

Coretex-M4F と MAD-SS を使用した長距離センサーノードの開発

澤田 直哉 瀬川 典久 澤本 潤 杉野 栄二 玉置 晴朗 矢澤 正人 後閑 政昭*

概要. 広範囲での無線センサーネットワークを用いたシステムの構築を想定したときに、現在一般的に利用されているセンサーノードの製品では十分な通信距離を得る事が難しい。そのため、広範囲でのシステムの運用を行うために必要な機材が増え大変な作業となる。システムの運用が大変である事、運用コストが高い事から停止してしまっているシステムも少なくない。そこで、長距離通信可能なセンサーノードの開発を行う事で、その問題を解決する事を考える。本稿では長距離通信可能なセンサーノードの開発について述べる。

1 はじめに

近年、組み込み機器は小型化、無線通信技術の発達により互いに、ネットワークを通し機器同士の連携が行われるようになった。それら組み込み機器の利用例として「無線センサーノードを用いた日常生活サービス構築機構の提案」[1]では、携帯電話、手帳、財布といった日常生活で使用する道具に無線センサーノードをつけ、それらの無線センサーノードが互いにネットワークを通して通信を行う事で、盗難検知、落とし物検知、探し物発見といった日常生活での問題を解決する事を提案している。今まで解決する事が難しかったような問題も、先に述べたセンサーネットワークを用いる事で解決する事が可能となった。

しかし、屋外で、探し物を発見することや物品の管理を行う場合、既存のセンサーノードでは、一般に通信距離が100 m程度、長くても1Km程度であるために、センサーノードを広範囲に大量に設置する必要があり、運用が困難である。

そこで、我々の研究グループでは、センサーネットワークの長距離通信を実現するために、数理設計研究所が開発したMAD-SSを活用することを提案している。

しかし、MAD-SSは受信側の計算能力が要求されるために、従来PCで実装されている。よって、受信ノードを小型化することが難しく、送受信ノードの開発が困難であった。そこで、本研究では、ARMマイコンの一つであるCortex-M4Fを用い、マイコンでのMAD-SSの送受信を行える通信モジュールの提案を行う。

2 MAD-SS

MAD-SSとは、特許技術、「スペクトラム拡散方式の(SS)の通信装置、及び、その高速同期確率法」[2]、を実現した通信技術である。この技術は、低速(10bit/sec程度)であるが、長距離の通信が可能であるという特徴をもつ。一般に、センサーネットワークで使用する情報は湿度や温度等、数バイト程度、大きな物でGPSを用いて取得される緯度・経度程度である。したがって通信速度が低速である事は特に問題になる事はない。この技術を利用し、150MHz帯、免許不要な微弱無線局で通信を行った場合でも、500メートル程度の通信距離が確保できる。[3](表1)微弱無線局としてではなく特定省電力無線免許などの免許を受け利用する事も考えられるが、この場合には、数キロメートルから数十キロメートルの通信も可能となる。(表2)

我々の研究グループでは、MAD-SSシールド[5]ならびにBird GPS[4]といった、送信機の開発に成功しており、さまざまなアプリケーションを構築し、運用している。

2.1 MAD-SS 受信の仕組み

MAD-SSでは、スペクトラム拡散通信の同期を行う際以下のような手順を踏み同期を行っている。(1)変調符号が変化する位置(トグル点)を検出する(2)拡散コード一周期のトグル点を予め生成しておき、1と相互相関させて拡散コードのズレ量を推定する。(3)(2)で求めたズレ量を用いて逆拡散を行う(4)スペクトラム拡散を確認し、有効なスペクトルであれば、確実な受信を確認出来る通常、スペクトラム拡散通信で使用されるシリアルサーチ法が順次、拡散符号をスライドさせながら逆拡散を試みるのに対し、高速同期法では、スライド量を推測してから逆拡散する。これにより、計算量が低減され、高速に処理が可能になる。

本モジュールでは、受信の際に行う逆拡散処理(FFT演算)を、Cortex-M4Fの演算能力を最大限

Copyright is held by the author(s).

* Naoya Sawada, 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ソフトウェア情報学科, Norihisa Segawa, Jun Sawamoto and Eiji Sugino, 岩手県立大学 Haruo Tamaki, Masato Yazawa and Masaaki Gokan, 数理設計研究所

に生かすことで、バッテリーを用いた従来のセンサノードサイズでの送受信の実現を目指す。また、組込 OS(nuttx[6]) を活用することで、ユーザにとって容易にセンサノードを利用できる環境を提供する。

表 1. MAD-SS を用いた場合の通信距離 (50mW)

送信アンテナ高	受信アンテナ高	周波数	距離
1.5m	1.5m	150MHz	0.5km
6.0m	1.5m	150MHz	1.2km

表 2. MAD-SS を用いた場合の通信距離 (10mW)

送信アンテナ高	受信アンテナ高	周波数	距離
1.5m	1.5m	150MHz	7km
6.0m	1.5m	150MHz	14km

3 CoretexM4F を用いた 長距離センサーノード

3.1 CoretexM4F とは

CoretexM4F は、FPU(浮動小数点演算装置)を備え、バッテリー駆動でも使用可能なクラス最小の低消費電力でも駆動可能な ARM コアである。Coretex-M4F を選択した理由は、第一に、低消費電力である事、FPU を搭載している事、ARM アーキテクチャのため通常の DSP と比べコードの移植性が高い事等の理由があげられる。

3.2 CoretexM4F の評価

長距離通信を可能にする MAD-SS の核となっている処理がフーリエ変換 (FFT) である。具体的には、32K 要素の FFT を 0.7 秒の間に 5 回必要とする。実装を行ったメモリ容量の問題から基盤上の内部メモリだけで 32K ポイントのデータを扱う事が出来ないため 32K ポイントの FFT の計算量を求め、FFT を構成する乗算と加算のスピードを求める事で性能評価を行った。初めに浮動小数点演算のベンチマークを各コンパイラで行った。

表 3. 浮動小数点演算ベンチマーク

	IAR	TrueStudio	Codesoucery	SAT
加算	5.38	6.55	7.14	8.33
乗算	5.78	6.55	7.74	8.34

FFT の最悪計算量は計算で求める事が出来るため。浮動小数点演算の結果から、計算上では 32K ポ

イントの FFT を一回 0.1 秒で解く事が出来る事が分かっている。[7] しかし、実際には 32K ポイントの FFT を現在実装している基盤の内部メモリだけで実装する事は出来ない、そのため基盤の外部メモリを使用し実際に 32K ポイントの FFT を行いベンチマークを行った。その結果、外部メモリを使用した場合一回の 32K ポイントの FFT を行う事に 4 秒かかる事がわかった。

32K ポイントでのデコード処理を行う事が難しいため、MAD-SS の受信感度を落としてを落とす事を考えた、受信感度を落とす事で通信距離は短くなるが、計算量は少なくなる。MAD-SS で使用するチップ長を 2K ポイントに落とした場合に受信を行う事が出来る事をベンチマークを行い確認した。2K ポイントの FFT を行う場合だと、40m 秒で 5 回行う必要がある 2K ポイントの FFT を 5 回行うのにかかる時間は約 10m 秒で間に合う事をベンチマークを行い確認した。

4 まとめ

2K ポイントに落とした場合 MAD-SS のデコードを行う事が出来る事を確認した。今後、2K ポイントでどの程度の通信距離を得る事が出来るか等の評価を行っていく必要がある。

参考文献

- [1] 小泉 健吾, 無線センサノードを用いた日常生活サービス構築機構の提案, 情報処理研究報告会, (2006)
- [2] 矢澤 正人, 玉置 晴朗: 野外フィールドにおける低電力通信-スペクトラム拡散の高速同期法による長距離通信法-, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.110, No.141, pp17-22, (2010)
- [3] 柏田 師宏, MAD-SS と DSP を用いた長距離通信可能なセンサーノードの開発, ソフトウェア情報学研究科修士論文, (2012)
- [4] 瀬川 典久, Construction of Position Tracking System of Birds using MAD-SS Sensor Network, Mobile Sensing: From Smartphones and Wearables to Big Data 2nd International Workshop on Mobile Sensing Workshop co-located with IPSN '12 and CPSWEEK, (2012)
- [5] 瀬川 典久, A construction of a long distance communication sensor network node using Arduino and Mad-SS shield, pp529-530, ACM MobiSys, (2012)
- [6] Nuttx, <http://www.nuttx.org/>, (2012)
- [7] 澤田 直哉, Coretex-M4F と MAD-SS を使用した長距離通信可能なセンサーノードの開発, ユビキタス・センサネットワーク研究会, (2012)