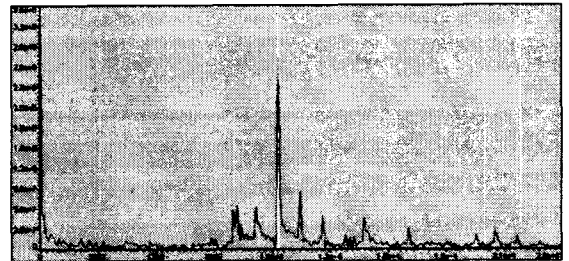


그림 7. 2차선에 있는 차량의 레이다 신호

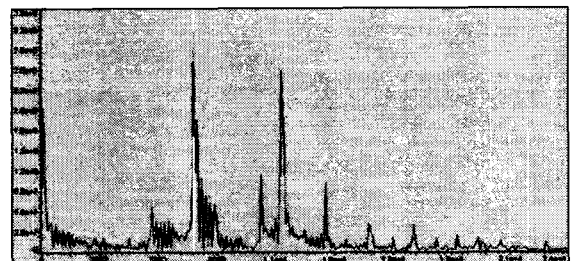


그림 8. 1, 2차선에 있는 차량의 레이다 수신 신호

한 차선에 대해서만 차량이 레이다 감지범위를 통과할 경우 속도 측정은 초기에 설정한 threshold 이상이고 유효한 주파수 범위를 만족하는 차량 신호의 점유시간을 계산하여 구할 수 있다. 각 차선의 차량이 레이다 감지 구역을 동시에 통과할 경우 측방 설치 특성상 레이다 송신 신호가 1차선의 차량으로 인하여 2차선의 차량에 충분히 전달되지 않기 때문에 2차선 차량으로부터의 수신 신호가 1차선에 비해 상대적으로 크게 감소하게 되어 두 차량을 동시에 감지 할 경우에 기존의 threshold를 적용하면 2차선 차량에 대한 속도 오차가 크게 발생

하는 것을 볼 수 있다. 반면에 2차선의 threshold를 가변하여 측정한 결과 속도 오차를 크게 줄일 수 있었다. 그림 9, 10은 1차선과 2차선을 한 차선씩 20km/h와 30km/h로 주행한 차량의 속도를 측정하는 것이고, 그림 11, 12는 두 차선 감지 범위에 차량이 동시에 20km/h와 30km/h 속도로 통과하였을 때 가변 threshold를 적용하지 않은 경우와 적용한 경우의 차량 속도를 측정하는 것이다.

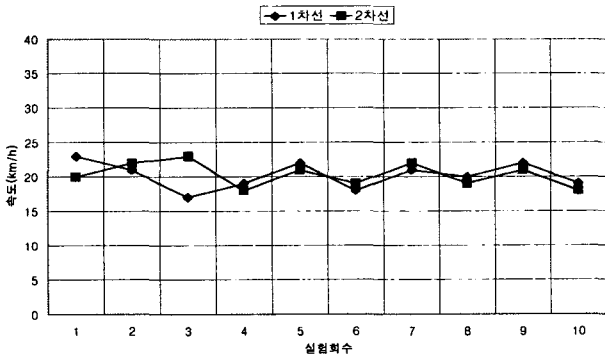


그림 9. 각 차선을 20km/h로 주행한 차량 속도 측정

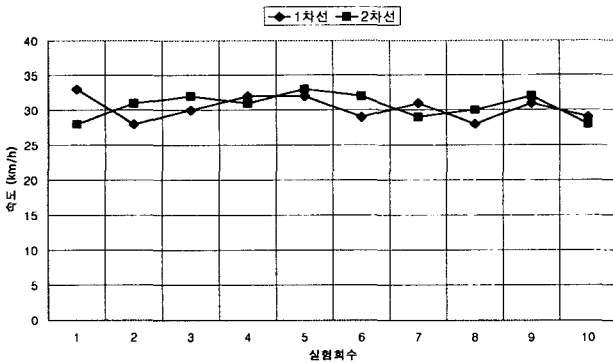


그림 10. 각 차선을 30km/h로 주행한 차량 속도 측정

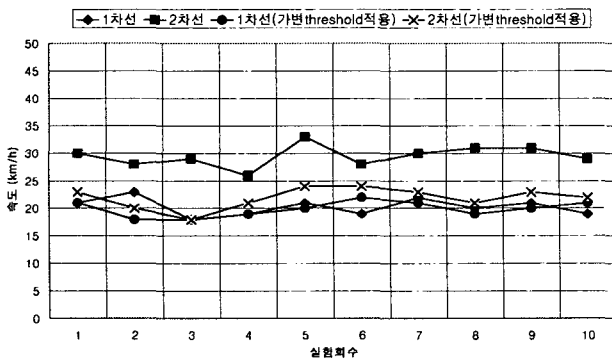


그림 11. 두개 차선을 동시에 20km/h로 주행한 차량 속도 측정

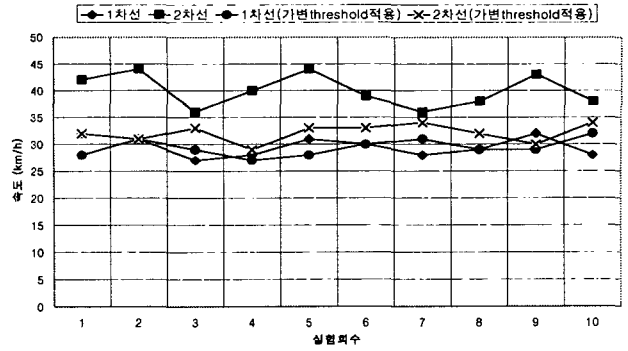


그림 12. 두개 차선을 동시에 30km/h로 주행한 차량 속도 측정

V. 결론

본 논문에서는 FMCW 레이다를 이용하여 기존 차량 감지기의 감지 범위가 단일 차선이라는 한계를 해결하기 위해 복수 차선 차량 감지 알고리즘을 연구하였다. 복수 차선의 차량을 감지하기 위해 필요한 파라미터들을 살펴보고 파라미터들의 최적화와 가변 threshold를 적용하여 차량의 정보 추출시 오차를 줄일 수 있었다. 앞으로 감지 거리를 확대하고 복수 차선 차량에 대해 차종을 구분하고 차량의 길이를 고려한 차량 속도를 구할 수 있는 알고리즘을 개발 할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 박상진, 김태용, 강성민, 구경현 “다중 표적 감지를 위한 FMCW 레이다 신호처리 알고리즘 개발”, 마이크로파 및 전파학술대회 논문집, pp.607~610, vol.25, no.1, 2002. 5
- [2] 정기, 정재권, 김인석 “기존의 루프 감지기와 호환성 있는 레이더 차량 감지기”, 한국전자파학회논문지, pp.1346~1353, vol.11, no.1, 2000. 12
- [3] Bassem R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*, Chapman & Hall/Crc, 2000
- [4] Rulph chassaing, *Digital signal processing laboratory experiments using C and the tms320c31 dsk*, Wiley & sons, 1999
- [5] Naim Dahnoun, *DSP Implementation using the TMS320C6000 DSP Platform*, Prentice Hall, pp. 57~75, 1998
- [6] Burc Simsek, *C6x-based digital signal processing*, Prentice Hall, pp. 50~62, 2000