

マルチサブキャリア多元接続におけるデジタル変調の実装

Implementation of Multi-Subcarrier Multiple Access by Digital Modulation

亀井大向[†]
Hiromu Kamei

ラジオリアニティッシュ[†]
Nitish Rajoria

三次仁[†]
Jin Mitsugi

川喜田佑介^{††}
Yuusuke Kawakita

市川晴久^{††}
Haruhisa Ichikawa

慶應義塾大学 Auto-ID ラボラトリ[†]
Auto-ID Lab. Japan, Keio University

電気通信大学^{††}
The University of Electro-Communications

1 背景

人工衛星や飛行機といった構造物の異常検出を行う振動試験では、複数のセンサから同時かつ連続的なセンサデータの取得が要求される。振動試験は現在有線にて行われているが、これを無線かつバッテリーレスで行うことで、建造時のセンサ埋め込みが可能になり、作業の効率化を図ることができる。本稿では、これを実現する手段として提案されているマルチサブキャリア多元接続 (MSMA) [1], [2] について取り上げ、本手法におけるデジタル通信の実現性を検証した結果を報告する。

2 MSMA (Multi-Subcarrier Multiple Access)

バッテリーレスかつ数 m の距離の無線通信を行う方法として、パッシブ RF タグを用いた通信が考えられる。しかし、パッシブ RF タグと送受信機間の通信は時分割多元接続 (TDMA) で行われるため、前述した試験の要件を満たすことが困難である。MSMA では、二つの技術的提案によりこれを解決している。

一つ目は、サブキャリアを動的に割り当てることで、同時かつ連続的なデータ通信を可能にしている。図 1 に動的にサブキャリアを割り当てることを可能にする RF タグを示す。図下方のピンから特定周波数の矩形波を入力し、RF スイッチを切り替えることで任意の周波数でサブキャリアを生成できる。

二つ目は、サブキャリア生成により発生する高調波の干渉による影響を取り除いている。サブキャリアの信号を、フーリエ級数を用いて表したものが (1) 式である。 f_s , A_s はそれぞれサブキャリア周波数, サブキャリア信号強度である。本式より、サブキャリア周波数の奇数倍に、規則的な振幅で高調波が発生することが分かる。したがっ

て、本式に基づき、干渉成分を変調後の信号から取り除くことが可能である。

$$\begin{aligned} s_e(t) &= \frac{A_s}{2} + A_s \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 - \cos n\pi}{n\pi} \sin 2n\pi f_s t \\ &= \frac{A_s}{2} + \frac{2}{\pi} \left(\sin 2\pi f_s t + \frac{1}{3} \sin 6\pi f_s t + \frac{1}{5} \sin 10\pi f_s t \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{7} \sin 14\pi f_s t + \dots \right) \end{aligned} \quad (1)$$

3 MSMA におけるデジタル変調

既存研究にてアナログ変調でのデータの送受信は実証されているが、これは復調処理の計算コストが高いことが判明している。デジタル変調では完全な波形を復元する必要がないため、干渉除去後にサンプリングレートを適切に落とすことで計算コストを下げる事が出来る。また、デジタル変調で送信することで、ノイズ耐性の向上、パリティチェック等のメリットも存在する。今回の実験では、MSP430 マイクロコントローラを用いて、センサ RF タグ側の機能であるサブキャリア周波数の作成、サブキャリアに対する PSK による変調を行った。また LabVIEW にて、MSMA に準じた復調回路を作成し、信号の観測を行った。なお、キャリア周波数として 915MHz, サブキャリア周波数として 10kHz, 30kHz を使用した。10kHz の信号には高調波の影響がないが、30kHz の信号では 10kHz の高調波の影響が確認された。MSMA を用いた復調後の信号とベースバンド信号を比較した結果、正しくシンボルが送られていることが確認できた。

謝辞

本研究は総務省 SCOPE 155003007 で実施している。

参考文献

- [1] N. Rajoria et al., Comparative Analysis on Channel Allocation Schemes in Multiple Subcarrier Passive Communication System, IEICE trans. Ambient Sensor Networks, 2015
- [2] Igarashi, Y., Sato, Y., Kawakita, Y., Mitsugi, J., and Ichikawa, H. (2014, April). A feasibility study on simultaneous data collection from multiple sensor RF tags with multiple subcarriers. In RFID (IEEE RFID), 2014 IEEE International Conference on (pp. 141- 146). IEEE.

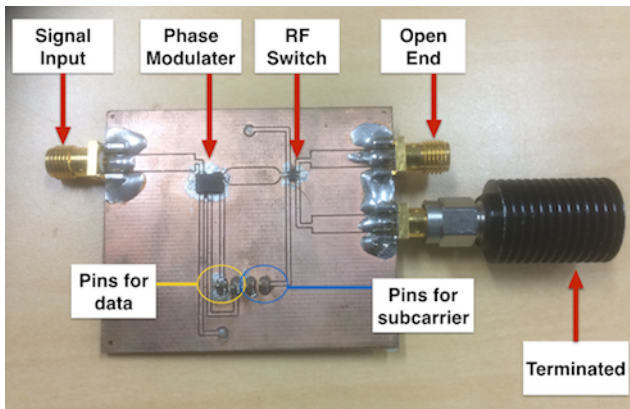


図 1 MSMA において使用されるセンサ RF タグ