

코드 다중화 방식의 다중 입출력 PMCW 레이더에서의 자가 코드 간섭 분석

박 정 훈, 함 도 영, 김 성 철*

서울대학교 전기정보공학부, 뉴미디어통신공동연구소

Analysis of Self-Code Interference in CDM-MIMO PMCW Radar

Jeong-Hoon Park, Doyoung Ham, Seong-Cheol Kim*

Department of Electrical and Computer Engineering and INMC, Seoul National University

Key words : 위상변조 레이더(PMCW radar, phase modulated continuous wave radar), 자가 간섭 (self-code interference), 다중 입출력 (MIMO, multi-input multi-output), 코드 다중화 방식 (CDM, code-division multiplexing), 타겟 스펙트럼 (target spectrum)

* 교신저자, E-mail: sckim@maxwell.snu.ac.kr

자율주행을 위한 주변 인식 센서 중 레이더 센서는 악천후나 날씨 조건 등에 강인하고, 넓은 탐지 거리를 갖는다는 장점을 갖는다. 기존 차량용 레이더 시스템은 주파수 연속 변조파 (FMCW, frequency modulated continuous wave)를 기반으로 하지만, 같은 주파수 자원을 활용해 더 높은 센싱 성능을 확보하기 위해 다양한 신호파(waveform)가 레이더 센싱에 고려되고 있다. 그중, 위상변조 (PMCW, phase modulated continuous wave) 레이더는 자기상관 (autocorrelation)이 delta function에 가까운 이진 수열 (binary sequence)를 기반으로 한 위상변조 신호를 송·수신하여 FMCW 레이더 대비 더 좋은 분해능과 낮은 부엽수준(sidelobe)를 갖는 타겟 스펙트럼을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 다중 입출력 (MIMO, multi-input multi-output) 레이더에서의 PMCW 신호파의 장점을 최대한으로 활용하는 코드 다중화 (CDM, code division multiplexing) 방식의 장점을 제시하고, trade-off로 발생하는 자가 간섭효과에 대해서 분석한다. 본 논문의 코드 다중화 방식은 각 송신 안테나마다 할당된 서로 다른 이진 수열을 기반으로 위상변조를 수행하여 시간-주파수 자원을 최대한으로 활용할 수 있기에, 기존 MIMO 레이더 시스템에서 개발되어 온 시간 영역 다중화 (TDM, time division multiplexing), 주파수 영역 다중화 (FDM, frequency division multiplexing), 도플러 영역 다중화 (DDM, Doppler division multiplexing)등의 단점을 극복하는 breakthrough라고 할 수 있다.

하지만 이는 송신안테나 수가 많아질수록 자가 코드 간섭 (Self-code interference)이 커져 센싱 성능이 떨어진다. Photo. 1에서는 자가 코드 간섭으로 인해 열화된 단일 타겟의 거리-스펙트럼을 나타낸다. Photo. 2에서는 이로 인해 열화된 거리-스펙트럼의 PSR(peak to sidelobe ratio)를 자가 코드 간섭이 발생하지 않는 이상적인 상황과 비교하였다. 시뮬레이션에 활용된 이진 수열은 255개의 칩 길이를 갖는 Maximum length 수열을 활용하였다. 추가적으로, 자가 코드 간섭효과를 효과적으로 제거하기 위해 활용될 수 있는 정합 필터(matched filter)기반 순차적 간섭제거 (SIC, successive interference cancellation)기법을 통해 이를 완화한 결과를 보여주며, 이는 최종적으로 자율주행 레이더 시스템의 성능 한계를 극복하는데 기여할 수 있을 것이다.

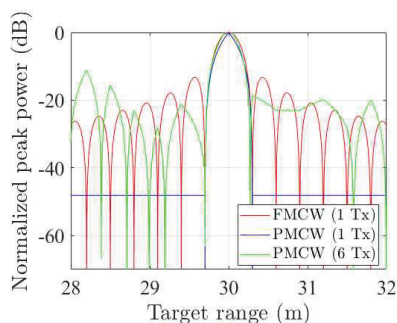


Photo. 1 Range-spectrum example

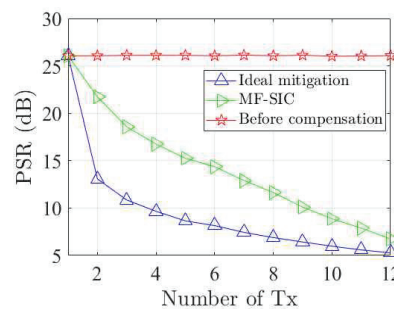


Photo. 2 PSR with respect to number of Tx

Acknowledge: 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20014098).