

C-Blink: 携帯電話ディスプレイによる色相差光信号マーカー

宮奥 健人 東野 豪 外村 佳伸

日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所

あらまし - 光信号マーカーとユビキタスコンピューティング技術を駆使した高度な情報提供システムの構築を容易にすることを意図し、携帯電話ディスプレイを光信号発信源として利用可能とする光信号手法“C-Blink”を提案する。携帯電話ディスプレイは、光ビーコンを発信するために設計された LED などと比べ点滅周波数がかなり低い。提案手法は、多色発光により点滅周波数の低い発光デバイスでも有意なデータをカメラに送信できるようにする。本論文では、提案手法の携帯電話による実装と、ロバスト性を保障するための実装パラメータを示す。提案手法はユーザ検出のための光信号 ID をはじめ多様な応用が可能であり、応用システムはユーザの所有する携帯電話を活用して容易に構築できるため実現性が高い。それゆえ、提案手法はユビキタスな高度情報提供サービスの普及に向けた足がかりを築く有力な手段となり得る。

C-Blink: A Hue Differences-Based Light Signal Marker for Application to a Cellular Phone Display

Kento MIYAOKU, Suguru HIGASHINO and Yoshinobu TONOMURA

NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION NTT Cyber Solutions Laboratories

Abstract - This paper proposes a new light signal sending method called “C-Blink” that aims to easily construct enhanced information service systems using light signal markers and ubiquitous computing technology. The new method can be implemented by using displays of ordinary cellular phones. The blink frequency of cellular phones’ displays is much lower than that of LEDs designed for light beacons. The proposed method uses light signals based on hue differences, and in this way achieves the sending of significant data from low blink frequency light sources to cameras. This paper describes the details on how the proposed method can be implemented by using cellular phones, and shows parameters that make the system robust in practical situations. The proposed method can be applied to various applications including light signal identification to detect user. Furthermore, these application systems can be easily constructed and are highly practical, because they can use cellular phones that users already have as light signal sending devices. Hence, the proposed method should prove to be an important means to gain a foothold in spreading ubiquitous enhanced information services.

1. はじめに

コンテキストウェアネスや AR(Augmented Reality)の分野において、ユーザの位置や移動、周囲の事物を認識し、さまざまな形でユーザの活動を支援する高度情報提供システムの研究が進められている[1-3]。これらのシステムでは、ユーザやユーザ周囲の事物といった対象の ID と位置を特定することが重要となる。そこで、対象の ID と位置をロバストに特定する有効な方法として、ユーザや事物の側から発信される光ビーコンを用いるシステム[4-6]や、微弱無線電波と赤外線光を併用するシステム[7,8]な

どが提案されている。

これらの対象 ID と位置の特定システムには、主に AR への適用を意図し、ユーザの視野というきわめてワイドレンジな範囲に存在する対象物の ID および位置を特定することまでを可能にしたもの[4]と、センサ近隣に存在するユーザや事物の ID および位置の特定を可能にしたもの[5-8]がある。

ユーザの周囲環境に溶け込む形で遍在する非可視なコンピュータが高度で気の利いた情報提供サービスを実現するユビキタスコンピューティング[9]の実用化に向けては、特に、センサ近隣に存在するユ

ーザの ID と位置を特定することの重要性が高い。

上述した光信号システム[4-8]はいずれもセンサ近隣のユーザの ID および位置特定に適用できる。しかし、これらを用いる場合には、特殊な光信号発信デバイスをユーザ側に付帯させておく必要があり、この点が、实际的に、ユビキタスな高度情報提供システムの構築を行う際の課題となる。

この課題を解決する一つの方法は、特殊な光信号発信デバイスを用いず、既に広くユーザに普及しているデバイスをそのまま利用して ID と位置の検出を実現することである。特に、国内での普及率が60%を超える携帯電話のすべてに搭載されている汎用の小型ディスプレイデバイスを光信号発信デバイスとして活用できれば、容易に大多数のユーザに ID 信号発信源を付帯し、高度情報提供システムのためのインフラを構築できるようになる。

このような観点から、本論文では、携帯電話ディスプレイを、ID および位置が特定可能な信号発信源として活用できるようにすることを目的とした新しい光信号手法“C-Blink”を提案する。携帯電話ディスプレイは、光ビーコンを発信するために設計された LED などと比べ点滅周波数がかかなり低い。提案手法は、多色発光を用いることによって、携帯電話ディスプレイのように点滅周波数の低い発光デバイスから発信される信号の位置とデータを、近隣のカメラで検出できるようにするものである。

2. 関連研究

カメラを用いて光信号を撮影し、信号位置とデータを同時に検出する方式として、さまざまなものが提案されている[4-6,10]。しかしながら、いずれの手法も携帯電話などの小型ディスプレイを光源として用いることは意図されていない。以下に既存光信号方式を携帯電話ディスプレイに適用する場合の問題について述べる。

1. 高速光ビーコン方式

高速で点滅する光ビーコンを高速カメラで撮影し、光ビーコン位置とデータ信号を検出する手法である。例えば、ID Cam[4]では4kHzで点滅する光ビーコンを用いてワイドレンジかつロバストな信号検出を実現している。

既存携帯電話に搭載されるディスプレイではこのような高速点滅は不可能である。このため、高速光ビーコン方式は適用できない。

2. 低速光ビーコン方式

30fps 以下のカメラで検出可能な周波数で点滅する単眼光ビーコンを用いる手法である[5]。

通常の可視光映像では被写体の移動などにより頻繁に輝度差が生じる。このため、低速な可視光の点滅は、動体の影響で生じる輝度差と区別できず信号領域を検出するのが難しい。したがって、低速光ビーコンには、赤外線などの特殊な光線を用いたり、カメラとビーコンを同期させたりする必要がある。このため、携帯電話ディスプレイには適用できない。

3. マトリクス状マーカー方式

30fps のカメラで検出可能な周波数で点滅する光信号源の位置を検出するためにロケータを用いる手法である[6,10]。複数の光源をマトリクス状に配置し、4 隅の光源(ロケータ)を周期的に点滅させることで信号領域の検出と効率的なデータ受信を実現する。

携帯電話ディスプレイの表示領域を複数の領域に分割して信号を発信する場合、表示領域全体が撮像され続けないと信号が検出できない。LED をマトリクス状に配置した光源であれば外乱光の影響を受けにくい。携帯電話ディスプレイではその表面に反射した光の影響によりディスプレイの発光が部分的に撮像されない場合が多い。それゆえ、本手法を携帯電話ディスプレイに適用しても信号検出性能が問題となる。同様の理由で、マトリックスコード[3]などをディスプレイに表示する手法も適用できない。

上述のように、既存方式は点滅周波数の低い単眼可視光源を利用できないため、携帯電話ディスプレイで実現することが難しい。そこで、本論文では、点滅周波数の低い単眼可視光源を用いても、位置とデータが同時検出可能である光信号手法を提案する。

3. 色相差による光信号手法(C-Blink)

30fps 以下の固定カメラで撮影された映像においても、特殊な光源が含まれないかぎり、局所的に連続して一定の割合以上で色相が変化する領域が存在する可能性は低いと考えられる。したがって、30Hz 以下の低速な点滅であっても、連続的に発光色の色相を変化させることにより有意なデータ信号として検出できる可能性がある。提案手法はこの点に着目したものであり、ディスプレイの色点滅によりデータ信号を送信し、カメラ側において色相差から信号位置を検出しデータを受信する(図 1)。

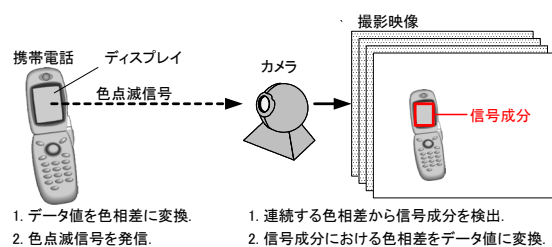


図1 提案手法の動作原理

3.1 C-Blink の基本動作

3.1.1 色点減信号の送信

提案手法では、N 進数のデータ値を連続して送信する。各データ値 $n(i)$ は以下の式によって色相差 $Dh(i)$ ($0 \leq Dh(i) < 2\pi$) へ変換される。

$$Dh(i) = (n(i)+1) * 2\pi / (N+1)$$

送信側ディスプレイは、連続する表示色間の色相差が $Dh(0), Dh(1), Dh(2), \dots$ となるよう色点減してデータを送信する。例えば、 $N=2$ とし、2 進数データ値列 "00001111" を送信する際の色点減信号は図2に示すようになる。

3.1.2 色点減信号の位置検出とデータ受信

受信側カメラでは、入力映像中から連続して一定値以上の割合で色相が変化する領域を信号成分として検出する。そして、信号成分の重心を信号検出位置として決定する(図3)。

さらに、信号成分における各連続フレーム間の色相差をデータ値に変換しデータを受信する。図4には、 $N=2$ の場合に受信側で検出された色相差 $Dh(i)$ と変換されるデータ値の関係を示す。送信側からデータ値0を送るために、色相差が $2\pi/3$ となるような色点減を発しても、受信側で検出される色相差 $Dh(i)$ は正確に $2\pi/3$ になるわけではない。そこで許容誤差 ϵ を設定し、 $2\pi/3 - \epsilon < Dh(i) < 2\pi/3 + \epsilon$ である場合に、 $Dh(i)$ をデータ値0に変換する。

3.2 C-Blink の特徴

提案手法 C-Blink は以下の特徴を有する。

- 30Hz 以下程度の低周波数点滅光源でも色表示が可能であれば有意なデータ信号を送信できる。
- 同様に、30Hz 以下程度の点滅でも特殊光線や位置マーカーを用いずに信号領域(位置)を検出できる。
- 理論上、色相差の階調を $N+1$ にすれば1回の点滅(色変化)によりN進数データ値1個を伝送できる。

特に上記1,2の特長によって、高速点滅が不可能な携帯電話などの小型カラーディスプレイを光信号発信源として利用可能にする。

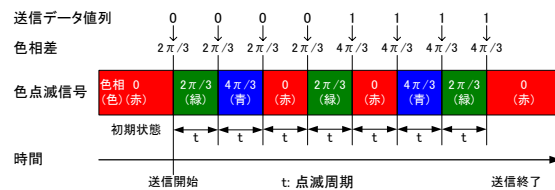


図2 提案手法による色点減信号



図3 信号位置検出

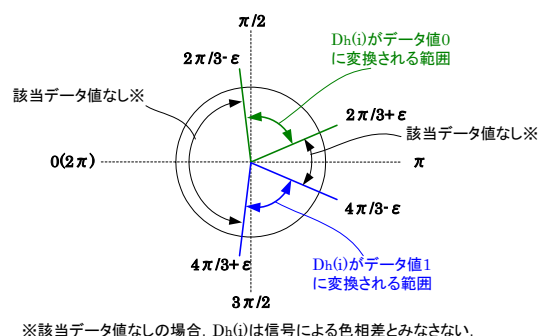


図4 検出された色相差からデータ値への変換

4. 基本アルゴリズムの実装

4.1 携帯電話を用いた C-Blink の実装

提案手法を用い、携帯電話のディスプレイから光信号として8bitのデータを発信し、これを検出するシステムを実装した(図5)。図5は、PC上に実装したソフトウェアが、携帯電話ディスプレイから発信された8bitのデータを、USBカメラで撮像された映像から検出し、検出信号表示ダイアログ内で検出位置に受信されたデータを表示している様子を示す。

光信号は、NTT DoCoMo社の携帯電話上で動作するJavaアプリケーション(iアプリ)を用いて生成している。複数の市販機種でテストした結果、iアプリを用いた実装では15Hz程度の点滅が限界だったため点滅周波数は15Hzとした。また、色相差の階調は3($N=2$)としており、1回の色点滅で1bitを送信している。したがって、8bitのIDを送信するのに必要な信号長は約600msecとなる。また、信号は赤を基準として生成しており、赤色(色相0)、緑色(色相 $2\pi/3$)、青色(色相 $4\pi/3$)の点滅でデータを送信する。

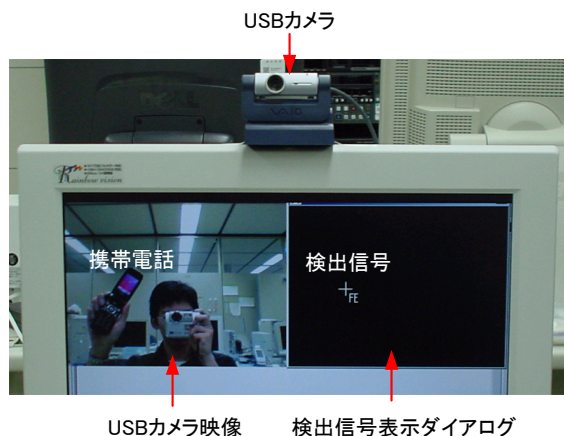


図4 実装システム

信号受信側は USB カメラ(Sony PCGA-UVC11)と PC で構成している. カメラからの入力映像に対して PC 上のソフトウェアにより信号領域の検出処理とデータ信号の受信処理をリアルタイムに行っている. 具体的には, まず, 160x120 の解像度の映像中から, 8 フレーム以上連続して既定値以上の色相差が生じている画素を抽出し, 既定値 α 以上の画素からなる連結成分を信号成分として検出する. さらに, 検出された信号成分における色相差をデータ信号に変換している. なお, 許容誤差 $\varepsilon = 2\pi/9$ としている.

4.2 実装パラメータの評価

提案手法は, 低フレームレートで撮影された映像においても, 特殊な光源が含まれないかぎり, 局所的かつ連続して既定値以上の色相差を生じる画素連結成分がないという仮定に基づいている. 色相差は, 映像中の動体や, カメラ自体が動くことによって発生する. 提案手法がうまく機能するためには, 利用される環境下で一般に存在する動体を撮影したカメラ映像が上記仮定を満たしている必要がある. そうでなければ, 信号の誤検出が頻繁に発生し, 実用上問題となる.

そこで, 想定する利用環境において一般に存在する動体(人物, 車)を多数含む状況を, 異なる照明条件(屋内, 屋外)において撮影した実環境映像, および, 移動カメラを用いて撮影した実環境映像が, 実際に上記仮定を満たすかどうか実装したアルゴリズムを用いて検証した. また, 何回連続して既定の色相差が生じた場合に有意な信号と見なせるか, および, どの程度の画素数(α)からなる連結成分を信号成分と見なせるかといったロバスト性を保障するための実装パラメータを評価した(図5).



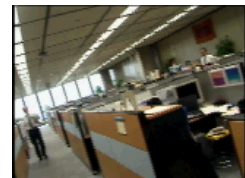
映像1
展示会場大通路(屋内)
固定カメラ



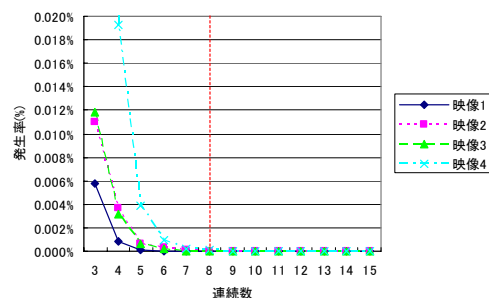
映像2
展示会場ゲート前(屋外)
固定カメラ



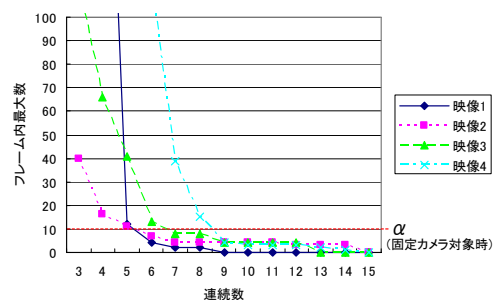
映像3
道路(屋外)
固定カメラ



映像4
建物内移動(屋内)
移動カメラ



(A) 連続して既定色相差が生じる画素の発生率



(B) 連続して既定色相差が生じる画素のフレーム内最大数

図5 各映像における実装パラメータの評価

評価対象とした映像は, すべて解像度 160x120, フレームレート 15fps, 映像長 30 分(26998 フレーム)で, 撮影条件は以下の通りである.

[映像 1] 展示会場(屋内)に設置された情報提供端末などでの利用を想定したものである. 大規模展示設備内の大通路で撮影した. 通路の奥に向かって撮影しており, 遠方からカメラ直前に至って通路を横切る多数の人が同時に撮影されている. 当該展示設備で大規模な展示会がいくつも開催されていた日に撮

影したものであり人通りは比較的多い。

[映像 2] 展示会場(屋外)に設置された情報提供端末などでの利用を想定したものである。大規模展示設備内のゲート前広場で撮影した。遠方からカメラ直前に至って広場を横切る多数の人が同時に撮影されている。映像 1 と同日に撮影したものであり人通りは比較的多い。

[映像 3] 歩道に設置された情報提供端末などでの利用を想定したものである。カメラ手前には片側 3 車線の道路があり、交差点に向かって撮影している。カメラ前の道路や、交差点を横切る多数の車が撮影されている。タクシーやバス、トラックなどカラフルな塗装を施した車が多く含まれ、通行量も比較的多い。

[映像 4] 携帯端末のカメラを利用する場合を想定したものである。カメラを手で持って、居室や通路、階段など建物内をうろうろ移動しながら撮影したものである。

図 5 中のグラフ(A)は、横軸が連続数 n で、縦軸が n 回連続して既定の色相差が検出された画素の発生率を示している。8 回以上連続して既定の色相差が検出された画素の発生率は、移動カメラを用いた映像 4 を含むすべての映像において 0.0001%以下であり極めて低かった。また、15 回以上連続して既定の色相差が検出された画素はなかった。

図 5 中のグラフ(B)は、横軸が連続数 n で、縦軸が n 回連続して既定の色相差が検出された画素が一つの映像フレーム内で同時に発生した数の最大値を示している。固定カメラを用いた映像(映像 1, 映像 2, 映像 3)については、7 回以上連続して既定の色相差が検出された画素の 1 フレーム内最大発生数は 10 未満であった。移動カメラを用いた映像 4 でも、8 回以上連続して既定の色相差が検出された画素の 1 フレーム内最大発生数は 20 未満となった。

この結果から、実装システムのように 8bit のデータを受信する場合、固定カメラ(映像 1, 映像 2, 映像 3)であれば、8 回以上連続して既定の色相差が検出された画素の連結成分を信号成分と決定する最低画素数 $\alpha=10$ としておけば、動体などの影響による信号誤検出を防ぐのに十分だといえる。同様に、移動カメラを用いた場合(映像 4)であっても、 $\alpha=20$ とすれば十分誤検出を防げる。

5. 議論

5.1 提案手法 C-Blink と既存手法の比較

光信号マーカは、信号位置検出方法とデータ信号送信方法との組み合わせにより実現される(表 1)。C-Blink は連続的な色変化に基づいて信号位置を検出し、色相差を用いてデータ信号を送信する。他の手法は信号位置検出方法が異なるものの、データ信号送信には基本的に光ビーコン方式を用いる。VCC[10]は、赤、緑、黄 3 色の点滅を用いるが、赤成分と緑成分それぞれ独立に光ビーコン方式を適用したものである。

C-Blink の信号位置検出方法に固有の利点は、点滅周波数が低い単眼可視光源へも適用できることである。結果、多様なカラーディスプレイデバイスを光源として流用できる。また、C-Blink の色相差によるデータ信号送信方法は、点滅周波数が同じ場合、従来の光ビーコン方式より 1 光源あたりのデータ伝送速度を高くできる可能性がある。

一方、光源より発信された光は、環境光の影響により色が変わったり彩度が低下したりする。このため、光ビーコン方式を用いる他手法に比較して、提案手法による光信号の到達距離は短いと考えられる。したがって、ID Cam[4]が実現するような長距離からの ID 信号検出には適さない。

多様なカラーディスプレイデバイスを光源として流用できる点と信号到達距離特性を考慮すると、C-Blink は、環境光変化が比較的少ない屋内の近距離での実空間指向な情報機器連携システムなどへの応用が効果的である。特に、本研究の目的である携帯電話ディスプレイの利用を可能とし、既存携帯電話をキーとした実空間指向な情報機器連携システムを実現することによる効果が大きいと考えられる。

5.2 C-Blink の応用例

上述したように、提案手法は実空間指向な情報機器連携システムの実現に適した手法である。多数のユーザが既に所有する携帯電話をそのまま利用することから実際的な応用例が数多く想定される。以下に、C-Blink による光信号マーカを応用することによって携帯電話と情報端末を連携させた実空間指向な情報提供システムの例を示す。

- (1) 会議施設などでのユーザ情報提示 AR システム
ユーザの所持する携帯電話ディスプレイから C-Blink 光信号として発信されるユーザ ID を利用することにより、学会などの会議施設内での活動支援に向けた AR システムを容易に実現できる。

光信号マーカ手法名	C-Blink	ID Cam[4]	Phicons[5]	BalloonTag[6]	VCC[10]
信号位置検出方法	連続的色変化検出	高速光点減検出	赤外線点減検出	4隅周期点減光源検出	4隅周期点減光源検出
データ信号送信方法	色相差方式	光ビーコン方式	光ビーコン方式	光ビーコン方式	赤、緑、黄点減方式

表 1 光信号マーカ実現方法の比較

まず、各ユーザは、固有のユーザ ID を発信する光信号発信用 java アプリケーションを携帯電話にダウンロードして起動し、携帯電話を胸ポケットに差し込むなどしてディスプレイが外部から認識できるよう身に着ける。これによって、視野内のユーザのプロファイル情報などをオーバーレイ表示する AR システムが実現できる(図 6)。

小規模な発表会場において、このシステムをプレゼンターの手元に設置しておくことにより、質問者のプロフィールを確認しながら、質疑に応答するといったことが可能となる。

(2) グラバブル情報オブジェクトディスプレイ

光信号マーカを大画面ディスプレイのポインタとして利用するシステム[11]がある。C-Blink の応用においては、光信号発信源そのものが通信端末となる点を活用し、光信号マーカ機能とネットワーク通信機能を連携させることで、さらに効果的なアプリケーションが実現できる。そのような応用例の一つであるグラバブル情報オブジェクトディスプレイは、携帯電話を空間指向な情報入出力デバイスとして利用できるようにするシステムである (図 7)。

グラバブル情報オブジェクトディスプレイ上の情報オブジェクトは、携帯電話ディスプレイから発信される光信号によってポインティングされることによって、ネットワーク経由で携帯電話に取り込まれる。逆に、携帯電話上で任意の情報オブジェクトを選択し、グラバブル情報オブジェクトディスプレイ上の任意の位置に貼り付けることも可能である。

まず、携帯電話ディスプレイでは、既定の信号パターンを発信し続ける。大画面ディスプレイ上には既定信号パターンの検出位置にカーソルが表示される。ユーザは取得したい情報オブジェクト上にカーソルが表示されるよう手元を動かした後、所定のボタンを押して取得信号(ユーザ ID)を発信する。

大画面ディスプレイ側では、取得信号(ユーザ ID)が検出された位置にある情報オブジェクト(URL)を、ユーザ ID に対応する携帯電話にネットワーク経由で送信する。この結果、ユーザの携帯電話に情報オブジェクトが取得される。



図 6 プロファイル情報を提示する AR への適用

一方、大画面ディスプレイ上に任意の情報オブジェクトを貼り付ける際には、携帯電話から光信号として情報オブジェクト ID を発信し、ネットワーク経由で情報オブジェクトの実体もしくは URL をグラバブル情報オブジェクトディスプレイへ送信する。

実装したプロトタイプでは、大画面ディスプレイ上にミラー表示した自己像映像にオーバーレイさせる形で情報オブジェクトを提示する。そして、情報オブジェクトに対する取得操作信号が検出された際、情報オブジェクトが信号検出位置に収束して消滅するアニメーションを表示する。すなわち、ユーザが取得操作を行うと、大画面ディスプレイ上の仮想情報オブジェクトが、ユーザが実際に手にしている光信号発信源(携帯電話)に吸い込まれるという表現を用いた実世界指向インタフェースを実現している。

グラバブル情報オブジェクトディスプレイを用いれば、パブリックスペースに設置された大画面ディスプレイにプッシュ配信されるさまざまな情報オブジェクトを、手元の携帯電話を用いた直感的な操作で取得できる。また、携帯電話上にある写真画像などの個人的な情報コンテンツを大画面ディスプレイ上の任意の位置に貼り付けることもできる。ただし、現状では発信できる ID のサイズが小さく、マスメディア向けシステムの実現は難しい。前述の応用例のように、会議施設などで所定数のユーザグループが利用するシステムであれば現状でも実現可能である。

提案手法の応用は上述以外にも数多くある。これまでにコンテキストウェアネスや AR の研究において提案されているアプリケーションのいくつかは提案手法による光信号を用いても実現可能であると考えられる。そして、いずれのシステムも、ユーザの所有する携帯電話をそのまま利用することで低コストに構築できる可能性があり、この点が提案手法を用いることの重要な利点となる。

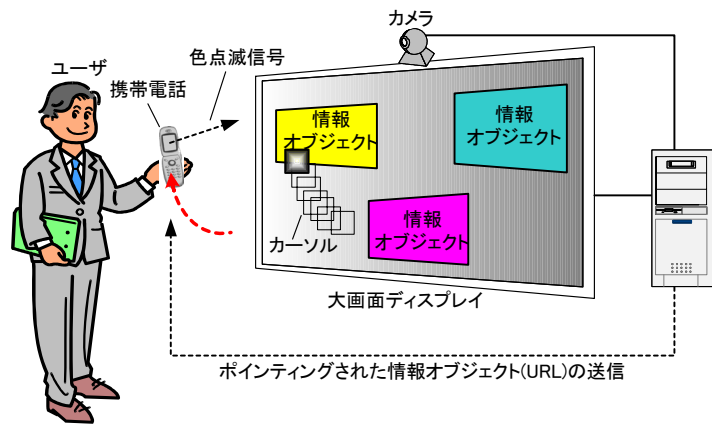


図7 グラバブル情報オブジェクトディスプレイ

5.3 実用化に向けた課題

実装システムの実験室環境における動作確認では、固定カメラの前での人の移動などを光信号として誤検出することはなかった。しかしながら、発信した光信号がうまく検出されない場合があった。この要因として以下の点があげられる。

1. 実装システムで 8bit の ID を送受信する場合、信号が発信されている約 600msec の間、携帯電話およびカメラが静態していなければならない。したがって、携帯電話を動かしながら信号を発信するとうまく検出できない。
2. ディスプレイの発色特性や、カメラの色感度特性、環境光色などの要因から発信信号の色相と撮像される色相は異なる。このことに依存し、光信号を受信しても有意な色相差として検出されない場合がある。
3. ディスプレイによる光信号の指向性はディスプレイの視野角に依存する。したがって、ディスプレイがカメラの撮像方向に対して概ね正対する位置になければ、光信号が検出されない。
4. ディスプレイ表面に反射した環境光の影響により、光信号が十分な彩度をもって撮像されないため、有意な信号として検出できない場合がある。
5. i アプリによるソフトウェア処理で実装した光信号源は、厳密に 15Hz で点滅できていない。このために、信号発信タイミングと、カメラの撮像タイミングによってうまく検出できない場合がある。

上記 1 は、携帯電話ディスプレイという点滅周波数の低い光源を用いることに起因する問題である。固定カメラに対しては、信号発信周波数を 30Hz まで向上し、さらに、データ伝送速度を向上させることができれば、8bit に必要な信号長が短くなり、歩行程度の速度の動きならある程度検出できるようになると考えられる。しかし、ウェアラブル PC のカメラなど移動カメラを利用する場合への適用は難しい。移動カメラを用いるシステムの実現には、やはり、高速光ビーコンによる方法[4]などが必要である。

2 は、提案する信号伝達手法そのものの本質的課題である。受信側で色相差をデータ値に変換する際の許容誤差 ε を大きく設定すれば信号は検出されやすくなるが、逆に誤検出の可能性が高まる。したがって、検出性能の向上のためには、利用するデバイスの特性や利用環境に応じて許容誤差 ε の値などのパラメータを最適化する必要がある。

3 および 4 の要因による検出性能の低下は、異なる向きから撮像する複数のカメラを用いて信号を検出することによりある程度改善できると考えられる。5 についても、同期がずれた点滅信号も検出できるようアルゴリズムを工夫することで改善できると考えている。

一方、カメラ直前でカラフルな物体を激しく振ると稀に信号として誤検出される場合があった。同様に、信号発信中にディスプレイ表面の反射光が急変化することによって信号誤りが発生することがごく稀にあった。実用においてはこのような要因による誤検出やエラーを抑制するため、パリティビットを設けたデータフレームを構成して送信する必要がある。さらに、受信側に複数のカメラを使用し、2 つ

以上のカメラで同時に同じデータ信号が受信された場合に、正確に受信されたものとするのが考えられる。

実装システムは、現段階でも限定された用途においては十分に利用可能と考えられるが、多様な条件下でさまざまな用途においてより快適に利用できるものとするために上記課題の解決が必要である。また、データ伝送速度の向上が今後の重要な課題である。現状の実装では $N=2$ として色相差 1 つを用いて 1bit を伝送しているが、 N の値を増加し伝送速度を上げた場合の性能についても評価していく必要がある。

6. まとめ

本論文では、携帯電話ディスプレイを発信源として利用することを意図した色相差による光信号手法 C-Blink を提案した。また、その基本アルゴリズムを実装し、携帯電話ディスプレイを光源とした光信号マーカーを実現した。さらに、実環境においてロバスト性を維持するための実装パラメータを評価し、提案手法の特性について考察するとともに、その有用な応用例について述べた。

大多数のユーザが既に所有している携帯電話を光信号発信源として利用できるようにしたことによって、光信号によるユーザ ID を活用したシステムの構築が容易になる。したがって、提案手法は、コンテキストウェアネスや AR の分野において数多く提案されている有用な高度情報提供システムを早期に実用化し、その普及に向けた足がかりを築くための有力な手段となり得る。

本論文においては、実装システムにより提案手法の動作を確認したが、信号検出性能やデータ伝送速度の向上に向け、色相差光信号手法の特性についてより細かく検証する必要がある。そのため、今後、各種条件下で評価実験を行い提案手法の特性を明らかにしていく。そして、それらの知見を踏まえ、実装方法を改良するとともに、アプリケーションシステムの実用化を進める。また、より高性能な光信号 ID システムの実現にむけて、多色発光 LED と高速カメラを用いた提案手法の実装と性能評価を行っていく。

参考文献

[1] 角康之, “実世界インタラクションにおける状況認識の役割,” システム制御学会誌「システ

- ム/制御/情報」, vol. 47, No. 4, pp. 179-184, 2003.
- [2] 上岡英史, “コンテキストウェアネスを用いたアプリケーションの研究動向,” 情報処理, vol. 44, No. 3, pp. 265-269, 2003.
- [3] 暦本純一, “2 次元マトリックスコードを利用した拡張現実感の構成手法,” インタラクティブシステムとソフトウェア IV, pp.199-208, 近代科学社, 1996.
- [4] 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スマートカメラ,” 情報処理学会論文誌, vol.43, No.12, pp.3664-3674, Dec. 2002.
- [5] D. J. Moore, R. Want, et al. “Implementing Phicons: Combining Computer Vision with Infrared Technology for Interactive Physical Icon,” Proceedings of ACM UIST '99, Ashville, N.C., November 8th-10th, pp. 67-68, 1999.
- [6] 青木恒, “カメラで読みとる赤外線タグとその応用,” インタラクティブシステムとソフトウェア VIII, pp.131-136, 近代科学社, 2000.
- [7] 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,” 情報処理学会知的都市基盤研究グループ研究報告, 2002-ICII-3, pp. 1-7, 2002.
- [8] 森澤文晴, 武藤伸一郎, 寺田純, 佐藤康博, 門勇一, “遠隔地の「ヒト・モノ」に触る Stick-on Communicator (StiC),” インタラクシオン 2003 論文集, pp. 223-224, 2003.
- [9] M. Weiser, “The Computer for the 21st Century,” Scientific American, 265(3), pp. 94-104, 1991.
- [10] 塚本昌彦, “実空間利用のためのビジュアルなコンピュータ間通信方式,” 情報処理学会研究報告 (モバイルコンピューティング 2000-MBL-12), Vol.2000, No.14, pp.25-32, 2000.
- [11] 細谷英一, 北端美紀, 佐藤秀則, 原田育夫, 野島久雄, 森澤文晴, 武藤伸一郎, “実世界インタラクションのためのミラーインタフェース,” インタラクシオン 2003 論文集, pp. 95-96, 2003.