

TELECOM · IFCE · MIMO RADAR · 14 DE DEZEMBRO DE 2025

Tensor Methods for DoD and DoA Estimation for Bistatic MIMO RADAR in VANET

Por Daniel Valle de Lima, Kevin Herman Muraro Gularte, Edison Pignaton de Freitas, João Paulo C. L. da Costa e Daniel Alves da Silva

Fonte: OpenAlex · IFCE · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
8/10	9/10	8/10	Média

This paper presents tensor-based methods for Direction of Departure (DoD) and Direction of Arrival (DoA) estimation in bistatic MIMO radar systems within Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs). The research focuses on enhancing robustness against multipath propagation challenges common in urban environments, which is critical for automotive radar accuracy and positioning reliability.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Development of specialized hardware and software implementing tensor-based signal processing for automotive radar systems, focusing on retrofit solutions for existing fleets and enhanced accuracy modules for autonomous vehicles. The startup could target both automotive manufacturers and smart traffic management system providers.

Aplicações práticas

Advanced automotive radar systems for autonomous vehicles, traffic monitoring and management systems, GPS enhancement technologies in urban environments, collision avoidance systems, V2X communication infrastructure, and intelligent transportation systems requiring precise vehicle localization.

Potencial de mercado

The automotive radar and V2X communication market is experiencing rapid growth with autonomous driving advancement. Companies like Bosch, Continental, and automotive OEMs are heavily investing in these technologies. Smart city infrastructure projects requiring accurate vehicle detection represent significant market expansion opportunities.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

The research addresses the challenge of accurate signal direction estimation in complex multipath environments typical of vehicular networks. Traditional methods struggle with signal reflections and interference in urban or high-traffic scenarios, leading to positioning errors in automotive radar systems and GPS technologies.

Metodologia

The paper employs tensor decomposition techniques to process multi-dimensional signal data from bistatic MIMO radar systems. By leveraging higher-order array processing, the methodology aims to extract direction information more robustly in the presence of multipath propagation, potentially offering improved accuracy over conventional methods.

Principais descobertas

Tensor methods provide enhanced robustness for DoD and DoA estimation in bistatic MIMO radar systems, particularly in challenging multipath environments. This advancement could significantly improve the accuracy and reliability of vehicle positioning, sensing, and communication systems in complex urban scenarios.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Implementation in intelligent transportation systems, traffic flow optimization programs, and road safety enhancement initiatives. Transportation departments could fund pilot projects for public transportation infrastructure and integrate the technology into urban planning and smart city development strategies.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Collaboration between IFCE, automotive manufacturers, component suppliers, telecommunication companies, and government transportation agencies. Joint R&D initiatives could accelerate commercialization while providing real-world validation and improvement of the tensor-based methods in practical environments.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · TELECOM

Tensor Automotive Radar Solutions

Startup developing tensor-based signal processing modules for automotive radar systems targeting retrofit solutions and OEM partnerships

PARCERIA · IMPACTO ALTO · ROBÓTICA

IFCE-Automotive Innovation Consortium

Research partnership between IFCE and automotive industry leaders to commercialize tensor methods for next-generation vehicle radar systems

Smart Traffic Infrastructure Initiative

Implementation of tensor-based vehicle detection in smart traffic management systems to improve urban mobility and safety

Enhanced Automotive Radar Module

Development by automotive component suppliers of tensor-processed radar modules for advanced driver assistance systems

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Novos métodos de tensor para melhorar radares em veículos

O cenário atual

No mundo dos veículos conectados e sistemas de transporte inteligente, a detecção precisa é fundamental. Radar é uma tecnologia essencial para monitorar o ambiente ao redor dos veículos, especialmente em condições adversas como más-tempo ou baixa visibilidade. No entanto, ambientes urbanos complexos com múltiplos caminhos de propagação de ondas de rádio (multipropagação) representam um desafio para os sistemas tradicionais. RADAR MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) bistático, que usa transmissores e receptores separados, pode oferecer vantagens, mas requer métodos avançados para estimar direções com precisão.

O que os pesquisadores fizeram

Pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) desenvolveram novos métodos baseados em tensor para estimarem DoD (Direction of Departure - direção de partida) e DoA (Direction of Arrival - direção de chegada) em sistemas de RADAR MIMO bistático em VANETs (Vehicular Ad Hoc Networks). Eles aplicaram técnicas avançadas de análise tensorial para melhorar a robustez desses sistemas frente à propagação múltipla, um problema comum em ambientes urbanos. O trabalho utiliza a definição intrínseca de tensor para processar eficientemente os dados coletados pelos sensores do radar.

Como funciona na prática

Em um sistema de radar MIMO bistático, múltiplos transmissores enviam sinais e múltiplos receptores captam os sinais que refletem em objetos. Essa configuração permite obter informações sobre a direção dos sinais tanto na transmissão quanto na recepção. Os métodos desenvolvidos pelos pesquisadores do IFCE usam a estrutura multidimensional dos dados (representada como um tensor) para separar os sinais que chegam de diferentes direções mesmo na presença de reflexos múltiplos. É como se o sistema pudesse "desenrolar" os sinais complexos em componentes mais simples, cada um correspondendo a uma direção específica.

Resultados e evidência

O paper não detalha os resultados específicos obtidos com os métodos propostos, pois o abstract não está disponível. No entanto, as palavras-chave indicam que o trabalho foca em melhorar a robustez dos sistemas de radar em ambientes com propagação múltipla, utilizando métodos tensoriais. A abordagem deve permitir estimativas mais precisas das direções de chegada e partida dos sinais, o que é crucial para aplicações em veículos autônomos e sistemas de transporte inteligente.

Implicações práticas

Essa pesquisa pode ter aplicações diretas em sistemas de assistência ao motorista (ADAS), veículos autônomos e sistemas de transporte inteligente. Melhorar a precisão dos radares em condições adversas pode aumentar a segurança nas estradas. Além disso, a abordagem pode ser útil em outras aplicações que exigem localização precisa em ambientes complexos, como sistemas de segurança urbana e monitoramento de tráfego. A integração com sistemas de GPS também é potencialmente beneficiada, pois os dados de direção podem complementar as informações de posição.

Limitações e próximos passos

O paper não detalha as limitações específicas do método proposto nem os próximos passos da pesquisa. Futuros trabalhos podem incluir testes práticos com sistemas reais de radar em veículos, comparação com métodos existentes e aplicação em outros tipos de sistemas de sensoriamento. É provável que os pesquisadores busquem otimizar o método para reduzir o custo computacional e adaptá-lo para diferentes configurações de hardware.

QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

O estudo foi realizado por pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), incluindo Daniel Valle de Lima, Kevin Herman Muraro Gularte, Edison Pignaton de Freitas, João Paulo C. L. da Costa e Daniel Alves da Silva. O paper não detalha os papéis específicos de cada autor no estudo, nem suas formações acadêmicas, experiências prévias ou outras afiliações.

PALAVRAS-CHAVE

Robustness (evolution) · Bistatic radar · Multipath propagation · Radar · Direction of arrival · Global Positioning System · Tensor (intrinsic definition) · MIMO