

# アナログ角度変調信号に対する干渉検出の一検討

井上 健次<sup>†</sup> 川喜田 佑介<sup>†</sup> 三次 仁<sup>‡</sup> 市川 晴久<sup>†</sup>

<sup>†</sup>電気通信大学 <sup>‡</sup>慶應義塾大学

E-mail: <sup>†</sup>inoue.kenji@ichikawa-lab.org

**あらまし** インターネットの発展には、多種多様な無線通信端末が実世界情報を取得し、データ化する物理層の発展が必要不可欠である。従来の無線計測システムでは、定期的な充電、有限な電波資源の有効活用、周波数共用環境下の干渉問題への柔軟な対応などが課題として挙げられ、筆者らはこれら問題に対応するマルチサブキャリア通信を研究開発している。マルチサブキャリア通信は、パッシブ RFID 通信規格である EPC Global Class1 Generation2 と回路的に互換性があり、一次変調に PM、二次変調にサブキャリア変調を施す周波数多重化技術である。本稿では、周波数共用環境下におけるマルチサブキャリア通信時、衝突信号数が 3 波となる帯域に対して、干渉波の高精度・高速な検出による干渉回避を目的とし、代表的な干渉検出手法の適用可能性を定性的に検討した結果を述べる。

**キーワード** マルチサブキャリア通信, 干渉検出, ソフトウェア無線

## An analysis of interference detection for analog angle modulated signals

Kenji INOUE<sup>†</sup> Yusuke KAWAKITA<sup>†</sup> Jin MITSUGI<sup>‡</sup> and Haruhisa ICHIKAWA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> The University of Electro-Communications <sup>‡</sup> Keio University Shonan Fujisawa Campus

E-mail: <sup>†</sup>inoue.kenji@ichikawa-lab.org

### 1. はじめに

時間や周波数で分割された複数の伝送路をまとめて通信に利用する多重化技術がある。多重化技術は複数の端末が同時にネットワークに繋がることを可能にし、携帯電話通信や無線 LAN 通信に広く利用されている。この多重化は、複数のセンサからの信号を連続的に収集・計測するシステムにおいても重要な技術である。例えば、慣性センサを内蔵した無線端末を多重化し、人の動作を取得する慣性センサ式モーションキャプチャ(Xsens 社製の MVN Awinda)では、重量 27g の無線センサ端末 17 個(総重量約 500g)を身体に付帯することで、全身の 3 次元動作のリアルタイム取得を可能としている[1]。このような無線計測システムは、有線に比べ計測開始に手間が掛からない利点があるが、次に示す制約が課せられる。無線センサ端末に電池を内蔵することによる定期的な充電、有限な電波資源の有効活用、周波数共用環境下の干渉問題への柔軟な対応。我々はこれら制約に対応すべく、マルチサブキャリア通信を検討している[2]。本稿では、周波数共用環境下におけるマルチサブキャリア通信時、衝突信号数が 3 波となる帯域に対して、干渉波の高精度・高速な検出による干渉回避を目的とし、代表的な干渉検出手法の適用可能性を定性的に検討した結果を述べる。

### 2. マルチサブキャリア通信技術

マルチサブキャリア通信は、パッシブ RFID 通信の国際標準規格である EPC Global Class1 Generation2 と回路的に互換性がある。パッシブ RFID 通信とは、RFID

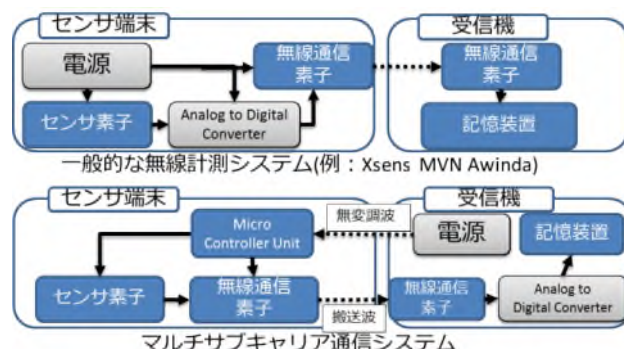


図 1：マルチサブキャリア通信システムと一般的な無線通信システムとの比較

リーダー/ライタからの無変調波を、センサ端末が駆動電力源、また搬送波として利用する通信方式である。図 1 に一般的な無線計測システム(例：Xsens 社の MVN)との比較を示す。マルチサブキャリア通信では、ADC(Analog to Digital Converter)や電源をセンサ端末から切り離し受信機側に配置しているため、センサ端末の無充電化・小型化が実現できる。無線通信時の変調には、一次変調に PM(位相変調)、二次変調にサブキャリア変調を利用することで、周波数多重化を実現している。サブキャリア変調は、搬送波に対して周期的な矩形波を乗算することで変調を掛ける RF スイッチに対しサブキャリア周波数を割り当てることで可能となる。割り当て時、矩形波の数学的な特性から、図 2 のように、各サブキャリア信号が持つ基本周波数の奇数倍の周波数帯に不要波を発生させる。そのため、本

来ならば不要波が発生する周波数帯は通信に利用しない。しかし、無干渉帯の信号を先に復調、レプリカ信号の生成、干渉帯域から減算することで、サブキャリア間の干渉除去が可能であるため、不要波の発生周波数帯も有効に利用できる。ここで、周波数共用環境において、不要波と希望波が衝突している帯域に異なる無線通信システムの信号(以下:干渉波)が干渉している場合、希望波の復調精度が劣化する。そのため、干渉を可能な限り早く検出する必要がある。しかし、この帯域では衝突信号数が3波となるため、先行的に研究されている希望波と干渉波の2波の衝突(以下:2波の衝突)に対する干渉検出手法が有効であるか不明である。次章にて、衝突信号数3波に対して、代表的な干渉検出手法の有効性を定性的に検討した結果を示す。

### 3. アナログ角度変調信号に対する干渉検出手法の適用性検討

本稿では不要波・希望波・干渉波の計3波の衝突(以下:3波の衝突)に対し、代表的な干渉検出手法の正検出率、検出所要時間を定性的に評価した。表1に評価結果を示す。代表的な干渉検出手法として、a.検波出力の変動、b.振幅変動、c.エネルギー検出による電力分散と赤字情報量基準、d.共分散行列の固有値を用いる手法を利用した。a.は復調精度の悪化を閾値として用いた干渉検出手法、b・c・dは振幅や分散用いた干渉検出手法であり、コグニティブ無線におけるスペクトラムセンシング等に用いられる。b・c・dは希望波、干渉波の2波が存在する状況に対して評価事例があり、特にc、dは有効である[4][5]。これら手法に対し、下記に定性的な検討結果を述べる。aに関して、アナログ角度変調は位相同期回路により検波できる。この位相同期回路に干渉波が加算されると出力が一時的に不安定になる。この出力の揺れを閾値判定し干渉検出できると考えられる。bに関して、文献[3]は予め振幅の平均値から閾値を算出しておき、閾値を超えた場合に干渉を検出している。3波の衝突では、信号の分散が増加し誤検出率が高くなり、正検出率が劣化すると考えられる。cに関して、文献[4]はMB-OFDMシステムに対する干渉を想定し、正検出率を高くするため動的閾値設定を行う。動的閾値設定には、受信した信号電力の分散に基づいた赤字情報量基準を用いる。赤字情報量基準とは、ある観測に対する最適なモデル(閾値)を決定するための基準である。2波の衝突に対し事前情報が不要、動的閾値設定が可能、現実的な計算量で計算可能な点で有用であり、正検出率、干渉検出時間共優れると考えられる。電力分散を閾値として用いているため、2波・3波衝突時の各信号の分散の比較により、3波の衝突に対しても有効だと考えられる。dに関して、文献[5]は受信信号の共分散行列の固有値により



図 2: サブキャリア通信時のスペクトル

表 1: 2波・3波の衝突における干渉検出の定性的評価。結果を×・△・○・◎で示した。( )は先行事例が無い。

衝突信号数 干渉検出方式\	2波		3波	
	正検出率	検出 所要時間	正検出率	検出 所要時間
a. 検波出力の変動を利用	(○)	(○)	(△)	(○)
b. 振幅変動を利用	△	(○)	(×)	--
c. Energy Detectionによる電力分散と赤字情報量基準を利用	◎	(○)	(○)	(○)
d. 共分散行列の固有値を利用	◎	(○)	(○)	(○)

閾値を動的に決定する。この分散は時間軸信号に対する振幅の分散を指しており、エネルギー検出時の電力分散を用いるc.とは異なる分散である。事前情報の不要性、動的閾値設定、現実的な計算量を考慮した結果、cと同様に3波の衝突に対しても有効だと考える。

### 4. むすび

周波数共用環境下におけるマルチサブキャリア通信時、不要波・希望波・干渉波の計3波の衝突に対して、干渉波の高精度・高速な検出による干渉回避を目的として、従来の干渉検出手法の有効性について定性的に評価した。結果、表1の通りa・c・dの手法の適用時、正検出率・検出所要時間が高くなり得ることを示した。

### 謝 辞

本研究はJSPS 科研費 25240010, 25730054, 24500095の助成を受けた。

### 文 献

- [1] D. Roetenberg et al., "Xsens MVN: Full 6DOF Human Motion Tracking Using Miniature Inertial Sensors," XSENS TECHNOLOGIES, Apr. 2013.
- [2] Y. Igarashi et al., "A Feasibility Study on Simultaneous Data Collection from Multiple Sensor RF Tags with Multiple Subcarriers," 2014 IEEE International Conference on RFID, pp.141-146, Apr. 2014
- [3] S. Vogeler et al., "Blind Bluetooth interference detection and suppression for OFDM transmission in the ISM band," Conference Record of the Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2003, pp.703-706, Nov. 2003.
- [4] 佐藤峻ほか, "MB-OFDMシステムにおけるAICに基づいた干渉検出に関する一検討," 信学技報(CS), Vol.111, No.311, pp.55-60, Nov. 2011.
- [5] Y. Zeng, Y. Liang, "Eigenvalue-based spectrum sensing algorithms for cognitive radio," IEEE Trans. Commun., vol. 57, pp. 1784-1793, Jun. 2009.