

修士論文 2010年度（平成22年度）

ニューラルネットワークを用いたアー
バンセンサネットワーク故障解析手法
に関する研究

指導教員

東京電機大学大学院 未来科学研究科 情報メディア学専攻

戸辺 義人

東京電機大学大学院 未来科学研究科 情報メディア学専攻

高木 篤大

©Atsuhiro TAKAGI

修士論文要旨 2010 年度（平成 22 年度）

ニューラルネットワークを用いたアーバンセン サネットワーク故障解析手法に関する研究

概要

環境測定を目的とした無線マルチホップセンサネットワークが提唱されて 10 年以上経過しており，多くの実験が行われてきた．しかし多くの場合大学内や私有地をはじめとした限定された環境内での実験であり，実際に市街地に展開した事例は多くない．筆者らは 2009 年 7 月より 2 年間の連続運用を目指し，群馬県館林市に IEEE802.15.4 無線マルチホップ微気象センサネットワークを構築した．18ヶ月間の連続運用を行う中で，多くの無線マルチホップネットワークの障害やセンサノードの故障が発生している．本研究では，連続運用中に得られた故障データに基づき，計画・設置・運用各段階における故障原因をニューラルネットワークにより解析する手法を構築し，今後同様のシステムを構築する際の指針を提案した．

キーワード:

微気象, センサネットワーク, ニューラルネットワーク

東京電機大学大学院 未来科学研究科 情報メディア学専攻

高木 篤大

Master's Thesis Academic Year 2010

The Use of Neural Networks for Fault Analysis in Urban Sensor Networks

Abstract

The wireless multi-hop sensor network for environment monitoring was proposed more than ten years ago. However, the most systems were investigated in a privately-controlled community and few systems were examined in the local-government urban environment. In this study, we installed an IEEE 802.15.4 wireless multi-hop sensor network to Tatebayashi City, Gumma Prefecture, where anti-hyperthermia is focused on. The installed system is planned to be in operation until mid 2011. In this paper, we describe our experience and acquired knowledge in planning, installation, and operation and advices for the future planning.

Keyword:

Micro Climate, Sensor Network, Neural Network

Department of Information and Media Engineering,
Tokyo Denki University

Atsuhiko TAKAGI

目次

第1章	序論	1
1.1	背景	2
1.2	本研究の目的	3
1.2.1	都市における微気象現象	3
1.2.2	センサネットワークの展開	4
1.2.3	センサデバイス故障	5
1.3	本論文の構成	5
第2章	関連研究と課題	6
2.1	関連研究	7
2.1.1	CitySense	8
2.1.2	Airy Notes	9
2.1.3	Diagnostic Powertracing for Sensor Node Failure Analysis	10
2.2	センサネットワークを長期間運用する際の課題	11
2.2.1	センサノードにおけるセンサ部の故障	11
2.2.2	無線センサネットワーク障害	12
2.2.3	電源に関する障害	12
2.3	解決手法	13
2.4	本章のまとめ	13
第3章	TScan:微気象センサネットワーク構築	14
3.1	システム概要	15
3.2	本章のまとめ	16
第4章	故障解析手法	17
4.1	概要	18
4.2	本章のまとめ	19

第 5 章	結果と考察	20
5.1	故障解析結果	21
5.2	本章のまとめ	22
第 6 章	結論	23
6.1	まとめ	24
6.2	今後の課題	25

图 目 次

表 目 次

第1章

序論

本章では，本研究の背景と目的および，本論文の内容構成について述べる．

1.1 背景

1.2 本研究の目的

1.2.1 都市における微気象現象

1.2.2 センサネットワークの展開

1.2.3 センサデバイス故障

1.3 本論文の構成

第2章

関連研究と課題

本章では，関連研究とセンサネットワーク長期運用する際の課題について述べる．

2.1 関連研究

2.1.1 CitySense

2.1.2 Airy Notes

2.1.3 Diagnostic Powertracing for Sensor Node Failure Analysis

2.2 センサネットワークを長期間運用する際の課題

2.2.1 センサノードにおけるセンサ部の故障

2.2.2 無線センサネットワーク障害

2.2.3 電源に関する障害

2.3 解決手法

2.4 本章のまとめ

第3章

TScan:微気象センサネットワーク構築

本章では，本研究対象としている群馬県館林市に構築した
TScan:微気象センサネットワークについて述べる．

3.1 システム概要

3.2 本章のまとめ

本章では，群馬県館林市に設置した TScan:微気象センサネットワーク構築について述べ，TScan で使用しているリーフセンサノード，アクセスポイントセンサノード，シンクシステム，TScan サーバについて仕様を述べた．また，各センサデバイスにおける電源確保などの設置上の制約を明らかにした．次章では，故障解析に使用するニューラルネットワークならびに，TScan:微気象センサネットワークにおける故障解析手法について述べる．

第4章

故障解析手法

本章では，故障解析に使用するニューラルネットワークと，TScan の適用方法について述べる．

4.1 概要

本研究では，微気象センサネットワークの故障解析にニューラルネットワークを利用する．本章では，ニューラルネットワークに用いた故障解析手法について述べる．

4.2 本章のまとめ

本章では，バックプロパゲーションの概要を述べ，TScan 故障解析への適用方法について述べた．また，TScan:微気象センサネットワークから取得されたデータから，教師データ，正常時のデータ，センサ故障時データ，電波障害時データ，停電・バッテリー切れデータ，下流ノード故障時データを閾値を設けてニューラルネットワークの入力データとした．準備した入力データから TScan 故障解析検証実験を行った．次章では，検証実験の結果について述べる．

第5章

結果と考察

本章では，TScan 故障解析結果と考察について述べる．

5.1 故障解析結果

本節では，故障解析ニューラルネットワークの出力別に結果を示す．ニューラルネットワークは各出力に対して，0～1までの数値を出力する．該当する出力の可能性が高いほど1に近づき，可能性が低い場合は0に近づく．

5.2 本章のまとめ

本章では，センサネットワークの故障原因の解析として，ニューラルネットワークを用いた検証実験を行った結果を述べた．正常時のデータ，センサ故障のデータ，停電・バッテリー切れのデータについては精度高く解析することができた．一方で，電波障害データや下流ノード故障データの解析精度は高くはなかった．ニューラルネットワークの入力信号を細かく設定することで解析精度が向上させることが可能であることを示した．次章で本研究の結論について述べる．

第6章

結論

本章では，本研究で得られた結果をもとに，結論を述べる．

6.1 まとめ

本研究では、広域無線マルチホップセンサネットワークの構築例として、TScan:微気象センサネットワークを報告し、センサネットワークの長期間運用するための課題を述べた。また、センサノード長期運用における課題を解決するため、ニューラルネットワークを用いてセンサデバイスやセンサネットワークの故障解析を行った。ニューラルネットワークの教師データとして、TScan:微気象センサネットワークで取得したセンシングデータを使用し、バックプロパゲーション学習させることにより、長期稼働を行っているセンサネットワークに特化した故障解析が可能になる。学習済みの故障解析ニューラルネットワークを使用し、検証実験を行い、センサ部の故障や停電・バッテリー切れを高精度で解析することが可能であることが示された。ニューラルネットワークの故障解析には、次のような入力データが故障解析結果に大きな影響を与えることがわかった。

- 気温データ, 湿度データ

検証実験によりセンサ故障をはじめとしたセンサデバイスの故障解析するために非常に重要なデータとなることが示された。

- 送信カウンタ, LQI(電波強度)

検証実験により電波障害と下流ノード故障を解析するために非常に重要なデータであることが示された。しかし、LQIの値は不安定であり、解析精度に影響を与える。そのため、LQIの値の閾値を細かくすることや過去のLQIの値の平均をとることが必要であることがわかった。

ニューラルネットワークを用いた故障解析は、精度が低い出力結果もあったが、検証実験ではセンシングデータから主原因をすべて解析することができた。本研究により、ニューラルネットワークによる故障解析は、長期運用を行うセンサデバイスや広域のセンサネットワークをはじめ様々なサービスの故障解析として適しているといえる。

6.2 今後の課題

今後，センサネットワークの構築・故障解析を行っていく上で，達成すべき課題をセンサネットワーク面，故障解析面から述べる．

謝辞

本研究を進めるにあたり，研究指導をはじめあらゆる面でご協力して下さった東京電機大学未来科学部情報メディア学科戸辺義人教授に深く感謝致します。

最後に研究の日々を共にした，東京電機大学未来科学部情報メディア学科ユビキタスネットワークング研究室の友人達に感謝の意を表します。

2011 年 3 月 31 日

高木 篤大

学外発表

1. 高木 篤大, 菅生 啓示, 石田 泰之, 森田 達也, 岩本 健嗣, 蔵田 英之, 戸辺 義人,
”微気象ネットワークセンシングの実際:群馬県館林市の例”, 電子情報通信
学会技術研究報告. USN, ユビキタス・センサネットワーク 109(248), 13-18,
2009 年 10 月.
2. 高木 篤大, 木實新一, 戸辺 義人, ”TScan:微気象ネットワーク構築の実際”,
The 6th IEEE Tokyo Young Reasearchers Workshop, pp.26, 2009 年 12 月.
3. 高木篤大, 菅生啓示, 岩本健嗣, 木實新一, 小笠原拓也, 蔵田英之, 戸辺義人,
”TScan:微気象センサネットワークの構築”, 情報処理学会 第 72 回全国大会,
第 3 分冊, pp.289-290, 2010 年 3 月.

参考文献

- [1] からだカルテ, <http://www.karadakarute.jp/tanita/>
- [2] フィールドサーバ, <http://model.job.affrc.go.jp/FieldServer/default.htm>
- [3] ウェザーニュース, <http://weathernews.jp/>
- [4] John Bicket, Daniel Aguayo, Sanjit Biswas, Robert Morris, "Architecture and Evaluation of an Unplanned 802.11b Mesh Network", The 11th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (ACM Mobicom 2005), Aug 2005.
- [5] Anthony Rowe, Mario Berges, Gaurav Bhatia, Ethan Goldman, Ragunathan (Raj) Rajkumar, Lucio Soibelman, James Garrett, Jose M. F. Moura, "The Sensor Andrew infrastructure for large-scale campus-wide sensing and actuation", Information Processing in Sensor Networks 2009 (IPSN 2009), Oct 2009.
- [6] Lufeng Mo, Yuan He, Yunhao Liu, Jizhong Zhao, Shaojie Tang, Xiang-Yang Li, Guojun Dai, "Canopy Closure Estimates with GreenOrbs: Sustainable Sensing in the Forest", The 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (ACM SenSys 2009), Nov 2009.
- [7] 気象庁 地域気象観測システム (AMeDAS),
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/kaisetsu.html>
- [8] ウェザーニュース ゲリラ Ch., <http://weathernews.jp/guerrilla/>
- [9] ウェザーニュース 熱中症アラート, <http://weathernews.com/jp/c/press/2007/070810.html>
- [10] Smart Rooms, <http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/smartroom/>

- [11] Tokuda Hidetoshi, Takahashi Gen, Kadota Masaya, Iwai Masayuki, Tokuda Hideyuki, "u-Con: A Smart Space Remote Control System", 情報処理学会研究報告 UBI 2005, 2005 年 6 月.
- [12] 高田 憲一, 田村 智只, 梶 孝則, 石橋 孝一, 矢野 雅嗣, "ユビキタス・ワイヤレス・センサ・ネットワークにおける故障ノード特定手法の一検討", 電子情報通信学会技術研究報告 IN, 2006.
- [13] Rohan Narayana Murty, Abhimanyu Gosain, Matthew Tierney, Andrew Brody, Amal Fahad, Josh Bers, Matt Welsh, "CitySense: A Vision for an Urban-Scale Wireless Networking Testbed", Technical Report Harvard University, 2007.
- [14] Masaki Ito, Yukiko Katagiri, Mikiko Ishikawa, Hideyuki Tokuda, "Airy Notes: An Experiment of Microclimate Monitoring in Shinjuku Gyoen Garden", 4th International Conference on Networked Sensing Systems (INSS 2007), Jun 2007.
- [15] M.M.H. Khan, H.K. Le, M. LeMay, P. Moinzadeh, L. Wang, Y. Yang, D.K. Noh, T.F. Abdelzaher, C.A. Gunter, J. Han, X. Jin, "Diagnostic Powertracing for Sensor Node Failure Analysis", The 9th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2010), Apr 2010.