

災害状況を遠隔地から把握するセンサーネットワークのための 災害に柔軟に対応する通信インフラシステムの研究開発 (142304006)

Research and Development of a Communications Infrastructure System in a Sensor Network for Flexibly Responding to Disasters for Collecting Disaster Information in Remote Locations

研究代表者

不破 泰 信州大学
Yasushi FUWA Shinshu University

研究分担者

鈴木 彦文[†] 小松 満^{††} 二川 雅登^{†††}
Hikofumi SUZUKI[†] Mitsuru KOMATSU^{††} Masato FUTAGAWA^{†††}
[†]信州大学 ^{††}岡山大学 ^{†††}静岡大学
[†]Shinshu University ^{††}Okayama University ^{†††}Shizuoka University

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

本研究では、ICT を活用して安全・安心な地域を作るために必要なセンサーネットワークシステムの開発を目的とした。具体的には、(1) 災害に柔軟に対応できる通信インフラシステムの開発と、(2)このインフラを用い災害に柔軟に対応できるセンサーネットワークシステムの開発、さらに(3)土砂災害の危険度を計測する土中水分量検出センサー端末の開発とこれを用いた土砂災害警報システムの開発を行った。その結果、開発した通信インフラを用い複数の地点で実際にセンサーネットワークの敷設を行い、様々な環境下でも簡便に敷設が可能で有用性が確認できるとともに、開発した土砂災害警報システムの運用を長野県塩尻市で事業化する等の成果を得た。

1. まえがき

災害が発生したときには、各地域の災害状況の把握を行うためのセンサーネットワークと、これを支える通信インフラとが重要となる。研究代表者らは、これまで大規模災害発生時にも稼働し続ける高耐障害性を持つ通信インフラを開発し、塩尻市内に 600 台以上のアドホック無線中継機からなるセンサーネットワークを構築し運用してきた。

本研究はこの実績を踏まえ、(1)災害に柔軟に対応できる通信インフラシステムの開発と、(2)災害に柔軟に対応できるセンサーネットワークの開発、さらに国内で最近特に土砂災害が多発している状況を踏まえ、(3)土砂災害警報システムの開発を行う事とした。

2. 研究開発内容及び成果

(1)災害に柔軟に対応できる通信インフラシステムの開発

中継機の位置情報、内部のバッテリー電圧、ルート上の隣接中継機からの受信電界強度の情報を 6 時間毎にパケットにして知らせる機能を新たに中継機に持たせ、この情報を元に各中継機の状況を地図上に表示管理するシステムを開発した。塩尻市では、このシステムを用い実際にセンサーネットワークインフラの保守管理を行っている。

また、中継機の設置を容易にするため、体積・重量を従来の約半分とした新たな中継機を開発した(図 1)。

さらに、中継機からサーバまでのルーティングを、単にサーバまでのホップ数だけではなくルートの混み具合や端末からのパケット数情報を元に決定するアルゴリズムを開発し、その性能を確認した。また、無線ネットワークにおける電波干渉モデルを開発し、最適な中継機の配置とルーティングの議論ができるようにした。

(2)災害に柔軟に対応できるセンサーネットワークシステムの開発

・土中水分量センサーの開発

深さ 1m までの土中を 20cm 間隔で計測するため、5 台連結の土中水分量センサーを開発した(図 2)。短時間で削

孔、センサー挿入ができ安定した土との密着性が得られるよう、センサー取り付け位置・構造の改善を行った。

・土中水分量計測プラットフォームの開発

土中水分量計測プラットフォームを開発した。センサーの出力値から水分量を算出できるアルゴリズムを開発し、リアルタイムで状況を把握するとともに、閾値を超えた場合担当者に通知する。

・センサーネットワークに適した通信プロトコルの開発

時刻同期機能を用いたスロット化による通信プロトコルの最適化を行い、これを実装した端末通信モジュールと中継機を開発した。この新規開発プロトコルの通信実験を行い、パケット衝突が減少する事を確認した。

・河川水位監視システムの開発

河川の水位監視を行うセンサーネットワークを開発した。測定データの収集はプラットフォームを用い、表示部のみを開発することで、早期の開発を実現した。



図 1 新型中継機
従来に比べ、体積・重量ともに約半分。アンテナを上部に位置させ、設置を容易化



図 2 土中水分量センサー

(3) 土砂災害警報システムの開発

土砂災害の危険度を把握するためには、斜面の土中にどの程度水分が含まれているのかを測定する必要がある。従来の警報システムは主に雨量を測定し、そのデータから土中水分量を推定しており、斜面の水分量が現在どのようになっているのかを直接測定するものではなかった。

開発したシステムは、斜面の表層から多深度にセンサーを埋設して土中の水分量を定期的に直接測定して、土砂災害の危険度を推定するものである。

収集したデータは中継機を経由してサーバに集められ、危険度判断の指標となる有効飽和度(斜面の土の空隙を実際どのくらいの水が占めたのか)、累積浸透量(雨が降り始めたから現在まで、実際にその箇所の中どのくらいの雨が浸透したのか)を常に計測してグラフ化する(図3)。

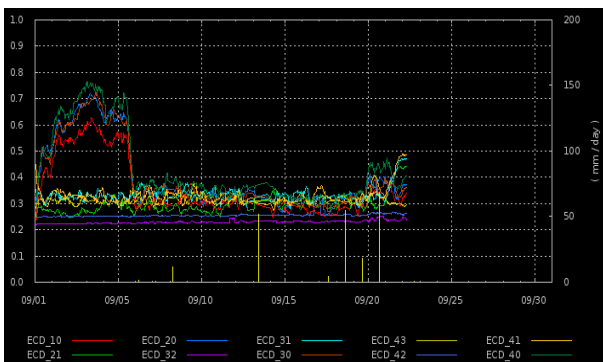


図3 プラットフォームを利用した土砂災害警報システムの監視画面

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

3.1 研究開発成果の展開

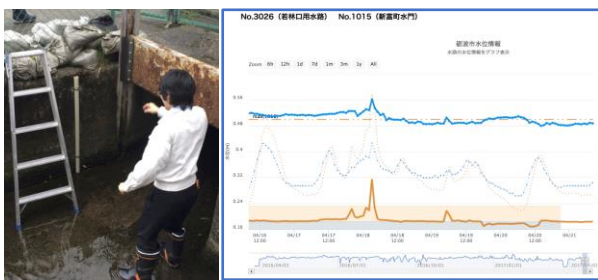
(1) 塩尻市での展開

長野県塩尻市は塩尻市北小野地区にて、試作した土中水分量センサー端末を設置し、土砂災害警報システムの各検証実験を行ってきた。また、測定データを市の情報センター内サーバに収集し、災害の危険度を求め担当者および市民にサービスを提供するサーバシステムの開発を続けてきた。

同市ではこの端末とサーバシステムを本研究終了後も市の予算を用いて引き続き運用することとし、平成29年度予算においてさらに3カ所の斜面に端末を設置して危険度を測定することとした(平成28年10月の記者会見にて市長が表明、本年8月に設置工事を行った)。

(2) 富山県砺波市での展開

富山県砺波市では、本研究で開発した河川水位監視システムを用い、市内中心部の河川・用水路の水位を定期的に測定し、データをオープンデータとして市民に公開するとともに、値が閾値を超えた時に担当者に知らせるシステム



河川への設置状況

計測データ表示システム

図4 砺波市で運用している河川水位監視システム

の運用を開始した(図4)。

このシステムでは、市内3カ所(街路灯、公民館のポール、病院窓)に無線中継機を設置してセンサーネットワークを構築し、市内2カ所の用水路の水位を計測している。

3.2 研究開発成果の波及効果送出への取り組み

ワイン用葡萄を育てる葡萄畑の気温、湿度、日照時間を一定時間毎に計測して記録し、高品質で生産性の高いぶどう栽培やワイン製造に活かす事を目的としたセンサーネットワークの活用を検討している。既に試験的に大分県安心院葡萄酒工房において計測を行っているが、この結果をもとに今後の展開を検討している。

4. むすび

本研究では、安全・安心な地域を作るためのセンサーネットワークシステムの開発を行った。研究を開始した当初は災害に柔軟に対応できる通信インフラの開発と同インフラを利用した容易な展開が可能なセンサー端末システムの開発を主な目的としていたが、その後日本各地で土砂災害が多発した状況を考慮し、土砂災害の危険度を推定するシステムの開発も行った。

その結果として当初の目的である災害に強いセンサーネットワークシステムを実現するとともに、塩尻市と砺波市が土砂災害、河川災害への警報システムを採用し運用を開始することが出来た。

【誌上发表リスト】

- [1] David ASANO, Daichi KUROYANAGI, Hikofumi SUZUKI, Eiki MOTOYAMA, Yasushi FUWA "A Pseudo-TDMA MAC Protocol Using Randomly Determined Transmission Times for Landslide Prediction Wireless Sensor Networks" IEICE Transactions on Communications E97-B7 1449-1456 (2014)
- [2] Hikofumi SUZUKI, Shinichi KARASAWA, David ASANO, Yasushi FUWA "Proposal and Realistic Evaluation of a New Routing Algorithm for a Regional Protection System" IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences Vol.E98-A No.8 pp.1667-1670 (2015)
- [3] 小松満、竹下祐二、二川雅登、不破泰、鈴木彦文、熊倉信行、吉野晃 "小型半導体チップ型センサによる地盤の間隙変化の計測方法に関する基礎的実験" 地盤工学会中国支部論文集 地盤と建設、Vol. 33, No. 1, pp.163-168、2015

【受賞リスト】

- [1] 安全・安心な生活と ICT 研究会 安全・安心ベストプラクティス賞 "災害時に様々な情報収集が可能なセンサーネットワークの迅速な展開に関する開発研究～富山県砺波市と広島県廿日市における展開事例～" 2016年
- [2] 二川雅登、静岡大学産学連携奨励賞最優秀賞、2017年3月9日

【報道掲載リスト】

- [1] "山崩れ、水分量で判断 斜面にセンサーシステム稼働"、毎日新聞、平成28年10月13日
- [2] "土中水分計測し土砂災害を推定 信大など開発 塩尻で運用開始"、中日新聞、平成28年10月13日
- [3] "大雨による土砂崩れの危険 土中の水分量から予測 信州大など実用化 塩尻で運用"、朝日新聞、平成28年10月13日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.wipc.shizuoka.ac.jp/~t-futa/>