

近距離モバイル情報サービスのための小型 PDA を用いた 反射率変調空間光通信

伊藤日出男^{*†}, 林新^{*}, 中田豊久[†], 中村嘉志^{*}, 西村拓一^{*}, 山本吉伸^{*}, 國藤進[†], 中島秀之^{*†}

^{*}産総研 サイバーアシスト研究センター, 科学技術事業団 CREST

[†]北陸先端科学技術大学院大学

要旨 我々は低消費電力携帯通信情報端末（マイボタン）を用いた，近距離測位通信システムによる情報サービスの研究を進めている．このシステムでは，端末局は反射率変調による低消費電力情報送信を行い，基地局である測位通信装置は，端末の位置や方向を取得し，赤外空間光通信でサービス情報の送受を行う．本報告では，液晶ディスプレイの背面の散乱板を再帰光反射板に交換した小型 PDA を用いた，反射率変調による空間光通信の実装について述べる．

キーワード: マイボタン, 反射率変調, 液晶光変調器, ワンダースワン

Spatial optical reflectivity modulation using a compact PDA for short-range mobile information services

Hideo ITOH^{*†}, LIN Xin^{*}, Toyohisa NAKADA[†],

Yoshiyuki NAKAMURA^{*}, Takuichi NISHIMURA^{*}, Yoshinobu YAMAMOTO^{*},

Susumu KUNIFUJI[†], and Hideyuki NAKASHIMA^{*†}

^{*}Cyber Assist Research Center, AIST and CREST JST

[†] School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract We have been developing information service system based on an short-range locating and communicating system using a low-power-consuming handheld communication terminal. in this system, terminals send data with a reflectivity modulating data transmitting technique, and a base station measures the position and direction of the terminal and communicate with the terminals via infrared spatial optical light communication. In this report, characteristics of spatial optical communication technique implemented on a compact PDA with a corner reflecting liquid crystal display.

Key words: My-Button, reflectivity modulation, liquid crystal light modulator, WonderSwan

1. はじめに

我々は屋内のような近距離閉空間において、健常者だけでなく高齢者や障害者も含めたユーザに対して、適切な質と量の情報サービスを常時提供し続けることを可能とするシステムの構築を進めている[1]. このためには、情報の取得と提供を行う携帯情報端末の消費電力の低減が重要な要素となる. 携帯電話や無線LANのように端末局からデータを送出するために、消費する電力は無視できないほど大きい. 例えば、携帯電話では、待ち受け受信状態では約1週間動作できるのに対して、通話状態では約2時間しか動作できないことが知られている. これは携帯電話の待ち受け時には電子回路が間欠動作するなど、低消費電力動作をしているだけでなく、通話時には電磁波を自局から常時放射しなければならないことが大きく寄与している. したがって、端末局からのデータ送信時の電力を低減することは、情報通信端末のより長時間の動作や、演算能力のより有効な活用に役立つことになる.

太陽電池に照射された強度変調光のエネルギーのみでイヤホンの振動板を駆動して情報提供を行う、CoBITシステム[2][3]や、同様に太陽電池のみを電源として音声情報を受信するだけでなくIDを発信することができシステムが提案されている[4][5].

反射率変調通信技術は、基地局から端末局に照射される高周波電力を利用してデータ送信を実現するため、消費電力の低減に対する解の一つとなる[6][7]. ただし、反射率変調空間光通信における受信光強度は基地局と端末局の距離、角度等に大きく依存することが考えられる.

本報告ではこの反射率変調技術を、開発キットの利用によりPDAとして動作させることのできる小型携帯ゲーム機、WonderSwanに実装し、その空間光通信特性およびその認識率の向上手法について述べる.

2. 再帰光反射通信機能の実装

再帰光反射率変調通信を行うためには、再帰光反射機能と反射率変調機能を実現する必要がある. これらの機能をバンダイ社

製のWonderSwanに実装した. WonderSwanは反射型白黒液晶ディスプレイを有し、単三乾電池1本で動作する携帯ゲーム機である. 再帰光反射機能は、住友3M社製の再帰光反射シートを液晶ディスプレイの背面の光散乱シートと交換することで実現した. 反射率変調機能は、この反射シートからの再帰反射光を、液晶ディスプレイの画面制御による透過率変調により実現した. 液晶ディスプレイの制御は、“Wonder Witch”というソフトウェア開発ツールにより、画面全体の表示をある文字コードを時系列で白黒反転させることにより実現した. Fig.1に再帰光反射シートに換装したWonderSwanを示す. 以下、このシートを換

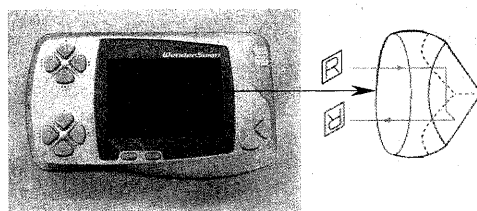


Fig. 1 The WonderSwan with a corner-cube-array sheet.

装したWonderSwanをWonderSwan改と称する. コーナーキューブプリズムは、Fig.1に示すように入射光が素子に対して全反射を満たす角度で入射した場合に、入射光に正対する方向に反射する光学素子である. 再帰光反射シートはこのコーナーキューブのアレイをプラスチックのモールドにより実現されている.

3. 再帰光反射通信端末の通信特性

WonderSwan改による再帰光反射通信を行う通信品質を調べるために、WonderSwan改の再帰空間光反射強度の入射角度依存性、反射光強度の周波数依存性(-3dB帯域幅)、理論ビット誤り率についての測定と評価を行った.

まず、WonderSwan改をFig.2の光路内に配置し、その画面を受光可能な角度内に回転させ、反射光強度の変化により、入射角度依存性を調べた. 光信号の伝送媒体として、アイセーフの $1.48\mu\text{m}$ の半導体レーザーを使った. 測定結果として、3つの入射角と対応するオシロスコープに検出された反射光強度の電圧波形をFig.3に示す. また、

空間光反射強度の入射角度依存性を Fig. 4 に示す. 反射率(92%)の単一のコーナークューブプリズムと比較すると, WonderSwan

改の反射率は約 $\pm 30^\circ$ の範囲内で 30%以上になっていることがわかる.

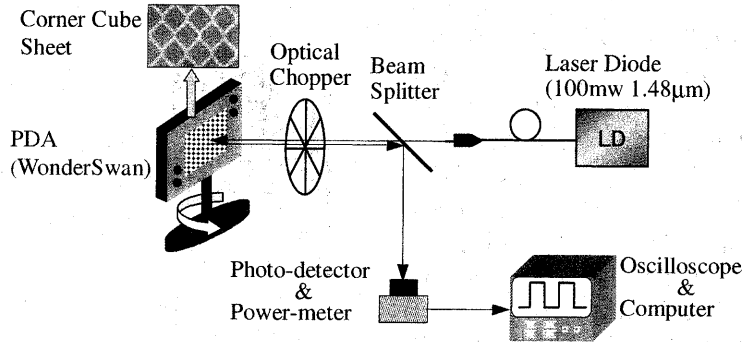


Fig. 2 Experimental setup used to measure the communication characteristics.

また, Optical Chopper を取り外した Fig. 2 に示される光学系を使用し, 周期的に変化しているパルス列を WonderSwan 改に書き込み, パルス列の伝送周波数を変化させ, Q -factor をオシロスコープで計測し, その周波数依存性を検討した. 実測結果を Fig. 5 の上のグラフに示す. この結果から, -3dB 帯域幅は約 1.7Hz と測定された. さらに,

これらの周波数に対応している Q -factor

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right) \approx \left[\exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right)\right] / [Q\sqrt{2\pi}]$$

に代入して, デジタル通信品質としての理論ビット誤り率 (BER) を求めた. 結果を Fig. 5 の下側のグラフに示す. 周波数の増加により, BER が大きくなり, 通信品質が悪くなることがわかった.

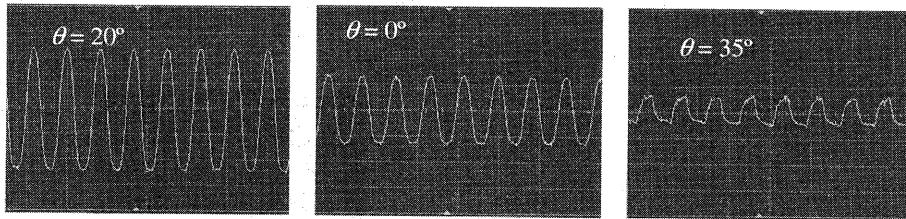


Fig. 3 Output waveforms of reflection intensities on incidence angles are 20° , 0° , and 35° .

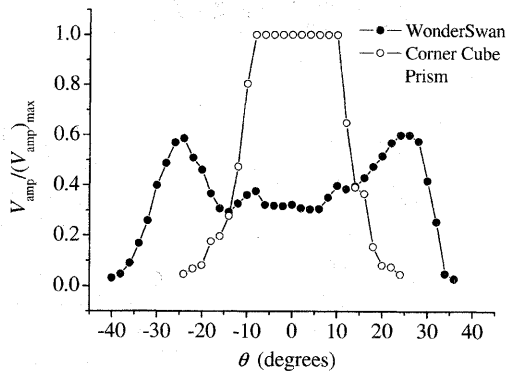


Fig. 4 Dependences of reflection intensities on incident angles.

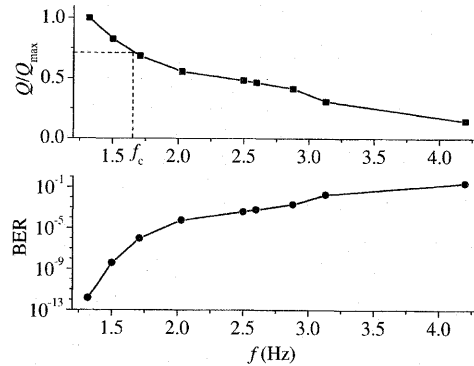


Fig. 5 Dependences of Q -factors and BERs on frequencies.

4. 近距離測位通信装置と通信端末の通信特性

再帰光反射率変調通信を行う端末の基地局として、我々は近距離光通信装置(i-lidar)を開発している[8]。この装置は、近赤外LED光で室内を照明し、反射光を可視光をカットする光学フィルタを装着した CCD カメラによる撮像で端末から送信されるデータを並列に取得することと、光発信波長 $1.48\mu\text{m}$ の半導体レーザビームによる個別にデータ送受することが可能である。Fig.6 に試作した i-lidar システムの外観図を示す。また、Fig.7 にカメラの視野の中央(center)、左(left1)、そして左端(left2)における、情報端末が暗画面(signal 0) と明画面(signal 1)の場合の端末への入射角に対する再帰反射光強度の変化を示す。カメラによって撮像された画像は 512×480 画素、光強度は 0 から 255 の範囲とした。数値が大きい方がよ

り輝度が高く、輝度が 70 未満あるいは輝点の面積が 10 画素未満はノイズとして除去した。

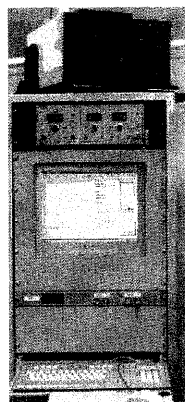


Fig.6 i-lidar system

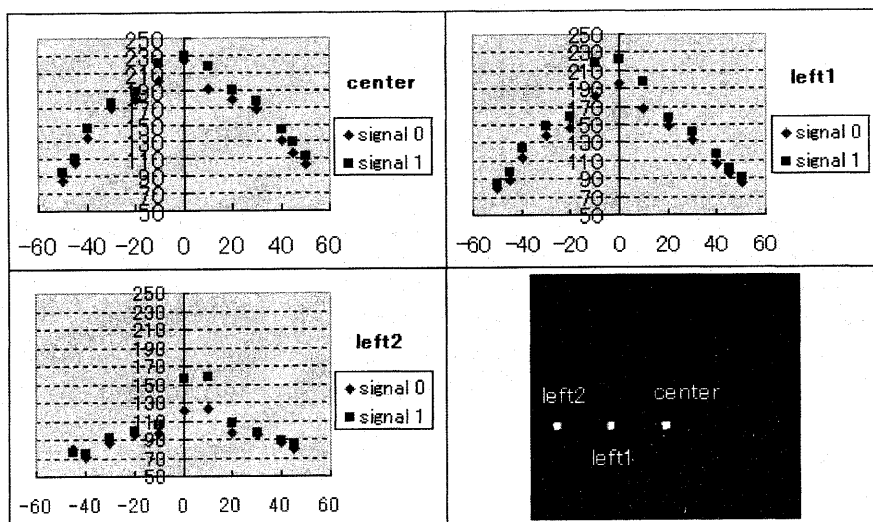


Fig.7 Positional reflected intensity dependences as a function of incident angles to a terminal

5. 機械学習による認識率の向上

端末への入射角およびにカメラの視野の位置により反射光強度は大きく変化する。この不均一性は、Fig.4 の結果とあわせて考慮すると、照射する赤外 LED による照明光の不均一な分布によるもの大きいと考えられるが、現状の LED の照射パターンにおいて、機械学習の手法を用いて認識率を向上させることができるかどうかを試みた。機械学習のアルゴリズムとしては、Weka [9]によって実装された 15 種類の手法、

ZeroR, IB1 [10], C4.5 [11], PART [12], KernelDensity, KStar [13], NaiveBayes [14], OneR [15], SVM [16], NeuralNetwork, AdaBoostM1 [17], Attribute Selected Classifier [18], Bagging[19], Classification Via Regression [20], そして LogitBoost [21]の各手法で比較を行った。

実験結果を Fig. 8 に示す。ここで、最も成績のよかった LogitBoost(KStar)法で

は、1 ビット送出する際に正しく認識される確率が 0.9252 であることを示している。これは、マイボタンが 1 バイトのデータを

送出する場合に、通信エラーとなる確率が約 0.4631 となり、およそ 2 バイトに 1 バイトはエラーとなることになってしまう。

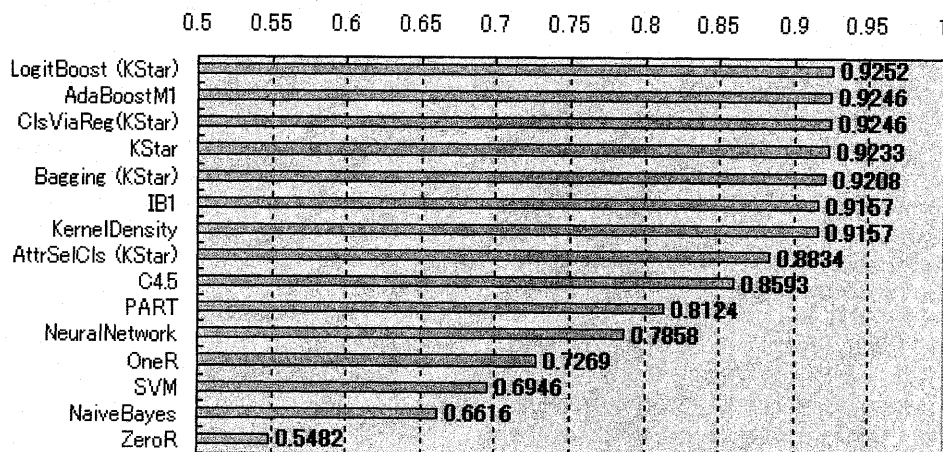


Fig.8 Recognition result of various machine learning techniques

5. 考察

以上の測定結果から、WonderSwan は低消費電力携帯通信端末になることが可能であるが、液晶ディスプレイの変調速度が遅く、-3dB 帯域幅で約 1.7Hz とデータ伝送速度が遅い、試作した測位通信装置の LED 赤外光投射装置の照射分布に大きな不均一性がある、という課題が明らかになった。ディスプレイ表示の変調速度が遅いことは、シリアル通信用外部端子に、ポリマネットワーク液晶変調器 (-3dB 帯域幅 20Hz) や強誘電性液晶変調器 (-3dB 帯域幅 >4kHz) を装備することにより高速化が期待できる。Fig.6 に低消費電力高速通信モジュールを装備した WonderSwan 改を示す。

角度依存性の低減には、単一のコーナークュープリズムよりも再帰反射シートの方がより広い角度をカバーできる。これは全反射を満たさない場合にも隣接した構造で全反射を満たす場合にそれらの多重反射でより広い角度で反射することができるためであると考えられる。

撮像素子の画面内不均一の低減には、

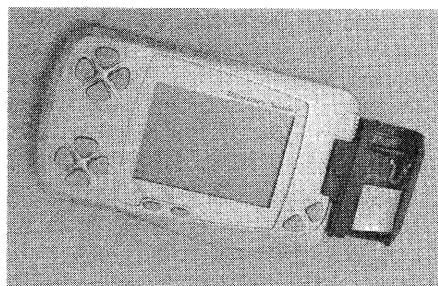


Fig. 6 The WonderSwan with a high speed communication module.

LED 赤外光投射装置の照射分布の調整が最も有効であると考えられる。

5. おわりに

本報告では、小型 PDA になる WonderSwan を低消費再帰光反射率変調携帯通信端末として改裝し、その空間光通信特性について述べた。

WonderSwan 改の試作で協力いただいたシチズン時計(株)と技術的協力をいただいた佐藤良太氏に感謝する。

参考文献

- [1] Hideyuki NAKASHIMA and Koiti HASHIDA, "Location-based Communication Infrastructure for Situated Human Support", *Proc. of World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2001)*, Vol.IV, pp.47-51, (2001).
- [2] 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情報支援システム", (2002).
- [3] Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura, Hideo Itoh, and Hideyuki Nakashima, "A System of Card Type Battery-less Information Terminal: CardBIT for Situated Interaction," In *Proc. of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom2003)*, pp.369-377, Mar (2003).
- [4] 中村嘉志, 西村拓一, 伊藤日出男, 中島秀之, "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" 第2回 IPSJ-UBI 研究会予稿, (2003).
- [5] 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, Nov (2003).
- [6] Xin Lin and Hideo Itoh, "Wireless Personal Information Terminal for Indoor Spatial Optical Communication System Using a Modified DataSlim2," *Optical Review*, Vol.10, No.3, pp.155-160, May-Jun (2003).
- [7] 林 新, 伊藤 日出男, "小型空間光通信端末用 DataSlim2 の多文字伝送品質," 電子情報通信学会技術研究報告, OPE2003-22~33, pp.1-4, Jul (2003).
- [8] Hideo ITOH, "i-lidar(TM): an indoor laser radar communication system for the location-based information service environment", *Proc. of World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2001)*, Vol.IV, pp.36-40, (2001).
- [9] <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/>
- [10] D. Aha, and D. Kibler, "Instance-based learning algorithms", *Machine Learning*, vol.6, pp. 37-66 (1991).
- [11] Ross Quinlan, *C4.5: Programs for Machine Learning*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA (1993).
- [12] Eibe Frank and Ian H. Witten "Generating Accurate Rule Sets Without Global Optimization", In Shavlik, J., ed., *Machine Learning: Proceedings of the Fifteenth International Conference*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA (1998).
- [13] John, G. Cleary and Leonard, E. Trigg "K*: An Instance-based Learner Using an Entropic Distance Measure", *Proceedings of the 12th International Conference on Machine learning*, pp. 108-114 (1995).
- [14] George H. John and Pat Langley, "Estimating Continuous Distributions in Bayesian Classifiers", *Proceedings of the Eleventh Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp. 338-345. Morgan Kaufmann, San Mateo (1995).
- [15] R.C. Holte, "Very simple classification rules perform well on most commonly used datasets", *Machine Learning*, Vol. 11, pp. 63-91 (1993).
- [16] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor "An Introduction to Support Vector Machines", Cambridge Press (2000).
- [17] Yoav Freund and Robert E. Schapire, "Experiments with a new boosting algorithm", *Proc International Conference on Machine Learning*, pages 148-156, Morgan Kaufmann, San Francisco (1996).
- [18] M.A. Hall, "Correlation-based Feature Subset Selection for Machine Learning", Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy at the University of Waikato (1988).
- [19] Leo Breiman, "Bagging predictors", *Machine Learning*, 24(2):123-140 (1996).
- [20] E. Frank, Y. Wang, S. Inglis, G. Holmes, and I.H. Witten, "Using model trees for classification", *Machine Learning*, Vol.32, No.1, pp. 63-76, (1998).
- [21] J. Friedman, T. Hastie and R. Tibshirani, "Additive Logistic Regression: a Statistical View of Boosting", <ftp://stat.stanford.edu/pub/friedman/boost.ps> (1998).