

多点同時計測が可能な無線加速度センサシステムの開発

大成建設(株) フェロー会員 ○志波 由紀夫
 大成建設(株) 正会員 澤田 茉伊
 慶應義塾大学 正会員 小国 健二

1. はじめに

著者らは、無線センサネットワークを土木技術の中で活用する一例として、構造物・地盤の振動性状(加速度波形)を計測するための無線センサシステムの開発に取り組んできた¹⁾。今般、多点での同時計測をワイヤレスで行うことができる仕組みのプロトタイプを完成させたので紹介する。

2. 無線加速度センサ

図-1に、開発した無線加速度センサ(センサノード)を示す。加速度センサおよびAD変換器を実装したセンサボード、一定のサンプリングレートでのAD変換とフラッシュメモリへの収録を制御するA/D IFボード、サーバとの無線通信を行う無線通信ボード、の3つのボードで構成している。センサボードは他の2つのボードから分離して計測対象に取り付けることができる(図-2参照)。電源は、直流7~9Vで、単三型電池6本のバッテリーパック、またはACアダプタを用いる。主な仕様の細部は今後変わり得るが、現状では以下のとおりである。

加速度センサ：3軸(MEMSセンサ) 測定レンジ $\pm 2\text{ G}$

AD変換器：16bit

サンプリングレート：100~1000 サンプル/秒(確認済みの範囲)

フラッシュメモリ：記憶容量 16Mbit

無線通信：特定小電力無線(1252MHz帯)

3. 計測システム

計測システムの全体構成を図-2に示す。基本的には、複数個のセンサノードと、サーバPCの命令を伝えるコマンドノードから成り、コマンドノードが各センサノードと指令・データ受信を行う1対nのスター型のネットワークとしている。コマンドノードが計測開始の信号をブロードキャストすると、各センサノードは一斉に加速度サンプリング(センサ出力のAD変換)を始め、所定のサンプリング数に達するまでフラッシュメモリに書き込んでいく。計測終了後、順次、センサノードに収録データの伝送命令を送って、サーバPCにデータを集める。

複数個のセンサノードで多点同時計測を行うために考案した時刻同期手法²⁾を実現する手段として、ファンクションジェネレータと、その出力を受けて全センサノードにタイムスタンプをブロードキャストするタイムスタンプノードを用いる。ファンクションジェネレータに一定の時間間隔のパルスが発生させ、それに合わせてタイムスタンプを送信することにより、センサノードに共通時間軸を刻むものである。

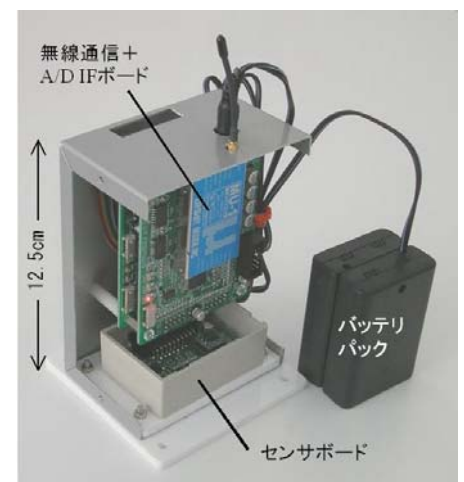


図-1 無線加速度センサ

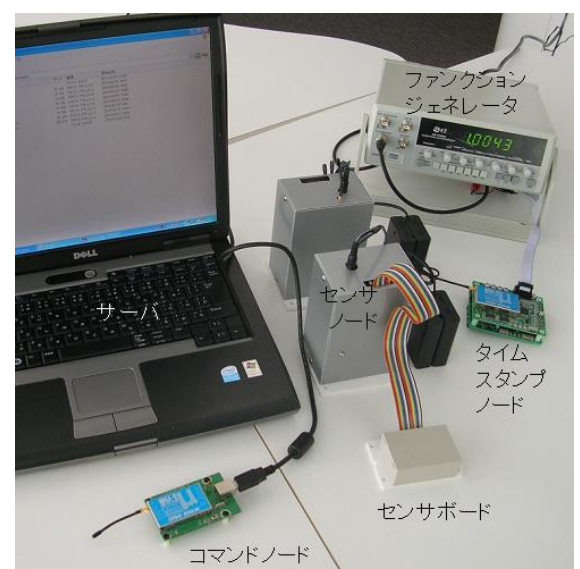


図-2 計測システムの全体構成

キーワード 無線センサ, 加速度, 振動, 多点同時計測, 時刻同期

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7231

4. 計測システムとしての動作の確認

5 個のセンサノードを用いて計測システムとしての動作を確認した。

a) 多点同時の振動計測

図-3に示すように、5 枚の板と細い支柱で作った 4 層の構造に 5 個のセンサノードを取り付け、キャスター付きの最下板を揺すり、約 10 秒間の振動加速度を計測した。サンプリングレートは 1,000 サンプル/秒である。タイムスタンプの生成は 1 秒毎とした。時刻同期の処理を施した結果を図-4に示す。適正な加速度波形が得られており、所期の計測動作が行われたことが確認できた。

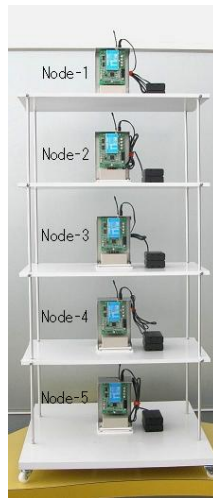


図-3 振動計測

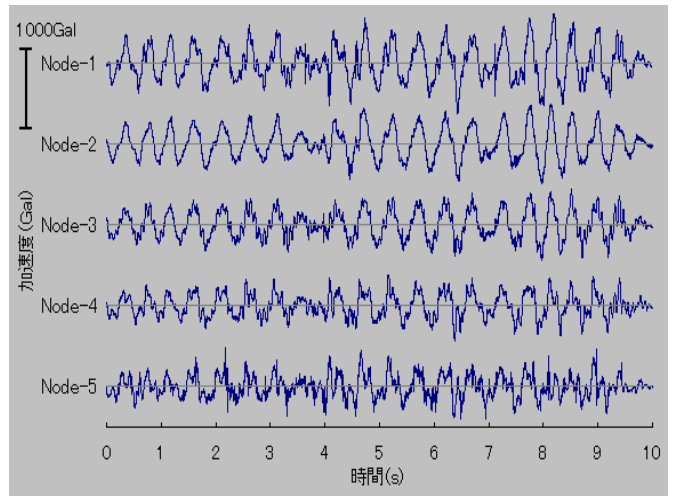


図-4 計測結果（3軸のうち紙面水平方向成分）

b) 無線通信

本計測システムで用いている特定小電力無線の通信距離は、カタログ値としては見通し条件で 600m 程度とされている。今回は、図-5に示す R C 造 4 階建ての建物の各所にセンサノードを配置し、無線通信性を検証した。まず、コマンドノードとタイムスタンプノードを 59m 離れた別の建物内の窓際に置き、次の 3 つのセンサノード配置パターンについて振動計測の模擬的な実験を行った。

- ① 2 階に 1 個、3 階と 4 階に各 2 個、それぞれ窓際に配置（全ノードが見通せる条件）
- ② 1 階から 4 階までと屋上に各 1 個を、上下方向に並ぶように窓際に配置（屋上のみ見通せない）
- ③ 上の②の位置関係のまま、奥行き約 15m の反対側の窓際に配置（全ノードが見通せない）

結果として、①と②の配置では、全ノードでほぼ 100% のデータパケットが回収できた。③では、4 ノードからほぼ 100% 回収したが、1 階に置いたノードからのデータ欠損が 19% 生じた。

また、③の配置のままコマンドノードとタイムスタンプノードを同じ建物の 4 階に移動して（配置④）同様の無線通信性を調べたところ、床 3 枚を隔てた 1 階のノードとの通信ができなかったほか、他の 4 ノードからのデータ回収率は 63~92% であった。



図-5 無線通信実験におけるセンサノードの配置

5. まとめ

構造物や地盤の振動加速度を多点同時計測することが可能な無線センサシステムのプロトタイプを開発した。本計測システムではケーブルを引き回す必要がなく、機動的な振動計測が期待できる。今後、無線通信におけるデータ伝送速度の向上などハード面や、効率的計測のための制御ソフト面などで、改良や機能強化を図りながら、実用化を目指したい。

参考文献

- 1) 志波由紀夫・澤田茉伊・竹渕悟・小国健二：多点同時加速度計測に用いる無線センサネットワークの時刻同期手法の開発，土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集，I-426，pp. 851-852，2009.
- 2) 澤田茉伊・志波由紀夫・小国健二：加速度計測のための無線センサネットワークの実用的な時刻同期手法の開発，土木学会地震工学論文集，Vol. 30，pp. 30-37，2009.