

# 家屋倒壊推定システムのための無線センサネットワークの検討

東京理科大学 学生会員 ○坂本尚葵  
東京理科大学 正会員 佐伯昌之  
慶応義塾大学 正会員 小国健二

## 1 はじめに

首都圏には、港区や新宿区などのオフィス街が存在する一方、下町と呼ばれる古い低層の住宅が密集する地域も多く存在する。後者の地域では、古い木造建築が多く、巨大地震が首都圏を直撃した時には沢山の家屋が倒壊する可能性が考えられる<sup>1)</sup>。このような被災時に、住宅密集地域の家屋倒壊とそれによる道路閉塞の様子を即時に把握することができれば、被害が大きい地区の特定や、その地区に行くためのルート選定などが行え、救命・消火活動を効率よく進めることができると考えられる。そのため、著者等はGPS 無線センサネットワークを用いた家屋倒壊推定システムの開発を進めている。

家屋倒壊推定システムのイメージを図1に示す。このシステムでは、対象となる地域の全ての家屋に安価なGPS センサを搭載したノードを配置する。また、約1km四方の範囲内にあるセンサノードを管理するためにノードの上位に中継点を配置する。最上位には中継点を制御するサーバを配置する。本システムはこのような3段階の階層構造を形成している。サーバの命令によって各ノードは近隣のノードとの相対位置を推定する。そして、その情報を無線センサネットワークで自動的に収集し、中継点にて相対位置の情報をつなぎ合わせ、GIS 上に変位マップを作成することを考えている。著者等はサーバが起動してからGIS 上に変位マップを作成するまでの時間を30分以内とすることを目標としている。

## 2 本システムと従来のシステムの相違点

著者等が以前より開発してきたシステムでは、各ノードにおいて搬送波位相などのGPS データを取得し、それを無線でサーバに転送する。そして、サーバにて干渉測位解析を行い、数センチの精度で変位を計算する方法をとっていた。著者等が開発したデータ削減手法を用いれば、1つのノードが取得する1エポックのGPS データを29バイトまで圧縮することができる<sup>2)</sup>。今、1秒サンプリングで5分間のデ  
キーワード:GPS, 無線センサネットワーク, 家屋倒壊推定

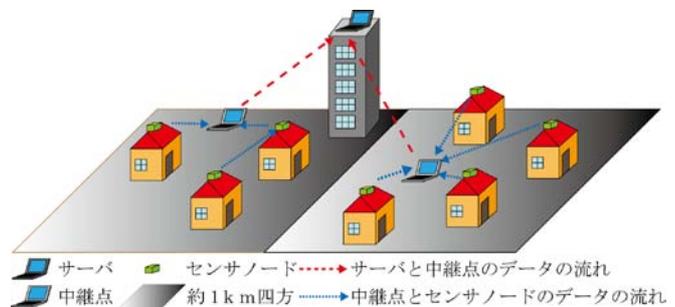


図1 家屋倒壊推定システムのイメージ

ータを取得することを考えると、データ量は8.7kBとなる。現在使用している特定小電力無線装置の無線間実効通信速度は6800bpsである。つまり、1バイト送信するために10ビット用いるので、1秒間に680Bのデータを送信できる。仮に、2000個のノードが存在し、全てのGPSデータをサーバに集約する従来手法を採用すると、データをサーバに集約するだけで約7時間を費やしてしまう。以下に計算式を示す。

$$T = 2000 \times \{(300 \times 29) / 680\} = 25588(\text{sec}) = 7.11(\text{h})$$

- 1つの中継点が管理する家屋数 2000棟
- 1つのノードがもつGPS データ量 29 byte \* 300 sec
- 300 sec のデータを1回転送する時間 12.80 sec

これでは消防・救命活動に必要な迅速な情報提供が不可能である。そこで本研究では、各ノードが近隣のノードのGPS データを共有し測位解析を行った後に、その解析結果のみをサーバに集約することで、大幅に通信時間を削減することを試みる。

## 3 センサノードの試作

従来のシステムのセンサノードから大きく変更した点はマイクロコンピュータと無線装置である。

センサノードで干渉測位解析を行うためには倍精度の演算が必要になる。そこでセンサノードに使用するマイクロコンピュータとしてルネサステクノロジ社のSH7144F(SuperHシリーズ)を使用することとした。このマイクロコンピュータは、CPUコアに32ビットRISCを搭載し、最高動作周波数



図2 センサノード外観

搭載している。また、シリアル通信は 4ch と通信でき、乗算機は 64bit であり、倍精度の計算が可能である。

また本試作機では、無線モジュールとして 1252MHz 帯の特定小電力無線装置を採用している。他の無線モジュールの候補としては、無線 LAN などがあるが、すでに一般家庭で広く利用されており、それらのシステムと完全に独立したシステムを構築するのにこのモジュールを選択している。

試作したセンサノードの外観を図 2 に示す。

### 4 システムの動作フロー

図 3 は本システムの大まかな動作フローを示している。

本システムは災害後に消防の意思決定者によってサーバから中継点に GPS 計測開始の信号を送信する。

中継点は周辺ノードに GPS 計測を開始するという信号を送信する。このときの送信方法はフラッシングを用いる。

それを受信したセンサノードは GPS 受信機の電源を入れ、ネットワークの形成を行う。ネットワークの形成は池田, 2007



図3 システムの動作フロー

50MHz , 動作電圧は 3.0V ~ 3.6V である。内蔵 ROM として 256KB, 内蔵 RAM として 8KB

による<sup>3)</sup>。

ネットワークを形成し終わったのちに GPS 計測を開始する。計測した GPS データから捕捉した衛星数を抜き出し、中継点に送信する。これを受信した中継点はその数によって、参照点を定める。参照点は、様々な受信状態の周辺センサノードに GPS データをブロードキャストし、未知点はそのデータをもとに干渉測位解析を行うため、できるだけ多くの衛星を捕捉している方が解析精度は向上する。

参照点と定められたセンサノードは周辺ノードに GPS データをブロードキャストし、周辺ノードはそのデータをもとに干渉測位解析を行う。そしてそのデータを中継点に送信し、中継点はそのらの情報をつなぎ合わせ、GIS 上に重ねる。

### 5 実装と検証

現在は、中継点とセンサノード 1 つで開発を行い、センサノードが本システムに要求される性能を満たしているかを確認し、実装している段階である。

すでに実装している関数は、図 3 の②, ③, ④の一部, ⑤, ⑥, ⑧, ⑨, ⑪である。今後残りの番号の関数についても順次作成し、実装していく。

本研究の課題として、以下のことがあげられる。

- ・センサノードの小型・軽量化とコスト・消費電力の削減を行い、より安価なハードウェアを作る。
- ・自律型無線センサネットワークを用いた確実なデータ通信手法の確立を目指し、マルチホップ通信や、サーバと中継点を結ぶ通信の確立しなければならない。

謝辞： 本研究は、平成 20 年度 消防防災科学技術研究推進制度の助成を得て行った。記して謝意を表す。

### 6 参考文献

[1] 片山恒雄:東京大地震は必ず起きる, 文藝春秋, 2002

[2] 高坂朋寛, 佐伯昌之:1 周波 GPS 受信機の無線センサネットワークにおける通信データ量削減手法について, 応用力学論文集, Vol. 9, pp. 709-716, 2006

[3] 池田尚秋, 高坂朋寛, 佐伯昌之: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, 土木学会第 61 回年次学術講演会, CD-ROM