Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

マイクロ気象センサを用いた サーバレス緊急アラートシステム

何 斌斌† 岩井 将行†† 瀬崎 薫†††
†東京大学 情報理工研究科 電子情報学
††東京大学生産技術研究所
†††東京大学空間情報科学研究センター
〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1
E-mail:
hebinbin@mcl.iis.u-tokyo.ac.jp,{masa,sezaki}@iis.u-tokyo.ac.jp

近年，ゲリラ豪雨の発生など今までの市町村単位の気象インフラでは観測できない局所的な異常気象が発生している．我々は個人レベルで容易に設置活用できるマイクロ気象系センサノードの開発を行っている．本システムは，小型のセンサノードに気象センサとして湿度センサ，温度センサを新たに搭載し目的とする場所で簡易に計測をし，システム内部で計算を行い，異常なデータを判断したうえで，サーバにあるデータベースを送るよりも，別なセンサノードにデータを送り，LED ライトよりユーザに知らせる．このシステムは，消費電力とデータ流量が少なくて遅延時間も短いという特徴を持っている．本稿では本マイクロ気象センサノードのプロトタイプの開発の経験から得られた知見をふまえ，微気象計測に必要な機能を議論する．
キーワード: センサネットワーク，小型気象センサ，データベース，アクチュエータ，ヒューマンプローブ

A Prototype of Micro Weather Sensor Node and Urgent Alerting System Without Servers

He Binbin† Masayuki Iwai††
Kaoru Sezaki†††
The University of Tokyo
Department of Informatics and Electronics,Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

Abstract : Recently, just like a guerilla storm happened in some small cities where cannot observe abnormal weather data by using existed weather infrastructure. According to this natural phenomenon, we are developing a micro weather sensor node which can be realized at individual level. In this system, we embedded temperature sensor, humidity sensor to the small sensor node and then we use this small sensor node to measure temperature and humidity. When sensor node gets these data, it does not send out data immediately, it will analyze these data first to make sure the data is normal or abnormal, if abnormal data existed, instead of sending the abnormal data to server, it will send abnormal data to other sensor node and informs the user by using LED light which are embedded in other sensor node. This system has the features with little power consumption, little data flow and time delay is small than other systems which will be described in this paper. Additional, this paper will also discuss about necessary functions and electrical circuit of micro weather sensor node.
Key words Sensor Networks , Small Weather Sensor , Database , Actuator

1. はじめに

近年，気象センサは気象庁のアメダスに代表されるように大型の固定式のセンサによる研究されてきた現状がある．一方，ゲリラ化する気象状況により，局所的に発生する気象状況やそれに付随して発生する小規模な災害などは計測しきれていない．たとえば，また気象現象だけでなく中国で炭鉱にて沢山の事故が発生され，化学工場にガスなどの漏れより大きな爆発も発生されていた．このような現場にセンサネットワークを使えば，多くの問題を回避できる可能性がある．そこで我々は個人がセンサノードを持ち歩きくことが可能なサイズの気象センサノードを開発した．また，日本では近年の老人ホームで土砂崩れによる災害から分かるように，中央に情報を集約する方法では時間がかかり，一秒を争う場面では時期が遅延してしまい，避難できない事態が発生するなどの問題ある．人々が自身で容易に設置・計測し，サーバなどのインフラがなくても，危険を判断できるようにならなければならない．また山岳地帯でも急な気象変化に人々や同伴者の気づきがおくれ，判断が遅れ，人命を失う事故が多発している．緊急を要する場合には遅延が命にかかわるため危険を検知した場合には即座に，サーバを介さず，ユーザに通知がなされることが望ましい．センサノードにアクチュエータとして機能を持たせる必要がある．また，ユーザが簡易に持ち運びアラートなどで警報することができる仕組みが必要である．以上の理由により，センサノード事態が簡易にアクチュエータを保持し，ユーザに認識される機構が必要になる．

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

我々のマイクロセンサノードを開発に着手した．センサノードは実空間からの情報を計測し，データとして値を発見し，ユーザに知らせることができる．本稿にてセンサノードから貰ったデータはどの様に転送するか分類する 3 つのシステムを提案した．そして，この 3 つのシステムに対して，消費電力，データ流量と遅延時間に対してそれぞれ検討を行い，この内に 2 つの転送システムをそれぞれ実装したうえで，実際の比較と実験を行った．

2. 関連研究

本章では関連研究を説明する． 地震の計測[8]や架橋モニタリング[12]で無線センサノードが使われ始めている研究がある．しかしながら安定的な電力供給を前提とする計測であり，既存研究は，特定の分野のセンサに特化しており気象などの情報を複合的に取得できない．本研究の目的は，大規模な通信インフラ崩壊時にも災害情報を検知・把握可能にするため，道路や山間部の地盤状況の変化を低コストで高精度に分析する手法を確立する．さらに無線で素早く危険情報を無線伝播する機能を有したマイクロ気象センサを研究開発する．山間部の上流の災害の情報を正確，迅速に伝え得るセンシングネットワークを構築することにより人命を救うことを目標とする．

理論的研究における大気計測

大気計測を想定して理論研究としていくか行われている[2]. 想定してボロノイ配置を利用して理論的な計測範囲をする研究が行われているが実際の計測点としては設置できない場所があるなど問題点も残る．また in-network processing により Mica などのセンサノードの計測点からの一端データを集約し効率的にセンサネットワークを管理する手法[13]も多く提案された．しかしこういった理論的な研究は現実的なセンサネットワークにおいてはマルチホップ通信を理論通りに行えない.

都市における測定の研究例

CitySense[9]では MA, Cambridge における大気計測を行う提案をおこなっている．CitySense は 40m のリンクメッシュを 100 以上の屋外ノードを用いて現場で構築する．また PDA でのユーザへの閲覧機能などもある．しかし，高密度ではあるが生活圏での計測とはいいがたく個人個人のレベルの CO2 消費量などを知る目安にはし難い．また自動車の移動とセンサノードを組み合わせた L E Cordova-Lopez ら[4]の研究 CO2 以外にも NO，NOx，SO2 などのセンサを取得し GISMap 上に表示する仕組みが提供されている．Shu-Chiung Hu ら[7]は同様に車両による計測を行い濃度の分布を計算する手法を提案している．一方，家庭内など細かい個人ごとのデータ収集をするには至っていない．自転車を用いたシステム(BikeNet[6]等)は多く発表されているが，こちらも自転車全体に装着することになっており小型とは言えない．街中で無線センサネットワークを構築した例として，Roofnet[3]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．これらの研究はサイズが大きく，ユーザが持ち歩くことは想定されていない．カーネギーメロン大学では，Sensor Andrew[11]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．

家庭内における CO2 測定の研究例

荒木[14]らは XDMS を用いた電力機器からの CO2 排出量の計測を行っている．しかし実測に基づく研究ではないため実際に利用された CO2 の変化を確認することは難しい．

密閉空間における気体測定の研究例

火災検知向けの気体測定の研究である KAMINA[1]は，人の有無，窓の開け閉め，日中と夜間の差異などに注目しセンサの評価を行っている．但し，時系列での計測に着目したものではない．電車による計測に焦点を当てているものとして湯山ら[15]，中村ら[10]は混雑度との適合性を示したが，コンテクストが短時間に限られてなかでのシステムになっており，我々のマイクロ気象センサを応用すれば多くのコンテクストを移動環境においても同時計測することが可能である．

森林部での計測

海老名[5]らが行っている研究は森林部において CO2 と風向きの関係を明らかにし森林部からの CO2 濃度に移流による変化を明らかにしている．木部ら[16]は土壌内部表面の CO2 の濃度変化を計測を計測するシステムを構築した．これらは固定の大型センサ装置による計測に限られており同時に計測できる地点が少なくなってしまう．

3. データの転送モデルと転送方式

センサノードは実空間から貰ったデータをどうやって処理や転送するかが課題になる（図 1）．センサノードはバッテリーに制限されているので，長時間，単体で動作することが求められる．つまり，消費電力を考えなければならない．そして，センサノードはメモリに制限されているので，プログラムのサイズや処理能力なども考える必要である．最後はデータ流量で，全部のデータを同時にサーバや別ノードに送るとネットワークにデータが莫大に増える一方で，遅延も大きくなり，緊急システムに対しては，様々な要素を考慮しなければならない．本マイクロ気象センサシステムに対して，3 つのデータ転送システムとデータ転送方式を提案した．

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

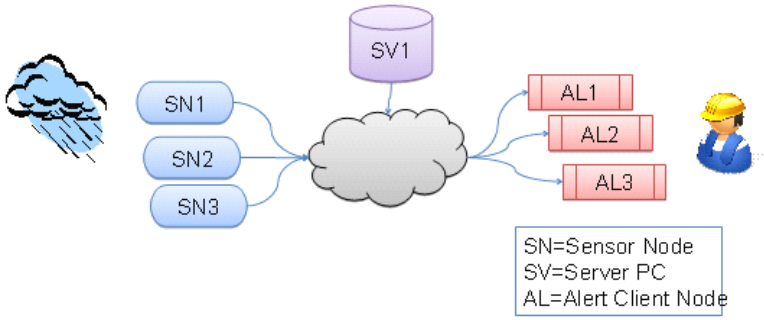


図 1　アラートノードに情報を伝搬させる手法

3.1　インターネットを介した通知システム I.Push

TCP/IP インターネットを経由してセンサノードから下流のノードへ一方向に情報を伝達するシステムを I.Push 型と定義する．

3.1.1 I.Push.Raw 型

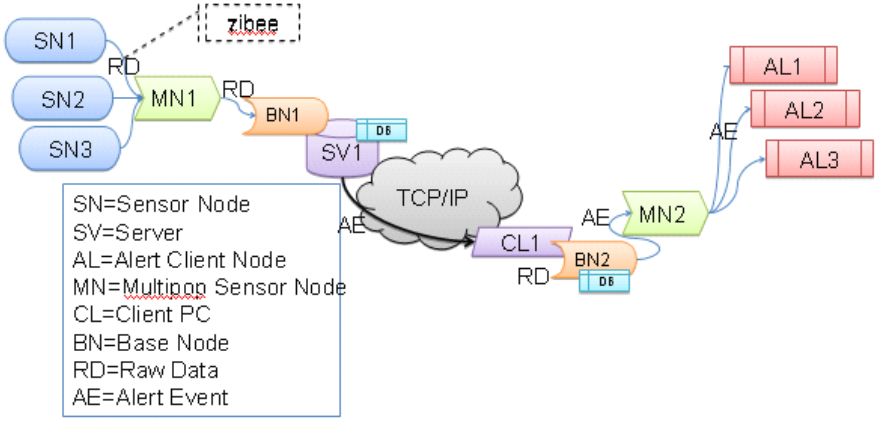


図 2　　インターネットを介した通知システム I.Push

I. Push システムに対して，2 つの転送方式に分類する．I. Push. Raw：*Ts* 秒ごとに *SN1, SN2, SN3* は 1 回実空間から気象データを計測した上で，全部のデータ(RawData)を *MN1* と *BN1* を経由して，データベースにデータを送る．データベースは同時に異常なデータがあるかどうか分析を行う．クライアントはインターネットを経由して，データベースを訪問しながら，異常なデータを貰ったら，*MN2* にイベントを出して，LED ライトよりユーザに知らせる．

特性：

1. 遠い所で作業しても現場の状況を把握できる．リアルタイムでデータをチェックする必要ではない．ただし，ネットが故障を発生する場合，緊急アラームシステムは無効になった．
2. 全部のデータはデータベースに保存されている．ウェブやデータベースを訪問すれば，データを見えるほか，データ分析もできる．
3. ベースノードは最低 2 つを使う必要がある．
4. 一つのセンサノードの消費電力は 3 つに分けられる．計測とデータ処理の消費電力 $P_1(W)$ ．データ送信する時の消費電力 $P_2(W)$(一番大きい)．Sleep Mode 時の消費電力 $P_3(W)$（一番小さい）．本稿は計算しやすいため，消費電力 P_3 を略させた．なので，一つのセンサノードの消費電力 $(P_1+P_2)/T_s*60*60$ *W/h*
5. データ流量：仮に各センサノードは X 個センサをつけているならば、1 回にデータを送ると *N* 個センサノードであれば：

   SN と *MN1* 間のデータ流量： $N*X*8(Bits)/T_s$ $(Bits/S)$ {RawData}

   MN1 と *BN1* 間のデータ流量： $N*X*8(Bits)/T_s$ $(Bits/S)$ {RawData}

   BN2 と MN2 間のデータ流量： $N*X*1(Bit)*p/T_s$ $(Bits/S)$ {Event}

   MN2 と AL 間のデータ流量： $N*X*1(Bit)*p/T_s$ $(Bits/S)$ {Event}

   p ： T_s 秒に Event を発生する確率

5. 遅延時間：最大は $T_s+T_{w1}+T_n$ （T_{w1} ：無線センサネットワーク内の遅延時間，T_n ：インターネットの遅延時間）

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

3.1.2 I.Push.Event

Ts 秒ごとに $SN1, SN2, SN3$ は 1 回実空間から気象データを計測した上で，直接に全部のデータをサーバに送るではなく，先にセンサノードにデータの分析を行って，異常なデータのみ(RawData)があれば，$MN1$ と $BS1$ を経由して，データベースにデータを送る．クライアントはインターネットを経由して，データベースを訪問しながら，異常なデータを貰ったら，$MN2$ にイベントを出して，LED ライトよりユーザに知らせる．
特性：

1.消費電力：$(P_1 + p * P_2) / T_s * 60 * 60 \quad W/h$

（P：T_s 秒に Event を発生する確率）

2.データ流量：異常なデータを発生した場合のみ，データ流量を発生する．

SN と *MN 1* 間のデータ流量：$N * X * 8(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

MN1 と *BN1* 間のデータ流量：$N * X * 8(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

BN2 と MN2 間のデータ流量：$N * X * 1(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

MN2 と AL 間のデータ流量：$N * X * 1(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

p ：T_s 秒に Event を発生する確率

3.遅延時間：最大は $T_s + T_{w2} + T_n$ （T_{w2}：無線センサネットワーク内の遅延時間，T_n：インターネットの遅延時間）

3.2 サーバ通知システム S.Push

1 つのサーバにデータを集約させセンサノードから下流のノードへ一方向に情報を伝達するシステムを S.Push 型と定義する．

3.2.1 S.Push.Raw

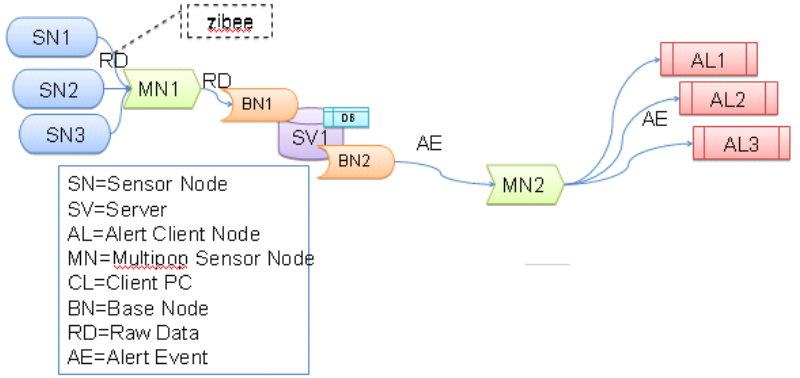


図 3　S.Push サーバ通知モデル

S.Push システムに対しても，2 つの転送方式を提案する．S.Push.Raw：I.Push.Raw とほぼ同じ転送方式でデータを送るが，サーバとクライアントが同一のエリアに存在する．つまり，$BN1$ と $BN2$ は同じエリアに存在する．
特性：

1.I.Push.Raw のような遠隔で作業する場合，現場の状況を把握できない．ただし，本モデルはネットを使われていないため，通信障害の可能性はない．

2.全部のデータはデータベースに保存されている．ウェブやデータベースを訪問すれば，データを見えるほか，データ分析も可能になる．

3.ベースノードは 2 つを使う必要がある．

4.1 つのセンサノードの消費電力：$(P_1 + P_2) / T_s * 60 * 60 \quad W/h$

5.データ流量：

SN と *MN1* 間のデータ流量：$N * X * 8(Bits) / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

MN1 と *BN1* 間のデータ流量：$N * X * 8(Bits) / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

BN2 と MN2 間のデータ流量：$N * X * 1(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

MN2 と AL 間のデータ流量：$N * X * 1(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

p ： T_s秒に Event を発生する確率

6.遅延時間：最大は $T_s + T_{w1}$ （T_{w1}：無線センサネットワーク内の遅延時間）

3.2.2 S.Push.Event

I.Push.Event と同じ転送方式でデータを送るが，S.Push.Event はサーバとクライアントは別々ではなく 1 つのエリアにあることを想定する．つまり，$BN1$ と $BN2$ は同じエリアに存在する．

特性：

1.データベースに異常なデータのみが保存されている．データを分析できない．

2.一つのセンサノードの消費電力：$(P_1 + p * P_2) / T_s * 60 * 60 \quad W/h$

p ： T_s秒に Event を発生する確率

3.データ流量：異常なデータを発生した場合のみ，データ流量を発生する．

SN と *MN 1* 間のデータ流量： $N * X * 8(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

MN1 と *BN1* 間のデータ流量： $N * X * 8(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

BN2 と MN2 間のデータ流量： $N * X * 1(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

MN2 と AL 間のデータ流量： $N * X * 1(Bit) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

p ： T_s秒に Event を発生する確率

4.遅延時間：最大は $T_s + T_{w2}$ （T_{w2}：無線センサネットワーク内の遅延時間）

3.3 直接通知システム D.Push

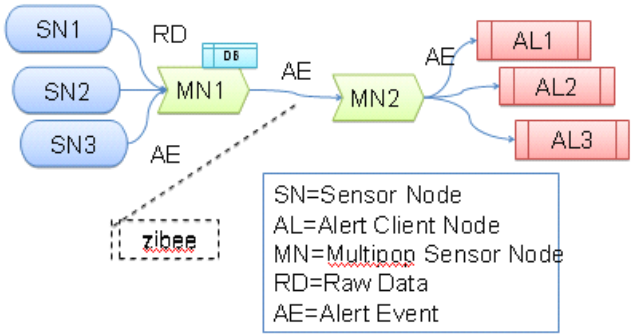


図 4 D.Push 直接通知システム

D.Push に対しても，2 つの転送方式が存在する．

3.3.1 D.Push.Raw

D.Push.Raw：T_s秒ごとに $SN1, SN2, SN3$ は 1 回実空間から気象データを計測した上で，全部のデータ(RawData)を $MN1$ に送る． $MN1$ はデータを貰ってから、先にデータの分析を行う。異常なデータがあれば、$MN2$ を経由して、AL にイベントを出して、LED ライトよりユーザに知らせる。

特性：

1.ベースノードやサーバなどを使わない．全システムのコストを減らすことができる．

2.何もデータを見えないため，データを管理できない．

3.一つのセンサノード消費電力：$(P_1 + P_2) / T_s * 60 * 60 \quad W/h$

4.データ流量：

SN と *MN1* 間のデータ流量： $N * X * 8(Bits) / T_s \quad (Bits/S)$ {RawData}

MN1 と *MN2* 間のデータ流量： $N * X * 1(Bits) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

MN2 と *AL* 間のデータ流量： $N * X * 1(Bits) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

p ： T_s秒に Event を発生する確率

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

5.遅延時間：最大は $T_s + T_{w1}$ （T_{w1}：センサネットワーク内の遅延時間）

3.3.2 D.Push.Event

D.Push.Event：T_s秒ごとに$SN1, SN2, SN3$は 1 回の実空間から気象データを計測した上で，全部のデータを送るではなく，先にセンサノードにデータの分析を行う．異常なデータがあれば，$MN1$と$MN2$を経由して，ALにイベントを送り，LED ライトなどによりユーザに知らせる．

特性：

1.一つのセンサノードの消費電力：$(P_1 + p * P_2) / T_s * 60 * 60 \quad W/h$

p：T_s秒に Event を発生する確率

2.データ流量：

SNと$MN1$間のデータ流量：$N * X * 1(Bits) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

$MN1$と$MN2$間のデータ流量：$N * X * 1(Bits) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

$MN2$とAL間のデータ流量：$N * X * 1(Bits) * p / T_s \quad (Bits/S)$ {Event}

p：T_s秒に Event を発生する確率

3.遅延時間：最大は $T_s + T_{w2}$ （T_{w2}：センサネットワーク内の遅延時間）

3.4 各モデルと転送方式の比較：

理想なマイクロ気象システムとしては，消費電力が小さく，遅延時間が短く，データ流量が少ないし，全データが共有されるということである．ただし，そういうシステムは存在できず，要求するポイントに従って，取捨選択する必要がある．

- 消費電力を重視する場合：各モデルの Event モデルを選んだほうが良い．計算量を考慮しなければ全てのデータ（$p=100\%$）で異常と見なされれば，Power(Event)= Power(Raw)の消費電力．他の場合は，Power(Event)< Power(Raw)の消費電力．
- データを重視する場合：サーバ通知システム S.Push とインターネット通知システム I.Push を選んだほうが良い．データベースを使って，データ分析を行える．
- 遅延重視 :多くのデータを同時に送る時，T_{w1}はT_{w2}より大きいので，D.Push.Event を選んだほうが良い．

本分類には各アラート自ら現状が異常かどうかを聞きに行くモデルである Pull モデルは議論していない．しかし I.Pull.Raw, I.Pull.Event, S.Pull.Raw,S.Pull.Event, D.Pull.Raw, D.Pull.Event が存在するがアラートの消費電力と反応速度を考慮して本論文の分類の議論から割愛した．

4. データ分析用のアルゴリズム

異常なデータがあるかどうか判断するために，固定的な閾値を使うということが普通である．ただし，本稿では気象データを中心に変更されているので，本システムは移動平均線とボリンジャーバンドを用いて異常なデータかどうか判断させる．

ボリンジャーバンドの計算式は以下の規定する．

標準偏差 σ ：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}(X_n - X_m)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(X_1 - X_m)^2 + (X_2 - X_m)^2 + (X_3 - X_m)^2 + \bullet\bullet\bullet + (X_n - X_m)^2}{N-1}}$$

N：任意の回数（たとえば，9 回，25 回，60 回など）

$X_1 \sim X_n$：1~N回までの各値

X_m： $X_1 \sim X_n$の平均値

N回移動平均$_{\pm 1\sigma}$ → 68%の確率で，この範囲にデータは収まる

N回移動平均$_{\pm 2\sigma}$ → 95%の確率で，この範囲にデータは収まる

実際のボリンジャーバンドは図 6 のように示す．

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

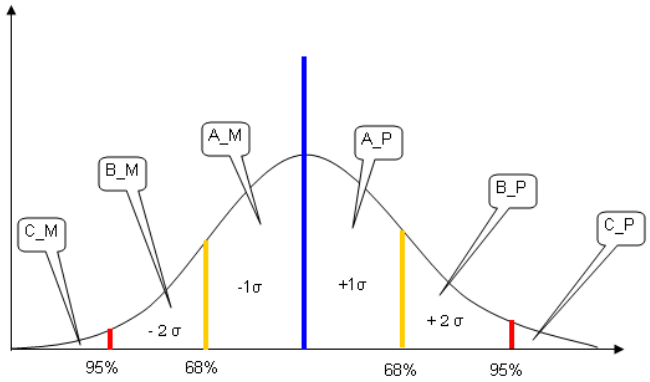


図 5 ボリンジャーバンドの範囲

本システムの設定：

1. N回移動平均$\pm 1\sigma$に収まれているデータは安全データである．Event=A (A_M:Minus, A_P:Plus)
2. N回移動平均$_{\pm 1\sigma}$以外，N回移動平均$_{\pm 2\sigma}$以内に収まれているデータは警告データである．Event=B (B_M:Minus, B_P:Plus)
3. N回移動平均$_{\pm 2\sigma}$以外に収まれているデータは異常なデータである．Event=C (C_M:Minus, C_P:Plus)

5. Micro Weather Sensor Node 実装

5.1 Micro Weather Sensor Node のハードウェア

Micro Weather Sensor Node は SunMicrosystems 社の Sunspot を活用して構築する．SunSpot は GPIO をプログラムから制御でき，また 802.11.15.4 の通信モジュールを保持している．これらを活用することで短期間にプロトタイプを構築できると考えた．さらに Sunspot 自体に以下のセンサ保持している．追加で実装した外部センサは湿度センサ，振動スイッチの 2 つである．

- 湿度センサ，CHS-GSS，1500 円
- 振動スイッチ, RBS040200, 100 円
- 温度センサ (SunSpot 固有)
- 照度センサ (SunSpot 固有)

各センサのデバイスの回路図を図 6，図 7 に示す．小型化と伴に複数のセンサデバイスの情報を同時に取得可能にした．

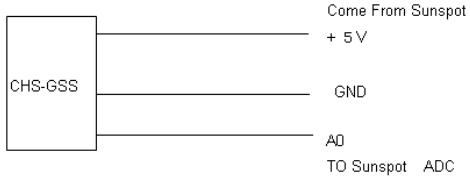


図 6　湿度センサ回路図

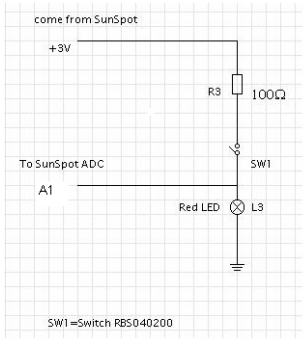


図 7　振動器の回路図

実際に作った基板回路と Sunspot の間にどのように接続するか図 8 に示す．

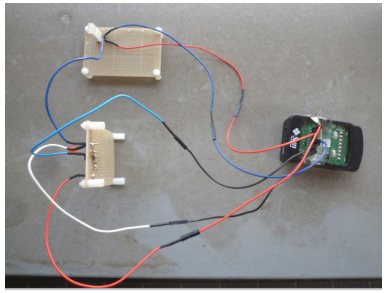


図 8　センサ側のシステムのイメージ

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

5.2 無線アラートノード

ユーザに的確にセンシングに状態を通知するための小型アラートシステムを開発した．特に情報弱者の方に分かりやすく伝えるため首からかけることができる 12V の高輝度 LED を利用した発光通知システムを構築し，センサが異常を検知するとパターンや色を変える仕組みを構築した．外部からの危険を知らせる通信は Zigbee を用いる．また，図 9 の LED デバイスへのコントロールは Sunspot 内部の GPIO から行っている．

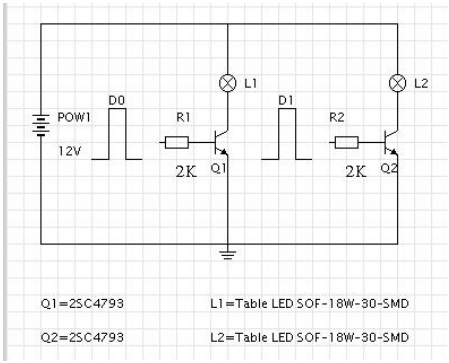


図 9　LED アラートシステムの回路図

実際に作ったアラームシステムは図 10 に示す．

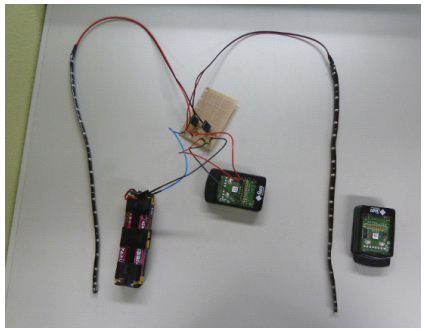


図 10　LED アラートシステム全体のイメージ

5.3 Micro Weather Sensor Node の実装モデル

本稿では比較ために，S.Push.Raw と D.Push.Event を実装した．
S.Push.Raw はサーバを PHP+Mysql+Apahce の組み合わせで実装した．
表示の遅延を減少させるため＋ウェブにリアルタイムでデータを表示させるため，Ajax 技術を利用した．

5.4 異常値判定の実装手順

1. 時期 T_1 で K 個データを貰った．仮に $D_1, D_2, D_3, \cdots, D_k$ に設定する．
2. これら K 個データの平均値を計算　$D(AVG)$ と K 個データの標準偏差を計算 $D(VAR)$ に設定する．
3. 異常バンドの設定：通常=$\{(D(AVG)-D(VAR)) \sim (D(AVG)+D(VAR))\}$

   警報=$\{(D(AVG)-2D(VAR)) \sim (D(AVG)+2D(VAR))\}$
4. 時期 T_1+T でデータ D_{k+1} が来る．D_{k+1} は通常バンドに収まれるかを判定
5. D_{k+1} は通常バンドに収まれていない場合，警報バンド,異常エリアに収まれているかどうかを判定し，警報 Event，異常 Event を出す．

ただ K の値をどうやって選択するか S.Push.Raw と D.Push.Event は異なっている．
S.Push.Raw はサーバでデータ分析を行って，メモリに制限されていないため，K の値が大きくなっても，システムに影響がないである．本稿は $K=25$ に設定した．
D.Push.Even はサーバレスでデータの分析はセンサノードの中に行われていて，メモリに制限されているため，K の値は大きいほど処理スピードが遅くなったり，消費電力が大きくなったりするので，本稿は $K=9$ に設定した．

6. 結果と結論

実装した本システムを研究室外において，2 日間の温度，湿度と照度を計測した．
まず，S.Push.Raw を使って，貰ったデータである．
Day1 の照度（図 11）：

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

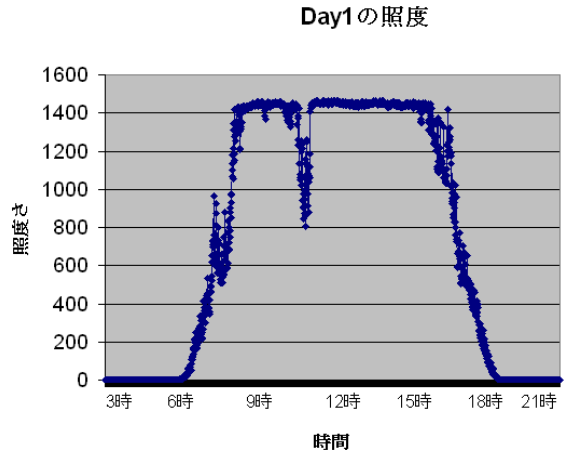


図 11　Day1　照度変化

Day1 の温度(図 12)：

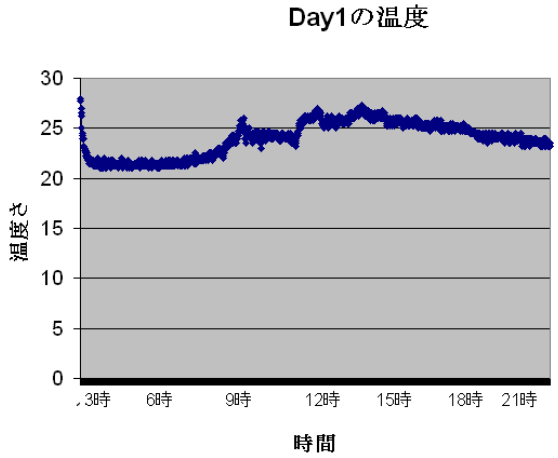


図 12　Day1　の温度変化

Day1 の湿度（図 13）：

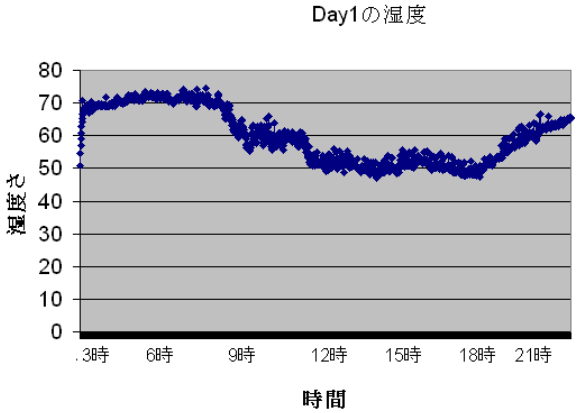


図 13　Day2　湿度変化

Day2　1 日の温度，湿度と照度（図 14）：

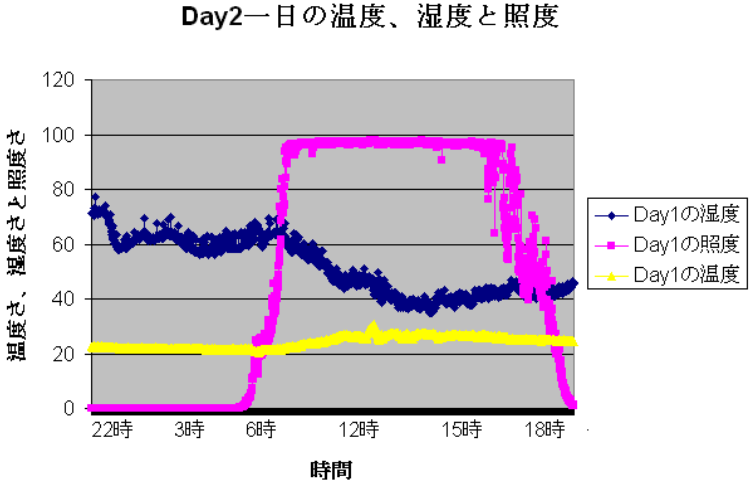


図 14　Day2 の温度，湿度と照度変化

Web にデータを表示する時，全体のイメージ（図 15 と図 16）：

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

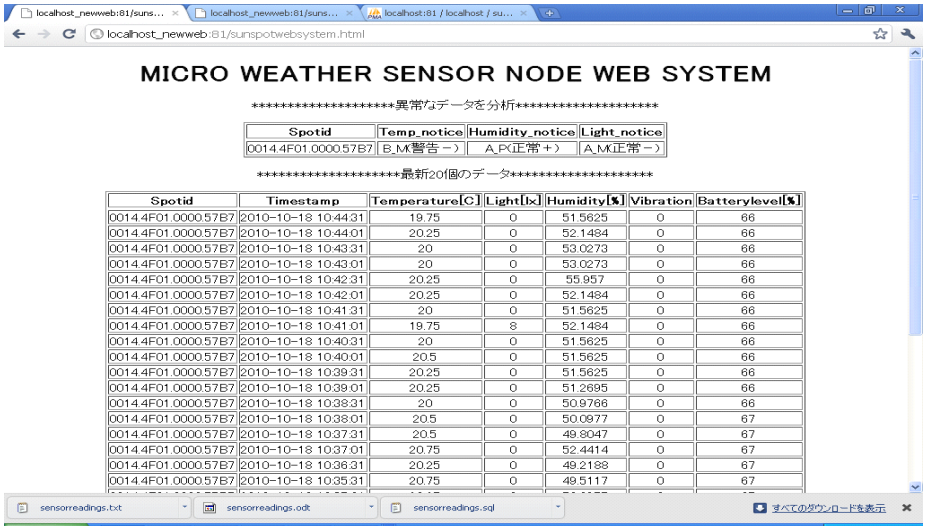


図 15　WEB に表示する時，全体のイメージ（1）



図 16　WEB に表示する時，全体のイメージ（2）

6.1　システムテスト：

テスト A：人が SUNSPOT に近づくと照度が急に下がった（図 17）時に，WEB にリアルタイムでエラーメッセージを表示させる（図 18）．同時に，アラームシステムに指示を出して，LED ライトよりユーザに知らせる（図 18）．

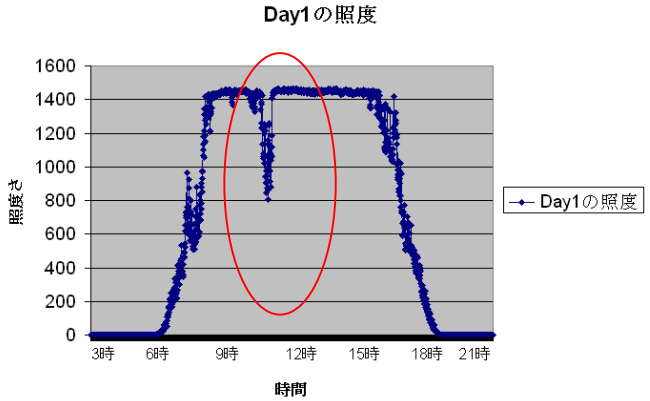


図 17　照度テストを行ったグラフ

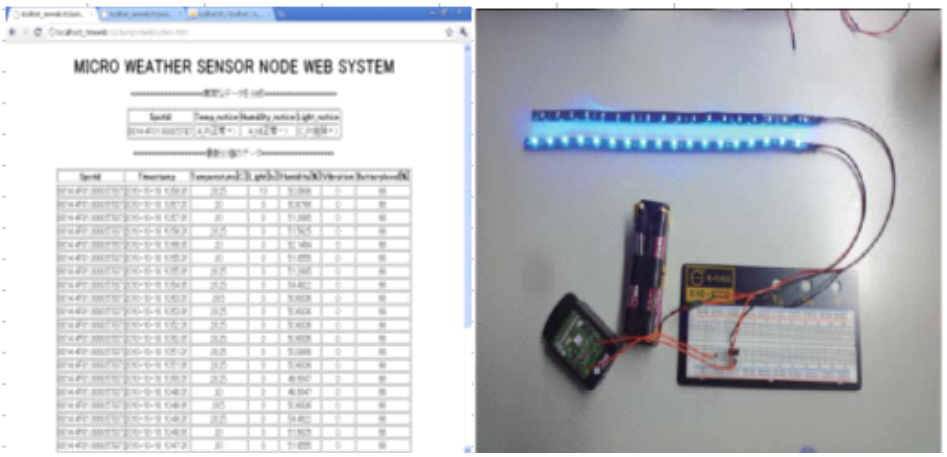


図 18　WEB 上で表示と LED ライトの点灯警告

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

テスト B：自然に温度が急に上がった時（図 19），テスト A と同じように，エラーメッセージが出てきた（図 20）．同時に，アラームシステムに指示を出して，LED ライトよりユーザに知らせる（図 20）．

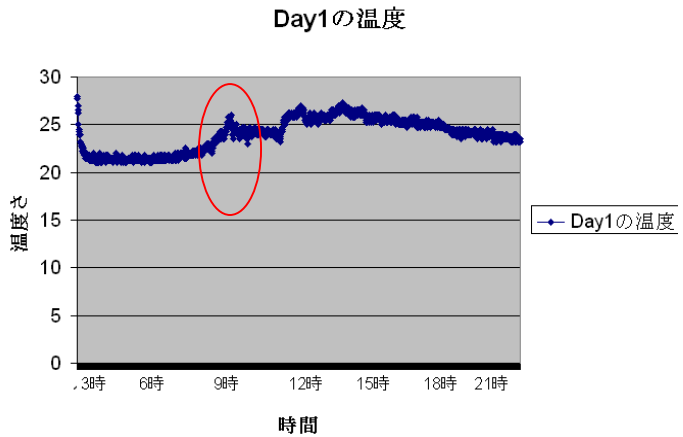


図 19　Day1 の温度

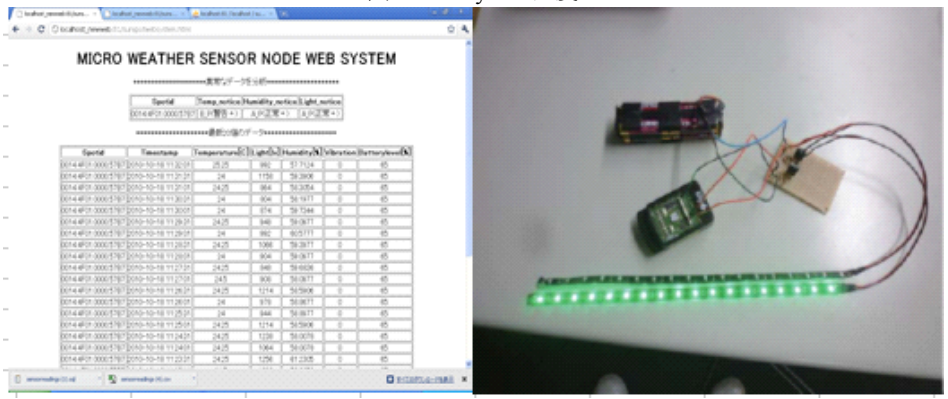


図 20　　WEB 上で表示と LED ライトの点灯警告

D.Push.Event：
D.Push.Event は S.Push.Raw と同じように，異常なデータがあれば，直ぐ近いノードに指示を出し，LED ライトよりユーザに異常を知らせる．ただし，消費電力を減らすと遅延時間を短くするために、サーバーに介せず、データを見えないようにした。なので、プログラムの流れは本当に正しいかどうかを判断するために、 NetBean IDE を使って、メッセージを表示させる（図 21 と図 22）．

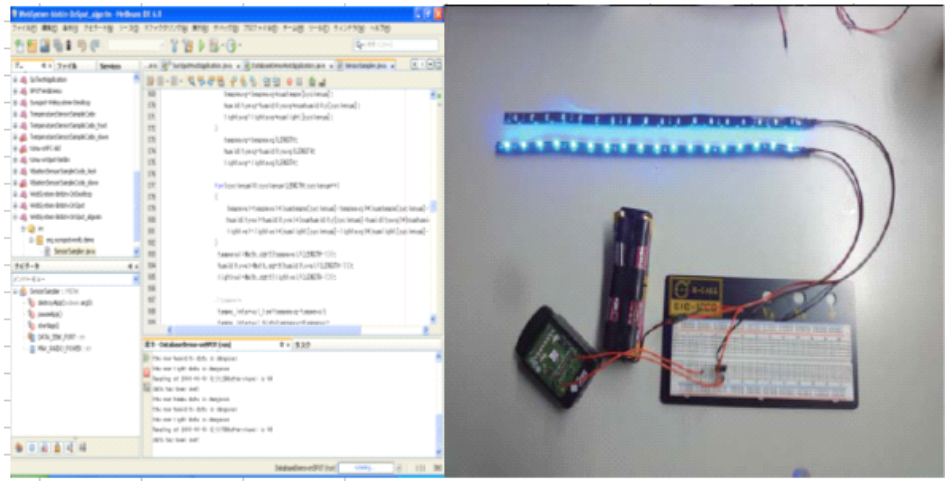


図 21　NetBean のデバッグメッセージと LED ライトの点灯警告

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

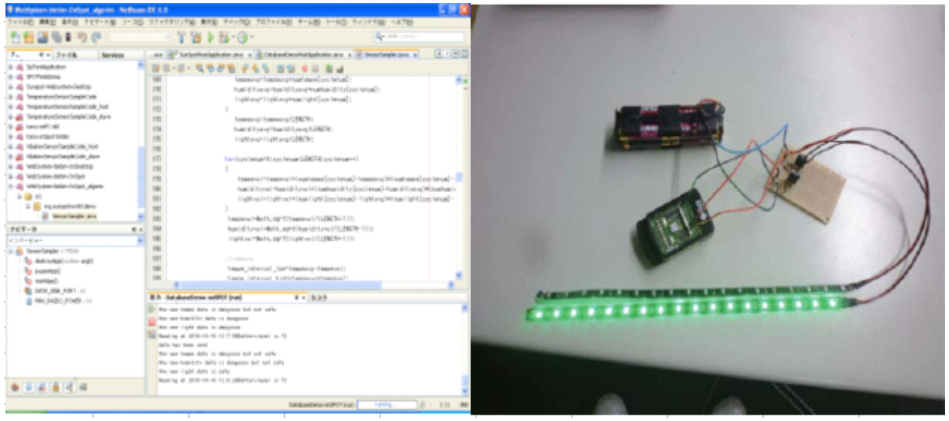


図 22　NetBean のデバッグメッセージと LED ライトの点灯警告

7. おわりに

本システムは，小型のセンサノードに気象センサとして湿度センサ，ガスセンサを新たに搭載し目的とする場所で簡易に計測をし，システム内部で異常なデータはあるかどうか判断を行って，異常なデータがあれば，ユーザに近い別のセンサノードに指示を出して，LED ライトよりユーザに危険を通知することに成功した．また，比較するために，サーバモードのシステムも開発した．今後さらに本マイクロ気象センサノードのプロトタイプの開発の経験から得られた知見をふまえ，微気象計測に必要な機能を整理しシュミレータ等をふくめ大規模な実験を行っていく．

参考文献

[1] C.Arnold, M.Harms, and J. Goschnick. Air quality monitoring and fire detection with the karlsruhe electronic micronose kamina. IEEE Sensors Journal 2002, Vol. volume2 issue 3, pp. 179 --188, 2002.

[2]Mihaela Cardei and Jie Wu. Energy-efficient coverage problems in wireless ad-hoc sensor networks, 2006.

[3] Benjamin~A. Chambers and Benjamin~A. Chambers.The grid roofnet: a rooftop ad hoc wireless network, 2002.

[4] L.E Cordova-Lopez, A.Mason, J~D Cullen, A~Shaw, and Al.Shamma'a. Online vehicle and atmospheric pollution monitoring using gis and wireless sensor networks. Journal of Physics:2007, Vol. Conference Series 76 012019, 2007.

[5] Sakurako Ebina, Kanako Muramatsu, and Motomasa Daigo.Feature analysis of wind direction and wind speed observed at co2 measurement tower in nara city and forest area. Doshisha University world wide business review, Vol.~9, No.~1, pp. 153--166, 2007-09.

[6] S..B. Eisenman, E. Miluzzo, N.D. Lane, R.A. Peterson, GS. Ahn, and A.T. Campbell. The bikenet mobile sensing system for cyclist experience mapping. In SenSys '07.: Proceedings of the 5th international conference on Embedded networked sensor systems, pp. 87--101, New York, NY, USA, 2007.ACM.

[7] Shu-Chiung Hu, You-Chiun Wang, Chiuan-Yu Huang, and Yu-Chee Tseng. A vehicular wireless sensor network for co2 monitoring.In IEEE Conference on Sensors (SENSORS), pp. 1498--1501. IEEE,2009.

[8] N..Kurata M..Minami M.,Suzuki, S. Saruwatari and H.Morikawa. Poster abstruct:a quantitative error analysis of synchronized sampling on wireless sensor networks for earthquake monitoring. In The 6th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems(SenSys 2008) Poster., 11 2008.

[9] Rohan.Narayana Murty, Abhimanyu Gosain, Matthew Tierney, Andrew Brody, AmalFahad, Josh Bers, and Matt Welsh. Citysense: A vision for an urbanscale wireless networking testbed.IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security, 2008.

[10] Tomonori NAKAMURA, Takefumi OGAWA, Kiyoshi KIYOKAWA, and Haruo TAKEMURA. User context recognition for use in wearable learning systems based on congestion level estimation of the inside of a train using a carbon dioxide sensor.Technical report of IEICE. Multimedia and virtual environment,Vol. 107, No. 554, pp. 49--54, 2008-03-15.

[11] Anthony Rowe, Karthik Lakshmanan, and Ragunathan~(Raj) Rajkumar. Sampl: a simple aggregation and message passing layer for sensor networks. In WICON '08: Proceedings of the 4th Annual International Conference on Wireless Internet, pp. 1--9, ICST, Brussels, Belgium, Belgium,2008. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan

Vol.2010-MBL-56 No.8
Vol.2010-ITS-43 No.8
2010/11/11

[12] Masanari.Tominaga Sunaryo.Sumitro and Yoshihito Kato. Monitoring based maintenance for long span bridges.In First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, 2002.

[13] Yong Yao and Johannes Gehrke. The cougar approach to in-network query processing in sensor networks. SIGMOD Record, Vol.~31, p. 2002, 2002.

[14] 荒木靖宏, グェンミントゥン, 森川博. Ngnを用いた電力量およびco2排出量管理システムの設計. 2008年 電子情報通信学会総合大会, 通信講演論文集2, pp. 171 B--7--94, 2008.

[15] 湯山映里, 森野博章.赤外線・二酸化炭素センサによる車両混雑度推定システムの基礎検討. 電子情報通信学会東京支部学生会, p.~53, 2009.

[16]剛木部, 茂鞠子. 土壌呼吸の測定と炭素循環 (特集:地球の炭素循環と一次生産). Global environmental research, Vol.~9, No.~2, pp. 203--212,2004.

ⓒ 2010 Information Processing Society of Japan