

平成21年5月29日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19500049  
 研究課題名（和文） ユーザー監視に基づく計算機ディスプレイ電力管理技術の開発  
 研究課題名（英文） Development of computer display power management technology that is based on user monitoring  
 研究代表者  
 V. G. Moshnyaga (V. G. MOSHNYAGA)  
 福岡大学・工学部・教授  
 研究者番号： 40243050

## 研究成果の概要：

本研究の目標は、コンピュータ・ディスプレイでのエネルギー消費を削減するために、ビデオ・カメラを使用してユーザー視線監視によるディスプレイ電力管理技術を確立することである。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク(1003)

キーワード： 計算機システム，ハードウェアアーキテクチャ，ハードウェア設計・情報機器

## 1. 研究開始当初の背景

現状のコンピュータ・ディスプレイの消費電力はパソコン（PC）全体の1/3も占める。近年、国内外で様々なディスプレイの消費エネルギー削減手法が提案されたが、それらの手法はいずれもディスプレイ観視者の視点がどこにあるかという情報を無視している、という欠点を有する。即ち、PCでは、ユーザーの不活動間隔をディスプレイ・バックライト照度に関連付けているといってもよいが、そこには大きな問題が存在する。もし、ユーザーが不活動間隔を短く（例：1分）に設定した場合、ディスプレイが頻繁に暗くなり低消費エネルギーモードに遷移するため煩わしく感

じられる。逆に、不活動間隔を長くすると、消費エネルギー削減効果はさほど得られない。また不活動間隔を変更するにはシステム設定を調整しなければならず一般ユーザーはこれをあまり知らないし、また煩わしいと考えるため、不活動間隔は数十分に設定されたままになることが多い。ゆえに、PCユーザーがディスプレイを注視していないとき、あるいは一時的にPCから離れている間もバックライトは点灯したままであり、無駄にエネルギーを費やしている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、ディスプレイのエネルギー消費を低減させるための、新たな電力

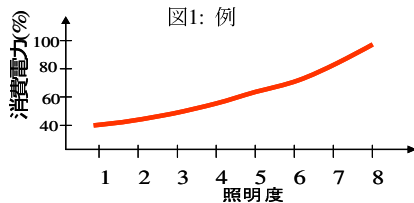


図2: ディスプレイ照明度とバックライトの電源電圧

管理技術を開発することである。現在の電力管理技術と対照的に、新技術ではビジョン・センサを用いてユーザーの振る舞いを監視することによりディスプレイでのエネルギー消費を管理することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、小型ビジョン・センサを使用してPCユーザーの視線を監視し、その結果によりディスプレイの電力管理を行う。普通のビデオ・カメラと違ってこのビジョン・センサは撮影された画像を認識し「ユーザーがディスプレイの前に居るか居ないか」、またユーザーがディスプレイの前にいる場合は「ディスプレイ画面を見ているか否か」を判断することができる。その結果はディスプレイ・コントローラに送信される。ユーザーがディスプレイの前に居ない場合（例：図1右下の写真）、コントローラはディスプレイをOFFモードにし、バックライトを消灯させる。また、ユーザーがディスプレイの前に座って画面を見ている場合（例：図1左上の写真）、コントローラ制御部はディスプレイをON状態にし、バックライトの照度を上げる。もし、ユーザーがディスプレイ画面を見ている、あるいはある一定時間、目を閉じているような状態を検出したならば、消費エネルギー削減のため徐々にバックライト照度を落とすよう動作する（図2）。その状態からの復帰は、ユーザーが画面に視線を戻したことをビジョン・センサが検出したら、確実に、自動的に行われる。もしユーザーが席を離れ、センサ範囲外に移動したことを検出したなら、コントローラはディスプレイをOFFにする。

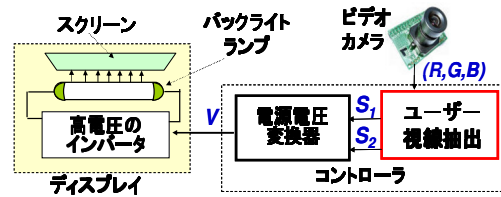


図3: システム構成

その後ユーザーが戻ってきてディスプレイの電源ONボタンを押すことで元に復帰する。

### 4. 研究成果

本研究の主な成果は、具体的には下記の3つに分けられる。

- (1) ディスプレイ消費エネルギーを低減させるための新たな電力管理技術
- (2) 低消費エネルギーを目的としたユーザー振る舞い認識の最適化
- (3) ディスプレイの電力管理システム

#### 4.1. ディスプレイ消費エネルギーを低減させるための新たな電力管理技術

現在の電力管理技術と対照的に、新技術では、ディスプレイ前面にビジョン・センサを埋め込み、撮影された画像を認識し、「ユーザーがディスプレイの前に居るか居ないか」またユーザーがディスプレイの前にいる場合は「ディスプレイ画面を見ているか否か」を判断によりディスプレイ・バックライトの電源電圧を適応的に制御する。図3に示すようにコントローラではその情報から適当なバックライト印加電圧レベルを求め、バックライト輝度を制御する。本技術を実現するためのユーザーの振る舞い及び視線を監視する手法を提案し、消費エネルギー・オーバーヘッドを削減するためのアルゴリズム最適化を行い、様々な低消費電力設計手法を提案した。

#### 4.2. 低消費エネルギーを目的としたユーザー振る舞い認識の最適化

ユーザーの振る舞い認識処理の消費エネルギーを削減するための動画像における顔領域抽出処理や瞳検出処理に関する演算量とメモリ・アクセス回数を削減する手法を検討し、アルゴリズムの最適化を確立した。即ち、6分割矩形フィルタによる瞳検出方法に基づき、動画像の相関関係を利用して顔動き予測処理により、顔探索領域を減少化し1、演算量やメモリ・アクセス回数を削減する最適化した。最適化した6分割矩形フィルタは他の

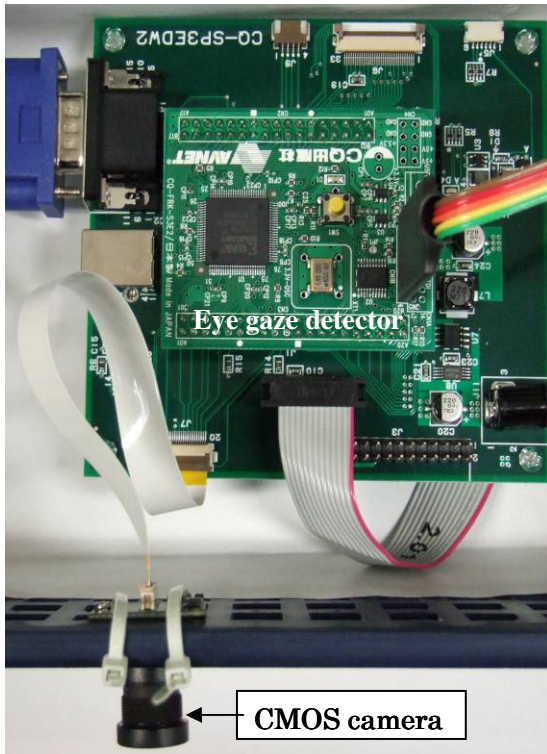


図4: システムの写真

手法よりも比較的少ない演算量で瞳を検出することができる。実験結果により、テストの動画像において、従来手法と比べ、同一成功率で、約99%の演算量削減に成功した。

4.3. ディスプレイの電力管理システム  
 ユーザーの振る舞いを監視するビジョン・センサのアーキテクチャ、構成、回路設計に関する調査を行い、FPGAによるハードウェアを設計した。図4に試作したシステムボードの写真を示す。表1に実験評価の結果を示す。本システムで実現されるユーザー振る舞い監視処理にかかる消費電力は、ソフトウェアで実現した場合の約1/3.0となることがわかった。また、ディスプレイ・バックライト・コントローラを試作しTFTディスプレイに組み込んでプロトタイプ・システム実験評価を行った。ユーザーがディスプレイ画面を見ていると画面を見えていない状態に対応したTFTディスプレイ照度の変化例を図5に示す。実験結果より、本技術を適用することでTFTディスプレイでのエネルギー消費は図6のようにユーザーの振る舞いに伴って変化し、現在のACPI技術と比べると大幅に削減できた。実際にユーザーがACPIの不活動感覚を20分に設定した場合と比較して、エネルギー消費を40%程度削減できることがわかった。

表1: 開発したユーザー視線検出回路のパラメタ

Parameter	Value
System clock frequency	48MHz
External voltage	3.0V
Internal voltage	1.2V
System gate count	250000
Logic cell count	18508
Memory size	216Kb
Frame size (pixels)	160x120
Detection rate	20fps
Power	150mW

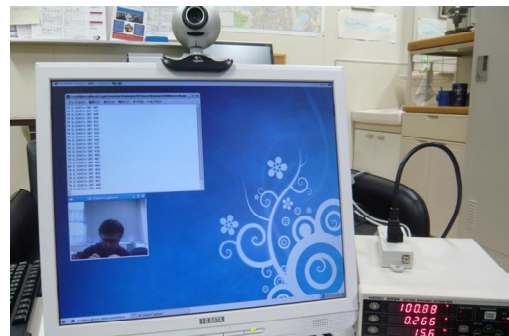


図5: ディスプレイの照度変化例: ユーザーが画面を見ている状態 (上の写真) とユーザーが画面を見えていない状態 (下の写真)

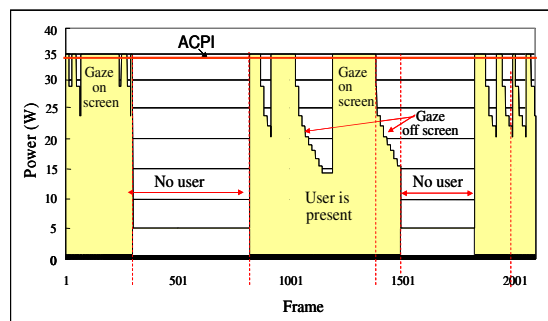


図6: 実験結果例

本研究は今日のPCディスプレイの電力管理技術が含む矛盾を排除することを第一目的としており、それゆえに重要である。本研究で生み出される独創的なビジョン・センサ・ベースのディスプレイ電力管理技術により、ユーザーの振る舞いを的確に無駄なく監視できるため、ディスプレイの消費エネルギーを著しく減少させることが可能になった。

現在我々はユーザーの振る舞いを監視するFPGA回路を用いて技術の有効性を実証した。今後は、全体のシステムの消費エネルギー収まるために、CMOSセンサーと電源電圧のコントローラを専用大規模集積回路に実現について研究を進めて行きたい。また、提案した技術の拡大・最適化を行い、テレビの消費電力管理技術として研究調査を進めて行きたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

[1] V.G.Moshnyaga, “Using Video Technology for Reducing Computer Energy”, Proceedings of the IASTED International Conference on Advances in Computer Science and Engineering, March 16-18, pp.193-198 (2009) 査読有

[2] V.G.Moshnyaga, “Untraditional Approach to Computer Energy Reduction,” in “Integrated Circuit and System Design, Power, Timing Modeling and Simulation”, L.Svenson and J.Monteiro (Eds), LNCS5349, pp.82-92 (2008) 査読有

[3] V.G.Moshnyaga, K.Hashimoto, and T.Suetsugu, “A Hardware Design for Camera-Based Power Management of Computer Monitor”, Proceedings of the 11 Euromicro Conference on Digital System Design, Architectures, Methods and Tools, Parma Italy, pp. 203-209 (2008) 査読有

[4] V.G.Moshnyaga, “How to Really Save Computer Energy?” Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Design, Las Vegas, July 14-17, NV, USA, CREA Press, pp. 89-95 (2008) 査読有

[5] V.G.Moshnyaga, K.Hashimoto and T.Suetsugu, “A Hardware Design for Camera- Based User’s Presence Detector,” Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics”, Oct.12-15, Singapore, pp.429-432 (2008) 査読有

[6] V.G.Moshnyaga, K.Hashimoto and T.Suetsugu, “FPGA design for user’s presence detection,” Proceedings of the 15<sup>th</sup> IEEE International Conference on Electronics, Circuits and

Systems, Malta, Aug.31-Sep.3 pp.1316-1319 (2008) 査読有.

[7] V.G.Moshnyaga, H.Vo, G.Reinman, and M.Potkonjak, “Reducing Energy of DRAM/Flash Memory System by OS-controlled Data Refresh”, Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, New Orleans, USA, pp.2108-2111 (2007) 査読有

[8] V.G.Moshnyaga, “Power Reduction Techniques for Digital Array Multipliers”, Proceedings of the IEEE TENCON, Oct.30-Nov.2, Taipei, pp.110-113 (2007) 査読有

[9] V.G.Moshnyaga, “Static Macroblock Prediction for Low-Complexity MPEG Video Codec, Proceedings of the IEEE TENCON, Oct.30-Nov.2, Taipei, pp. 114-117 (2007) 査読有

[10] V.G.Moshnyaga, “A Comparative Analysis of Data Driven Architectural Techniques for Low-Power Array Multipliers”, Proceedings of the 41<sup>st</sup> Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Monterey, USA, pp.972-976 (2007) 査読有

〔学会発表〕(計 2 件)

[1] 橋本 浩二、モシニャガ ワシリー、末次 正、  
「FPGAによるPCユーザー監視システムの設計」  
平成19年度電子情報通信学会総合大会、北九州大学、平成20年3月

[2] V.G.Moshnyaga, K.Hashimoto, “A video-camera based approach for reducing energy of computer display”, 平成19年度照明学会第40回全国大会、福岡工業大学、平成19年4月

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

V.G. Moshnyaga (V.G. MOSHNYAGA)  
福岡大学・工学部・教授  
研究者番号： 40243050

(2) 研究分担者

鶴田 直之 (TSURUTA NAOYUKI)  
福岡大学・工学部・教授  
研究者番号： 60227478

末次 正 (SUETSUGU TADASHI)  
福岡大学・工学部・准教授  
研究者番号： 60279255

橋本 浩二 (HASHIMOTO KOJI)  
福岡大学・工学部・助教  
研究者番号： 40412572