

広帯域多周波ステップ CPC 方式における 圧縮センシングを用いた速度視野改善法

Velocity Ambiguity Mitigation Method using Compressed Sensing in Wide-Band Stepped Multiple Frequency CPC

太田裕也
Yuya Ota

秋田 学
Manabu Akita

稲葉 敬之
Takayuki Inaba

電気通信大学大学院情報理工学研究所

Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

1. まえがき

自動運転システムの実現など政策的課題解決のために、車載レーダ向けミリ波帯の超広帯域化の法整備（79GHz/76GHz帯の4GHz/1GHzへの拡大）が推進されている。著者等は、狭受信機帯域幅（遠距離性）と高距離分解能という相反する能力を兼ね備えた多周波ステップCPCレーダを提案し60GHz帯や76GHzにて、遠距離性と高距離分解能性能の両立を実験的に示している[1]。広帯域を活用することにより高い距離分解能が期待される一方で、多周波ステップCPC方式の問題として、観測時間を一定としたときに広帯域化（すなわち周波数ステップ数の増加）によって速度視野が低下してしまうことが挙げられる。その対策として圧縮センシングを多周波ステップCPC方式のパルスドップラフィルタに適用することが考えられるが、パルスドップラフィルタまでのS/N改善はパルス圧縮のみでありS/Nの点で課題がある。

本稿では、超広帯域への拡張にともなう速度視野低下問題に対して、多周波ステップCPC方式の合成帯域後の信号に逆フーリエ変換を施し圧縮センシング[2]を適用する。これにより圧縮センシングへの入力に合成帯域のS/N改善が見込まれる。同一周波数の2組の相補符号間の位相差を用いて、速度アンビギュイティを抑圧し速度視野の改善を図る。

2. 圧縮センシングを用いた速度視野改善法

図1に圧縮センシングをパルス圧縮後に適用した場合のブロック図を示す。図2に提案法で圧縮センシングを用いた多周波ステップCPC方式の送信シーケンスを示す。図3に信号処理ブロック図を示す。時分割で2つの相補符号を2組送信したのちに送信周波数の切り替えを行う。復調処理においては、多周波ステップCPC方式と同様に合成帯域することにより、送信帯域幅と比較して狭受信機帯域幅で高距離分解能を得る。その後、パルスドップラフィルタの逆演算（逆フーリエ変換）を行い、これを圧縮センシングへの入力とする。なお、本構成では圧縮センシングの再構成アルゴリズムとして交互方向乗数法（The alternating direction methods of multipliers: ADMM）を適用する。



図1. 圧縮センシングをパルス圧縮後に適用した場合のブロック図

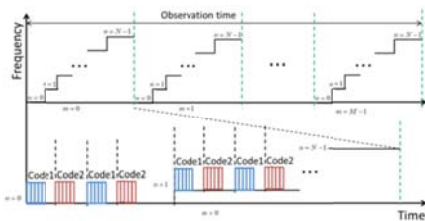


図2. 提案法の送信シーケンス



図3.提案法の信号処理ブロック図

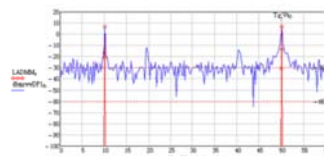


図4.提案法を用いた場合のドップラプロフィール(青線が合成帯域結果,赤線が圧縮センシング結果)

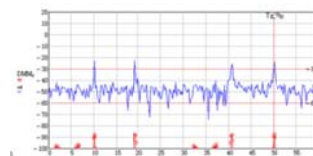


図5. PDF部を圧縮センシング入力で置き換えたときのドップラプロフィール

3. 実験的検証

表1. レーダパラメータ

パラメータ名	緒元	パラメータ名	緒元
送信周波数 f_0	79GHz	周波数ステップ数N	16
パルス帯域幅b	80MHz	送信帯域幅B	1630MHz
位相切り替え間隔 T_{chip}	0.0125ns	観測時間 T_{cpi}	28.672ms
符号チップ数P	16	A/Dサンプリング周波数 f_s	160MHz
パルス繰返し間隔	3.5 μ s	速度視野	15.258km/h
パルス数M	128	距離分解能	0.092m
周波数ステップ幅 Δf	50MHz	速度分解能	0.238km/h

表2. 目標条件

	目標距離1	目標速度1	目標速度2	入力S/N
目標条件	20m	10km/h	50km/h	-11dB

速度視野の拡張を確認するため表1、表2に示すレーダパラメータ、目標条件でシミュレーションを行った。シミュレーション結果を図4に示す。また、比較としてパルスドップラフィルタ部を圧縮センシングに置き換えた構成でのシミュレーション結果を図5に示す。図3より、提案法によって速度アンビギュイティが抑圧され、目標速度が速度視野を超える場合でも推定が可能であることを確認した。

4. むすび

本稿では、超広帯域への拡張にともなう速度視野低下問題に対して、多周波ステップCPC方式の合成帯域後の信号に逆フーリエ変換を施し圧縮センシングを適用する速度視野改善法を提案した。パルスドップラフィルタ部を圧縮センシングに置き換えた構成と比べて、本稿の構成は圧縮センシングへの入力S/N改善が期待され、提案法によって速度アンビギュイティが抑圧されることをシミュレーションにより確認した。

謝辞

本研究開発は総務省SCOPE（受付番号175003002）の委託を受けたものです。

参考文献

- [1] 渡辺,秋田,稲葉,多周波ステップCPCレーダの提案と原理検証実験”電気学会論文誌C,Vol.135,No.3,pp.285-291,2015.
- [2] 山田,木村,秋田,稲葉,圧縮センシングによるスパース多周波ランダムステップCPCの距離アンビギュイティ抑圧効果の統計的評価,2018年電子情報通信学会総合大会,2018