

## 分散型モニタリングシステム(RIMS)の開発と展望

東京大学 学生会員 ○青木 茂  
東京大学 フェロー会員 藤野 陽三  
宇都宮大学 正会員 横川 英彰

### 1. センサーネットワークと簡易モニタリングシステム

センサーネットワークとは、センサーとマイクロコントローラ及び通信機能を一体化したセンサーノードを多数配置し、ローカルな通信ネットワークにより情報取得を行うものをいう。通信部としては無線や有線など様々な形態が考えられるが、デジタル通信により劣化のないデータ移動が行えることを特徴とする。従来型のセンサーシステムに比べ、計測精度・時間的密度において劣るが、ノイズの影響を受けやすいアナログ信号線を引き回す必要がないため S/N 比のよい遠隔計測が可能であること、簡易的に設置でき安価に大量のデータを取得できる手法として近年研究開発が盛んになっている。今後は土木分野に於いても簡易モニタリングシステムとしての応用が期待される。

土木分野におけるモニタリングは、対象物の健全性検査目的の短期モニタリングと、一定期間にわたり対象物の変化を捉えるための長期モニタリングに大別される。センサーネットワークによるモニタリングは設置の容易性と運用コストの点で従来型モニタリングシステムに対しアドバンテージがある。将来的には長期モニタリングへの適用も考えられるが、土木構造物のライフスパンに対応するような長寿命センサーノードの開発や電源の問題などハードルが高いため、当面は先に上げたアドバンテージを活かし短期モニタリングシステムとして用いられるものと考えられる。

現在開発中の RIMS(Remote Intelligent Monitoring System)は、通信システムとしてインターネットの標準技術である TCP/IP を用いたセンサーネットワークシステムで、内蔵された MEMS 加速度計によるモニタリングを行うものである。3 軸の加速度履歴を 100Hz のサンプリング周波数で収録できる。TCP/IP の採用により、コンピュータネットワークとの親和性が高くアプリケーションを構築しやすいという特徴を持つ。

### 2. 短期モニタリングシステムとしての RIMS の改良

従来の RIMS を検査目的の短期モニタリングシステムとして用いるためにはいくつかの課題があった。今回発表する RIMS-2 はこれらの課題について RIMS を改良したものである。

#### ・無線通信機構

従来の RIMS は有線(Ethernet)を用いて通信を行っており、無線での運用には外付けの無線 LAN アダプタが必要であり、消費電力や施工性において問題を残していた。RIMS-2 では IEEE802.11b 準拠の無線 LAN インターフェイスを直接コントロールする回路とソフトウェアを搭載することにより単体での無線通信機能を有し、多点計測を容易に行えるようになった。

#### ・単体での長時間データ記録

従来の RIMS では内部記憶として RAM を利用していたため、単体では最大約 10 分程度の波形データしか記憶ができなかった。通信部の安定化により、外部に接続した PC から定期的にデータを読み込むことにより事実上無制限に波形データを収録することが可能となっているが、現場での利用を考えると単体で数時間の生データが収録できることが望ましい。近年ではマイコンに直接接続可能なフラッシュメモリーカードが普及していることから、RIMS-2 ではその一種である SD カードを用いて、PC と互換性のある FAT ファイルシステム上に単体で記録できるシステムの構築を行った。これにより、1 ヶ月間の連続データ収録が可能となる。

キーワード モニタリング, 情報技術, MEMS

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3番地1号 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

橋梁研究室

- ・計測部の性能向上

RIMS 開発着手当初は MEMS 加速度計の選択肢は少なかったのだが、ここ数年で慣性センサーアプリケーションが一般化したこともあって何種類もの新製品が発表されている。また、センサーの信号を数値化する A/D 変換機についても高性能な製品が入手しやすくなっている。RIMS-2 では、MEMS 加速度センサーとして従来の RIMS で採用していたものより高精度で安価な ST マイクロ製の MEMS 加速度センサーを、A/D 変換機についてもマイコン内蔵の 10bit A/D 変換機に換えて 16bit  $\Delta\Sigma$  変調型 A/D 変換機をそれぞれ採用した。これにより、計測精度が向上し、解像度 1gal での計測が可能となった(従来の RIMS の解像度は 10gal)。

- ・複数ノード間時刻同期

センサーネットワークの特長のひとつが容易に多チャンネル計測システムを構築できることであるが、データを有効に活用するには各チャンネル間での時刻同期が取れていることが必要である。

RIMS-2 では、RIMS にリアルタイム時計を搭載する改良を加え、ネットワーク上で二つのノードの収録時刻をタイムステップ単位で同期させる機構を搭載した。時刻同期の手法としては、ネットワーク上で時刻合わせを行うプロトコルである NTP の実装を参考にした。現在、時刻同期の精度の検証と現場での適用性を検討している。

以上の改良は、従来の RIMS で採用していた OS である H8/OS に換えて後継の MES 2.1 を採用することによって可能となった。MES 2.1 は神奈川県産業総合研究所で開発中の組込みシステム用 OS で、RIMS-2 の機能に必要な改造を共同で行っている。この OS により、機能毎にプログラムをプロセス単位で分割することができ、組込みシステムに於いても見通しのよいプログラミングを行うことが可能となった。

### 3. 長期モニタリングへの適用

RIMS の最終目標は、構造物に取り付けたまま長期間動作可能でインテリジェントなモニタリングシステムを構築することである。以上に挙げたような短期モニタリングでの課題を克服すれば、残る電源および耐久性の問題をクリアすることによりその目標に近づくことが可能である。

電源に関しては、太陽電池パネルと蓄電池を利用した屋外用電源システムの試作を行い、現在も連続稼動試験中である。これにより、将来的にはデバイスの改良により低消費電力化と耐久性向上を行う予定である。

もうひとつの大きな課題は、多量のデータをただ収録するだけでなく、ノード内で解釈・処理し診断を行うインテリジェント化である。現状では取得したデータを PC により整理・解析を行っているが、将来的にはノード単体でこれらの処理も行えるように開発を継続していく。

### 参考文献

- ・ 青木茂, 藤野陽三, 阿部雅人, 「分散型情報技術によるインテリジェントモニタリングシステムの開発」, 第 58 回年次学術講演会, 土木学会, CS-11-002, 2003.
- ・ 山田, 山田, 小塩: 振動による変位とその頻度を計測する簡易な計測器の開発と適用試験, 橋梁振動コロキウム' 03, 土木学会, pp. 363-368, 2003. 9.