

デジタル CoBIT : デジタル情報の送受信が可能な 無電源情報端末の実装

中村 嘉志[†] 西村 拓一^{†,††} 伊藤日出男^{†,††,†††} 中島 秀之^{†,††,†††}

[†] 産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター
^{††} 科学技術振興事業団戦略的創造研究推進事業 (CREST)
^{†††} 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 本稿では、デジタル通信機能を有した無電源情報端末「デジタル CoBIT」について述べる。我々は、位置に基づいてユーザを支援する 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情報の送受信を実現するインタラクティブな情報端末であり、CoBIT システムは、CoBIT を利用した情報支援システムである。これまで、我々は、CoBIT および CoBIT システムにおいてアナログ双方向通信を実現し、CHOBIT (コード名: ID-CoBIT) 端末でデジタル情報の送信を可能としてきた。本稿では、CoBIT の無電源性を保持しつつ、さらにデジタル情報の受信を可能とし、メモリ機能を持った新たな CoBIT 「デジタル CoBIT」のプロトタイプについて述べる。キーワード 情報支援、無電源、情報端末、位置に基づく通信、赤外線通信

Digital CoBIT: A Battery-less Information Terminal with Digital Communication Capability and its Implementation

Yoshiyuki NAKAMURA[†], Takuichi NISHIMURA^{†,††}, Hideo ITOH^{†,††,†††},
and Hideyuki NAKASHIMA^{†,††,†††}

[†] Cyber Assist Research Center, National Institute of AIST
^{††} Core Research for Evolutional Science and Technology (CREST), JST
^{†††} 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 This paper describes the “Digital CoBIT” terminal which has digital communication capability with no plug-in power source. We have been developing CoBIT (Compact Battery-less Information Terminal) system that can provide information support to users based on their locations. CoBIT is an ultracompact, low cost interactive information terminal that can operate without battery because it utilizes the energy from the information carrier and the user. CoBIT system is a system that can provide information support to people using CoBIT. We implemented analog bi-directional communication between the CoBIT and the CoBIT system, and allowed the CHOBIT terminal (codename: ID-CoBIT) to upload digital information. This paper presents and implements the Digital CoBIT prototype that can download and upload digital information without compromising battery-lessness property.

Key words Information Support, Battery-less, Information Terminal, Location-based Communication, Infrared Communication

1 はじめに

今後、移動中に情報支援を享受するユーザはますます増加するだろう。このとき、“ubiquitous” [1] や “pervasive” [2], “context-aware” [3] コンピューティングの研究分野で最も重要となることは、個人を特定する ID ベースの情報支援だけでなく、ある特定の位置に存在する事実に基づいて ID 非依存の情報提供を実現する仕組みである [4]。我々は、この仕組みを位置に基づく通信と呼び、高い空間密度で提供したいコンテンツを有し、かつ、様々な人が出入りするオープンな空間における情報支援を目指している。位置に基づく通信により、ユーザは、特定の端末を用いていれば、個人を特定されることなく位置に応じたサービスを受けることが可能となる。

位置に基づく通信の実現手段として、我々は、光に着目している。光は、周辺に均一に伝わりやすい電波とは異なり、指向性を制御しやすい特長がある。この特長を用いれば、GPS や地磁気センサなどの位置・方向センサを内蔵しなくとも、ユーザの位置と向きに基づいて情報伝達が可能となる。つまり、特定の範囲に信号を含む光を照射すれば、その範囲内に存在し、かつ、光源方向にアンテナを向けている端末のみが信号を受信することになる。

このように、基地局からの光を受信できる位置および向きの端末のみが情報を入手できる特性を利用したシステムとして、トークンサイン [5], [6] などがすでに開発されている。しかし、これらは、ユーザの合図などを環境システムが理解し、これに基づいて音声メッセージを返答するような、ユーザとのインタラクションは想定していない。ユーザの状況推定は容易でないため、インタラクティブに情報支援を実現することが好ましい。ID タグのように、ユーザの ID だけを読み取り、ユーザ情報はインターネットから取得するという手法も存在するが、ユーザのプライバシー保護の観点からあまり好ましいとは言えない。個人を特定する ID を用いずに、個人の嗜好や質問へ

の応答などを読み出すインタラクションが実現できれば、情報の流れが双方向となるため、位置に基づく通信の一例となり得る。

このような背景から、我々は、無電源小型通信端末 CoBIT [7] (Compact Battery-less Information Terminal)、および、CoBIT を用いた位置に基づく情報支援システムを提案し、開発してきた。CoBIT は、環境やユーザが提供するエネルギーのみで動作し、ユーザの位置や向きに応じて音声情報を取得でき、環境側の装置とユーザとの間で位置に基づく通信を実現する情報端末である。これは、ユーザが環境内を移動しつつインタラクティブに情報支援を受ける場合を想定しており、直観的、位置・方向に応じた情報入手が容易、無電源小型という特長を持つ。これらの特長を活かし、実際に博物館などのイベント会場で情報支援を行ってきた。さらに、我々は、CoBIT の無電源性を損なうことなくデジタル情報の送信を可能とした CHOBIT [8] (コード名: ID-CoBIT) を実現した。これは、赤外線タグと液晶シャッタの明滅により、年齢や入場番号などの個人属性を環境装置に送信する機能を有する端末である。

従来の CoBIT の通信は、ユーザ側から見たときには音声を聞いて合図を返す、言わばアナログ双方向通信であった。さらに我々は、デジタル双方向通信機能によって、ユーザの行動履歴やインタラクション履歴、嗜好に基づいた情報支援を実現したいと考えている。そこで本稿では、デジタル双方向通信とメモリ機能を持った新たな CoBIT 「デジタル CoBIT」のプロトタイプについて述べる。

2 デジタル CoBIT の提案

デジタル CoBIT [9] は、ユーザの行動履歴や嗜好に応じた情報支援の実現を目指した端末である。これは、端末内部にメモリを搭載しており、デジタル情報の送受信が環境装置との間で、またはデジタル CoBIT 同士の間で可能である。

ここでは、まず、従来の CoBIT システムに

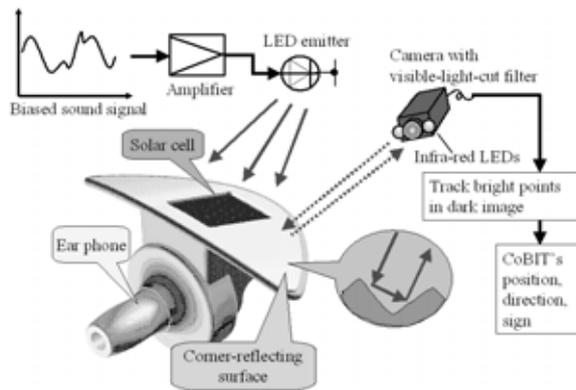


図 1 CoBIT の基本システム構成
Fig. 1 Basic system structure of CoBIT.

ついて簡単に述べ、次いでデジタル CoBIT で可能となる情報支援について言及する。

2.1 従来の CoBIT システムの概要

図 1 は、従来の CoBIT システムの基本構成を表したものである。図のように CoBIT は、太陽電池パネルおよびイヤホン、反射シートにより構成されるため、小型かつ安価で、無電源で動作するという特長を持つ。

CoBIT への音声のダウンロードにはビーム光が用いられる。環境装置は、ユーザに送りたい音声波形にバイアスをかけて増幅し、強度変調を施した後、LED を用いてこれを空間中に照射する。CoBIT は、そのビーム光を太陽電池で受けて電力を取り出す。この電力は音の波形を基に変調されているため、そのままイヤホンを駆動することによって元の音をユーザに伝えることができる。これにより、バッテリーなどの電源は CoBIT には不要である。平面の太陽電池を用いると前面からの光を受光できる。さらに、受光方向を狭めることで、方向選択性を高めることもできるが、これにより、ユーザは、複数の方向の異なる CoBIT 光源の音声を選択的に得ることができる。

次に、アップロードについて説明する。環境側には、赤外線 LED をカメラ光軸近くに取り付けたカメラ（赤外線投光型カメラ）を設置する。ただし、カメラには可視光をカットする光学フィルタを装着し、赤外光が入射しなければ真っ暗な画像を出力するようにする。CoBIT の反射シートは再帰光反射をするので、赤外

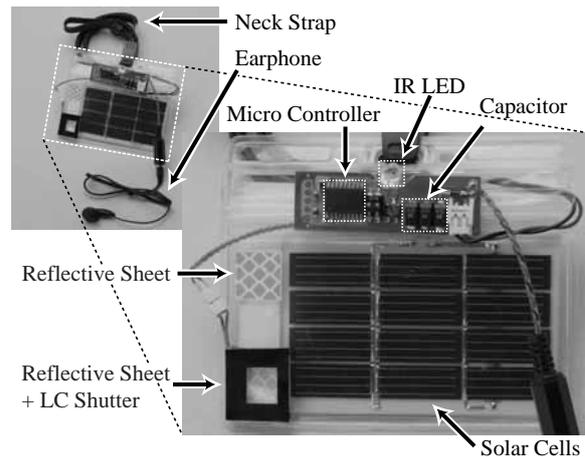


図 2 従来の CHOBIT 端末
Fig. 2 Conventional CHOBIT terminal.

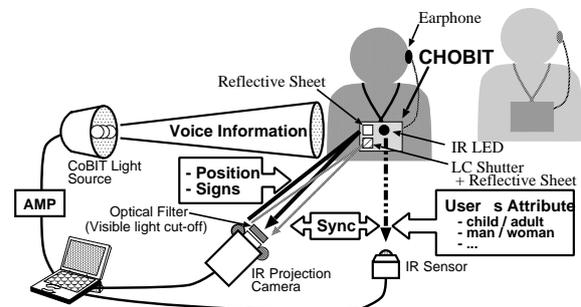


図 3 従来の CHOBIT とタグ検出器の構成
Fig. 3 System structure of conventional CHOBIT and tag sensor.

線投光型カメラの画像は、CoBIT のみが輝点として表されたものとなる。この状態で、光路上に透過率を変化させる物体を置いてその点滅回数を数えるか、輝点の動きの特定パターンを認識することによってアップロードが実現される。CoBIT システムでは、前者は点滅回数認識、後者はジェスチャ認識としてアップロードを実現している。また、輝点のみを処理すれば良いため、システムは比較的容易に CoBIT の数やおよその位置を計測することができる。さらに、カメラを複数個用いることにより、CoBIT の 3 次元位置や向きも検出することができる [10]。

図 2 は、ユーザの個人属性送信機能を有した CHOBIT 端末である。赤外線タグ (IR LED) がユーザの個人属性を点滅により表現し、液晶シャッタ付き反射シートが赤外線タグの発信タ

表 1 CoBIT ファミリの機能
Table 1 Specifications of CoBIT family.

	アナログ情報		デジタル情報	
	受信 (音声)	送信 (ジェ スチャ)	受信	送信
CoBIT			-	-
CardBIT				
CHOBIT			-	
デジタル CoBIT				

：通常は微弱電波を用いるため、端末をリーダ/ライタへ近接させる必要がある。大型アンテナを用いて通信距離をあげた場合、端末の向きにかかわらず通信してしまう。

イメージを赤外線投光型カメラとユーザに伝える(図3)。CHOBITは、CoBIT光源の光や環境中の定在光のうち直流成分をキャパシタに蓄え、それによってマイクロコントローラを駆動する。マイクロコントローラは赤外線タグと液晶シャッタの制御を行う。このようにして、CHOBITは、CoBIT本来の機能に加え、無電源で個人属性の発信が可能である。

2.2 デジタル CoBIT の概要

従来の CHOBIT は、情報をデジタル受信しなかったため、ユーザの行動やインタラクション履歴などの動的情報を環境装置側で管理する必要があった。このため、システム間で端末情報を共有する必要があり、複数箇所での柔軟な情報支援を実現する際にはシステムの負荷が問題であった。端末に動的情報が記録できれば、局所化によって負荷の軽減が可能となる。これまでに提案してきた CardBIT [11] では、RFID チップにデジタル情報の送受信機能とメモリ機能を持たせていたが、この機能を使う際に、ユーザは、環境中に設置されたタグ読取り器近く数 cm の距離まで端末を意識的に近づける必要があったため、位置に基づく通信の実現が不完全であった。

デジタル CoBIT は、これまでの CoBIT 技術と赤外線通信技術を融合することにより、さらに利便性を高めた端末である。表 1 は、CoBIT ファミリを機能別に示したものである。デジタル CoBIT からの情報のアップロードは、CHOBIT の技術が用いられる。反対に、デジタル CoBIT への情報のダウンロードは、CoBIT 光源にデジタル情報の搬送波を重畳させ

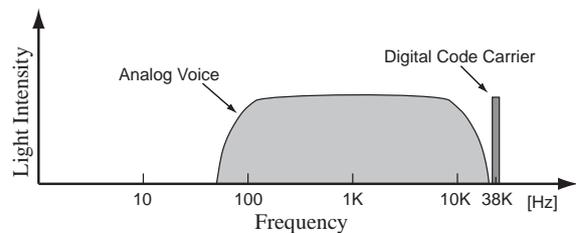


図 4 デジタル CoBIT のための CoBIT 光源の周波数特性

Fig. 4 Frequency level of CoBIT light source for Digital CoBIT.

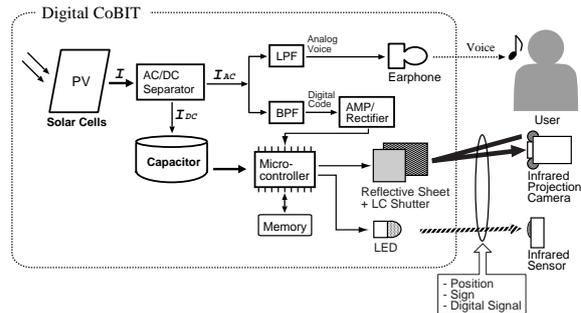


図 5 デジタル CoBIT のブロック図

Fig. 5 Block diagram of Digital CoBIT.

ることで実現される。電波を用いずに光のみで送受信を行うため、アナログ通信だけでなくデジタル通信においても位置と方向に依存し、位置に基づく通信が自然な形で実現される。

図 4 は、CoBIT 光源の周波数特性を示したものである。図のように、可聴域よりも高い周波数をデジタル信号の搬送波として用い、これらを重畳させて用いる。これを受光した端末は、フィルタを用いてそれぞれを分離する。可聴域の信号は、従来の CoBIT と同様に直接イヤホンを駆動することによって音声情報としてユーザに伝えられる。デジタル信号は、増幅/整流を施された後、マイクロコントローラによって情報へと復号される。このデジタル情報に基づき、デジタル CoBIT は、必要な情報をメモリに蓄え、また、必要な情報のアップロードを行う。図 5 に、デジタル CoBIT のブロック図を示した。

2.3 デジタル CoBIT の応用シーン

ここでは、デジタル CoBIT が提供する機能の視点より、応用について考察する。デジタル CoBIT は、ユーザに以下の 3 つの機能を提供

する。

- (1) デジタル送受信機能
- (2) メモリ機能
- (3) 演算機能

(1)の機能は、さらに、端末 - 環境装置間と端末 - 端末間の送受信に分けられる。前者は、ユーザとシステムとの間の通信路となり、後者は、ユーザ同士のコミュニケーションの通信路となりうる。すなわち、デジタル CoBIT 同士を向け合うことで名刺交換などの情報支援が実現される(2)の機能により、情報支援においてシステムの情報管理が容易になると考えられる。これまで外部で管理していたユーザの行動やインタラクション履歴などの動的情報を端末内部に蓄えられるようになるためである(3)の機能により、暗号化通信が可能になることから構内セキュリティへの応用が可能となる。例えば、カードキーに代表される非接触開錠システムの距離を数 m まで延ばし、さらにユーザの位置だけでなく方向にも依存した制御が可能となる。また、その際、ユーザは、CoBIT により現在位置や利用法などの音声案内を同時に聞くことができるため、ユーザ本位の情報支援が実現される。

3 デジタル CoBIT の実装

3.1 実装法

デジタル CoBIT の実装において、デジタル情報の受信部の違いにより次の3つの構成が考えられる。今回は、この3つのうちで太陽電池のエネルギー効率が一番良い(3)の手法を選択した。

- (1) アナログ/デジタル情報受信用、さらに電源用の太陽電池をそれぞれ用意する
- (2) CHOBIT に対し、デジタル情報受信用のフォトセンサを別途装備する
- (3) 太陽電池1つで全てを賄う

従来の CoBIT は、太陽電池を電源として利用するのではなく、これにアナログ情報を受信するためのアンテナとして役割を与えていた。CHOBIT は、それに、太陽電池が本来持つ電源としての役割を加えたものであると見るこ

とができる。デジタル CoBIT の試作においては、さらに、太陽電池の第3の用法とも言うべきセンサとしての機能を与えることを目的とした。すなわち、上記(2)のフォトセンサの役割である。

(3)の手法による欠点は、フォトセンサではなく太陽電池を用いるため、デジタル情報の受信感度が低いことである。これは、シリコン太陽電池が数 10kHz の比較的低い周波数帯域でも出力利得の低下が起こること、発生した光電流を電圧に変換する際に通過する素子の直流抵抗により信号が減衰してしまうためである。これに対し(2)のようにフォトセンサを用いれば、赤外線リモコンのように 10m 近くまで感度を上げることが容易である。しかし、デジタル CoBIT は、環境装置、すなわち CoBIT 光源からデジタル情報のダウンロードを行うため、感度の低さはこの光源の強度で補うことができる。

3.2 プロトタイプの構成と動作

図6に試作したデジタル CoBIT のプロトタイプを示す。このプロトタイプは、LED を用いない液晶シャッタのみのタイプであるため、端末間での直接通信は実現されないが、端末 - 環境装置間でのデジタル通信が可能である。ただし、液晶シャッタの動作速度が律速条件となるため、転送速度は 5 bps 程度である。プロトタイプは、図のように、DC-AC 分離回路、音声用低域通過フィルタ (LPF)、信号用 38kHz 帯域通過フィルタ (BPF)、信号用整流回路、マイクロコントローラ、液晶シャッタから構成される。

太陽電池により発生した電力は、まず、DC-AC 分離回路で DC 成分と AC 成分に分けられる。DC 成分は、キャパシタに蓄えられ、この電力を用いて信号用整流回路とマイクロコントローラが駆動される。一方、AC 成分は、アナログ音声信号とデジタル信号を重畳している。このうち、前者の音声信号は LPF により分離され、そのままイヤホンに伝えられてそれを駆動することにより音声情報をユーザに伝える。後者のデジタル信号は、38kHz の搬

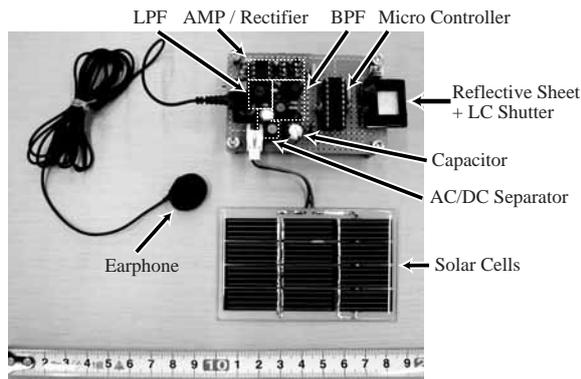


図 6 デジタル CoBIT のプロトタイプ
Fig. 6 Digital CoBIT prototype.

送波に載っているもので、38kHz BPF により分離されて信号用整流回路に送られる。この整流回路を通った信号は、マイクロコントローラに送られ、ここでデジタル情報に復号される。なお、DC 成分は有限であるため、今回の実装では、LPF, BPF 共にパッシブ回路で実現した。太陽電池には、CHOBIT と同様の 12 セル直列接続、カードサイズ外形のものを用いた。

マイクロコントローラは、デジタル情報の送受信および蓄積（メモリ機能）を担う。これには、マイクロチップ社製 PIC16F84A を用いた。このマイコンは液晶シャッタを直接駆動してその点滅パターンによりデジタル情報を空間中に送信する。その一方で、マイコンは、整流回路を通った信号を受け取り、これをデジタル情報へと復号し、保持する。無信号状態では、マイコンは、50Hz 疑似交流を発生させ、これを印加することにより液晶を透明（ON 状態）に保っている。疑似交流の印加を止めて絶縁状態にすると、液晶は入射光を散乱（OFF 状態）するようになるため、デジタル情報の送信制御はこれらの繰り返しにより行われる。一方、受信制御は割込み駆動により行われる。受信情報はパルス位置変調（PPM）により符号化されているので、このパルスの割込みタイミングにより復号を行う。今回の実装では、メモリ容量は約 50 バイトで、揮発性である。

4 おわりに

本稿では、CoBIT のアナログ送受信機能を

そのままに、さらに、デジタル通信機能を有した無電源情報端末「デジタル CoBIT」について実現法を述べ、プロトタイプの実装を行った。我々は、ユーザが移動しつつ気軽に情報入手できるユビキタス空間においてデジタル CoBIT を活用して行きたいと考えている。今後は、これを用いた個別情報支援システムの構築、特に学会やイベント空間での支援システムの構築と支援の実践を行う予定である。

参考文献

- [1] Weiser, M.: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, *CACM*, Vol.36, No.7, pp.75-84 (1993).
- [2] Satyanarayanan, M.: Pervasive Computing: Vision and Challenges, *IEEE Personal Communications*, pp.10-17 (2001).
- [3] Schilit, B., Adams, N. and Want, R.: Context-Aware Computing Applications, *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp.85-90 (1994).
- [4] 中島秀之：マイボタンによる状況依存支援，人工知能学会誌，Vol.16, No.6, pp.792-796 (2001).
- [5] Brabyn, J. and Brabyn, L.: Speech Intelligibility of the Talking Signs, *Journal of Visual Impairment & Blindness*, Vol.76, pp.77-78, (1982).
- [6] 伊藤啓二：ユニバーサルな視覚サイン - 音声情報案内システムトークングサインについて，人間生活工学，Vol.2, No.4, pp.8-11 (2001).
- [7] 西村拓一，伊藤日出男，中村嘉志，山本吉伸，中島秀之：位置に基づくインタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末，情報処理学会論文誌，Vol.44, No.11, 印刷中，(2003).
- [8] 中村嘉志，西村拓一，伊藤日出男，中島秀之：無電源でユーザ属性と位置を発信する CHOBIT 端末の設計と実装，情報処理学会論文誌，Vol.44, No.11, 印刷中，(2003).
- [9] 西村拓一，中村嘉志，伊藤日出男，山本吉伸，中島秀之：視覚 CoBIT とデジタル CoBIT の提案，情報処理学会 DICO2003 シンポジウム論文集，pp.577-580 (2003).
- [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] Nakamura, Y. Nishimura, T., Itoh, H. and Nakashima, H.: A System of Card Type Battery-less Information Terminal: Card-BIT for Situated Interaction, *Proc. PerCom 2003*, pp.369-377 (2003).
- [12] Want, R., Hopper, A., Falcão, V. and Gibbons, J.: The Active Badge Location System, *ACM Trans. on Info. Sys.*, Vol.10, No.1, pp.91-102 (1992).