

# ZigBee センサネットワークを利用した 家庭用電源管理智能化空間の構築

福井類, 森下広, 後迫弘明, 森武俊, 佐藤知正 (東京大学)

## Development of Home-use Intelligent Power Management Environment Utilizing ZigBee Sensor Network

Rui FUKUI, Hiroshi MORISHITA, Hiroaki USHIROSAKO, Taketoshi MORI, Tomomasa SATO.

The University of Tokyo

**Abstract**— This paper describes development of a home-use power management system which utilizes ZigBee wireless network. The system aims to actualize energy save, safety in emergency situations and relaxation in our living space. The system has 3 features. (1) ZigBee technology can reduce install and configuration cost. (2) Conductive human detection sensor can acquire detail position and motion of human comparing to current pyroelectric sensor. (3) General outlet shape relay module can utilize current home-use electric equipments as a module of intelligent environment. Basic experiments confirmed the robustness of human detection capability and wireless electric power control.

### 1. 緒論

昨今、省エネルギーや快適性向上を目的とし、住居環境中に人の行動を計測するセンサを設置し、人の行動に応じた電化製品、空調の制御を実現するインフラの開発が盛んである。量販されている装置では焦電センサ、リレー、タイマーを組み合わせて、既設の照明の自動点灯、消灯などを実現している。しかし現状のインフラには (1) センサの設置条件 (外光、配線)、(2) センサとリレーの物理的な距離制限、(3) リレーが内蔵された設備のパリエーションの不足、(4) センサの反応とリレーの動作との関係が単純など、改良の余地が多く残っていると云える。

そこで我々は Fig.1 のようなシステムを提案する。このシステムは次の 4 つの特徴を有する。

1. 人の接触 (存在) を直接計測する静電容量センサを採用することにより、環境に依存しない人の動作計測を可能とする。また、取っ手の把持や着席など細かい人間の動作が計測可能な分散センサとして実現する。
2. センサデータの伝送に Zigbee ネットワークを用いることにより、物理的な距離制限を低減させると共に、コスト及び設備の面で導入障壁を低下させる。

3. 汎用コンセント型リレーモジュールを用意することにより、既存の家電の電源を操作可能とする。
4. PC や家庭用ゲーム機等の既存の計算機インフラを制御に利用することにより、センサの反応とリレーの反応をユーザが任意に設定可能とする。

本システム実現のためには、簡素な部品で構成される人位置検出センサの実現とコンセント型汎用リレーモジュール (Fig.1 中の太枠の 2 つ) の開発が必須要件である。そこで、本論文では上記の二つのコア技術に関する試作を行った。

### 2. 分散型人位置検出モジュール

本節ではまず人位置を検出する他のセンサと静電容量式のセンサとの簡単な比較を行い、その優位性及び課題を整理する。続いて静電容量変化の計測方法について検討し、最後に実装した静電容量センサの構成及び基本性能を示す。

#### 2.1 人位置を検出するセンサ

これまで人位置を検出するため多くの研究が行われてきた。取得する情報で分類すると可視・赤外画像、レーザー測距、圧力、振動、音、静電容量などと多様である。

我々の研究室では床圧力センサに注目し、人の移動による直接的な物理量を計測するロバストな計測手法として研究を重ねてきたが [1]、その導入・保守費用を考えると実際の応用には課題が多い。また画像や LRF の場合、機器の設置状況によりオクルージョンが発生するのが家庭環境での常であり、また振動、音も反射などの影響によりロバストに計測するのは困難である。

一方で静電容量センサの場合、床圧力センサと同様に環境中に分散配置することが可能であり、人の移動による物理量変化を直接的に取得可能な上、センサ構造が簡素に出来るという特徴がある。そのため、ロボットと人との接触を認識するために静電容量センサを用いた事例が複数見られる。[2] しかし、ロボットに少数実装するセンサと部屋中に散在させるセンサでは求められるコストのオーダが異なり、より簡便な静電容量センサが求められる。

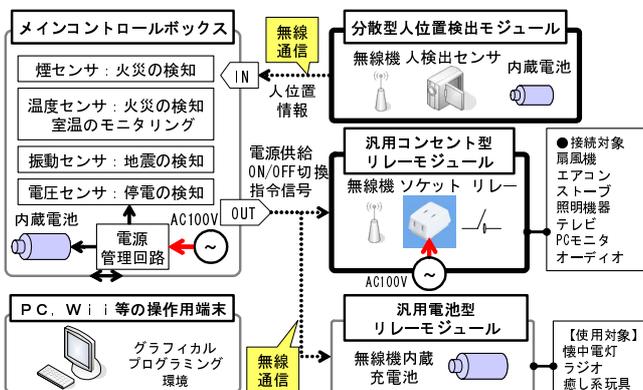


Fig.1 Intelligent Power Management Environment

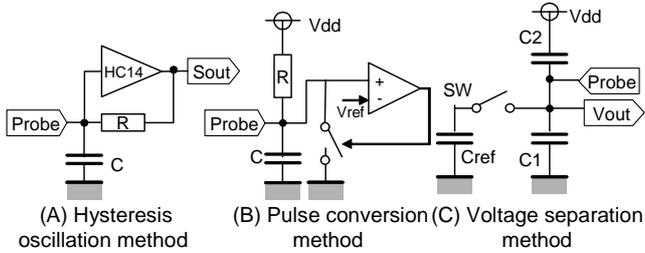


Fig.2 Methods for measuring capacitor

## 2.2 静電容量変化の計測方法

まず静電容量変化の計測方法候補を Fig.2 に示す [3]。これら以外にシャント式などがあるが、特許の制限があり専用 IC の購入が必要となるため検討対象から除外した。

(方法 A) CR 発振の周波数を計測する方法

Fig.2(A) に示すようにインバータ IC を用いて CR 共振を発生させ、その周波数を計測する方法。非常に簡単な方法であるが、静電容量変化が小さい場合、ノイズによる影響を受けやすい。また精密に周波数を計測するためにマイコン側でのセンサ処理に工夫が必要となる。

(方法 B) 静電容量をパルス発振に変換する方法

Fig.2(B) に示すようにスイッチングによりキャパシタの充放電を行う回路により、静電容量に応じたパルスを出力し、その幅を計測する方法。安価な IC 群で構成可能であり、パルス幅をカウント可能であれば汎用マイコンで簡単に実装可能。ただし方法 A 同様に精密な容量変化を読み取ることは出来ない。

(方法 C) 直列コンデンサの分圧を計測する方法

星らがセルブリッジネットワークの人工皮膚の静電容量変化を計測するのに用いた方法 [2]。Fig.2(C) のような回路を形成し SW がオン、オフのときの電圧から連立方程式を解くことにより静電容量を求める方法。比較的簡単に容量を計測可能だが、高速な AD 変換が必要となるため高機能な IC, LSI が必要となる。

本研究では部品が安価なこと、そして実装が容易であることから方法 B を採用した。

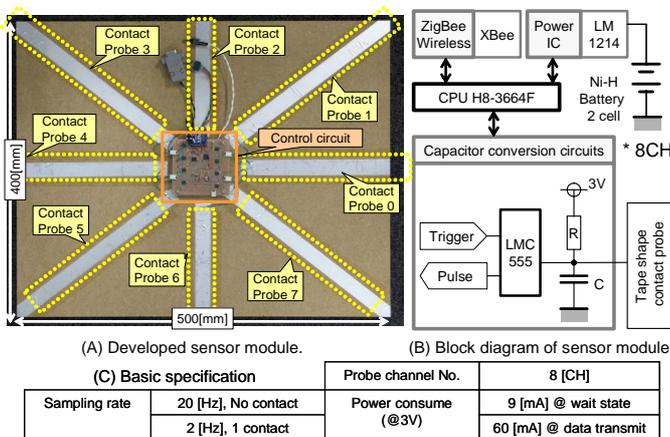


Fig.3 Developed sensor module

## 2.3 センサモジュールの実装

本研究により実装したセンサモジュールを Fig.3 に示す。人の接触を検知するプローブとしてアルミテープ及び透明導電性テープ (東洋紡績株式会社 ITO フィルム) を用いた。透明導電性テープは高価であるが、貼り付け面への美観上の影響が少なく出来るのが特長である。本センサモジュールを用いて人の接触検知を試験した結果を Fig.4 に示す。これにより静電容量の変化をパルスに変換して人の接触 (位置) を検出する手法の有効性が確認された。

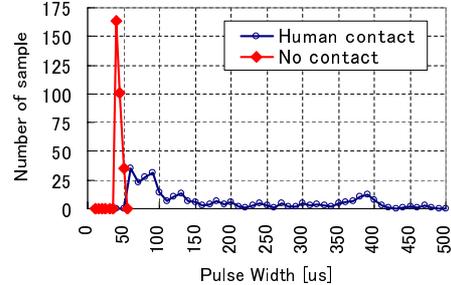


Fig.4 Human contact detection experiment

## 3. コンセント型電源管理モジュール

Fig.5 に試作したモジュールの概観及び機能ブロック図を示す。モジュールに出力 75[W] の照明および 280[W] の電気炊飯器を接続し、Zigbee ネットワーク経由の ON, OFF を行い、通信接続を損なわず制御可能なことを確認した。

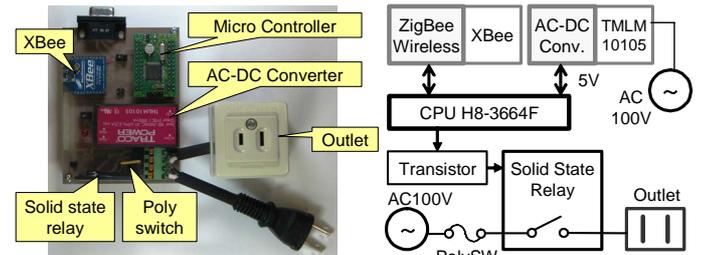


Fig.5 General outlet shape relay module

## 4. 結論

ZigBee ネットワークを活用した居住空間中で電源の管理が可能システムの実現を目指し、静電容量型の人位置計測センサ及び汎用コンセント型リレーモジュールを開発した。試験により両モジュールの基本性能を確認した。

## 謝辞

本研究を進めるにあたって東洋紡績株式会社の沼田幸裕様には透明導電性フィルムのサンプルをご提供頂きました。この場において感謝の意を述べさせていただきます。

[1] Hiroshi MORISHITA, Rui FUKUI, and Tomomasa SATO. High resolution pressure sensor distributed floor for future human-robot symbiosis environments. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1246–1251, October 2002.

[2] 星貴之, 興かがり, 篠田裕之. セルブリッジネットワークによる人工皮膚. 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp. 2P2–B07, 早稲田, May 2006.

[3] 桑野雅彦. タッチ・パネル&タッチ・センサの実際. *トランジスタ技術*, pp. 163–172, February 2008.