

## 位置に基づく個別情報支援のための ID出力無電源小型情報端末ID-CoBIT

中村 嘉志<sup>†</sup> 西村 拓一<sup>†</sup> 伊藤日出男<sup>†,‡</sup> 中島 秀之<sup>†,‡</sup>

<sup>†</sup> 産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター

<sup>‡</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

E-mail: nmura@carc.aist.go.jp, taku@ni.aist.go.jp,  
hideo.itoh@aist.go.jp, h.nakashima@aist.go.jp

あらまし 我々は、位置に基づいて利用者を支援する CoBIT(Compact Battery-less Information Terminal) システムの研究開発を行っている。CoBIT は、環境やユーザが提供するエネルギーのみで駆動し、環境側の装置およびユーザとの情報の送受信が可能な無電源小型情報端末である。しかし、現状の CoBIT には、数  $m$  の到達距離を持つ端末 ID の発信器が装着されていないため、ユーザの個別情報支援が困難であるという問題がある。そこで、本稿では、CoBIT の無電源性を損なわずに ID 情報を数  $m$  遠方まで発信することのできる ID-CoBIT を新たに提案する。また、赤外線ビーコンを装着した ID-CoBIT を用いたプロトタイプシステムを実装し、ID-CoBIT の実現性と有効性について述べる。

キーワード 情報支援, 情報端末, 位置依存, 赤外線ビーコン

## An ID Output Type Terminal: ID-CoBIT for Location Based Personal Information Support

Yoshiyuki NAKAMURA<sup>†</sup>, Takuichi NISHIMURA<sup>†</sup>, Hideo ITOH<sup>†,‡</sup>, and Hideyuki  
NAKASHIMA<sup>†,‡</sup>

<sup>†</sup> Cyber Assist Research Center,

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

<sup>‡</sup> School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

E-mail: nmura@carc.aist.go.jp, taku@ni.aist.go.jp,  
hideo.itoh@aist.go.jp, h.nakashima@aist.go.jp

**Abstract** We have been developing CoBIT(Compact Battery-less Information Terminal) system that can provide information support to users based on their locations. CoBIT can operate without battery because it utilizes the energy from the information carrier and the user. However, CoBIT is hard to provide personal information support because of lack of the functionality which transmits terminal ID from distance of several meters. In this paper, we propose ID-CoBIT, which can transmit their terminal ID from distance of several meters away. We also describe feasibility and availability of ID-CoBIT and its prototype system.

**Key words** Information Support, Information Terminal, Location-based, Infrared Beacon

## 1 はじめに

都市において人間中心の情報処理社会を確立するには、デジタル情報を実世界に対応させることが重要である [1]。その中でも、情報のタグ付けによってユーザや物体の位置とIDを検出する手法は、正確さと簡便さの特長を持ち、安価に実現できる手法としてウェアラブルコンピュータやユビキタスコンピューティング [2] の分野への応用研究がなされている [3]~[7]。我々も情報支援システムへの情報のタグ付けの応用によるユーザ支援の研究を進めている。

我々は、既にな電源小型情報端末 CoBIT [8] および、CoBIT 端末を用いた情報支援システムを提案してきた [9]。また、複数台のカメラを用いた端末の位置と方向を推定する研究も行っている [10]。しかし、現状の CoBIT システムには、数  $m$  の到達距離を持つ端末 ID の発信器が装着されていないため、ユーザの個別情報支援が困難である。RFID タグを装備した CardBIT [11] を提案しているものの、ID を検出させるためには、ユーザは、環境中に設置したリーダ/ライタのアンテナ数  $cm$  の距離まで端末を意識的に近づける必要がある。ユーザにとって、より自然な状態で個人対応の情報支援を受けるためには、数  $m$  の到達距離を持つ ID 発信器が有用である。

そこで本稿では、CoBIT の無電源性を損なわずに端末の ID 情報を数  $m$  遠方まで発信することができる ID-CoBIT を新たに提案する。また、赤外線ビーコンを装着した ID-CoBIT のプロトタイプシステムを実装し、その実現性と有効性について述べる。

## 2 目 標

我々は、図 1 に示すような個別情報支援環境の構築を目指している。環境は、床が約  $5 \times 5m$  四方で、高さ約  $2.5m$  の直方体の空間である。天井には、位置検出のためのカメラと、情報源としてのパン・チルト機能付き CoBIT 光源が複数個設置されている。このような環境の中で、CoBIT の ID (ユーザ ID) と位置が解れば、

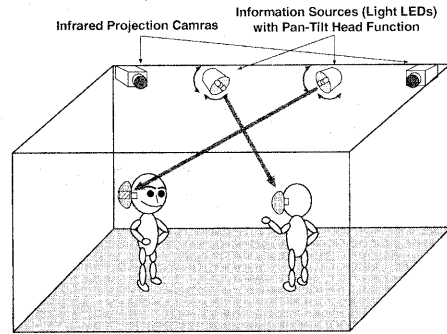


図 1 目標環境  
Fig. 1 Target environment.

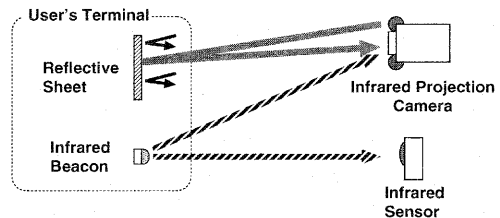


図 2 ユーザ端末：反射シートと赤外線ビーコンの役割

Fig. 2 Structure of user's terminal: reflective sheet and infrared beacon.

それに基づき、指向性を絞った CoBIT 光源をユーザに向けることにより個別情報支援が実現される。例えば、ユーザは、博物館のブースで言語や内容のレベルなどの個人の嗜好にあった展示物の説明を、同じブースの中に居ながら個別に聞くことができる。

環境構築にあたり、まずはできるだけ簡易な装置セットでのユーザ ID と位置検出に関して検討する。すなわち、赤外線センサー、単眼カメラを用いて、複数ユーザの ID とそれらのおよその位置を検出する手法について検討する。

## 3 赤外線ビーコンを用いたユーザの位置と ID 検出

### 3.1 基本技術

本手法は、カメラで反射シートを撮像した結果検出された位置に、カメラとは別のセンサーで検出した赤外線ビーコンの ID を対応付ける技術に基づいている。カメラと赤外線センサーは環境中に固定されている。ユーザ端

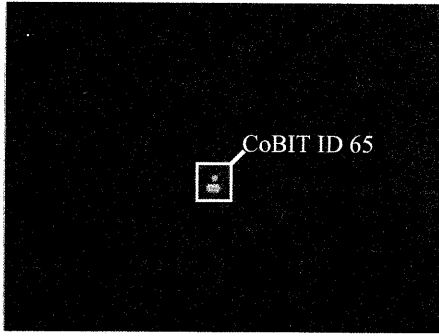


図 3 ID の対応付けの例 (イメージ) : 上の丸い輝点がビーコン, 下の四角の輝点が反射シート。

Fig. 3 Example of ID mapping: the upper bright spot is the beacon, the lower one is the reflective sheet.

末の表面には, 図 2 に示すように赤外線ビーコンと反射シートが取り付けられている。反射シートはユーザの位置を常に表しており, 赤外線ビーコンがユーザの ID を時おり発信している。これらをカメラと赤外線センサーを用いて感知させ, ユーザ位置と ID を対応付ける。

ビーコンから発せられた赤外光は, 図のように, 別々の経路を経て二つの異なるセンサー(赤外線センサーおよび赤外線カメラ)に到達する。赤外線センサーでは, ID を復調してビット列を取り出す。一方, 赤外線カメラでは, ビーコンを撮像して輝点として捕らえ, フレーム座標からカメラ相対の位置を検出する。また, ビーコンの ID 出力が間隔をおいて繰り返されているので, 輝点の変化からその出力タイミングを知ることができる。すなわち, 赤外線センサーの出力とカメラ画像を同期させることができる。

反射シートの赤外光は, 赤外線カメラ自身に再帰反射する。反射シートは, 光の入射方向に多くの光を返す小型のコーナーキューブをシート状に複数配置したもので構成されている。カメラの近傍には赤外光を投光する光源を配置しておき, 可視光カットフィルタを通して上記の反射シートを撮像することで反射シートのみを輝点として容易に検出できる。この反射シートの輝点はビーコンと異なりロ

ストしにくいので, ユーザの位置を常に追跡しておくことができる。反射シートの近傍にビーコンの輝点が現われれば赤外線センサーで得られた ID を反射シートに対応付けることができる (図 3)。これにより, ユーザの位置と ID を検出する。

このように, 本手法は, ID 検出を赤外線センサーを用いた時系列処理し, 位置検出をカメラを用いた画像で処理する。負荷分散がなされるため, カメラのみで両者を検出する手法に比べ低負荷で処理することができる。

### 3.2 カメラによるビーコンの撮像

赤外線ビーコンのキャリア周波数がカメラのフレーム周期に比べて十分に高く, かつ, ビーコンの一つのシーケンスがカメラのフレーム時間に比べて十分に長く光れば, カメラでビーコンを輝点として検出することができる。ビーコン周辺に存在するより大きな輝点が ID-CoBIT の反射シートである。この反射シートの輝点の大きさに基づいて, カメラと CoBIT 間のおよその距離を求めることができる。したがって, 撮像した画像にカメラレンズの歪み補正をかければ, およそのビーコンの位置を推定することができる。いま, カメラのフレーム周期を  $30Hz(30fps)$  とすると, フレーム時間は約 33 ミリ秒である。少なくともこの倍の 66 ミリ秒のシーケンス時間があれば, ビーコンを安定して撮像することができる。

### 3.3 ビーコンの検出と複数対応

ビーコンは, 自身の ID を PPM(Pulse Place Modulation) で変調し, それを  $38kHz$  の搬送波に載せて赤外光で時おり発信する。赤外線センサーは, 搬送波からパルスを取り出し, その時間的位置に基づいて復調し, ID であるビット列を取り出す。

ただし, 赤外線センサーは単受光素子であるため, 同時に一つのビーコンしか受信することができない。複数ビーコンが同時に発せられると衝突して波形が混ざり, 物理層である搬送波, もしくはその一つ上の変調方式の層でエラーとなり, 復調できない。したがって, 衝突によって誤った ID を検出してしまうこと

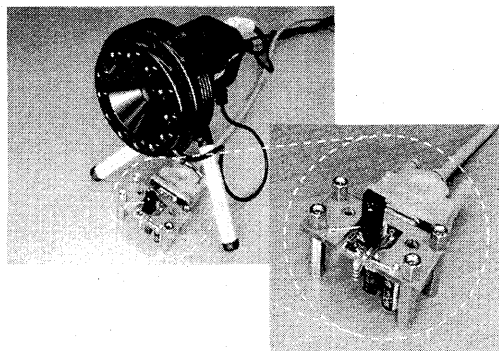


図4 赤外線投光型カメラ(上)と試作した赤外線センサー(下)

Fig.4 Infrared projection camera (upper) and infrared sensor (lower).

は無い。どのビーコンも正しく受信することができないが、しかし、衝突したことはセンサー側で検出することができる。

そこで、ビーコンのID出力タイミングがランダムであれば、ユーザ数に応じたある確率の下でIDを正しく検出することができると考えられる。簡単化のため、いま、二つのID-CoBITのビーコン出力が同期してしまい、衝突したとする。センサー側で衝突は検知できるため、誤ったIDを検出してしまうことはない。次のビーコン出力はランダムであるため、ビーコンのシーケンス時間に対してインターバル時間が十分に長ければ次回の送信も同期してしまう確率は極めて小さい。したがって、インターバル時間後にはそれぞれのIDを正しく検出することができる。IDが一度検出できれば、ID-CoBITに取り付けられた反射シートの輝点がロストしない限りシステムはそれを追跡できるので、その後の衝突は無視することができる。

## 4 実 装

赤外線センサーには、テレビやビデオなどの赤外線リモコン用受信モジュールを用いて試作した。赤外線リモコン方式は、テレビやビデオのみならず工業界で広く普及しているため受信モジュールを安価に入手することができる。また、構造が単純であるため、低電力

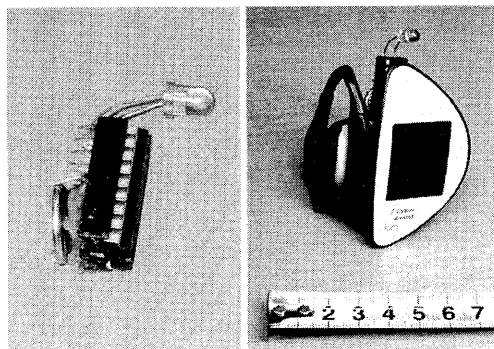


図5 試作した赤外線ビーコン(左)とID-CoBIT(右)

Fig.5 Infrared beacon (left) and ID-CoBIT (right).

で安定した受信性能が得られるのも特長である。図4に、試作した赤外線センサーを示す。センサーと計算機はRS-232Cを介して接続し、センサー側では搬送波の検知を、計算機側ではPPMの復調を行う。

赤外線ビーコンには、赤外線LEDと制御用にマイクロチップ社製のPIC16F628を用いて試作した。このPIC16F628がリモコン受信モジュールが反応できる38kHzの搬送波作り、さらにIDをPPM変調する役割を果たす。個々のIDは予めPIC内部の不揮発性メモリの中に静的に蓄えてある。消費電力は、LEDが65mW(1.3V, 50mA)、PICが2.1mW(電源電圧3V, 動作周波数4MHz時)[12]であるので、ビーコン全体では、最大67.1mW、最小2.1mW、平均約8.6mW(ビーコン発光時間0.1秒、間隔1秒のとき)である。図5に、赤外線ビーコンとそれを装備したID-CoBITを示す。

なお、今回は駆動用電源としてボタン型リチウム電池を使用した。今後は、CoBIT同様、環境から提供されるエネルギーのみによってビーコンも駆動できるように改良する予定である。

## 5 考 察

### 5.1 赤外線ビーコン

ID送信に赤外線ビーコンを用いるのは、赤外線リモコンと同様にして、数メートルの距

離からでも安定して ID を発信/検出できる点で有用である。ユーザは、ビーコンを発信する ID-CoBIT を装着して展示ブースに入るだけで、ID のことを意識することなく自然にこれをシステムに伝えることができる。その結果、個人情報支援を受けることができる。

RFID タグ [2], [4], [13] やバーコード [5] を利用すれば、電力を全く使用せずに端末の ID を発信することができる。RFID タグには情報を書き込むことのできる物もあるため、より高度な情報支援の実現が期待できる。一方、バーコードは、印刷などで容易に作成することができ、人間も観察することができる点で有効である。しかし、両者とも検出距離が短いという問題がある。無電源 RFID タグは、長波帯を使った場合でも 1m 程度と検出距離が短い<sup>(注1)</sup>。バーコードの場合も、また、カメラの解像度とコードの物理的大きさとに依存するものの、現実的な組合せで数  $m$  の検出距離を実現するのは困難である。

一方、数  $m$  という検出距離の実現には、超音波 [6] の使用も考えられる。超音波は光と同様に指向性があり、伝搬速度が遅いため、遅延を利用して ID だけでなく三次元位置も簡単な装置構成で検出することができる。しかし、ID-CoBIT は耳に装着する端末であるため、我々の用途では音波の使用は避けた方が良いと思われる。

## 5.2 検出装置

ビーコン ID の検出をカメラのみで行う研究として、シーンと ID を同時に取得可能な ID Cam [14] がある。これは、ビーコンが発する 4kHz の搬送波を 192×124 画素の全領域においてデコードできるように、高速 CMOS イメージセンサとそれを制御する専用のハードウェアにより構成される。ID に加えて、カメラとしてシーンも同時に撮像できる点は興味深い。しかし、特殊なイメージセンサを使用しているため、現状では入手困難である。一方、本稿で提案し試作したカメラと赤外線センサーのハ

イブリッド検出装置は、現状でも市販の赤外線カメラと数百円程度の赤外線センサで実現できるため、環境中に多数のセンサーを設置する必要のある情報支援システムへの応用に向いている。

本ハイブリッド検出装置は、複数のビーコンの出力が衝突してしまうと正しくその ID を検出できないという問題がある。衝突の発生確率は台数とビーコンのシーケンス時間、そしてビーコン出力間の平均インターバル時間によって変化する。したがって、本方式でできるだけ安定して ID を検出するためには、これらの適切なパラメータを決定する必要がある。本稿ではパラメータの決定を見送ったが、次節で述べるビーコンの無電池化での制約条件も考慮しながら、今後の課題として解決する予定である。

## 5.3 赤外線ビーコンの無電池化

今回、赤外線ビーコンの発信に電池を使用した。我々は、CoBIT の太陽電池出力の直流成分により ID を発信することを検討している。CoBIT は、強度変調された赤外線の音声信号を太陽電池で受け、そこで発電した電力でイヤホンを駆動することにより、端末側は無電源を実現している。この時利用しているのは交流成分がほとんどであり、太陽電池で同時に発生する直流成分は、そのほとんどを利用せずに捨ててしまっている。市販されている太陽電池は、サイズが 2×4cm でも 150mW (起電圧 0.5V, 起電流 300mA) 程度の電力を発生させることができる。実験から、CoBIT 光源から 2m 離れても約 50% の発電を確認しているため、70mW の電力をビーコン用に確保できるものと考えられる。一方、今回試作した赤外線ビーコンは、4 節で示したように、平均約 8.6mW (最大 67.1mW) であるため、二次電池などのキャパシタに電力を蓄えておけば無電池化が可能であると考えられる。

## 6 おわりに

本稿では、CoBIT の無電源性を損なわずに端末の ID 情報を数  $m$  遠方まで発信すること

(注1)：電池を内蔵したタイプの RFID タグには数  $m$  の検出距離を実現するものもある。

ができる ID-CoBIT を新たに提案し、赤外線ビーコンを装着した ID-CoBIT のプロトタイプシステムを実装し、その実現性と有効性について考察した。

環境システム側では、カメラによる位置検出結果と赤外線受光センサによる ID 検出結果のタイミングを考慮した対応付けを行うことで、ID-CoBIT の画像中の位置および ID を決定し個別情報支援を実現する。特に、環境側において位置検出と ID 検出を分離しているため、適材適所、用途に応じてそれぞれの機能のみを用いることもできる。例えば、受光センサのみを一箇所に複数方向に向けて設置すれば、低コストで広範囲の実世界空間における知的情報支援システムの実現が可能となる。また、ユーザ特定が不要なもののインタラクションを実現する必要があるなら、カメラのみを設置して CoBIT からの合図を検出すればよい。

今後、CoBIT のタイプに応じて各種 ID-CoBIT を試作し、参加者全員が ID-CoBIT を持つことで、実世界の位置に基づく情報支援を実現するシステムを構築していく予定である。

#### 参考文献

- [1] 中島秀之, 橋本政朋: 日常生活のための知的都市情報基盤, 情報処理学会誌, Vol.43, No.5, pp.573-578 (2002).
- [2] Mark Weiser, "Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing," *CACM*, Vol.36, No.7, pp.75-84 (1993).
- [3] Roy Want, Kenneth P. Fishkin, Anuj Gujar, and Beverly L. Harrison, "Bridging physical and virtual worlds with electronic tags," *In Proc. CHI'99*, pp.370-377 (1999).
- [4] 椎尾一郎, 早坂達: モノに情報を貼りつける - RFID タグとその応用 -, 情報処理学会誌, Vol.40, No.8, pp.846-850 (1999).
- [5] Jun Rekimoto and Yuji Ayatsuka, "CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags," *In Proc. DARE 2000*, pp.1-10 (2000).
- [6] Andy Ward, Alan Jones and Andy Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," *IEEE Personal Communications*, Vol.4, No.5, pp.42-47 (1997).
- [7] Hongshen Ma and Joseph A. Paradiso, "The FindIT Flashlight: Responsive Tagging Based on Optically Triggered Microprocessor Wakeup," *In Proc. UbiComp 2002*, pp.160-167 (2002).
- [8] 西村拓一, 伊藤日出男, 山本吉伸, 中島秀之: 無電源小型通信端末を用いた位置に基づく状況

支援システム, 情報処理学会研究会報告, 2002-ICII-2, pp.1-6 (2002).

- [9] 中村嘉志, 伊藤日出男, 西村拓一, 山本吉伸, 中島秀之: 無電源小型通信端末 CoBIT による近距離情報支援の実現, 情報処理学会研究会報告, 2002-ICII-3, pp.1-7 (2002).
- [10] 岡谷 (清水) 郁子, 西村拓一, 前川仁: 複数カメラを用いた無電源小型通信端末の位置・方向推定, 情報処理学会研究会報告, 2002-ICII-3, pp.9-14 (2002).
- [11] 中村嘉志, 伊藤日出男, 西村拓一, 中島秀之: カード型情報端末 CardBIT を用いた状況依存インタラクション, 情報処理学会研究会報告, 2002-MBL23ITS11ICII4-20, (2002).
- [12] Microchip Technology Inc., "PIC16F62X Datasheet," (1999).
- [13] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook - Frequency Identification Fundamentals and Applications," *John Wiley & Sons*, (1999).
- [14] 松下伸行, 日原大輔, 後輝行, 吉村真一, 暦本純一: ID Cam: シーンと ID を同時に取得可能なイメージセンサ, *インタラクション 2002*, pp.9-16 (2002).