

環境情報発信端末の試作と評価

山形 浩平¹ 清水 亮¹ 杉山 朋宏¹ 八宗岡 正² 小林 郁太郎¹

¹ 東京大学大学院 工学系研究科 現在 NTT データ勤務 ² シチズン時計(株)

近年、コンピュータ技術の急激な発達とインターネットの爆発的發展によって、ネットワークがオフィスのみならず家庭にまで整備されて使用されるようになり、様々な情報が至る所で収集可能になったといえる。しかし、身の回りの温度や湿度・明るさといった「環境情報」はまだネットワーク上の情報として蓄積・活用されていないといっても過言ではない。

そこで本論文では、21 世紀の情報社会において環境情報のやり取りのために構築されると想定される「環境情報ネットワーク」を提唱し、環境情報ネットワークを実現する端末の試作と環境情報の情報量の評価について述べる。

Keywords: ubiquitous, sensor network, wireless, photovoltaic power generation, power control

A prototype and evaluation of environment information sending devices

Kohei Yamagata¹ Ryo Shimizu¹ Tomohiro Sugiyama¹ Tadashi Yasuoka² Ikutaro Kobayashi¹

¹ Graduate School of Engineering, the University of Tokyo currently working in NTT DATA CORPORATION.
² CITIZEN WATCH CO.

The rapid progress of Internet and computer technologies made possible a full use of network at many aspects of the home as well as the office. "Environment Information" on temperature, humidity and so on of the home, office, factory, farther of prairie or desert is expected to play an important roll in triggering the development of new network services which would provide the more functional and diversified living style, then, the new social structures. However, there is serious lack of the sensing devices, the database technologies, and the network technologies for accumulating and processing the Environment Information.

In this paper, we proposed an "Environmental Information Network", described a prototype of the sensing terminals, evaluated their functions and performances, and estimated the information mass of the "Environmental Information Network"

Keywords: ubiquitous and sensor network, wireless, photovoltaic power generation, power control

1. はじめに

1.1. 背景

近年、コンピュータ技術の急激な発達とインターネットの爆発的發展によって、ネットワークがオフィスから家庭の隅々まで一気に浸透したといえる。また、多様な情報の広域流通と組織横断的な利用を進めるために、情報家電・RFID タグ・携帯端末などの開発が急速に展開されており、個人のニーズにあったサービスを提供する基盤が整いつつある。しかし、これらの情報端末でもまた取得できていない情報は数多くある、その一つが周辺の温度や湿度・明るさといった「環境情報」である。真に個人のニーズにあったサービスを提供されるユビキタス社会を目指すために、環境情報を活用したネットワークサービスが今後望まれるであろう。よって 21 世紀

の情報化社会を支えるポスト IP ネットワークとして、小型自立端末によって環境情報を取得し、取得した環境情報をネットワークに取り入れてサービスの活用を用いる「環境情報ネットワーク」(図 1)を構築することが望まれる^[1]。



図 1 環境情報ネットワークのイメージ

1.2. 本論文の目的

環境情報ネットワークを構築するにあたり、環境情報をセンシングして、PC にセンシング情報を無線で送信できる環境情報発信端末を製作した。ソーラー発電による自立化・省電力化・端末の小型化・無線化など様々な点を検討しながら製作しており、また端末の活用に向けて情報量や使用頻度における差異なども評価した。よって本論文では、環境情報発信端末の概要を述べ、次にその利用例と環境情報の情報量評価について述べることを目的とする。

2. 環境情報発信端末の概要

2.1. 端末の説明

本端末の概観を図2に示す。作成すべき端末の仕様を本研究室で検討し、同様の機能を持つ端末を試験的に作成した後に、本端末の製作をCITIZEN(株)に依頼して製作した。大きさは、縦4cm、横3cm、厚さ1.2cmで縦横の面積は500円玉程度の大きさである。



図2 環境情報発信端末の概観

表面にはソーラーパネル(面積は約6.0cm²)が搭載されており、太陽発電によって得た電力は2次電池であるリチウムイオン電池に蓄えられ、そこから回路全体に電力が供給されている。また、内部には光センサ(ソーラーパネルによって得られる照度より測定)、温度センサ(サーミスタを利用)、近接感知センサ(磁石を利用)の3つのセンサを試験的に内包しており、内蔵の314MHz帯FSK変調の微弱無線送信機によって、受信機の設置されたボード(図3参照)にセンシング情報を送信することができる。



図3 受信機のボード

端末の内部は、センサ系・伝達系・電源系・制御系

の大きく4つのパートから成り立っており、図3のようなシステム構成になっている。

・電源系

エネルギーの補給が不用で、小型ながら照明などのある日常の環境で半永久的に駆動可能な電源を実現。センサ系、伝達系、制御系のエネルギー源である。

・センサ系

外界の環境情報をセンシングし、必要ならば処理を行う。

・伝達系

端末のIDやセンシングデータを受信機へ送信する。

・制御系

電源系、センサ系、伝達系の管理・制御を行う。具体的には、電源システムの管理、センサ系の起動、センシングデータの処理、通信データの作成、送信機の起動、端末全体の管理等からなる。

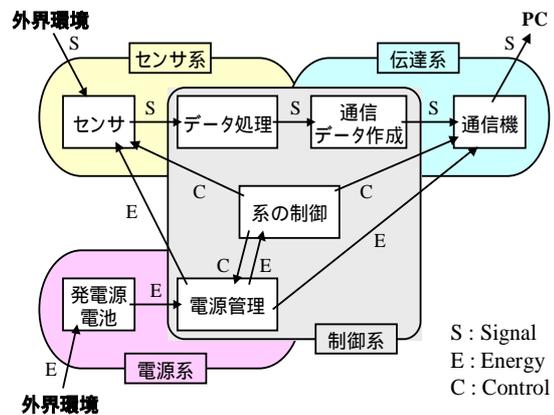


図4 環境情報発信端末のシステム構成

電源系における「太陽発電の利用」の部分と、省電力化の際に考慮した「2段スリープ法」については、特に本端末において工夫されている点であるので、以後の節で詳しく述べる。

2.2. 太陽発電の利用

2.2.1. 環境情報発信端末に適した電源

環境情報ネットワークでは産業機器から野生動物まで自然環境、人工環境のいたるところに環境情報発信端末が配備され、その数は膨大なものになると思われる。そのような構成では、端末を機能させるためのエネルギー供給源を商用電源に全て頼ることは、配電や停電などを考慮すると難しいことである。まして、水田温度などのように自然環境の測定や、人、動物の携行を考慮すると商用電源には頼ることはできず、また電池交換作業は煩雑すぎるため、自立型電源が必要となってくる^[2]。

次に、環境情報発信端末本体は小型であることが求められているため、本体自身に大きなエネルギーを蓄えることはできず、効率の良い供給と無駄のない消費の二面から検討していく必要がある。そして、出来得る限り小型低電力化を実現し、信頼性の高い自立型電源システムを装備する必要がある。

そこで、本研究では電源に関して、小型で運用保守の必要性なしという観点から様々なエネルギー源の特性を考慮した結果、「太陽電池」について検討することとした。以下では、太陽電池の特徴、太陽電池の特性の測定、シミュレーション等を通じた環境情報発信端末における電源としての可能性について述べる。

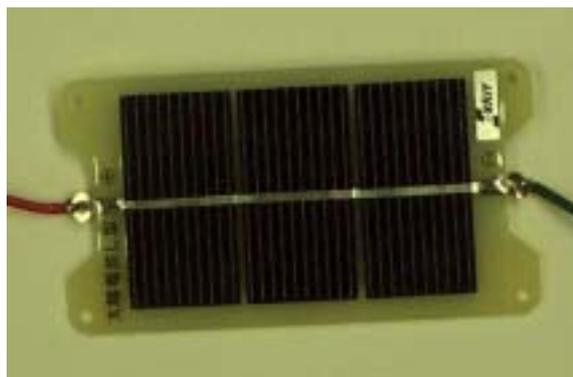


図5 太陽電池パネル

2.2.2. 太陽電池利用の検討

太陽電池の特徴をまとめると以下のようになる^[3]。

- (1) 地球に到達する太陽のエネルギー 1 時間分で、1 年分の全世界のエネルギーを賄うことができる。
- (2) クリーンエネルギーである。
- (3) 規模の大小によらず、ほぼ一定の効率で発電可能。
- (4) 消費地までの送電が不要で、使う場所で発電可能。
- (5) 室内光や拡散光でも発電する。

逆に、太陽電池には次のような問題点がある。

- (1) 入射エネルギー密度が希薄であり、晴れた日の 1kW 変換効率が 10%として 1m² 当たり 100W 程度の電力しか取り出せない。
- (2) 気象条件と入射光に出力が依存する。
- (3) 出力が直流のみである。
- (4) 蓄電機能がない。

以上の長短所を考慮して、環境情報発信端末の発電源として太陽電池が利用可能かを検討した。検討方法として、環境情報発信端末のサイズを考慮した小型の太陽電池パネルを選択し、屋外の場合は、従来使われている日射量を基にした計算方法で、屋内の場合は実測値を基にして発電量を算出することにより判断した。なお用いた太陽電池パネルは「ELEKIT 太陽電池 L 型」であり、最大出力が 490mW、最適動作電圧が 1.4V、最適動作電流が 350mA、パネル部面積が 40cm² である (図 5 参照)。

2.2.3. 屋外のケース

まず、日射量(W/m²)について検討する。日本の南中時の日射量は、季節により変化し、400~900W/m² である。また、一日あたりの日射量の季節における推移を以下に表す(表 1 参照)。

1日あたりの日射量の推移 (kWh/m ² 日)	新潟	東京	高崎
冬(12~2月)	2.0	3.8	4.2
春(3~5月)	4.4	4.4	4.4
夏(6~8月)	4.8	4.1	4.7
秋(9~11月)	3.4	3.4	4.2
年間(1~12月)	3.6	3.9	4.4

表1 日射量の推移

日本の年間日照時間は、1500~2000 時間で、一日平均は 4~5.5 時間である。その内、太陽光発電に利用できる時間は、一日あたり 2.6~4 時間(日射量 1,000w/m²に変換した場合)とみなすことができ、これを「有効日射時間」という。この値は、季節や気象条件により変動するので、考慮する必要があるが、中間の値をとって、3.3 時間を一日の充電時間として計算するケースが多い。また、出力補正係数は 0.85 とする。気象の変化、太陽電池表面の汚れ、経年劣化(15~25 年で 20% 程減少する)などによる太陽電池出力の補正係数のことで、通常 0.85 という値を使う。

これらの値より、一日あたりの平均発電量は
 $490\text{mW} \times 3.3 \text{ 時間} \times 0.85 = 1.37\text{Wh/日}$
 となる。また、一ヶ月あたりの平均発電量は
 $1.37\text{Wh/日} \times 30 \text{ 日} = 41.2\text{Wh/月}$
 となる。

ここで、バッテリー充放電損失補正係数(充放電にともなう係数)は通常 0.95 を使うため、太陽電池 L 型で発電した電気量を充電した場合、1 日の発電量は、
 $1.37\text{Wh/日} \times 0.95 = 1.31\text{Wh/日}$
 となる(単位面積当たりでは、32.75mWh/cm² となる)。

これは、PIC(平均動作電圧: 3V, 平均消費電流: 40 μA)を制御機として稼働させた場合、約 454 日連続稼働できる発電量であり、また微弱電波送信機(平均動作電圧 3V, 平均消費電流 10mA)を使用した場合には、43 時間連続稼働可能である。

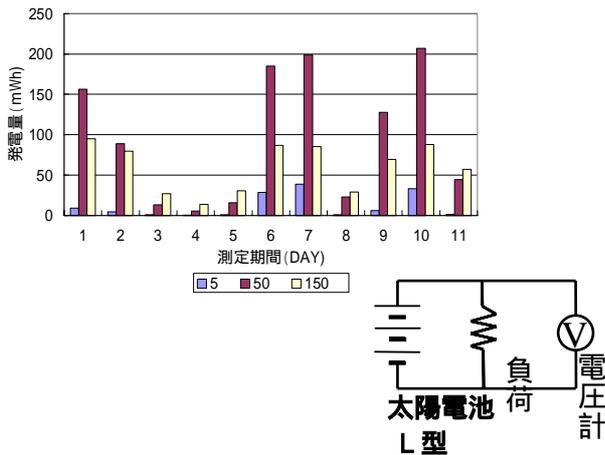
算出された 1.31Wh は年間を通した平均であり、季節や天候によって大きなばらつきがあるが、PIC や送信機の稼働には十分であることが分かった。

2.2.4. 屋内のケース

直射日光が当たらない屋内では、屋外で使用した計算方法が利用できないので、屋外の場合の計算に用いた太陽電池 L 型を用いて、発電能力の実測を行った。

測定実験は、図 6 の回路図のように太陽電池 L 型に 5、50、150 の 3 種類の負荷をつなぎ、負荷の両端電圧を測定した。測定場所は西向きの窓際で、測定期間は 11 日間とした。測定月は 12 月である。

測定結果を図 6 の棒グラフに示す。なお、横軸の 1



目盛は 1 日で、目盛の始まりは深夜 0 時である。

図 6 回路図と測定結果

この測定実験から、各日の天候により各消費電力が大きく変化し、またその負荷により異なることが分かった。特に負荷を 50 にした場合の消費電力の最大値と最小値では約 35 倍の開きがあった。

また、3 種類の負荷の中で消費電力が最大になったのは 50 の場合で、11 日間の平均消費電力が 96.9mWh と得られたが、PIC(平均動作電圧: 3V, 平均消費電流: 40 μ A)を約 336 日連続稼働でき、微弱電波送信機(平均動作電圧 3V, 平均消費電流 10mA)を約 3 時間連続稼働できる値である。単位面積当たりの平均消費電力は 2.4mWh であり、屋内においても太陽電池は環境情報発信端末の発電源として利用できる可能性があることが示せた。ただ、屋内環境は、窓際や直射日光の当たらない玄関など、場所によって光強度にばらつきが大きいと予想されるので、さらなる検討が必要とされる。

最後に負荷の値により消費電力に大きな相違がみられたが、太陽電池自体の内部抵抗が光強度によって変化をするためにそれに応じて最適な負荷抵抗値も変化するのであると考えられる。システム設計の際には使用する太陽電池パネルによって出力が最適になるような負荷抵抗値を選定する必要があると考察される。

2.2.5. 環境情報発信端末への適用

前節で、太陽電池の利用可能性を示すことができたが、環境情報発信端末のような超小型の端末では、むしろソーラーパネルの部分の面積も極小なため、その制約においてはたして実用に耐えうるのかを調べた。

地表面には 1cm^2 当たり 100mW のエネルギーが降り注がれていると仮定すると、太陽電池の発電効率を 10% とみなし (結晶シリコンの場合)、 1cm^2 当たり約 10mW の発電量と見積もるのが一般的である^[4]。

よって充電電圧である太陽電池の出力電圧を 4.0V とすると、 1cm^2 当たり $10/4.0 = 2.5\text{mA}$ の出力電流が得られることが分かる。これは回路が動作するのに十分な電流なので、実用に耐えうるということが分かった。

2.2.6. 屋内設置箇所による照度の差異

屋内の場合、直射日光が当たる・当たらないの違いや住宅環境により照度の大きさが様々に異なる。そこで、照度をパラメータとして評価することにし、測定実験を行った。

実験は、室内の各場所に照度計を設置し、測定を行った。測定月は 10 月である。測定結果を図 8 にまとめた。なお、照度は 1 日当たりの平均値である。この値は、環境によって大きく変化すると思われるが、大体のオーダーを把握するのに利用できると思われる。

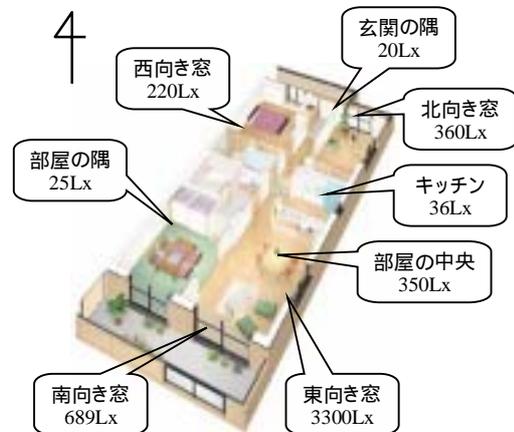


図 8 室内における平均照度

この測定実験により、同じ室内でも照度が 3 桁も違うことが分かった。そこで、室内環境の照度は場所、方角、周囲の環境によって大きく影響を受けるので、端末の設置場所をおおよその照度で分類した。

- 部屋の内部の場合(玄関などの暗部) : 20Lx
- 窓際付近の太陽光が差し込む場所 : 200x
- オフィス内など、蛍光灯が明るい場所 : 500Lx
- 自然界など屋外 : 2000Lx 以上

ここで、照度と発生電力の関係は、環境情報発信端末のソーラーパネル (約 6cm^2) の場合図 9 のように

なるので、発生する電力は次のようになる。

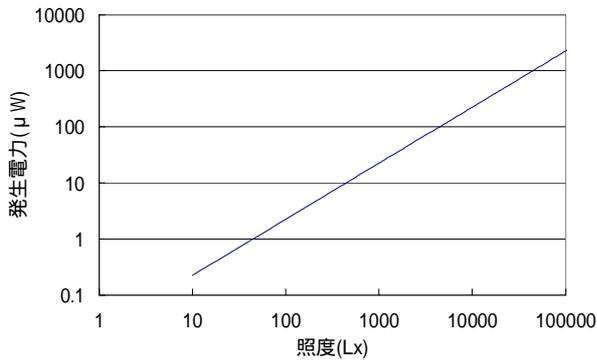


図9 照度と発生電力の関係
(ソーラーパネル 1cm² 当たりの値)

20Lx	0.45 μW
200Lx	4.5 μW
500Lx	11.25 μW
2000Lx 以上	45 μW 以上

よって の環境においては、出力 3.0V の場合 1cm² 当たり 1.5 μA しか電流を供給することができず、パネル面積もそれほど大きく取れないので、平均消費電流が 40 μA である PIC のみでさえ正常に動作させるのが難しいレベルである。また、 の環境では、現状の端末ではほぼ使用不可能である。

しかし、少なくとも の環境で使用することができなければ、環境情報発信端末が現実的に使用可能であると言いき難い。そこで、本研究では端末での消費電流を少しでも低減することを検討した。次節ではその有効な方法である「2 段スリープ法」について述べる。

2.3. 2 段スリープ法

環境情報発信端末は電源系、センサ系、伝達系を管理、制御するコントロールを PIC のみで行っている。具体的には、PIC が端末全体の電源管理、センサ系の電源管理、センシングデータの処理、通信データの作成、伝達系の電源管理、故障診断などを行っている。これにより、スペースの確保と余計な電力消費が低減されている。

PIC には SLEEP 命令という制御命令が用意されており、このコマンドを実行するとパワーダウンモードとなり無駄な電源の消費を抑えることができる。この機能は PIC をバッテリーで動作させる場合や、間欠的な動作で良い場合などに、バッテリーの消耗を抑えるのに有効である。スリープ状態の時にはシステムクロックの発振を強制的に停止させるので、PIC の命令実行は停止し消費電力を極端に少なくすることができる。

そこで環境情報発信端末においては、多周期動作を進展させ、消費電力の大きい測定機及び送信機が稼働

する必要のない時は制御系により電力供給を停止し、さらに、制御系自身をスリープ状態にした。ちなみに送信機には、高速で短時間に送信を行うことのできるものを採用し、できるだけ電力供給を停止させる時間が長くなるようにしている。これにより、測定機と送信機の数十～数百 μA オーダーの待機電流をカットし、さらに PIC のスリープ時に電流を数 μA にまで低下させることで、大幅な消費電力の低減が実現できた。

端末が、測定対象ごとに最適動作頻度によって稼働する状態を 1 段目スリープ状態、PIC そして端末全体がスリープ状態になり低消費電力となることを 2 段目スリープ状態と呼び、この方法を「2 段スリープ法」と名づけた(図 10 参照)。この 2 段スリープ法により削減できる電力はスリープの間隔によるが、環境情報端末の場合およそ 1/30 以上の端末の平均消費電力削減が行えている。

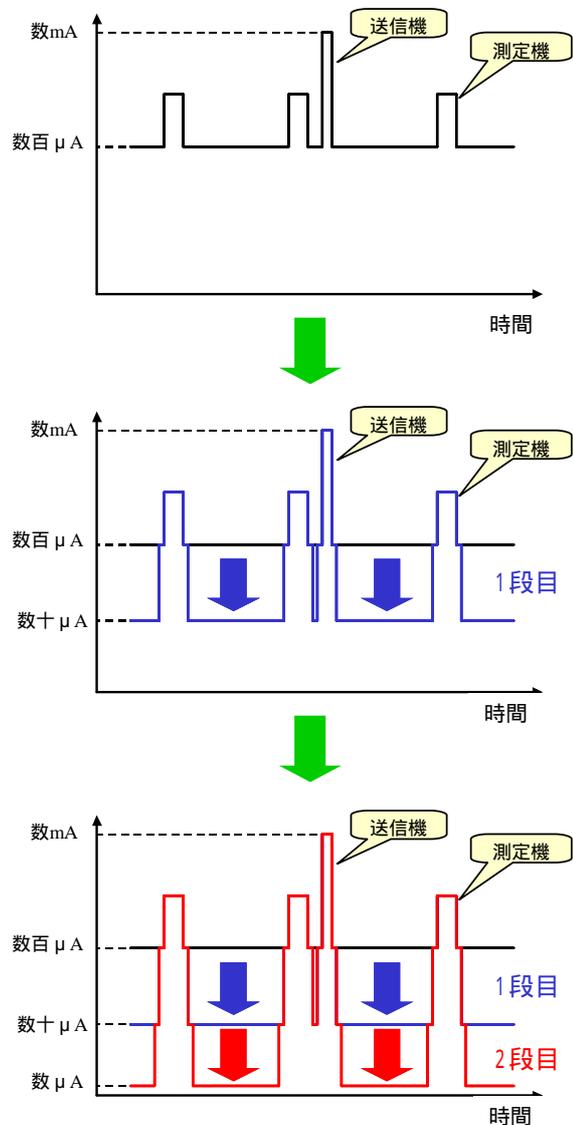


図 10 2 段スリープ法

3. 環境情報ネットワークの利用例

本章では 環境情報ネットワークの利用例について、その特徴もふまえて以下に列挙する。

3.1. 室内環境のセンシング

人の生活と密接な居住空間では、多くの情報が発信されている。温度、湿度、照度、騒音などは人の快適度に大きな影響を与え、窓・ドアの開閉センサや火災警報機は安全な暮らしに不可欠である。これらの一部は情報家電やホームセキュリティーに取り込まれている段階ではあるが、導入のためのコストが高いことや、住宅改築をする必要があったりすることなど、設置の容易さにかける。また、家具や机、ガスコンロなどのような電気系統が内蔵されていない製品の状態も管理したいという要望がある。そこで、どんな個所にも設置が容易で、情報を取り込み送信できる環境情報発信端末が役に立つことが分かる。例として、以下の3つのような用途が想定される。

例1. 火災警報機

数10年に一度起こるかどうかわからない火災を常に監視し、ことが起これば、確実に信号を発信する冬眠チップ的な性格を持つ必要がある。また、稼動状態をチェックするための動作確認信号は定期的を送信される。また、傾斜センサを利用して、ストーブなどの転倒信号の発信などにも使うことができる。

特徴としては、「多数配置」「常に監視が必要」「電源系・通信系に高信頼性が必要」という点が挙げられる。

例2. ドア・窓の開閉センサ

外出時に戸締り確認のため、全ての窓やドアの状況チェックが行え、また、会社や工場などでは、人の出入りの検出などにも利用できる。

特徴としては、「通常は待機状態で、ドアが開閉するたびに状態を送信する」「全てのドアや窓の状態が確認できる表示機の設置」という点が挙げられる。

例3. 環境センサ

リビングのテーブルなどに置くだけで、温度、湿度などの情報を収集し、壁などにかけた表示機で各部屋の状況が確認できる。利用法としては、室温の位置によるばらつきを無くす空調機や、温度がある閾値を超えたら警報信号を送るような警報機としての利用が想定される。

特徴としては「用途に合わせた拡張センサが取り付け可能」「センシングは定期的で、通信頻度は用途に合わせて調節される」という点が挙げられる。

3.2. 自然環境の測定

遠隔地の自然環境データ(温度・照度・湿度・傾斜・近接・圧力・音・気圧など)を無人で自動測定し、インターネットを介して知ることができる。また、温度などにおいてある閾値を超えたら緊急信号の発信などを行う警報機としての役割にも利用できる。例えば、水田の水温や照度、雨量などを計測する「農業用監視システム」や、山岳溪流地域の降雨状況をセンサによって集中監視し、山崩れの緊急情報をすみやかに伝達する「山崩れ発生予知システム」⁵⁾などが考えられる。

特徴としては、「広範囲多数配置」「センシング頻度はデータの対象に依存」「データ量が多い」「通信距離が長い」という点が挙げられる。

3.3. 人環境センサ

我々自身も心拍数や脈拍などの生体情報から、今いる位置などの多くの情報を発信している。そして、その逆に、周りの温度や湿度などの環境状態から大きな影響を受けている。環境情報発信端末は、人の衣服に取り付け、ドアの前に立つとドアが開くような人の認証に利用できたり、赤ちゃんの側に取り付け、赤ちゃんの快適さをはかったりすることにも応用ができる。

例としては、生体情報の発信、人の周囲環境の状態測定、人の認証システムなどが挙げられる。

3.4. 個人の趣味に活用

釣りが趣味な人には川の水温が、パラグライダーが趣味な人には現地の風速が、また、犬を飼っている人には犬小屋の状態など、個人によって収集したい情報は様々である。環境情報発信端末を測定対象に置くだけで、自宅などでデータの確認が出来るシステムこそ、ニーズが多いと想定される。特徴としては、「設置が容易」「低コスト」「用途に合わせた拡張センサが取り付け可能」が挙げられる。

4. 環境情報の情報量の評価

本章では、環境情報発信端末を用いる上で重要な要素となる情報量の評価について考察する。

4.1. 情報量の定義

2章で述べたように、環境情報ネットワークでは、多様な情報が広範囲な地域から膨大な数発信され、その情報サイズは1バイトから数メガバイトに及び、発信頻度も数10年に1回から連続発信まで広がり、発信源も広く薄く分布することになる。また、ある環境空間を限定したとしても、部屋というエリアに注目すれば、窓の開閉状態情報、温度情報、湿度情報、蛍光灯の点灯状態情報など多数の情報源がある。しかも取

得する人によって必要な情報内容や精度は違ってくるため、それに伴い取得情報量も異なってくる。そこで、無限に存在する情報の中から利用者にとって必要な単位時間当たりの情報量を以下の式で定義し数値化した。

$$\text{情報量 (bit/s)} = \frac{\text{一回の送信データ量} \times \text{情報発生個所数} \times \text{データ送信反復回数}}{\text{データ送信間隔}}$$

例えば家のリビングルームの窓から生じる情報量を求める。一回の送信データ量を仮に同期信号、送信 ID、センサ ID、センサデータそれぞれ 8bit とすると全部で 32bit となり、情報発生個所の窓が 3 つ、データ送信反復回数を 3 回、データ送信間隔を 1 分とすると、この場合の窓の情報量は $32\text{bit} \times 3 \times 3 / 60\text{s} = 4.8\text{bit/s}$ となる。この情報量によって情報発生源を定量的に扱うことができる。さらに端末から供給できる情報量が定義できれば、利用者が環境空間に設置する環境情報発信端末の個数も決定できる。

そこで、環境空間から取得する情報量と端末から発信できる情報量の関係について検討した。

4.2. 情報量による端末設置個数の検討

例として、図 11 の家庭内のリビングルームから生じる情報量について述べる。リビングルームから生じる情報とその情報量について図 11 と表 3 に記載した。

この表 3 より、リビングルーム全体から発生する情報量は 4.05(bit/s)となった。

次に、環境情報発信端末の情報量発信能力について検討を行う。電力供給側の出力電流と、消費側の消費電流をまとめたものが表 4 である。ただし、供給側と消費側の電圧は 3.0V とする。

また、情報量供給能力は次式で定義する。

情報量供給能力 (bit/s)

$$\{ \text{出力電力} - (\text{センサ部消費電流} + \text{PIC スリープ時消費電流}) \} \div 1 \text{ bit 送信するための消費電流}$$



図 11 家庭内のリビングルームから生じる情報

	1 回のデータ量 (bit)	情報発生個所	データ送信反復回数	送信間隔	情報量 (bit/s)
窓開閉情報	25	2	3	1 分	2.4
部屋の温度情報	32	3	3	10 分	0.46
部屋の湿度情報	32	3	3	10 分	0.46
植木部分の照度情報	32	1	3	10 分	0.18
警報情報	32	5	3	1 時間	0.132
電灯点灯状態	32	1	3	10 分	0.14
テレビの稼働状態情報	32	1	3	10 分	0.14
ホットカーペットの稼働情報	32	1	3	10 分	0.14
合計					4.05

表 3 リビングルームから生じる情報量

出力電流	消費電流			
環境情報発信端末	PIC稼働時	PICスリープ時	センサ類 (センシング時間 1/300s)	送信機 9600bps
9 μ A	40 μ A	1.5 μ A	100 μ A	7mA

表 4 出力電流と消費電流 (電圧 3.0V 時)

1.2.5 節の (照度 200Lx) においては、出力 3.0V の場合 1.5 μ A (1cm² 当たり) の電流を供給することができる。そこで、端末のソーラーセルの大きさを 6.0cm² として 1.2.5 節の に設置する場合についての検討を行う。

消費電流のうちセンサ部消費電流とスリープ時の消費電流の和は、計算を簡便化するため 3.5 μ A と余裕を持たせて計算することとする。また、1 bit 送信するための消費電力は $7\text{mA} \times 1/9600(\text{s}) = 0.73 \mu\text{A}$ なので、表 3 と情報量供給能力の式より、

$$(9 \mu\text{A} - 3.5 \mu\text{A}) \div 0.73 \mu\text{A} = 7.5 \text{ (bit/s)}$$

よって のような室内明部における環境情報発信端末の情報量発信能力は 7.5bit/s と求められた。

リビングルーム全体から発生する情報量は 4.05(bit/s)であるので、一つの端末でこの部屋全体の情報が取得できることになる。正確には情報発生源が複数箇所あるために、一つの端末だけでデータ取得することはできないが、情報量の定義式を利用すれば、余裕のある端末には一つの情報だけでなく複数の情報も取得させるといった判断もできる。

以上から環境空間から発生する情報量に対し環境情報発信端末の発信できる情報量は余裕があることが分かった。従って家庭環境やさらに光量を取得できる工場やオフィスビル内において環境情報発信端末は適用可能と言える。

5. 結論と今後の課題

本研究では、環境情報ネットワークの構築に着目し、環境情報発信端末の作成を行った。また、実際に配置した場合の実現性の評価を検討し、環境情報ネットワークの端末モデルの一例を示すことができた。

今後の課題としては、「センシング情報を短期的に活用する場合」「センシング情報を蓄積して長期的に活用する場合」によって、以下のような点が挙げられる。

5.1. センシング情報を短期的に活用する場合

共通インターフェースの提案

異なる分野間の情報交流、頻度や情報サイズの大きく異なるシステム間での情報交流が環境情報ネットワークのメリット実現の大きな鍵を握る。この実現の為には、ネットワーク内での情報交換収集、編集等の低いレイヤでの共通インターフェースを制定する必要がある。

他の情報端末と組み合わせたユーザサービス設定ミドルウェアの開発

環境情報発信端末から得られたセンシング情報を、他のネットワーク端末（携帯電話・PC・RFIDタグ・情報家電）と組み合わせることで、ユーザフレキシブルなサービスが提供可能である。サービスの展開されるパターン例としては、センシング情報を受け取ったサーバがサービスの起動を判断し、サービスが起動された場合ユーザの持つ携帯電話またはPCに通知がされたり、情報家電が自動的に操作されたりすることが想定される。このようなサービスは数え切れないほど考えるため、ユーザは自分の周りの環境に必要なサービスを選択・設定することになるが、「」に設置されているセンサが という値を超えたら というサービスを起動させる」といった設定をユーザが行うことは大変面倒であり、現実的に不可能に近いほどの膨大な設定が必要な場合もありうる。そこで、ユーザによるサービス設定を補助していくようなミドルウェアの開発が必要であると思われる。このミドルウェアにおいて必要な要件は、

- ・あらかじめユーザが必要とするようなサービスモデルを保持しておき、それをユーザが検索・選択して自在にカスタマイズして用いられるようにすること

- ・環境による差異を吸収できるよう、センサが反応する閾値を自動的に調整できること
- ・他のネットワーク端末とのインターフェースを規格化し、様々なネットワーク端末と情報のやり取りが可能であるようにしておくことである。

5.2. センシング情報を蓄積して長期的に活用する場合

環境情報ネットワークメモリの実現

環境情報の蓄積のために、極大容量で安価なメモリの実現とネットワーク内の最適配置を実現する必要がある。将来にわたって環境情報ネットワーク内を駆け巡る多くの情報は、従来の相互通信ではなく、情報源の発信する情報を利用者が必要に応じて収集編集して利用することになる。発信側と受け手の間のタイムラグを埋めるために、そして多様で膨大な情報蓄積のために、階層構造をもつネットワークメモリが必須となる。

環境情報選別編集機能の実現

情報源から発信される環境情報は収集目的が明確であるものより、発信時点では無目的な生情報が圧倒的な比率を占めることになる。恣意的な価値観を入れずに、後年の新たな情報要求に応えることのできる効率的で体系的なデータベース構築のために、新しい考え方に基づく情報のフィルタリングと分類編集機能の実現が必須となる。

今回開発した環境情報発信端末はパッケージ化によって具体化の一端を示しただけであり、用途によってはプログラムの改良や形状の変更が必要であろう。しかし、こういった形が標準形として存在しうるのであるかを定義するのは大変困難である。加えて以上のように、さらに解決すべき課題が山積しているため、一つ一つの課題に取り組みながら、環境情報ネットワークの全体像をさらに現実的なものに進展させていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 小林 郁太郎, “テラビット通信技術の幕開け”, NTT R&D, 48[1]21-26(1999)
- [2] 桑野 幸徳, “太陽電池を使いこなす”, 講談社
- [3] 浜川 圭弘, 桑野 幸徳, “太陽エネルギー工学”, 培風館
- [4] 山本 重雄, “ソーラー電池のはなし”, 日刊工業新聞社
- [5] 越智 元郎, “災害救急医療と通信ネットワーク”, 日臨麻会誌 20: 83-90, 200