

# 複数周波数帯を同時利用できる低消費電力なセンサノードの開発

内田 泰広 瀬川 典久 矢澤 正人\*

**概要.** 既存の無線通信で IoT が普及していくと混信などの問題が発生してくる. この問題を解決する無線技術として MAD-SS がある. MAD-SS は従来の無線技術より狭帯域で低出力ながら長距離通信が可能という特徴をもつ無線通信技術である. この技術が持つ特徴は IoT 製品として組み込むためには最適の条件を持っている. 現在の MAD-SS では一つの受信器で一つの送信ノードの信号しか処理できない. そのため, 送信ノードが増えるたびに一式の受信器セットが必要となる. 本研究では MAD-SS において一つの受信器で複数の周波数帯域を処理することを可能にすることで雑音レベル(MAD-SS)での電波を使った IoT の実現を可能にすることを示す.

## 1 はじめに

近年 IoT(Internet of Things)製品が普及されてきている. 電化製品やウェアラブル端末など様々な端末がインターネットに接続されることで遠隔操作やモニタリングが可能となった. IoT に欠かせない技術の一つが無線通信である. 電波は, 電波法により「電力」と「周波数」の2つの制約が決められており, 各々は決められた周波数の範囲で有効利用しながら通信を行っている.

従来の無線通信, 例えば Wi-fi, Bluetooth, Zigbee で IoT を実現しようとなると周波数帯域が広く混信などが発生しやすい. また, 消費電力が大きく電力の供給が難しい製品などには既存の無線通信は向いていない.

IoT の更なる普及を目指したとき, 既存の無線インフラなどに影響がなく, 通信ノード同士で混信が少なくなるような無線通信技術の選択が求められる.

センサとしてモジュールを組み込むために最適な条件(たとえば低消費電力など)を持った無線通信技術を選ぶことで最善の IoT の実現を行いたいと考える.

表 1. MAD-SS と既存の無線通信の比較 [2][4]

通信方法	Wi-Fi IEEE 802.11n	Bluetooth	ZigBee	MAD-SS
速度 [bit/s]	600M	24M	250k	10
消費電力 [mw]	835.0	215.0	36.9	0.05
距離 [m]	70	10	30	500

Copyright is held by the author(s).

\*Yasuhiro Uchida, 岩手県立大学情報学研究所,  
Norihisa Segawa, 岩手県立大学ソフトウェア情報学部,  
Masato Yazawa, 数理設計研究所

## 2 MAD-SS を使用した IoT の実現について

長距離通信技術の一つに MAD-SS(スペクトラム拡散通信の高速同期法)がある [1][3]. この技術は数理設計研究所で開発され, 以下のような特徴をもつ [5].

- (1)狭帯域(2.7kHz)
- (2)長距離 (同出力で 5~25 倍の距離)
- (3)低速 (10bps)
- (4)免許など特別な資格の必要なし

これらの特徴は, モノにセンサを組み込む条件 (IoT の技術)として最適な条件を兼ね備えている.

狭帯域通信の利点としては, 限られたリソース(周波数)内で有効に周波数を利用することができる. また, 従来の無線通信より少ない電力で長距離の通信が可能である特徴は, エナジーハーベストのような自家発電するセンサノードには最適な条件を持つ.

低速であることは, 欠点のように見えるが生活用品などの情報は Yes か No または温度などの数値データで表現できるものがほとんどであるため必要とする情報は少ない. よってセンサネットワークとして MAD-SS が低速であることは問題にはならない.

現在の MAD-SS では一つの受信器で一つの周波数帯域の送信ノードの信号しか復調することができない. 送信ノードが一つ増えるたびに受信器のセット(アンテナ, 受信器, PC など)が必要となり, コストがかさむ. そこで本研究では, MAD-SS の受信器において複数周波数帯域を同時に復調することを可能にすることで受信器の台数を減らすことで IoT に向けてのコストの削減をし, MAD-SS における IoT を現実的なものにできることを示す.

### 3 既存システムの構成

現在の MAD-SS の受信システムは一つの周波数帯域に対し、ハードウェアフィルタ(回路)を使用することで特定の周波数帯域を MAD-SS の復調(デコード)部分まで通過させ、フィルタした周波数帯域に対し、MAD-SS のデコードを行っている。この方法の場合、ハードウェアフィルタで受信する周波数を狭帯域化しているため、狭い帯域での信号の復調しかできない。よって、復調できる周波数帯域はハードウェアに依存してしまう構成となっている。このような方法はアナログフィルタで行っている。

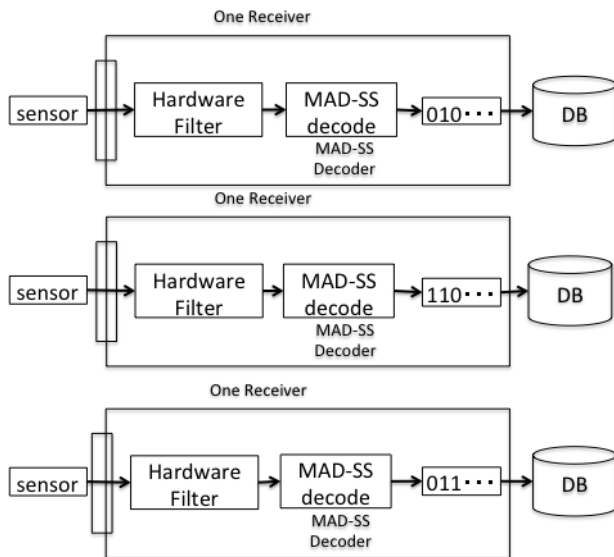


図 1. 現在(ハードウェアフィルタ)の MAD-SS の受信フロー

### 4 フィルタの作成

ソフトウェア無線(SDR)を使用することで複数周波数帯域の信号の復調を実現する。ソフトウェア無線の受信変換方式はダイレクトコンバージョンという方法を採用しているため、受信した電波に対してほぼ直接的な処理が可能となる。また、ソフトウェア無線を使用することで、ハードウェアに依存しないソフトウェアでのフィルタの作成ができる。

信号処理の主な流れは、AD コンバータでアナログからデジタルに信号を変換し、その信号を入力としてフィルタに出力。フィルタ部で高速フーリエ変換(FFT)を使用し周波数のスペクトル成分に分解する。スペクトル成分の強い部分の周波数帯域を FIR フィルタ(バンドパスフィルタ)で通過させ、MAD-SS のデコード処理部へと信号を流す。MAD-SS のデコードした値を最終的な値(信号)として出力する。

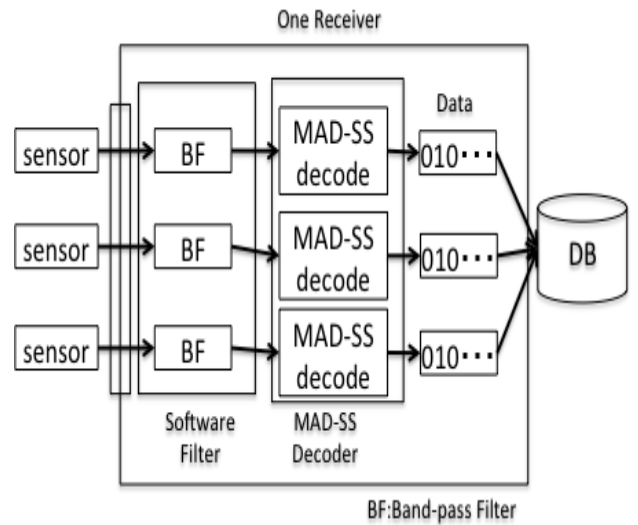


図 2. ソフトウェアフィルタを使った MAD-SS の受信フロー

### 5 おわりに

本稿では、ソフトウェア無線(SDR)を用いることで、既存の MAD-SS システムのハードウェアフィルタ部分をソフトウェアフィルタでプログラムすることにより、一つの受信器で複数周波数帯域の信号を変調することができることを述べた。本研究の目的は、既存のインフラに影響がなく、雑音レベルの低消費電力・広範囲の通信技術で IoT を実現させることである。(ノイズレベルコミュニケーション)

スペクトラム拡散通信は受信側で計算量が増えるため、今後 MAD-SS の復調の遅れで信号の取りこぼしが発生しないように、計算量を減らす効率の良いアルゴリズムを考案する予定である。

#### 参考文献

- [1] 内田泰広. スマートフォンと MAD-SS を用いた長距離通信ノードの開発. WISS2013.
- [2] Yasuhiro Uchida. Multiple Frequency Band Receiver Nodes Using Digital Radio MAD-SS .University of Applied Sciences Upper Austria. workshop. August 2014.
- [3] Norihisa Segawa, "Poster:A Marine Experiment of a Long Distane Communication Sensor Network," Mobicom '12, p435-438
- [4] Christoph Grimm, Embedded Sysytems for Smart Appliances and Energy Management
- [5] 数理設計研究所. <http://www.madlabo.com/>