

TScan:微気象センサネットワークの構築

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[‡]

東京電機大学 未来科学研究科 情報メディア学専攻[†] 富山県立大学 工学部 情報システム工学科[‡]

東京電機大学 未来科学部 情報メディア学科[‡] 一般財団法人 日本気象協会 情報システム事業部[‡]

科学技術振興機構 CREST^{*}

1. はじめに

環境測定を目的としたセンサネットワークが提唱され、キャンパスや個人農場で実験が行われている。近年、熱中症や突風等による被害が多く報告され、環境測定の重要性が出てきた。しかし、環境測定を目的としたセンサネットワークは市町村規模の適用例は少ない。我々は2009年7月、熱中症が地域の問題になっている群馬県館林市において、微気象センサネットワークを構築した。群馬県館林市の館林駅東側から600m四方の区域に44個の気温・湿度センサを設置し、無線マルチホップ転送によるセンサネットワークを構築した。今回、無線センサネットワーク構築時に得られた経験と知見から、今後の改良について報告する。

2. 微気象センサネットワーク

ヒートアイランド現象や熱中症予防が社会問題化し、既存の気象情報より細かい粒度の気象情報の重要性が増している。細かい粒度での気象現象、すなわち微気象を観測するためには、10mから100m程度の粒度で観測が必要になる。我々は群馬県館林市において、微気象センサネットワーク構築した。群馬県館林市は2007年8月に最高気温40.2度を観測する等、日本一暑い町として知られ、熱中症対策に力を入れている。本実験では群馬県館林駅東側の600m四方の区域に気温・湿度センサを44カ所設置し、2009年7月23日より継続的に1分間隔でデータを取得している。今後2年間実験を行う予定である。

3. 微気象センサネットワーク構築

本章では、群馬県館林市に構築した微気象センサネットワークについて述べる。

3.1 機材

本実験で使用する機材は気温・湿度センサを搭載したリーフセンサノード、アクセスポイント(AP)センサノードとデータ受信に使用するシンクノードである(図1)。各センサノード同士は無線通信を行い、取得したデータを送信する。

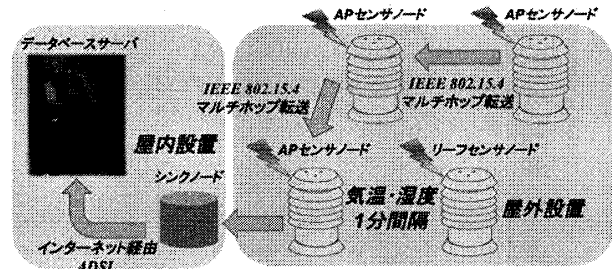


図1 システム概要

無線通信には省電力で通信可能な IEEE802.15.4 を使用している。センサノードには、センサノード毎に固有の LeafID 設定し、LeafID を識別子とした無線マルチホップ転送を行っている。マルチホップ転送を実現するために、AP センサノードとデータ受信を行うシンクノードには商用 100V 交流電源が必要である。センサノードは屋外に設置するため、気温・湿度センサと無線通信用アンテナ以外は全て防水ケースに収納している。

3.2 計画と設置

センサノード設置場所は3つの制約条件によって定まる。

・電源による制約

AP センサノードについては、無線マルチホップ転送を行う都合上、商用 100V 交流電源が必要である。そのため、屋外で交流電源が確保する必要がある。リーフセンサノードはバッテリー駆動が可能のため、電源による制約はない。

・無線通信による制約

本システムは無線通信に IEEE802.15.4 を使用している。通信距離は LoS (Line of Sight) が確保できる環境において、実験の結果 60m 程度であることを確認した。本実験では無線通信を安定させるため、データを送信する AP センサノード同士は極力 LoS を確保できる配置とし、LoS が確保できない設置場所については 20m 程度とセンサノード同士の距離を短くした。

・センシングの有意性

本実験では、気温・湿度を取得するため、自動販売機やトタン屋根等の近くに設置ができない。本実験では街灯やカーブミラー等に設置することとした。

設置場所が決定後、AP センサノード間で通信が行えるか電波実験を行い、センサノードを設置した。AP センサノード設置を図2に示す。

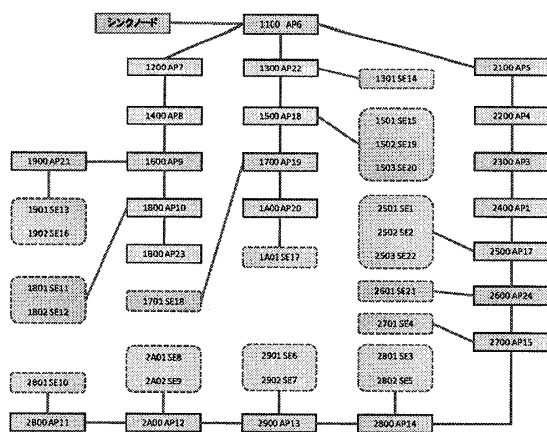
TScan: A Practical Implementation of Micro-Climate Networked Sensing
 Atsuhiko Takagi[†], Keiji Sugo[†], Takeshi Iwamoto[‡], Shin'ichi Konomi[†],
 Takuya Ogasawara[‡], Hideyuki Kurata[‡], Yoshito Tobe[†]
[†]Science and Technology for Future Life, Graduate School of Tokyo Denki University
[‡]Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University
^{*}Japan Weather Association
[‡]School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
^{*}JST CREST



図 2 AP センサノード設置

3.3 ネットワークトポロジ

本実験では、マルチホップ転送のホップ数を少なくするため、実験エリアの中心地点にデータ収集用シンクノードを設置した。センサネットワークの最大マルチホップ転送回数は 13 ホップである。本実験のネットワークトポロジを図 3 に示す。



AP:AP センサノード SE:リーフセンサノード

図 3 ネットワークトポロジ

3.4 運用

本実験は 2009 年 7 月 23 日にセンサ設置が完了し、2 年間の連続稼働を行う。特に運用開始直後、センサのデータが取得できないというトラブルが多く発生した。大きな原因は 3 つである。

- ・ 気温・湿度センサ部の腐食
- ・ 電波通信遮断
- ・ 停電

最も多い故障原因はセンサ部の腐食であり、センサ部のサビにより、センシングが停止する。電波通信の遮断と停電については、バスやトラックの通過により電波が遮られる等の一時的な原因が多く、時間経過とともに復旧することが多い。

4. 考察

本実験では、スタティックマルチホップ転送を行っているため、センサネットワークのルートノード付近が故障すると、ネットワーク全体に影響が出る。センサネッ

トワークをより安定動作させるため、センサの腐食防止や AP センサノードの停電対策を行う必要があると考えられる。

まず、センサ部の腐食対策はセンサ部を加工するにあたりセンシングに影響を与えないことが条件である。腐食対策の方法として、熱収縮チューブによりセンサ基板を覆うことで気温・湿度データのセンシングに影響がなく、センサの腐食防止することに成功した。

次に停電対策だが、AP センサノードは常時マルチホップ転送を行っているため、交流 100V 電源が必要であった。しかし、時刻同期型のプロトコルを実装することにより、常時マルチホップ通信を行わずに、ある一定時間に集中してセンシングデータを転送することが可能だと考えられる。転送を行っていない時間は AP センサノードを休止状態とすることにより、バッテリーの寿命を延ばすことが可能である。時刻同期プロトコルにより、AP センサノードのバッテリー駆動が可能であると考えられる。

5. 関連研究

街中で無線センサネットワークを構築した例として、Roofnet[1]がある。米マサチューセッツ州ケンブリッジ市の家屋の上にセンサノードを設置し、主に無線センサネットワークの通信プロトコルの研究を行っている。そのため、センシング面でのノウハウの蓄積はない。慶應義塾大学徳田研究室では、新宿御苑において、Airy Notes[2]でセンサネットワークを構築している。我々は、Airy Notes システムで、センサネットワークのシステム構築方法を学んだ。本実験は Airy Notes を発展させたものと考えられる。カーネギーメロン大学では、Sensor Andrew[3]プロジェクトが行われている。キャンパス中の任意のセンサを統一して扱うためのインフラシステム構築を目指している。それに対して、我々は閉じた管理区域ではなく、オープンスペースでの構築に関する知見を得ることを目的としている。

6. まとめと今後の課題

本稿では、群馬県館林市に設置した微気象センサネットワークについて述べた。実際の運用から、センシングデータが受信できないトラブルを解析した。今後、得られた原因から、気温・湿度のセンシングに影響が出ないようなセンサ腐食対策、AP センサノードはバッテリー駆動を実現するため、時刻同期型プロトコルの実装していく予定である。また、取得された気温・湿度データから、熱中症危険アラート等も検討していく。

文献

- [1] John Bicket, Daniel Aguayo, Sanjit Biswas, and Robert Morris, "Architecture and Evaluation of an Unplanned 802.11b Mesh Network," Proc. Mobicom 2005, Cologne, Germany, August 2005.
- [2] Masaki Ito, Yukiko Katagiri, Mikiko Ishikawa, Hideyuki Tokuda, "Airy Notes: An Experiment of Microclimate Monitoring in Shinjuku Gyoen Garden," Proc. IEEE INSS 2007, Braunschweig, Germany, June 2007.
- [3] Carnegie Mellon University Sensor Andrew: <http://www.ices.cmu.edu/censcir/sensor-andrew/>