

다중 파장을 이용한 차량용 추돌 방지 레이더 시스템 설계

박민식*, 이성기**, 유강수***

*전주비전대학 컴퓨터과

** (주)지피텍

**전주대학교 교양학부

e-mail: parkms@jvision.ac.kr

Design of Multibeam Laser Radar System for Prevent Automotive Collision

Min-Sheik Park*, Sung Ki Lee**, Kang Soo You***

*Dept. of Computer Engineering, Vision College of Jeonju

**GPTech Ltd.

***School of Liberal Arts, Jeonju University

요 약

자동차 추돌 방지용 레이더는 도로 사정이나 기후에 따른 운전자의 인지 및 판단이 불가능한 상황에서 서로 차량 간의 추돌을 예방할 수 있는 시스템이다. 현재까지 연구 개발된 차량용 레이더는 초음파나 밀리미터 웨이브 등을 이용하므로 가격이나 크기 등에서 경쟁력을 갖추지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 적외선 레이저 다이오드를 매트릭스 형태로 배열한 다중 파장 구조 방식을 제안하였다. 이는 악천후에서의 탐지 능력을 개선시킬 수 있다. 또한 의사 잡음 수열의 상관 특성을 이용하여 인접 차량의 레이저 신호에 의한 간섭 영향을 최소화시킬 수 있기 때문에 차세대 ITS 기술 선점 및 산업 경쟁력을 확보 등의 효과를 기대할 수 있다.

1. 서론

차량용 레이더는 수 100m 정도의 범위에서 자동차 주변의 상황을 감지하는 레이더 시스템으로써 초음파, MMW(millimeter wave) 대역의 전파 또는 레이저 신호를 이용하여 운행 중에 운전자의 시각을 보조하면서 충돌사고 방지, 전후방의 차간거리 및 가드레일 사이의 거리를 측정 자동차의 속도 제어에 연계하여 안전 운행에 도모할 수 있다.

현재 차량 간 거리 탐지를 위하여 가장 많이 적용되고 있는 것이 레이저 레이더 센서이며, 밀리미터파 레이더에 비하여 가격이 월등하게 저렴하나 환경변화에 따른 특성변화가 약점으로 되어 있다. 싱글 빔 레이저 방식과 밀리미터 파장을 적용하는 경우, 신호 흡수나 환경적 간섭 왜곡에 의해 탐지 성능이 비교적 저하될 수 있다[1].

따라서 더욱 좋은 탐지 성능을 기대하기 위해서는 다중 파장 신호를 이용하여 적은 신호 검파의 신

뢰성 측면에서 통계적이며 분석적인 방법을 제안한다. 제안한 방법을 이용한 레이저 시스템은 기존의 싱글빔 방식보다 다중빔을 이용하기 때문에 더욱 넓은 영역에서의 추돌 위험 환경을 탐지할 수 있다. 이로써 효율적인 탐지 성능을 기대할 수 있으며 차세대 ITS 기술에 있어서 선두 주자 역할 등의 기대 효과를 볼 수 있다.

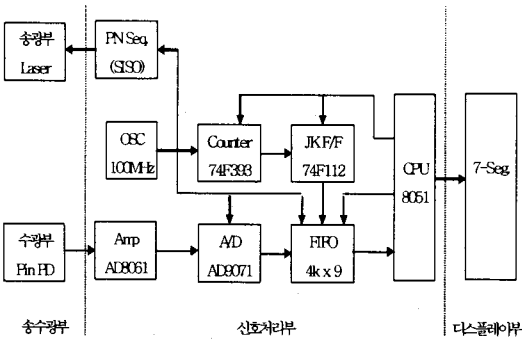
본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 제안한 방법을 소개한다. 즉, 다중 파장 레이저 레이더 시스템에 대하여 설명한다. 다음으로 3장에서는 제안한 방법의 성능 평가로써, 합차 신호와 차량 간 간섭 제거에 대한 실험 결과를 고찰한다. 마지막으로 4장에서는 전체적인 고찰 및 발전된 연구를 위한 향후 과제를 제시함으로써 결론을 맺는다.

2. 다중 파장을 이용한 레이저 시스템

기존의 싱글빔 레이저 광원 모듈은 단지 하나의

레이저 다이오드를 이용하거나 또는 전자적으로 싱글빔 스캔을 구현하기 위해 일차원 레이저 다이오드 배열 구조를 채택하고 있다. 이러한 싱글빔 레이저 방식에서는 주로 광 강도 변조/직접 검파 방식이 이용되고 있다. 이는 음의 값을 갖지 않는 광 신호의 특성에 따른 것으로 양극성 신호를 갖는 RF 기반의 무선통신과는 많은 차이를 갖게 되며, 기존의 우수한 특성을 갖는 PRS (pseudo random sequences)의 적용을 어렵게 하고 있다. RF 신호를 사용하는 경우 양극성 신호를 사용함으로써 상호상관이 '0'이 되는 소거 특성을 갖지만 광 신호의 경우 단극성 신호를 사용하기 때문에 이러한 효과를 기대할 수 없다.

따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 2차원 매트릭스 구조의 레이저 송수광부와 차동 방식의 수신신호 합성부를 이용하여 두 개의 단극성 신호로부터 하나의 양극성 신호를 합성하는 원리로 이루어진 양극성 신호방식을 제안한다. 제안 방식에서는 기존 광통신을 목적으로 설계된 확산 시퀀스 뿐만 아니라 RF 무선통신 등의 분야에서 이용되는 우수한 성능의 다양한 확산 시퀀스를 모두 이용할 수 있는 장점이 있다. 또한 두 개의 단극성 신호를 이용하기 때문에 기존 싱글빔 방식에 비해 두 배의 신호 에너지를 확보할 수 있다. 약 3 dB의 SNR 개선을 가져온다[2][3]. 그림 1은 본 논문에서 제안한 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.



(그림 1) 시스템 구성도

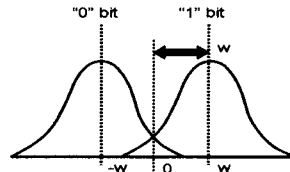
송광부와 수광부는 하나의 모듈로 구성되며 차량의 범퍼 또는 차량 내부의 대시보드에 부착된다. 일반적으로 검지 대상물체에 반사되어 수신되는 신호는 송신 신호에 비해 매우 미약한 크기를 갖게 되므로 수신 신호를 증폭하기 위한 증폭기 또는

AGC(automatic gain control)부를 두고 있다. 반사되어 수신되는 신호가 검지되면 송신 후 수신하기까지 경과된 시간을 측정하고 광속(c)를 이용하여 차량 간 거리를 다음과 같이 산출한다.

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

2.1 양극성 2진 시퀀스 적용

제안한 기법에서는 양극성 2진 m시퀀스를 두 개의 파장에 할당함으로써 2차원 OOC와 유사한 특성을 갖도록 하는 방법을 이용한다[4]. 단, 두 파장 간에서의 간섭은 존재하지 않으며, 수광부에서 완벽한 분리가 가능한 것으로 가정한다. 송신부에서는 두 개의 레이저 다이오드 중 하나만이 발광하도록 한다. 수신부에서는 두 개의 포토 다이오드를 이용하여 차동 구조를 갖도록 하였으며, 합성된 신호는 A/D 변환을 거친 후 적분기에 의해 기준 m시퀀스와의 상관을 계산한다. 그림 2는 양극성 신호 방식을 그래프로 표현한 것으로, 가우시안 잡음에 의한 영향을 나타낸다. O~W 까지의 영역은 허용 가능한 잡음의 크기를 나타낸다[2].



(그림 2) 양극성 신호 방식

식 (3)에 의해 상관기 출력에 대한 잡음의 크기를 구하며 이것을 이용하여 식 (4)와 같이 수신 신호와 정합필터의 SNR을 구한다.

$$\sigma_{y_n}^2 = R_{r,c}(k) = \frac{\sigma_n^2}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} c^2(i-k) = \frac{\sigma_n^2}{2N^2} \quad (3)$$

$$SNR_0 = \frac{N A^2}{2 \sigma_n^2} = \frac{N}{2} SNR_i \quad (4)$$

2.2 양극성 3진 시퀀스 적용

앞에서 기술한 양극성 2진 m시퀀스의 경우, 다수의 차량마다 고유한 시퀀스를 할당하기 위해서는 긴 주기의 부호를 필요로 한다. 수신 신호의 SNR은 부호 길이에 비례하여 개선되지만 상관 계산 등의

복잡도가 커지게 된다. 따라서 가급적 작은 부호 길이를 가지면서 우수한 상관 특성을 갖는 부호가 요구되며, 비이진 계열의 부호들은 이러한 목적에 적합하다.

본 논문에서는 기존의 2진 m시퀀스를 이용하여 비이진 시퀀스를 생성하는 방법을 제안한다. 먼저 2진 m시퀀스를 생성하기 위해서는 다음 식 (5)와 같은 차수 m의 원시 다항식이 사용한다[5].

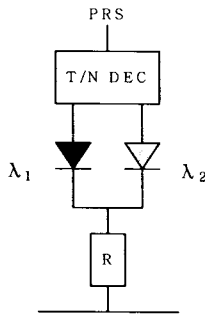
$$p(x) = x^m + p_{m-1}x^{m-1} + p_{m-2}x^{m-2} + \dots + p_1x \quad (5)$$

위의 식을 이용하여 식 (6)과 같은 비이진 m시퀀스를 생성할 수 있다.

$$z'_n = z_n \bmod \left(\frac{2^m - 1}{3} \right) \quad z_n = \sum_{i=0}^{m-1} \alpha_i y_{n,i} \quad (6)$$

여기서 α_i 는 가중 계수이다. 이러한 방식으로 생성된 비이진 시퀀스 $\{z_n, n=0,1,2,\dots\}$ 는 가중 계수 α_i 와 이진 m시퀀스의 통계적 특성에 의존한다. 만약 $\alpha_i = 2^i$ 인 경우로 한정하면, 위의 식 (6)으로부터 집합 $Z = \{0,1,2, \dots, 2^m - 1\}$ 의 원소로 이루어지는 십진수 z_n 을 얻을 수 있다.

이러한 방법으로 생성된 3진 m시퀀스는 그림 3에 나타난 듀얼빔 레이저 다이오드 모듈의 각 파장에 할당된다.



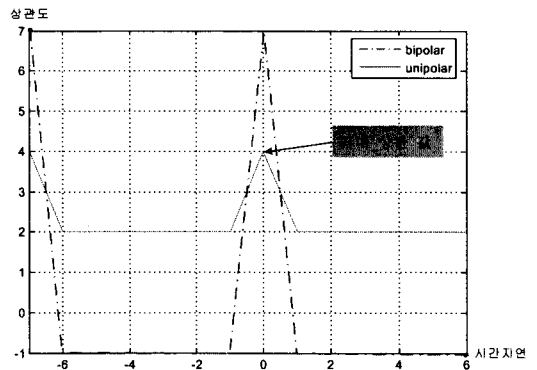
(그림 3) 3진 시퀀스를 위한 송신부의 구조

3. 시뮬레이션과 성능 평가

다중빔 레이저 방식에서는 서로 다른 파장을 가지는 두 개의 빔을 사용한다. 서로 다른 파장을 가지는 빔은 눈, 비, 안개 등에 의한 영향이 서로 다르게 나타나므로 한 개의 빔을 사용하는 싱글빔 레이저 방식에 비해 환경 의존도를 줄일 수 있다. 또한

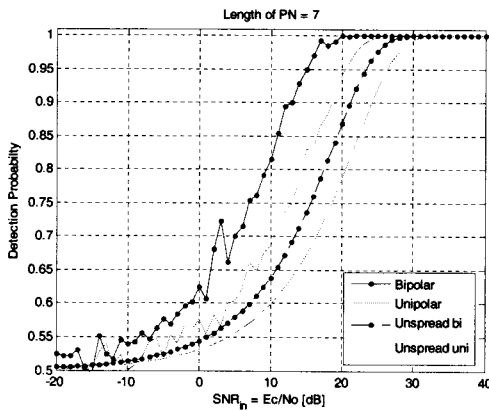
스캐닝 과정에서 두 배 정도의 효율을 가지며 이로 인해 탐지 데이터도 증가하여 더 정확한 탐지율을 얻을 수 있다. 다중빔 구조를 사용함으로써 양극성 신호 방식이 가능하며 이론적으로 3dB의 SNR 개선이 가능해진다[8]. 실제적으로 1dB 정도의 성능 개선을 위해서는 고휘력 다이오드를 사용하는 원 빔 구조에서는 주변 하드웨어의 복잡화 및 대형화로 인한 비용 상승으로 어려움이 많다. 저출력 펄스형 레이저를 이용하는 제안 방식에서는 다중빔 구조의 도입만으로도 이론상 양호한 성능 개선을 가져올 수 있다.

단극성 m시퀀스 보다는 양극성 m시퀀스가 상대적으로 높은 주기적 자기 상관 특성을 나타내므로 레이저 레이더 시스템에서의 신호의 강도가 높아짐을 의미하며 결과적으로 양질의 데이터를 얻을 수 있다. 그림 4는 이러한 특징을 보여주는 실험 결과이다.

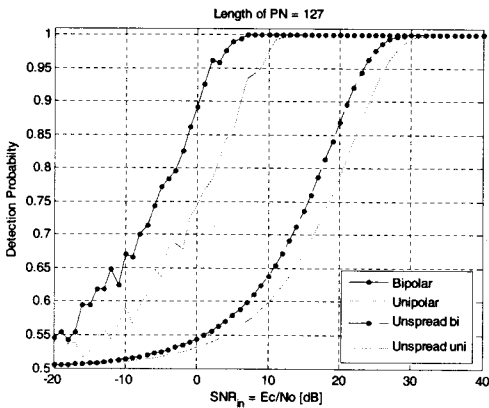


(그림 4) 양극성 m시퀀스와 단극성 m시퀀스의 주기적 상관 특성

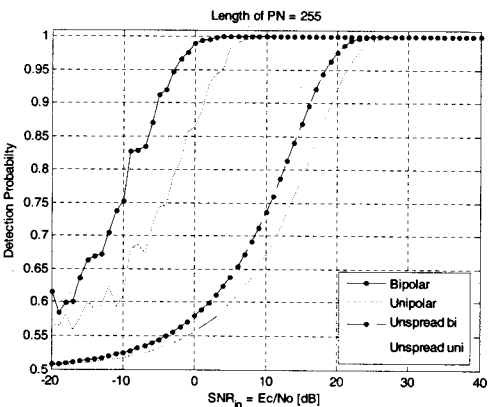
그림 5, 그림 6, 그림 7은 본 논문에서 제안한 다중빔 레이저 레이더 시스템의 탐지율을 그래프로 나타낸 것이다. 시퀀스의 길이를 크게 할수록 단극성 시퀀스에 비해 송·수신부에서의 자기 신호 방출을 증폭시켜 신호 간섭 제거에 효과가 있음을 보인다. 또한 여러 가지 환경 여건에서 적절하게 이용하면 즉, 환경 여건이 아주 좋지 않을 때에 시퀀스의 길이를 충분히 크게 주변 악조건의 환경에서도 자기 신호를 방출 및 흡수하는데 있어서 효율적임을 알 수 있다.



(그림 5) 시퀀스 길이가 7일 때의 탐지율 비교



(그림 6) 시퀀스 길이가 127일 때의 탐지율 비교



(그림 7) 시퀀스 길이가 255일 때의 탐지율 비교

표 1은 각각의 영상을 가지고 LZW 부호화와 산술 부호화에 의한 bpp 결과와 함께 제안한 기법을 적용시켜 변환시킨 각각의 영상을 가지고 두 가지 부호화에 의한 bpp 결과를 보여준다. 표에서 알 수 있듯이 등급 영상의 데이터가 중복성이 강한 통계적 특성 때문에 압축률에 있어서 보다 향상된 성능을 보이고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 다중 파장을 이용한 레이더 시스템을 설계하였다. 위와 같이 본 논문에서 설계한 시스템은 앞에서 살펴본 실험 결과처럼 탐지율을 효과적으로 개선하였다. 밀리미터파를 응용한 방식에서는 소형화와 저가격화에 한계가 있지만 다중 파장의 레이저를 이용한 시스템은 획기적으로 소형화될 수 있어 경제적인 시스템 구현이 가능하다. 또한 기존의 싱글빔 방식의 고풍력 펄스형 레이저 레이더와 달리 수신 신호의 SNR은 의사 잡음 시퀀스의 길이에 비례하여 개선될 뿐만 아니라 인접 차량에서 방사되는 레이더 신호에 의한 간섭제거 특성도 함께 개선되는 특징을 보였다.

참고문헌

- [1] 成田 義之, 津田 紀生, 山田 諄, “카오스레이저를 이용한衝突防止센사의 연구”, 電氣學會論文誌 C, Vol. 123, No. 12, pp.2079-2084, 2003.
- [2] Adam Rybaltowski and Allen Taflove, “Superior signal-to-noise ratio of a new AA1 sequence for random-modulation continuous-wave lidar”, Optics Letters, Vol. 29, No. 15, pp.1709-1710, August 1, 2004.
- [3] A review of automotive radar systems - devices and regulatory frameworks, Australian communications authority, 2001.
- [4] F. R. K Chung, J. A. Salehi, V. K. Wei, “Optical orthogonal codes: Design, analysis, and applications,” IEEE Trans. Information Theory, vol. 35, no. 3, May 1989.
- [5] A.L. Baranovski, F. Dachsetl, and W. Rave. “Nonlinear Dynamics of PN-Sequences”, Proceedings of the 14th IST Mobile & Wireless Communications Summit (IST Summit'05), Dresden, Germany, 19. - 22. June 2005.