

無線センサネットワークを用いた地震加速度モニタリングの 省電力化のための一考察 ～サンプリング周波数と消費電力の関係調査～

松原 拓[†], 神能 孝誠[‡], 藤原 孝洋[†]

[†]函館工業高等専門学校情報工学科

[‡]函館工業高等専門学校専攻科生産システム工学専攻

1. はじめに

無線センサネットワーク技術は、次世代のユビキタス社会の実現のために注目され、さまざまな分野での応用が期待されている。災害時の情報収集システムもその一つである。この技術を地震加速度モニタリングに応用すると、低コストで多数のセンサを配置できるという利点から、広い領域での観測の実現や、建物別の分析ができる可能性がある。

地震加速度モニタリングをセンサネットワークで行う場合、限られた通信帯域で連続してデータ収集するとともに、長期間の稼働のため省電力動作を実現することが求められる。しかし、これまで研究されたセンサネットワークの通信制御方式では、この要求を満たすことが困難である。そこで本研究では、地震による構造物の振動特性に注目し、サンプリング周波数を最適化して通信制御することによって消費電力を軽減する方式を検討している。本稿では、サンプリング周波数に応じて通信制御した場合の省電力効果について示す。

2. 省電力化の基本方針

地震時、地表付近の地震波の帯域は 50Hz 程度であるため、測定には 100~200Hz 程度のサンプリング周波数が必要である[1]。しかし、構造物上部では構造物が持つ固有振動数により、揺れの周波数が低くなり、帯域が狭くなる[2]。このような構造物上部の振動については、比較的低いサンプリング周波数でも測定可能である。つまり、サンプリング周波数を地表付近では高く、構造物上部では低く設定することによって、送信頻度を減少させることにより電力消費を削減できると期待する。また、サンプリング周波数を下げることによって送信間隔が長くなるため、

その間ノードをスリープさせる省電力化も可能である。

3. 実験

省電力化の基本方針の確認のため、2つの実験を行った。それぞれの実験方法と評価について以下に記す。

3.1 加速度センサの周波数特性実験

この実験はノードがどの程度低周波数で測定可能であるか調査するために行う。振り子にセンサノード乗せて揺らし、振動の加速度を検出する。その際、一定方向の揺れを発生させるため2点吊りの振り子を用いる(図1)。一回の測定は揺れが止まるまでとする。振り子の長さ(図中 L)を変えることで振動の周期を変更する。Lを 10cm, 20cm, 40cm, 60cm とすると、振動の周波数は理論上それぞれ約 1.6Hz, 1.1Hz, 0.8Hz, 0.6Hz となる。得られた加速度データをフーリエ変換することで、振動の周波数特性を解析する。なお、加速度センサのサンプリング周波数は、10Hz、50Hz、100Hz、125Hz に設定した。

3.2 3.1 実験における評価

今回の実験で一番遅い揺れ、約 0.6Hz 時の振動のグラフを図2に、フーリエ変換による周波数分析のグラフを図3に示す。図2における加速度は、加速度の最大値を1とする正規化加速度で表す。図2から約 0.6Hz の振動であることが確認できる、また図3から、いずれのサンプリング周波数においても同様の特性を示すことが確認できた。以上のことから、使用したセンサノードでは 0.6Hz 程度のゆっくりとした揺れは検出可能であることが分かった。

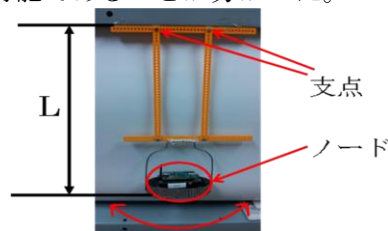


図1 2点吊りの振り子

A study on power saving for wireless sensor networks in earthquake acceleration monitoring.

T. Matsubara[†], K. Jinno[‡], T. Fujiwara[†]

[†]Computer Eng, Hakodate National College of Technology

[‡]Advanced Course, Hakodate National College of Technology

3.3 サンプルング周波数と省電力化実験

この実験はサンプルング周波数の低下による省電力化の有効性を調査するために行う。異なるサンプルング周波数の三台のセンサノードを同時に駆動させ、各ノードからシンクノードへデータを送信する。送信するパケット長は 18 バイト、送信レートは 250kbps である。その時のそれぞれのノードの電池の電圧をレコーダを用いて測定する。ノードが停止する 1.7V に電圧が低下するまで実験を続け、停止するまでの時間を比較する。電池はすべて単三アルカリで未開封の物を用い、サンプルング周波数はそれぞれ 10Hz、50Hz、100Hz に設定した。

3.4 3.3 実験における評価

図 4 にそれぞれのノードにおける電圧低下と経過時間の関係を表すグラフを示す。この結果から、低いサンプルング周波数ではデータの送信頻度が低いため、消費電力が減少していることがわかる。また、ノードが停止するまでの時間差が最も大きい 10Hz ノードと 100Hz ノードの時間差は 990 分であった。以上のことから、サンプルング周波数を下げて送信頻度を下げることが、省電力化に有効であると確認された。

4. 考察

2 つの実験から 0.6Hz 程度の低周波振動の加速度を検出できる事、サンプルング周波数により消費電力を軽減できる事を確認した。しかし、省電力の効果はあまり大きいとは言えない。このことについて、今回の実験では、送信時の消費電力のみが削減された。しかし、表 1 に示すように、送信時の消費電流と受信時の消費電流は、それぞれ 17mA、16mA とほぼ同等である。その上、受信待機状態の時間の割合が長く電力消費において支配的である。したがって、送信休止期間の受信モードをスリープさせなければならない。

表 1 ノードの消費電流[3]

	Operating	Operating Current(mA)
ATMega128L	full operation(7.37MHz)	8
	sleep	0.008
Radio	receive	16
	transmit(1mW power)	17
	sleep	0.001

5. まとめ

本稿では、サンプルング周波数を適正化して消費電力を軽減する方式を検討した。実験からその効果を示したが、あまり大きな差は生じなかった。しかし、サンプルング周波数を適正化して、長くなった送信間隔でノードをスリープさせることにより、更なる省電力化が期待できる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金・基盤研究 (C) および豊橋技術科学大学高専連携教育研究プロジェクトの支援を受けて実施した。有益な助言を頂いた豊橋技術科学大学電気・電子情報工学系・上原教授に感謝申し上げます。

参考文献

- [1]U.S. Geological Survey and ANSS National Implementation Committee, "Instrumentation Guidelines for the Advanced National Seismic System," http://earthquake.usgs.gov/monitoring/anss/docs/ANSS_WGD_InstrGuideline_June2007.pdf, June 2007.
- [2]Takahiro Fujiwara and Maria Q. Feng, "Earthquake Acceleration Analysis in a Structure for Wireless Sensor Networks" 信学技報 AN2011-69(2012-1) Vol. 111, No.385, PP.83-87, Jan 2012
- [3]Crossbow, <http://www.xbow.jp/mtsmidaj.pdf>

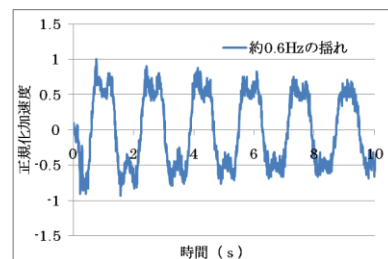


図 2 約 0.6Hz 時の振動

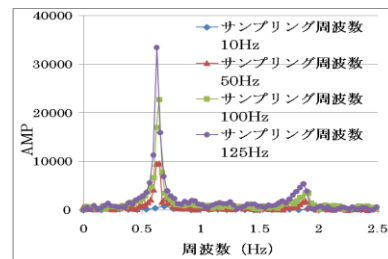


図 3 約 0.6Hz 時のフーリエ変換

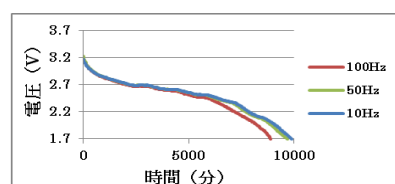


図 4 電圧低下と経過時間の関係