

ソフトウェアレーダの構築と2周波CW方式の人物運動検知レーダへの適用 Implementation of 24GHz Software Defined Radar and Experiment of 2 Freq. CW

岩間 佑介 稲葉 敬之
Yusuke Iwama Takayuki Inaba

電気通信大学 電子工学科
Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications.

1. まえがき

筆者らは、各種レーダ変調方式の実験的評価を可能とする**24GHz 特定小電力無線局規格準拠の「ソフトウェアレーダ装置」**を構築した。本稿では、ソフトウェアレーダ装置の概要を説明するとともに、近距離レーダ方式の一例として2周波CW方式を採用し電波暗室内にて当レーダ装置を用いて人物の運動検知性能評価実験を行ったので報告する。

2. ソフトウェアレーダ装置

ソフトウェアレーダ装置 RF 部は 24GHz 特定小電力無線局規格 (送信電力 10mW, 周波数帯域 24.05GHz~24.25GHz, 瞬時周波数帯域幅 76MHz) に準拠しておりソフトウェアにて以下に示すような各種レーダ変調波を生成しレーダとして送受信が可能である。

<各種レーダ方式>

- 1) 周波数や位相で距離計測する方式
 - ・FMCW レーダ, 2周波 CW レーダ, 多周波ステップ ICW 等
- 2) 時間遅延で距離計測する方式
 - ・パルスレーダ, 各種パルス圧縮レーダ
 - ・OFDM (直交周波数) レーダ等
- 3) 上記を複合し距離計測する方式
 - ・相補符号多周波非線形成帯域レーダ等

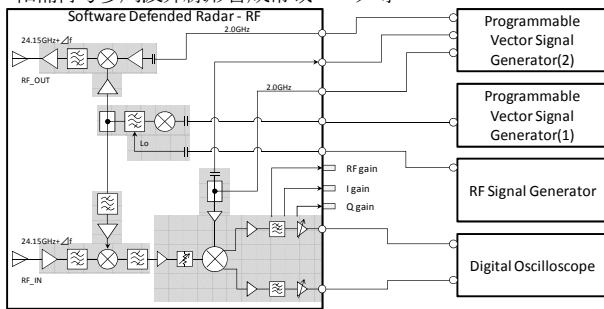


図1 ソフトウェアレーダ装置ブロック図

ソフトウェアレーダ装置は図1に示すように、ソフトウェアレーダ装置 RF 部、ベクトル信号発生器(1)(2)、高周波・高出力アナログ信号発生器、及び高速デジタルオシロスコープで構成される。ベクトル信号発生器(1)は、デジタル的に高速に信号周波数を切り替え可能であり Local 発振源であるアナログ信号発生器出力 RF 信号とミキシングされる。この信号は、送受に分配され受信系では受信波とミキシングされ目標までの位相差情報を提供する。

一方、ベクトル信号発生器(2)は、高 on/off 比のパルス化、高速立ち上がり特性、及びデジタルパルス内変調機能を有する。この出力信号は前記 RF 信号とミキシングされ送信される。受信系では、IQ 検波が行われた後、複素ベースバンド信号として高速デジタルオシロスコープにて計測される。計測された信号はリアルタイムにパソコンに転送され、パソコン上の SW にてレーダ信号処理が適用される。

3. 2周波CW方式

2周波CW方式とは、極めて狭い周波数占有帯域で目標の速度・距離推定が可能なレーダ方式である。2周波CW方式では、ベクトル信号発生器(1)にて送信周波数 f_1 と少したけ周波数が離れた周波数 f_2 のCW波をそれぞれ時間 T の間、時分割にて送信する。すなわち、受信系では送信周波数 f_1 の区間は周波数 f_1 、周波数 f_2 の区間は周波数 f_2 のローカル信号でミキシングされる。ミキシング後の出力信号は、送信周波数 f_1 と f_2 の差が僅少であるため、同じ目標からの受信信号は送信周波数 f_1 と f_2 の両区間で同じドップラ周波数 f_d として観測される。この時の目標との相対速度 V は $V = f_d \cdot \lambda_1 / 2(f_1 - f_2)$ である。周波数 f_1 , f_2 の各区間でのサンプリングデータをそれぞれフーリエ変換し、フーリエ変換出力の値がピークとなる周波数から前記ドップラ周波数が、また目標距離はその周波数成分の位相差 $\Delta \phi = \phi_2$

$-\phi_1$ を用いて、 $R = c \cdot \Delta \phi / (4\pi(f_1 - f_2))$ から求められる [1]。ここで、 λ_1 は周波数 f_1 時の波長、 λ_2 は周波数 f_2 時の波長である。

4. 人物の運動検知実験

人物の運動検知実験のために、2周波 CW 方式を採用しソフトウェアレーダ装置を用いて電波暗室内で実験を行った。

実験では実用性を考慮し以下のレーダパラメータ (24GHz 特定小電力無線局規格準拠) を採用した。

- ・送信周波数 f_0 : 24.15GHz
- ・周波数ステップ幅 Δf : 15MHz(最大距離視野: 10m)
- ・周波数ステップ数 N : 2
- ・周波数切替え間隔 T : 20 μ s(最大速度視野: 279.503km/h)
- ・AD変換速度: 10kHz, または 100kHz
- ・観測時間 T_c : 81.92ms(速度分解能: 0.273km/h)
- ・人物の運動: ソフトウェアレーダ装置前の約 1.0m~約 3.3m を往復歩行など

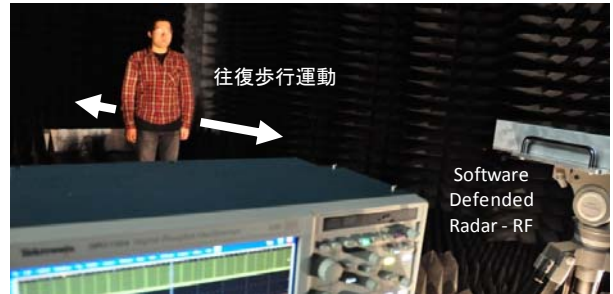


図2 人物運動検知実験概要

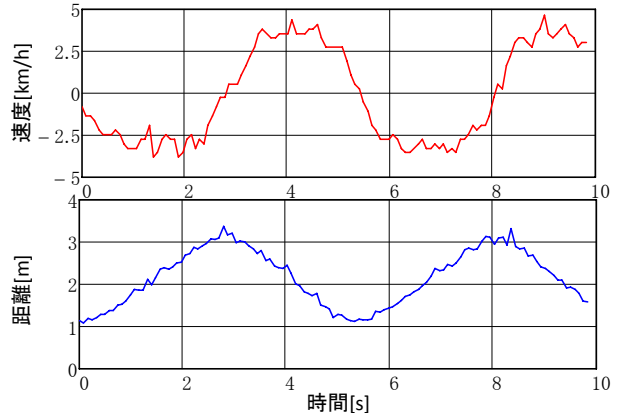


図3 人物の運動検知実験結果

ソフトウェアレーダ装置前約 1.0m~約 3.3m を往復歩行した場合の、2周波 CW 信号処理出力結果 (速度推定値、距離推定値) を図3に示す。AD 変換速度 100kHz という狭帯域かつ低速信号処理にて、またデジタルオシロの制約により帯域制限フィルタが 20MHz (理想帯域に対し 20dB 以上雑音が大い) にも関わらず、数 cm 程度と思われる距離推定が可能であることが確認できた。また、幾分雑音は増えるが 10kHz でも可能であることを確認した。当方式は低価格近距離レーダとして、人物などの検知のみならず運動計測が可能なることから、多様な応用が期待される。

5. おわりに

近距離レーダ方式として2周波 CW 方式を採用し電波暗室内にてソフトウェアレーダ装置を用いた人物の運動検知性能評価実験を行った。採用したレーダパラメータにて人物の運動検知が可能であることを確認した。本研究の一部は科研費 (課題番号: 21246062) によりなされた。

参考文献

- [1] 稲葉敬之, 平井俊之, "FMCW レーダにおける移動目標検出法," 電子情報通信学会論文誌(B), vol.J88-B, No.4, pp.795-803, April 2005.