

空き端末探索のための状態表示装置

船木麻由, 西垣桂, 齊藤明紀
鳥取環境大学

端末に取り付ける LED ランプ式空き端末表示装置を開発した。色と点滅で利用可能状況を表示するもので、端末室で利用者が素早く空き端末を探し出すことができる。特に、電源オフの端末と稼働中の端末が混在する環境で有用である。

この装置はシリアルポートに接続するもので、低コストで作製でき、OS カーネルを改変することなくユーザプログラムのみで制御することができる。本研究ではさらに、本学の端末室の 50 台のパーソナルコンピュータに実際に表示装置を取り付けて、視認性や使い勝手について確認した。

LED lamps on PC indicating its Availability

Mayu FUNAKI, Katsura NISIGAKI, Akinori SAITOH
Tottori University of Environmental Studies

We developed a terminal status indicator device attached above PC body. It has two LED lamps at the head of a stick and shows vacant/occupied status of each PC. Using this device, users can easily reach to vacant terminal seat. Especially this system is useful for PC rooms that are a mixture of powered and unpowered PCs to find ready-to-login PC.

This device is connected to a serial port, and userland program can control LED lamps without OS kernel modification. We manufactured 50 indicators and attached them to all PCs in our PC room. We also investigated their visibility and usefulness.

1. はじめに

パーソナルコンピュータ(PC)を並べた端末室やパソコン教室は大学等多くの教育機関に設置されている。50~60 席を超えるような大きな端末室では混雑時には利用者が空き端末を探す手間が問題となる。

また、端末の電源を切っておき利用者自身がスイッチを入れる運用形態の場合は、電源オンの端末と電源オフの端末がモザイク状に混在することになる。電源オフの端末では電源を入れてからログイン可能になるまでに数分の待ち時間が生じてしまう。そこで、空き端末の中でも、稼働中でログイン可能状態にある端末を優先して探したいという要求が出てくる。

本研究では端末に、LED ランプによる表示装置を取り付けて端末の状況(空き、使用中、起動中、など)を示すシステムを開発する。そして、表示装置を本学の端末室の Linux PC 上に実装し、評価する。

2. 考察と仕様決定

空き端末探索の需要と従来からある空き端

末表示システムについて考察し、仕様を決定した。

2.1 考察・検討

空き端末表示としては、端末配置図に空き/使用中の別を重ねてコンピュータ画面にグラフィック表示するものがよく見られる[1,2]。

教室の入り口等に LCD ディスプレイ等を設置して端末の空き状況を表示する場合には次のような得失がある。

- ソフトウェアだけで実現できるので開発が楽。また市販の授業支援システムが端末利用状況表示機能を持っている場合も多い。
 - 表示された配置図を実際の教室の端末の配置に対応づけて把握することが苦手な利用者もいる(いわゆる「地図が読めない」人)。
 - 表示の更新タイミングの関係で、空きと表示された端末に到達してみたら利用者が居る、あるいは、表示装置から空き端末までの移動の間に他の新規利用者に端末を確保されてしまうことがある。この場合、また表示装置がある教室入り口まで戻るのは面倒である。
- 一方、端末に空き状況を示す表示 LED を取

り付けた場合には、以下のような得失が予想される。

- ハードウェアの取り付けが必要な点で手間がかかる。
- 教室のどこにいても空き末端を探せる。
- 空き末端の名前はわかるが場所がわからない、といった問題は生じない。

2.2 ログイン可能状況の表示

従来は端末室の末端を常時稼働させる事例が多かったが、近年は省エネルギーの要請が強まっている。筆者らの学科でも、空き末端は出来るだけ電源を切っておくという運用形態への変更を準備中である。

電源が切れている末端ではログインするまでに数分間の待ち時間が必要となる。また利用者がログアウトしてしばらくするとディスプレイがパワーセーブで消えてしまうので、ログイン可能末端と電源が切れている末端を見分けるのは難しくなる。

そのため、末端を常時稼働でなくする代わりに空き末端の中でも特に起動済みの末端を優先して探せるような仕組みを導入することがユーザーサービスの点で有用であると考えられる。

2.3 仕様

以上のことから、少なくとも以下の4状態を区別できることが必要である。

- (a) 電源オフ
- (b) 起動中
- (c) 起動済み、ログイン可
- (d) 使用中(ユーザログイン中)

利用者にとって都合の良い優先順は、c→b→a→dであり、できればこの順に目立つことが望ましい。

コストの点ではランプの個数が少ない方がよいが、4つの状態を1つのLEDランプだけで一目でわかるように区別することは難しい。そこで、2つのLEDを用いることにした。

3. LEDランプ駆動回路の設計

特別なデバイスドライバが不要であることから、レガシーシリアルポートにLEDを接続することにした。パラレルポートを用いても同様にLEDを点灯できるはずであるが、本学のPCではパラレルポートはデジタル回路演習で使用するため空いていない。

シリアルポートについて調査検討したところ、次のことがわかった。

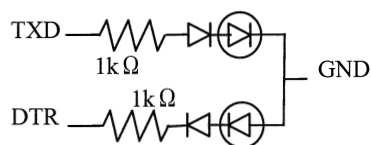


図1 回路図

- 電源オフの状態ではシリアルポートの電力が供給されないため、ランプ全消灯状態を電源オフ状態を表すものとするしかない。
- 電源が入ってシリアルポートのデバイスがハードウェアリセットされた時点で、TXD, RTS, DTRの各出力信号が負電圧を出力する。
- プログラムがシリアルデバイスをオープンすると、RTSとDTRが正電圧となる。またTXDは負電圧で、データを送信するとそのビットパターンに応じて正電圧が出力される。
- デバイスを制御することで、オープン中にRTSやDTRから負電圧を出力できる。
- ブート過程の前半はLED制御ソフトが起動できないので、ハードウェアの配線で点灯形態を決めるしかない。
- OS起動後は制御ソフトが起動できるので自由に点滅を制御できる。

以上のことから、TXDに逆方向に接続した青LEDでブート中とログイン可を表し、TXDに順方向に接続した赤LEDで使用中を表すことにした。LEDを逆電圧から保護するためにシリコンスイッチングダイオードを直列に接続している(図1)。

シリアルポートの電流ドライブ能力は短絡時最大電流でもせいぜい10~15mA程度しか期待できない。そこで、直列抵抗を1kΩとして、青LEDは2mA、赤LEDは3mAで駆動している。直列抵抗を270Ωにすることで、青LEDの駆動電流を増やすことができる。ただし、シリアルポートの駆動能力の機種差で、8mA流れる機種もあれば、電圧降下を起こして4mAしか流れない機種もあった。

PCの電源が投入された時点でDTRから負電圧が出力され、青LEDが点灯する。ログイン可能状態はもっとも目立つことが必要なので青LEDを点滅させて表す。ログイン中は赤LEDを連続点灯させる。

試作の結果、安価なLED(1個4円程度で、100mcd前後@20mA)では明らかに光量不足であったため、超高輝度LEDランプ(OSUB5161PとOSHR5161P)を用いた。駆動電流75mAで

8,400mcd(青)/12,000mcd(赤)という性能であるが、本装置のような小電流で駆動したときの輝度はデータシートに記載されていない。

端末の周囲どの方向からもLEDが視認できる必要があるが、シリアルポートの電流供給能力からLEDを複数取り付けるのは得策ではない。そこで、半減角 60° の広角タイプLEDランプを垂直方向に取り付けてみたが、横からの視認性は不十分だった。そこでさらに、LED光拡散キャップを取り付けて周囲からの視認性を確保した。

今回は50個だけの製造であったのでディスクリット部品を半田付けして製作した(エラー! 参照元が見つかりません。a)。また赤/青2つのLEDが相互に陰にならないように、垂直方向に積み重ねて実装し、3mm角の棒に接着した(エラー! 参照元が見つかりません。).

ハードウェアの部品コストは1台あたり200円弱で、工賃[†]を含めても400~600円程度で製作可能である。本研究ではシリアルポート用の表示器を作製したが、パラレルポート(プリンタポート)用でもコストはほぼ同じだと予想される。

4. 制御ソフトウェア

本学の端末室(ワークステーション室)の機種はCOMPAQ Evo DS510SF/CT P2.8(Pentium4 2.8GHz)で、OSはRED Hat Linux7.3が稼働している(カーネル2.4.18)。

このPCではシリアルポートにハードウェアリセットが行われた時点で起動中を示す青点灯、赤消灯状態になる。Linuxカーネルロード後、`/etc/rc`群でのデバイスプロンプ過程でLEDが1~2秒不規則に点滅してしまうが、大きな害はないと考えて対処していない。

4.1 制御ソフトウェアの開発

青LEDを点滅させる`blink`、赤LEDを連続点灯させる`txdon`と、それらを起動するシェルスクリプトに分割して作製した。

青LEDを点滅させるには、定期的にシリアルポートのオープン/クローズを行うだけでもよい。しかし、頻繁なオープン/クローズは無用な負荷となることと、`txdon`との排他制御の都合で、デバイスファイルをオープンしたままで点滅させる方式の方がよい。そこで、`ioctl`の`TIOCMSET`機能でDTR信号線を規定時間ごとにオン/オフさせている。



図2 PCに取り付けた表示装置

使用中を示すために青を消灯し赤を点灯させるには、デバイスをオープンし、TXDを連続オンにすればよい。そのためには、ブレイク信号送出を行う。Linuxでは`ioctl(TCSBRK)`や`tcsendbreak()`を用いた場合0.25秒間のブレイク信号送出が行われる[3]ので、これを繰り返して呼び出し続けている。0.25秒ごとに一瞬赤LEDが消灯しているはずだが、人間の目には連続点灯をしているように見える。

LED制御プログラムはどちらも起動したらまず`daemon(3)`を用いて制御端末を切り離しデーモンとなる。その後約10秒間、シリアルデバイスファイルに対して排他アドバイザリロック(`lockf`を使用)をかける。それ以降は、定期的にロック状況を調べ、他のプロセスによるロックを検知した時点で終了する。これにより、特別なプロセス間通信や`kill`コマンドを用いることなく、LED制御プログラムの一方が起動した時点で他方を自動的に終了させることができる。

また、`blink`には所定の時間連続稼働すると、端末をシャットダウンして電源を切る機能も持たせている。これはログインパネルが表示された状態で放置された端末の電源を切るための機能である。

4.2 制御ソフトウェアの導入

青点滅を始めるべきタイミングはOSの起動が完了した時点と、ログアウト処理が完了した時点である。赤点灯を行うべきタイミングはログイン手続(パスワードチェック以降)のどこかである。

OS起動完了による青LED点滅は、`/etc/rc.d/S99local`から制御プログラムを起動することで実現した。

試験運用を行った本学のワークステーション室ではGDMを使っているため、3つのシェルスクリプト`/etc/X11/gdm{Init, PreSession, PostSession}/Default`にLED制御プログラムの

[†]時給800円の学生アルバイトが、1時間に2~4個製造できるとして計算

呼び出しを追加した。

4.3 ソフトウェアの評価

作成した制御ソフトウェアは C で記述されており、blink.c が 127 行、txdon.c が 46 行、共通のヘッダファイルが 30 行という小規模なものである。仕様は以下のとおりである。

- txdon
引数無し。TXD を連続 ON にする。
- blink [-D] [-a] [-c cycle] [-d duty] [-t timeout]
各 PC の LED の点滅を同期するかどうかを -a オプションで選択する。点滅のサイクルはミリ秒単位、点灯と消灯のデューティ非はパーセント(1~99)で指示する。シャットダウンまでの時間は秒で与える。

Linux 以外の OS に実装する場合、制御ソフトウェアの変更が必要である。UNIX/POSIX 系の OS 相互でも、シリアルポート制御とアドバイザリロック(lockfか flockか)には差異があるため調整が必要である。Windows など非 POSIX 系 OS では移植ではなく再実装が必要になると思われる。

また OS が同じでもウィンドウシステムが異なるとログイン/ログアウト処理が異なるので、LED 制御ソフトの起動をどこに登録すべきかが変わってくる。

その他、青 LED の点滅を同期させるため、新たに ntp クライアントも稼働させる必要があった。LED 点滅の時刻のばらつきは肉眼では認識できない程度であった。

txdon は 0.25 秒ごとにシステムコールを繰り返す。5 分間稼働させて CPU 消費を調べたところ user 0.00 sec, system 0.01sec であった。よって、txdon の負荷がログイン中の利用者を妨害することないといえる。

5. 検証と評価

本学のワークステーション室の PC 端末 50 台に表示装置を実際に接続し(図 2)、わかりやすさや適切な取り付け高さ等を確認した。図 3 に本学のワークステーション室の見取り図を、図 4 に座席の見取り図を示す。PC は 53 台設置されているが、右端の 3 台を除いた 50 台に表示装置を取り付けた。

以下の 2 点を確認するため、評価実験を行った。

- LED 表示の視認性
 - 他の利用者にとっての目障りの度合い
- 夏休み中で被験者の手配ができなかったため、筆者 3 名(視力は 0.7~0.9)による主観評価

を行った。

5.1 検証実験

以下の項目を調査した

- LED の認知可能性について
 - 限界距離と駆動電流の関係
 - 背景の明るさの影響
 - LED の色
 - LED の設置位置の影響
- LED の目障りの度合い
 - 取り付け位置の影響
 - 点滅タイミングの影響

5.1.1 視認可能距離と LED の駆動電流

部屋に入って来た、立っている利用者が空き端末を探すことを想定して、視認可能な距離を調べた。LED の背景は壁際に置いた灰色のロッカーである。

端末室の遮光カーテンを閉まっており、蛍光灯はすべて点灯している。この状態で、青 LED が点灯していることが確認できる距離を調べたところ、端末室内で実験できる最大距離 17m でなんとか識別できた。点灯がはっきりとわかる距離は 12m であった。

抵抗を 270Ω に変更して駆動電流を増やし、廊下で確認したところエレベータのドア(灰色)を背景として、35m まで視認できた。

遠方の青 LED の点滅を視認した場合、だいたい距離がわかるだけで、その LED に対応する PC がどれなのかがはっきりわからない。LED は視認できてもそれにつながる木の棒は見えないためである。しかし、その方向に歩いて近づいてゆくとつれて LED がどの島に有かが判別でき、さらに近づくとどの席の LED かもわかるようになるので実際には支障はないとわかった。

5.1.2 背景と視認性の関係

LED の背景が窓で屋外が見えている(晴れに近い薄曇り)状況では、5m 離れただけで、点灯が視認できなくなり、10m 離れると LED が有ることすらわからなくなった。

背景が壁の場合とカーテンの場合では視認性の差はほとんど無かった。

5.1.3 消灯状態の LED の視認性

電源オフ状態を示す消灯した LED は 10m を超えると認識が難しかった。見つけやすさは、人が座っていない椅子を探す場合と変わりない。

5.1.4 色について

見やすさの点では、赤 LED が勝るが、赤が

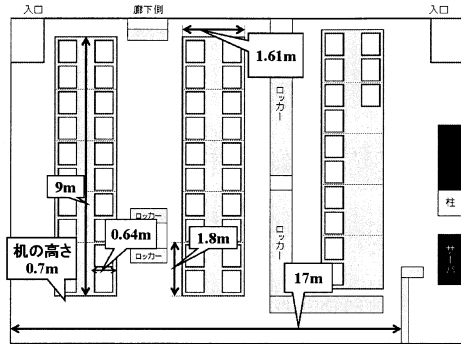


図3 PC配置図

点滅すると何か異常事態が起きているようで落ち着かない。

5.1.5 取り付け高さについて

LED の取り付け位置と見やすさは、図2のように、座面 50cm の椅子に座高 80cm の人物が座っている状態について調べた。

LED は当初 PC の操作者から最も遠い隅から 15cm 上に突き出して取り付けしていた。この場合床からの LED の高さは 119cm となる。この場合、空席を探す人物から、空席の LED が斜め向かいの席に座っている人物によって隠されることがある。3 歩ほど移動しないとその LED を確認できなかった。

LED を 5cm 高くして床から 124cm にしても、位置によっては利用者によって空席の LED が隠される。しかし、こちらは 1 歩動けば LED が確認できた。

さらに LED を高くすると、座った利用者の頭より高くなるので、隠されなくなる。

また、利用者にとっては最も近い目の PC 本体に取り付けた LED がもっとも目障りになる。本体後部から 15cm 上に突き出して取り付けした場合(机面から 49cm)は LCD 画面を注視しているあいだも視野の端に入ってしまう邪魔に感じた。突き出す長さを 20cm に増やすと、視野からほぼ外れ邪魔に感じなくなった。

PC を並べた教室で講義を行うこともあるので、その際に教員にとって邪魔になるかどうか重要である。そこで教壇に立つ教師を想定して、壁際に立って端末室全体がどう見えるかを調べた。

この場合、LED の取り付け位置が高いほど目障りに感じる。今回調査した床から 119cm ~ 124cm 程度なら立った教員の視点のかなり下に位置するので、許容範囲と感じた。

また PC の前に座った利用者が黒板などの

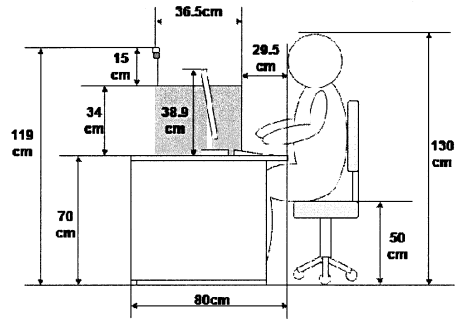


図4 実験環境

文字を読もうとする場合には、やはり LED が邪魔になってしまう。

5.1.6 取り付け位置について

取り付け場所を PC 本体後部、前部、LCD ディスプレイの枠、と変えてそれぞれについて調べた。

どの場合も歩きながら空席を探す利用者にとっての見え方に大差はないということがわかった。ただし LCD にとりつけた場合、画面の角度を変える際に邪魔になった。

5.1.7 点滅タイミングについて

点滅が早すぎると目障りであろうと考えられる一方、点滅が遅いと電源オフ/起動中/ログイン可を見分ける所要時間が長くなってしまふ。

まず、1 秒点灯 1 秒消灯で確認した。その結果、点滅していることを認識するまでに時間がかかるので青点滅を探すのに支障を感じた。また、点灯している青 LED を見つけて、連続点灯か点滅かを見分けるのに注視して待つことはそれほど苦にならない。一方、視野内に複数の消えている LED をとらえた場合、その中に点滅中の LED が存在するかどうか(点滅の消えているタイミングなのかどうか)を見分けることに困難を感じた。

そこで、点灯時間と消灯時間を変化させて様子を見たところ以下のような結論を得た。

- 点滅周期は 2 秒では長く、1.5 秒ではややせわしない。
- 消灯時間は短いと連続点灯との区別が難しく、長いと電源オフ状態との区別に手間がかかる。0.4 秒前後が適切と感じられた。

なお、空き端末を探す利用者の利便だけを考えれば、点滅周期を 1 秒未満に早めると探しやすい。

当初各 PC の LED は勝手なタイミング(周期は同じだが位相が異なる)で点滅させていた。

この場合、ログイン可能な席をひとつ見つけた後より近くに別の点滅している青LEDがないかどうか確認することが行いにくかった。そこで、点滅を同期して行うように blink を改修した。

その結果、複数の空き端末のうち最寄りのものを見分けやすくなった。また、席に着いている利用者や立っている教師にとって、空き端末群のLEDが勝手に点滅するよりも同期して点滅した方が、目障りと感じる度合いが減った。

5.2 実験結果の評価

視認距離に関しては、直列抵抗を $1k\Omega$ とした場合で40～60台規模の端末室に対応できると考えられる。抵抗を 270Ω に変えることで100台規模の大教室でも使用できる可能性があるが、シリアルポートの電流駆動力に依存する。

背景が明るいとき視認可能距離が極端に短くなるが、通常端末室は画面への映り込みを避けるために窓は遮光カーテンかブラインドが降りていることが多く、支障とはならないと考えられる。

端末を探す利用者にとっての見つけやすさと、ログイン中の利用者や教壇に立つ教師にとっての目障り度は相反する。トレードオフとしては、点滅周期1.5～1.8秒、デューティ比70～80%程度が妥当と考えられる。また、点滅を同期させることが有用である。

電源オフの端末が見つけにくいことは問題である。ただし、トイレなどで中座した「使用中の空席」との区別が明らかにつくので、ある程度の有用性はあると評価できる。

6. ハードウェアに対する考察

今回は、50個のみ生産し、本学ワークショップ室のPCに接続するという前提でかつ予算の制約もあったのでレガシーシリアルに接続する回路とした。

近年のシリアルポートを持たないPCの場合にはUSBに接続するのが適切と考えられる。

その際、生産台数が少ない場合にはUSBシリアルアダプタに本装置を接続するのがコスト的に安価であろう。USB-シリアル変換アダプタを用いることになるので、コストが端末あたり1000円程度増加すると予想される。

数100セット以上を前提とするならば、USB接続のLED駆動回路を新規に開発するのが適切と考えられる。またプリント基板を起こす

などして組み立て工賃を軽減させることも可能である。

USBを用いると、LED駆動電流が十分に与えられるので、大教室での視認の問題が解決する。また、USBはPC本体が電源オフの状態でもスタンバイ電流が供給可能であるので、電源OFFの端末のLEDを点灯させて目立たせることが可能である。

7. まとめ

端末室のPCにLEDランプで端末の利用状況を表示するシステムを開発した。このシステムにより利用者が起動済み空き端末を探す手間を軽減できる。

この表示装置はシリアルポートにLED回路を取り付けたもので、安価である。またカーネルやデバイスドライバを変更することなくユーザランドのプログラムだけでLEDの点滅が制御できる。

本学のワークショップ室のPC端末50台に表示装置を実際に接続し、わかりやすさや適切な取り付け高さ等を確認した。その結果、20～30m程度の距離であれば、十分に点滅するLEDを見つけることができるとうわかった。この距離は60～80台程度の端末室に相当する。しかし、電源の切れている空き端末の表示装置は数mまで近づかないと認識できなかった。

今回は視認性の確認を筆者ら3人でのみ行ったので、より多い被験者で実験を行って視認性の確認を行なったほうがよいと考えられる。

今後の課題としては、USBに接続する形態で、PC本体電源OFFの状態でも点灯する表示装置を検討することがある。

参考文献

- 1) 日本ヒューレット・パカード: CAMPUS ESPer Ver7.0, http://h50146.www5.hp.com/solutions/industry/education/esper/downloads/pdfs/esper7_0presen.pdf, pp.9-10(2004).
- 2) 川見 昌春: 演習室PC簡易状況モニタシステムの開発, 松江高専研究紀要, No.38(2003).
- 3) IEEE: 7.2.2.Line Control Functions, IEEE Standard Portable Operating System Interface for Computer Environment, p.137(1988)