

## GPS 高密度多点変位計測システムにおけるロバストなデータ通信手法の提案

東京理科大学 学生員 池田 尚秋  
 東京理科大学 学生員 高坂 朋寛  
 東京理科大学 正会員 佐伯 昌之

## 1 はじめに

地震や豪雨などの被災時に、ライフラインや鉄道などの長大な社会基盤構造物の変位を面的または線的にモニタリングすることは、被災状況を把握する上で重要である。そのため、著者等は、これまで GPS 高密度多点変位計測システムの開発を進めている。

GPS 高密度多点変位計測システムとは、パッチアンテナ接続の安価な 1 周波 GPS 受信機と無線 LAN 装置を搭載したセンサノードと、このセンサノードで得られる情報を受信・保存・解析する GPS サーバから成るシステムである<sup>1)</sup>。従来と比較してシステムを安価に構成でき、かつセンサが小型・軽量・低消費電力であるため GPS センサを社会基盤構造物に高密度多点に配置することが可能となる。そのため地震時などに構造物の残留変位を計測することが期待される。一昨年までに、このシステムのプロトタイプが開発され、性能検証がなされている。ただし、現状のシステムを実現場に適用するには、まだ課題がある。その一つはロバストなデータ通信である。

本システムでは各ノードが受信した大量の GPS データをサーバに集め、測位解析を行っている。その際のデータ通信には無線を用いている。無線を用いる利点として、通信ケーブルの配線が不要であることが挙げられる。これによりコストが削減でき、なおかつ拡張性の高いシステム構築が可能となる。現状のシステムではサーバ・ノード間で図 1(a) のようなインフラストラクチャ型の無線ネットワークを構築しデータを収集している。

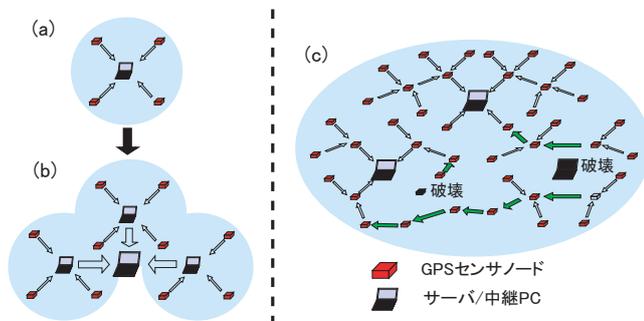


図 1: 無線通信ネットワーク

この無線センサネットワークで巨大な社会基盤構造物を計測することを考えてみる。無線 LAN の通信距離には限界があるため、図 1(b) の様に、構造物全体をカバーするには複数台のサーバを準備し、これを中継局としてさらに中央にデータを集めるサーバが必要となる。この場合、被災時に中継局が破壊された場合にその周りのノードのデータを収集することができない。そのためシステムとして脆弱になってしまう。そこで、本研究ではロバストなシステムとするため、自律分散型無線センサネットワーク<sup>2)</sup>を導入することとした。このネットワークの特徴は、図 1(c) の様に、データを転送することにより広範囲の計測が可能で、通信相手が壊れてしまっても新たに別のノードと通信を確立しサーバへと続く通信経路を確保できる事である。この様にノードが自律的に通信を行うネットワークは、自律分散型無線センサネットワークと呼ばれている<sup>2)</sup>。現在様々な分野でこのネットワークを用いた試験的なモニタリングが行われ、実際の導入が図られてきている<sup>2)3)</sup>。本研究の目的は、これまで著者らが開発を進めている GPS 高密度多点変位計測システムへ、上記の自律分散型無線センサネットワークを導入をすることである。そのために、本研究では必要な要素技術の開発を行った。以下にこれを説明する。

## 2 本システムに適した自律分散型無線センサネットワークの開発

本システムでは、サーバ・ノード間で無線ネットワークを構築しデータを収集している。ここで、無線を用いる場合の問題として、有線に比べ通信の確実性が低く、データ欠損が起こる可能性が高い事が挙げられる。そのため、大量データの確実な取得が必要な本システムに、上記した自律分散型無線センサネットワークを導入するには、一つ一つの無線通信を迅速かつ確実にこなす手法を考えなければならない。そこで本研究では、GPS 高密度多点変位計測システムに適した自律分散型無線センサネットワークを導入するための要素技術として、大量データを効率的かつ確実に通信することが可能なロバストな通信手法の開発を試みた。

ここでは、開発した通信手法について解説する。なお本

キーワード: センサネットワーク, 無線, ロバスト, GPS, 防災

住所: 〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科 TEL:0471-24-1501

研究では上記の自律分散型無線センサネットワークの通信の基本となるサーバ対ノード(×1)対ノード(×1)について、通信手法の開発を行った。図2に通信の手順を示す。

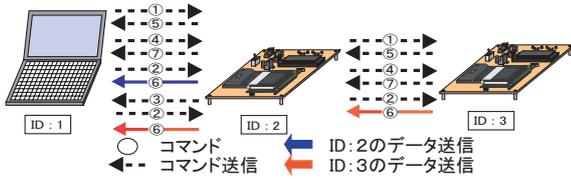


図2: サーバ対ノード(×1)対ノード(×1)の通信手順

図2の矢印についている番号は送信しているコマンドに対応している。はじめに、サーバは周りのノードを検索するコマンド送信を10回行う。これに対しノードは自分が存在する事を知らせるコマンド送信を行う。サーバはの受信回数をの送信回数で割り、その値をデータ転送率とし、転送率がX%以上のものを通信相手とする。今回はこのXの値を50%とした。次に、データの逆流を防ぐため、データの上流・下流の決定を行う。サーバは、通信の上流側である事を伝えるコマンド送信を行い、これに対しノードは、下流側となった事を伝えるコマンド送信を行う。次に、サーバは、データの取得のためのコマンド送信を行う。これに対しノードは、データ送信を行う。その際、サーバでは確実にデータを取得するため、必要なデータの受信を確認するまで、コマンド送信のデータの送信要求を行い続ける。本研究では、今後の研究の展開でデータ量を増やす事を考え、ノードが複数パケット(3パケット)のデータを持っている事を想定し取得方法を考えた。全てのデータを送り終えたID:2のノードは、他のノードのデータの転送を行うため、今までサーバとID:2のノードが行っていた、の通信を行い、ID:3のノードのデータを取得する。その後、ID:2のノードは、上流であるサーバに対しデータの転送許可を得るためのコマンド送信を行う。これに対しサーバは、データを取得できる状態であれば、データの送信を要求するコマンド送信を行う。これに対しノードはデータ送信を行いID:3のノードのデータの送信を行う。

### 3 実証試験

実証試験を行うために作成したノードであるが、その構成は、通信を管理するためのPIC(MICROCHIP社,PIC16F877A-I/P)と呼ばれる小型のマイクロコントローラ(クロック:20MHz,8bit演算)と、無線通信システム(無線LAN)、それらの機器に電源を供給するための電源回路の三つからなる。以上のノードを用いた実証試験であるが、今回確実なネットワークの構築とデータの取得が確認されたのは

サーバ対ノード(×1)・サーバ対ノード(×2)の通信である。どちらも東京理科大学野田5号館屋上の遮蔽物のない中央部分で、サーバとノードを無線通信が届く範囲に設置し行った。ノードとの通信の開始からデータ取得までを1サイクルとし1000サイクル行った。それぞれの通信パターンについて、データの取得実行回数(転送率が50%を超えた回数)と、3パケット全てのデータの取得成功回数を表1に示す。

表1: データ取得成功率

	対ノード(×1)	対ノード(×2)	
ノードID	2	2	3
取得実行回数	996	966	982
取得成功回数	996	966	982
取得成功率(%)	100	100	100

表1より、今回の通信手法で確実にデータの取得が可能であることが確認できる。なお、現在サーバ対ノード(×1)対ノード(×1)の通信に関しては、サーバがID:2のノードのデータを取得し、その後ID:2のノードがID:3のノードのデータを取得する段階までが確認されている。

### 4 まとめ

本研究では、GPS高密度多点変位計測システムに自律分散型無線センサネットワークを導入することを目的とし、そのために必要な要素技術である、確実なデータの取得を行うための通信手法の開発を行った。そして、その一環として、ネットワークを構築するための小型で安価なセンサノードを作成した。また、作成したノードを用いて、サーバ対ノード(×1)、サーバ対ノード(×2)で、データの確実な取得を確認した。今後の課題として、サーバ対ノード(×1)対ノード(×1)のデータの取得を実現させ、大量データの転送を確実にを行う通信手法を確立するということが挙げられる。

### 5 参考文献

- 1) 佐伯昌之, 高坂朋寛, 堀宗朗: 1周波GPS受信機と無線LANを用いた多点変位計測システムの開発, 応用力学論文集 Vol.8, pp.645-652, 2005.8
- 2) 安藤繁, 田村陽介, 戸辺義人, 南正輝: センサネットワーク技術(電気大出版局)
- 3) 石間計夫, 高田知典: 無線センサネットワークの建設分野への利用と課題, 土木学会第61回年次学術講演会, CD-ROM