

橋梁ヘルスマニタリング向けワイアレス時刻同期システムの開発

オムロンソーシャルソリューションズ(株) 正会員 ○赤井亮太 正会員 西田秀志
 正会員 鮫島裕 正会員 樋上智彦 尾崎智博
 東京工業大学 正会員 佐々木栄一 正会員 峰沢ジョージヴウルペ

1. はじめに

近年、橋梁の地震や台風による損傷の早期発見や、経年劣化など異常を検知し診断する技術の必要性が問われている。その手段の一つとして橋梁をモニタリングする方法がある。このシステムでは、橋梁の複数個所に振動センサやひずみセンサ等が搭載されたセンサ端末を配置し、計測データを収集する必要がある。しかし、橋梁という大規模な構造物の特性上、アクセスが困難な場所が多く、ケーブル配線を前提としたシステムの設置が困難であった。そこで我々は小型で現場における配線が不要なワイアレスシステムを構築し、実用化を進めるための要件定義、開発を行ってきた。

要件の一つとして、橋梁のたわみやねじれなど空間の挙動を捉えるために多点同時計測を実現するセンサノード間の時刻同期が必要となる。橋梁の環境下では、閉鎖空間で GPS 電波が届かない、商用電源が利用できないといった点に対する対処が課題となる。これらに対して、センシング・ネットワーク技術を適用し、システム構成・動作条件などを工夫することにより、橋梁の環境を想定したワイアレスシステムにおいて時刻同期を行うことができた。ここでは開発したシステムの特徴を示す。

2. 開発システムの要件

センサノード(無線センサ端末)は電池駆動とし、橋梁の環境下で時刻同期を行うことを開発システムの要件とした。このような要件を満たすシステムを構築するにあたり、以下3つの課題があった。

- (1) 閉鎖空間での時刻同期: 時刻情報を取得するには一般に GPS が用いられるが、箱桁内部などの閉鎖空間では外部からの GPS 電波を受信できない。この環境において、センサノードが時刻情報を取得する仕組みが必要である。
- (2) 時刻同期の高精度化: 各計測点でセンサノードが計測したデータを解析し、空間の挙動を捉えるには、計測中の全てのサンプリング時刻において、センサノード間で 1/1000 秒 (1ms) 程度の時刻同期精度が必要である。
- (3) センサノードの省電力化: 有線によるシステムでは常時計測によるモニタリングが多く、時刻同期も常時行わなければならない。しかし、電池駆動により常時時刻同期を行った場合、必要な電力を満足することはできないため、モニタリングに必要なときのみ計測し時刻同期を行うことが求められる。これら橋梁ヘルスマニタリング向けワイアレスシステムにおいて、高精度な時刻同期を実現するためのシステム要件を明確にし、開発を行った。

3. 開発システムの特徴

上記3つの課題に対する対応、および試作したシステムの特徴を以下に述べる。

- (1) システム構成の工夫: GPS 受信機を外部環境に設置し、これと接続された時刻同期センダ(時刻情報をセンサノードに無線通信で配信する端末)を箱桁内部に設置する。時刻同期センダは GPS 衛星から受信した時刻情報をセンサノードに無線通信で配信し、センサノードはその時刻情報を元にして内部時刻を更新する。センサノードが計測したデータはシンクノードに無線通信で送信する。箱桁内部で無線

キーワード 橋梁, ワイアレス, 時刻同期, 920MHz, GPS, 電源

連絡先 〒525-0035 滋賀県草津市西草津2丁目2-1 オムロンソーシャルソリューションズ(株) TEL077-565-7938

通信を行う場合、障害物があることが多く電波が妨害されやすいため、障害物へのまわり込みの効果が期待でき、かつ通信距離が長い920MHz帯の無線を採用した。図-1にシステム構成の例を示す。

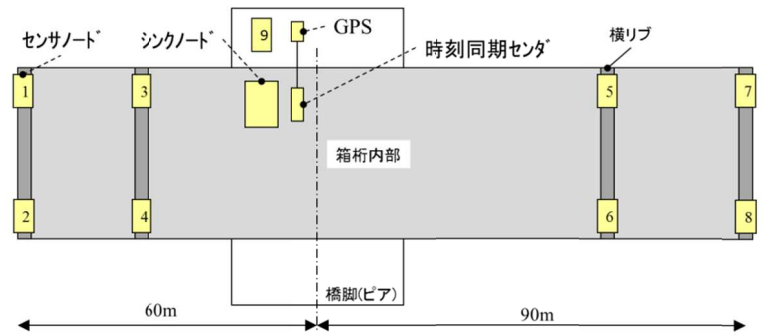


図-1 システム構成の例

- (2) 高精度化アルゴリズムの搭載：時刻情報を配信する際、無線通信に起因する時刻誤差が発生する。そのため、これを補正するアルゴリズムを搭載した。また、センサーノードが持つ内部時刻は時間経過と共にずれるため、計測開始時と終了時にセンサーノード内部時刻の更新を行い、これらの更新後の時刻を用いて計測中の全てのサンプリング時刻を補正した。

(3) 動作条件の設定：必要なときにのみ計測し、時刻同期を行うため、車両、地震、台風による振動の性質および解析方法を考慮して、計測タイミング・計測時間・サンプリングレートを決定した。計測タイミングについては、地震や台風による大きな振動を計測するため、ある物理量が一定のしきい値を超えたときに計測を行うようにした。また、車両による小さい振動計測のため、一定時刻に計測する機構も搭載した。

4. 評価結果

特徴(1)のシステム構成において、計測時間5分で計測した場合の各サンプリング時刻における時刻同期精度を評価した結果を図-2に示す。特徴(2)の機能を搭載したことにより、計測中の全てのサンプリング時刻において1ms以下の精度を達成しており、本システムで高精度な時刻同期を実現した。また、本システムは沖縄県の離島を結ぶ橋梁に適用している。電池容量は約40000mAhで1年以上動作しており、特徴(3)の機能を搭載したことにより、長期間電池駆動での動作を実現した。

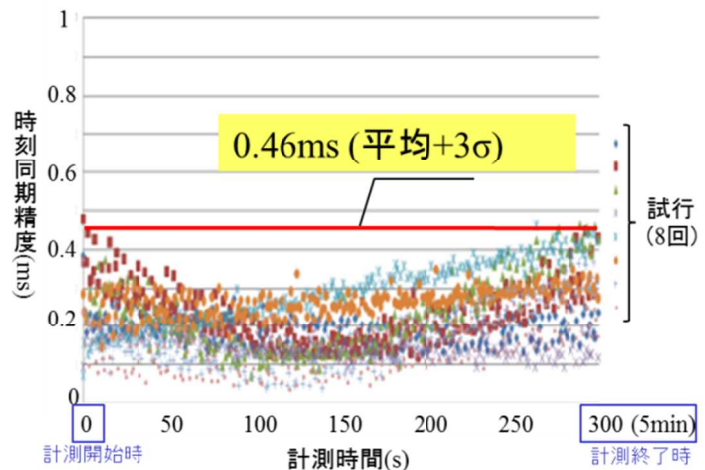


図-2 時刻同期精度の評価結果

5. おわりに

本システムの利点は、ワイアレス化によるシステム導入の簡易さである。本システムを用いてシンクノード・時刻同期センダ・センサーノード9台の構成で実証実験を行っている。設置および調整期間3日程度という短期間で運用を開始している。

現在はこのシステムを周辺環境・構造・劣化状況が異なる様々な橋梁へ適用し、データ収集・解析を進めている。今後、実証実験と並行して、システム拡張時の時刻同期手法の確立、センシング技術の強化などの技術開発も進めていく。

参考文献

1) 佐々木栄一他：920MHz ワイヤレスシステムによる沖縄離島橋梁の遠隔モニタリング，土木学会第69回年次学術講演会講演概要集，pp1053-1054，平成26年9月