2021 年 2 月 12 日 I 類 コンピュータサイエンスプログラム 卒業研究最終発表会

電子ペーパーを用いた自立駆動可能な掲示板システムの開発

I 科 コンピュータサイエンスコース 学籍番号:1311046 成見研究室 小汲剛瑠

1 はじめに

近年，紙等のアナログ媒体が主体であった広告，看板，掲示板等が電子化されデジタルなものに移行しつつある．LED は屋外でも視認性が良い一方，１ピクセルあたりの物理的大きさのため解像度を高めることが難しい．液晶ディスプレイは色表現性が高く，解像度も高いが，その一方で屋外での視認性には優れていない．そして，LED，液晶ともに電源を必要とするため固定化された用途にしか使われていない．

そこで電子ペーパーに着目した．電子ペーパーは紙のような屋外視認性と解像度を有し，消費電力が極めて少ないため，電源周りを最小にすることで外部電源を必要としない自立した駆動が可能となる．一方で，色表現性や応答性に劣り，大型化しにくいといった欠点を抱えている．

2 目的

本研究では電子ペーパーとタイルドディスプレイ方式を組み合わせ，紙のように使える自立駆動可能な表示機の開発と評価を目的とする．色表現性や応答性は画像をあまり使われない掲示物に限定することでそれほど問題にならない．また，大型化しにくい欠点は複数のディスプレイを組み合わせることで解消する．

3 既存技術・研究

3.1 大型電子ペーパーサイネージ

ディスプレイを低コストで大型化する技術としてタイルドディスプレイがよく用いられている. 凸版印刷では大型の電子ペーパーを用いた省電力なデジタルサイネージとして駅などでの商用化に成功している [1]. しかし, タイルドディスプレイ方式は使っているものの電力的に自立して稼働しているわけではない.

3.2 スマートバス停

電子ペーパー, ソーラーパネルと LPWA(Low Power Wide Area の略称. 低消費電力で遠距離での通信を可能にする通信方式.) の 3 つの技術を利用することで自律的に駆動し, 外部電源が不要なバス停である [2]. 本研究の目的と近いが, 少し離れた場所からでも確認できるポスターのような掲示物を想定しており, 大型化を目指している点が異なる.

3.3 手回し発電機を用いた部屋入口の掲示板 [3]

Wägemann らは部屋の入口のディスプレイ掲示板を電力的に自立させるために，電子ペーパーを使った．ディスプレイに電源の配線をしなくてよく，WiFi を使って掲示内容をダウンロードする方式も本研究と同じであるが，近くに来て充電するまで掲示内容が更新されたか分からないため，ソーラーパネルを使って屋内でも使えるようにするところが本研究と異なる．

4 開発したシステム

4.1 概要

図 1 は開発したシステムの全体像を示している．システムは，掲示物を表示するための複数の電子ペーパーデバイス，電力的に自立駆動するためのソーラーパネルとバッテリー，全体を制御するためのマイコンで構成される．インターネット上の Web サイト内に格納された画像ファイルを無線 LAN によってマイコンが読み込み，シリアル通信によって電子ペーパーに表示する．その際複数のディスプレイへの切り分けはマイコン上で行う．

図 2 は試作機の写真である．電子ペーパーはタイルドディスプレイ構成にして全体としての画面サイズを大きくしており，試作機では 3 画面用いている．ソーラーパネルは屋内照明でも自立駆動出来るようにするため，消費電力の割に大きめのパネルを使っている．

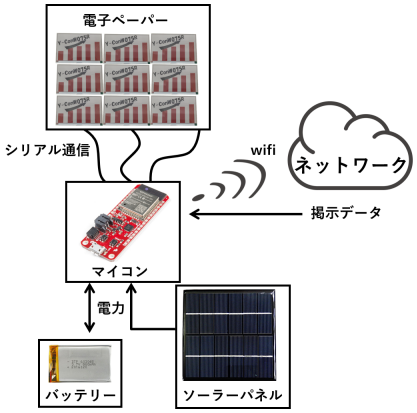

図 1: 開発したシステムの構成図

4.2 マイコン

電子ペーパーの制御やネットワークを介したやり取りなどは SparkFun ESP32 Thing Plus というマイコンを使用し

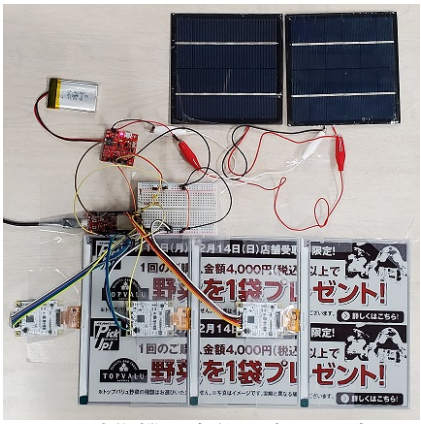

図 2: 試作機の全体写真 取り直し

ている．ESP32 と呼ばれる低電力な SoC を搭載している．Dual Core CPU, WiFi, Bluetooth などのコントローラー, 磁気センサー, 温度センサー, シリアル通信用 UART などが搭載されている．コンパクトでディープスリープモードがあることも特徴である．電源としては，MicroUSB コネクタから電源供給するか，外部から 3.3V を供給する．様々な会社から ESP32 搭載のボードが発売されている．

4.3 電子ペーパー

7.5 インチの大きさを持ち，640x384 ピクセルの解像度を持つ．電子ペーパーパネル自体は，白・黒・赤の 3 色しか表示出来ないが，与える画像フォーマットは 16 色のビットマップ形式である．制御用の基板が付属しており，シリアル通信によって制御することが出来る．シリアル通信の速度は標準で 115 kbps だが，制御基板上のジャンパーをショートすることで 19.2 kbps に落とすことも出来る．

4.4 充電コントローラー

リチウムイオン電池への充電や放電のコントロールのために，Battery Babysitter と呼ばれるコントローラーを使用した．外部電源として太陽電池を接続すると，光が当たっている時にはバッテリーに充電することが出来る．また，バッテリーからはマイコンや 3 枚の電子ペーパーに 3.3V 電源を供給する．充電量や消費電流量などは充電コントローラーのシリアルポート経由でモニターすることが出来る．

4.5 シリアル通信

試作機ではディスプレイが 3 枚あるため，三つのシリアル通信を行う必要がある．ただし，開発段階においては，マイコンボードへの書き込みや状態をモニターするために Windows などの端末と接続する必要があり，そのためにシリアルポートを一つ必要とする．しかし ESP32 は三つの UART しか搭載していない．このためソフトウェアシリアルによる通信を一部使用している．ただしソフトウェアシリアルを用いた場合は，電子ペーパーの標準の通信速度である 115 kbps では不安定であったため，ジャンパー SP1 をショートすることで 19.2 kbps の設定で通信させている．この場合 1 枚の電子ペーパーパネルの画像データを送るだけで 50 秒以上を必要とする．

5 評価実験

5.1 表示速度

実際に 60 分間動作させつづけた際にかかった時間を測定した．今回は 10 分間同じ画像を表示したら再度 Web サーバーに画像を取りに行くようになっているが，サーバーからの取得や画像書き換えに合計約 110 秒かかっていて約 15%の時間は画像が表示されない．もっと頻繁に画像を書き換える用途には向かないが，時々書き換える用途であれば問題ないと考えられる．web から取得する時間を含めたハードウェアシリアルで通信している電子ペーパー 1 枚当たりに占める時間は 10 秒前後である一方，ソフトウェアシリアルを使った通信の部分で約 65 秒と半分以上を占める．

5.2 消費電力

図 3 は消費電力とバッテリー残量の時間経過を示している．DeepSleep モードを実装することで，待機時の消費電力は 15mA 程度になり，屋内でもソーラーパネルによる充電の方が平均した消費電力よりも大きいことが分かる．

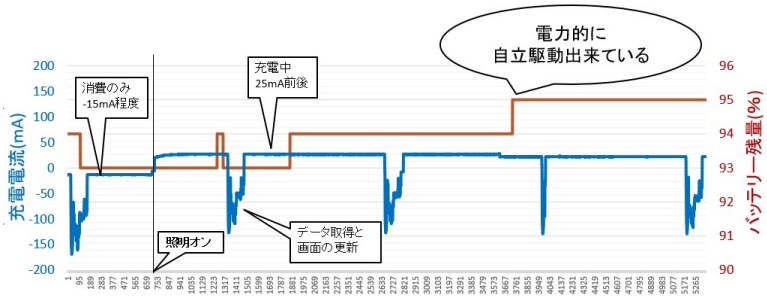

図 3: 消費電力とバッテリー残量

6 まとめ

本研究では電子ペーパーを複数枚使って大型化し，ソーラーパネルにより自立駆動できる掲示板システムを試作した．今後は高速化や低電力化，より大型化するなどの改良が望まれる．

参考文献

[1] 檀上英利. ”電子ペーパーを用いた大型サイネージの開発.” 研究報告デジタルドキュメント (DD) 2009.8 (2009): 1-5. (アクセス日 2021 年 1 月 23 日)

[2] みちのりホールディングス（会津バス）など会津若松市内で国内初となる次世代スマートバス停の実証実験を開始. https://www.michinori.co.jp/pdf/20180213_PR.pdf (アクセス日 2021 年 1 月 23 日)

[3] P. Wägemann, F. Harbecke, B. Heinloth, H. Hofmeier, and W. Schröder-Preikschat, “An Energy-Neutral, WiFi-Connected Room Display with Hand-Crank-Based Energy Harvesting”, Idea proposal awarded for 2nd place at FAU Ideenwettbewerb 2019, https://www.fau.de/2019/05/news/kluge-ideen-aus-dem-maschinenraum-der-fau/ (アクセス日 2021 年 1 月 23 日)