

太陽光発電型グリッドシステムにおける再起 動機能の評価

藤井賢一[†] 山際基^{††} 上原稔[†]

グリーンITの観点から、不要な旧型PCを再利用する手段としてグリッドを考えた。しかし、旧型PCをグリッドとして再利用する場合、新型PCと比べて1仕事量当たりに消費するエネルギーが多い場合があり、省エネルギーではない。そこでクリーンエネルギーを用いることで、この難点を克服する事を考えた。本研究では、太陽光発電を用いた旧型PCによるグリッドを運用する事で、資源の再利用とCO2排出量削減を両立することを目的とする。悪天候が続いた場合、十分な発電が行えずにバッテリー充電量が0となり、システムが停止してしまう。ゆえに、バッテリー充電量0の状態から再びバッテリー充電量が回復した場合にシステムの再起動を行う再起動機能が必要となる。システムに再起動機能を実装し、評価を行った。

A Study on Reboot Feature of Photovoltaic Grid System

KENICHI FUJII[†] MOTOI YAMAGIWA^{††}
MINORU UEHARA[†]

We propose a way to reuse obsolete older model PCs as a grid in keeping with green IT. A grid can create a high performance environment consisting of ordinary PCs. However, it has continuous energy requirements. This is undesirable in terms of environmental concerns, because of the increased CO2 emissions from generating the required electricity. Therefore, this study aimed at realizing a grid powered using solar power to overcome the disadvantage, while reusing obsolete older model PCs. If it keeps up bad weather, the system may stop because solar panel can't generate electricity plentifully. The reboot feature reboots the system when the system's batteries charge from empty electricity capacity to sufficient electricity capacity. We have implemented the reboot feature on the system and experimented in this paper.

[†]東洋大学大学院工学研究科情報システム専攻
Department of Information and Computer Science, Toyo University
^{††}東洋大学総合情報学部
Department of Information Sciences and Arts, Toyo University

1. はじめに

近年、温暖化効果ガス(主にCO2)が原因と推測される地球温暖化が問題となっている。2012年までに、先進国各国が中心となって、各国のCO2排出量を目標数値まで削減する取り組みである京都議定書など、CO2排出量削減を目的とした地球温暖化対策が先進国を中心に活発となっている。しかし、IT分野において将来的には、社会における情報量が爆発的に増加することが予測されている。そして、それらの情報処理に必要なIT機器の増加に伴い、IT機器全体の消費電力の増加が懸念されている。消費電力が増加することで、発電量を増加させる必要がある。その結果、発電に伴うCO2排出量が増加する。加えて、IT機器の需要が増える事でPCの材料などに使われているレアメタルと呼ばれる金属の需要が高まっている。その結果、世界中でレアメタルの価格が高騰する現象、将来におけるレアメタルの枯渇への懸念など、レアメタル危機と呼ばれる問題も存在している。また、PCは新型から旧型となるサイクルが短い。そして近年の目覚ましい技術の進歩により、低価格化が進んでいる。ゆえに、旧型から新型に買い替えるサイクルが短くなり、使用しなくなったために手放される旧型PCが増加している。これらの廃棄やリサイクルの際にもエネルギーが使われるので、CO2の排出量が増加してしまう。これらの地球環境問題に伴い、IT分野においても地球環境を考慮したIT、グリーンIT[1]の概念が広まってきている。グリーンITとは、ITを活用することで地球環境保護、資源の有効活用を行う取り組みである。グリーンITにおける主な取り組みは3つあり、1つ目はIT機器等の省電力化、2つ目はITの有効活用によってビジネス・プロセスや産業構造、社会構造における資源エネルギー効率を高めることによる、CO2排出量削減効果の獲得。3つ目は、IT機器における3R(Reduce, Reuse, Recycle)を進めることである。例えば、地球環境負荷の小さい素材を使用する、リサイクルが容易となる様な設計、信頼性の高いリユース市場の形成、効率的なリサイクルシステムの構築などが挙げられる。

本研究では、グリーンITの観点から、使用されなくなった旧型PCを有効活用する手段としてグリッドを考える。しかし、旧型PCをグリッドとして再利用する場合、新型PCと比べて1仕事量当たりに消費するエネルギーが多い場合があり、省エネルギーではない。その点はグリーンITとしては好ましくない。そこで、自然界に存在する太陽光エネルギーの様なCO2の発生を伴わないエネルギー、クリーンエネルギーを用いることでこの難点を克服する事を考えた。すなわち、本研究では太陽光発電を用いて電力を得ながら、グリッドとして旧型PCを再利用する事を提案する[2]。太陽光発電を用いた旧型PCによるグリッドを運用する事で、資源の再利用とCO2排出量削減を両立することを實現する。

太陽光発電によって電力を得るため、常に電力が得られる保証はない。そこで本システムを實現するためには、電力供給量の管理、電力供給量に応じたPCの終了、起動といった動作を制御できる自律的な管理システムの構築が必要となる。このシステムを搭

載している PC をマスターノード(親)とし、システムの管理、制御下にある旧型 PC をノード(子)としている。そして、マスターノードと数台のノードからなる旧型 PC 群と太陽光発電のためのソーラーパネル、電力供給制御装置等を 1 ユニットとして、コンテナ(ボックス)化する。この様に、ソーラーパネルからの電力だけでシステムが完結しているものを独立型太陽光発電システムという。独立化する事で、太陽光の届く屋外の空いているスペースに自由に設置し、運用する事が可能となる。屋外から外部ネットワークと接続する手段として Wi-Fi を用いる。また、災害時に電力の供給が停止した場合には、一時的な非常用電源装置としての転用が出来る様にする事も視野に入れている。ゆえに、非常用に備えたバッテリーマージンを常に確保して運用する事を検討している。

システムは、太陽光発電のみで作動電力得るため、十分な発電が行えない悪天候が続いた場合、十分な発電が行えずにバッテリー充電量が 0 となり、システムが停止してしまう。この時、システムの継続中にバッテリー残量がなくなり、突発的に電力供給が停止した場合、システム内のシステムをコントロールするマスターノードは急停止し、マスターノード内のデータが失われる等、予期せぬ事態が起こる場合が考えられる。そこでマスターノードは電力供給が止まる前に安全に停止しなければならない。また、システムが停止した後に、十分な発電が行われ、バッテリーに再び十分な電力が充電された場合、システムは再び作動可能となり、システムは自律的に起動しなければならない。そのための機能として再起動機能を、mbed を用いて設計、システムに実装し、評価を行った。この機能によるシステムの再起動を確認すると共に、新たな課題を見つけた。

本論文の第 2 節ではシステムにおけるハードウェア構成、ソフトウェア構成の設計、第 3 節では再起動機能の構成、第 4 節では再起動システム実装における評価、第 5 節でまとめを記述した。

2. システム設計

我々が提案するシステムのハードウェア構成全体図を図 2.1 に示す。役割ごとに分けて、システムの仕組みを説明していく。初めに電力供給の仕組みから述べる。ソーラーパネルが太陽光を受ける事で、電力を発電する。発電された電力は、電流の逆流を防ぐ役割をするチャージコントローラを通り、鉛電池のバッテリーに蓄電される。バッテリーに蓄電された電力は、DC/DC コンバータを通る事で各々の PC に適した電圧に変圧され、電力供給制御装置を通過して各 PC に供給される。

次に、バッテリーの出力電圧による電力供給管理について説明する。デジタル電圧計がバッテリーの出力電圧を計測する。計測した出力電圧はマスターノードに送信される。マスターノードは、出力電圧によって、何台のノードを稼働させれば良いのかを管理する。稼働させないノードは、マスターノードが電力供給制御装置に命令を出し、電力供給を停止する。同時に、マスターノードは稼働させないノードに終了を行わせる命令を

出し、ノードを終了させる。一方、マスターノードが出力電圧によって、ノードを稼働させる事が可能であると判断した場合、電力供給制御装置に命令を出し、稼働させるノードに電力供給を開始する。その後、マスターノードは稼働させるノードにマジックパケットを送信し、WOL(Wake On Lan)[2]を用いてノードを起動させる。

次に、各ノードが備えているバッテリー容量を計測しながらの電力供給管理の仕組みについて説明する。一定時間ごとに各ノードは自身のバッテリー容量をマスターノードに送信する。マスターノードは、ノードが備えるバッテリーの容量が最大容量に近い場合、そのノードに対する電力供給を電力供給制御装置に命令を出して停止させる。そして、ノードが備えるバッテリー容量が少量になった場合には、マスターノードは電力供給制御装置に命令を出し、そのノードに電力供給を開始させる。

次の図 2.2 にマスターノードとノードのソフトウェア構成図を示す。本システムではグリッドソフトウェアとして、BOINC[5]を用いる。BOINC はユーザが操作しなくても、自動でタスクをダウンロードして計算処理を行い、処理が終わったタスクは自動でアップロードする。また、計算途中で急に停止した場合でも、再び起動したのちに停止した部分から計算処理を行ってくれる。ゆえに、本システムに最適なグリッドソフトウェアであるといえる。コントロールシステムは電力供給管理やノードの終了、起動などを行うプログラムである。

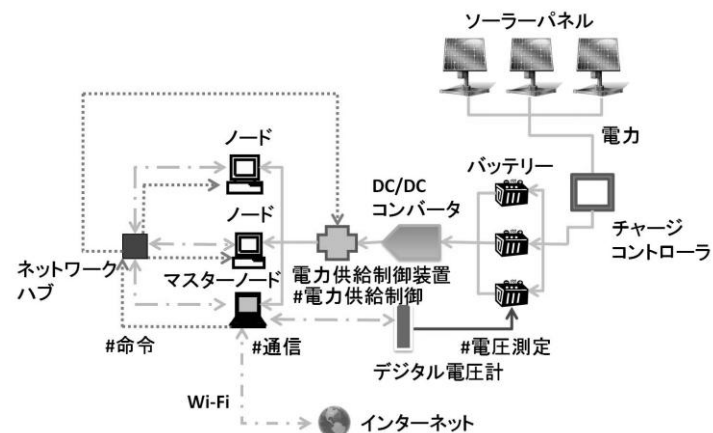


図 2.1 ハードウェア構成全体図
Hardware configuration

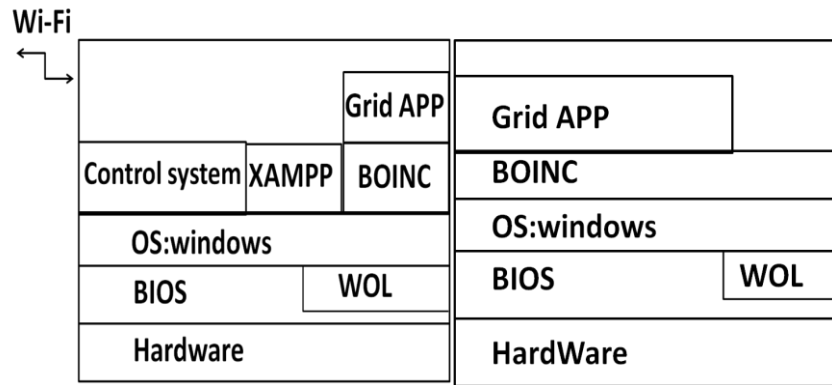


図 2.2 マスターノードとノードのソフトウェア構成図
Software configuration

3. システムの実装

本研究におけるシステムのプロトタイプを実装した。次の図 3.1 に実装したプロトタイプの写真、図 3.2 に配置図を示す。最下層の棚にはバッテリー群を配置した。最下層にバッテリーを配置した理由は、バッテリー1個の重量が約 12kg と重いため、システム全体の重心バランスを考慮した結果である。2 段目の棚にはケーブル類や電力供給制御装置等、3 段目の棚には PC 群を配置した。直射日光や雨天時における雨水等からシステムを保護するためにラック全体をカバーとブルーシートで覆った。最上段の棚にはソーラーパネルを設置した。現在のシステムはマスターノードとノードの 2 台の PC で構成されている。



図 3.1 プロトタイプ実装図
Photograph of the prototype

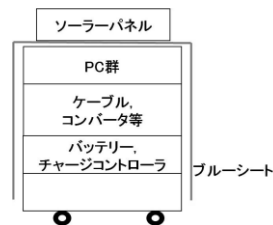


図 3.2 配置図
Prototype layout plan

4. 再起動機能の構成

再起動機能の構成図を図 4.1 に示す。Reboot controller には, mbed[6]を用いた。Reboot controller の役割は、一定の時間間隔で電圧センサーを用いてバッテリーの電圧を数回チェックし、バッテリー電圧が規定電圧値以上であると、規定回数確認できた場合にマジックパケットを送信する。マスターノードは停止している場合にマジックパケットを受信すると起動する。マスターノードがマジックパケットを受信するには、マスターノードに電力が供給されている状態にし、マスターノードの NIC を起動させておく必要がある。そのため、マスターノードへの電力供給制御を、Reboot controller から制御を可能にした。なお、Reboot controller と Network HUB はバッテリーから電力を供給される。

次に、再起動実行時の流れについて述べる。再起動実行のフローチャートを図 4.2 に示す。一定の時間間隔で Reboot controller はバッテリーの電圧をチェックする。1 分ごとの平均電圧をチェックし、合計 10 分間行われる。1 分ごとの電圧チェック時に電圧値が規定値を越えていた場合、counter に 1 加える。この counter が 5 以上になった場合に、Reboot controller はマジックパケットを送信する。この counter を設けた理由は、太陽光発電は供給が安定しない電力供給であるため、瞬間的な電圧の上昇によるシステムの再起動によって、システムが不安定な動作になる事を防ぐためである。この 10 分間のチェックが終わると、30 分間スリープ状態になり、30 分後に再び電圧チェックを行う。

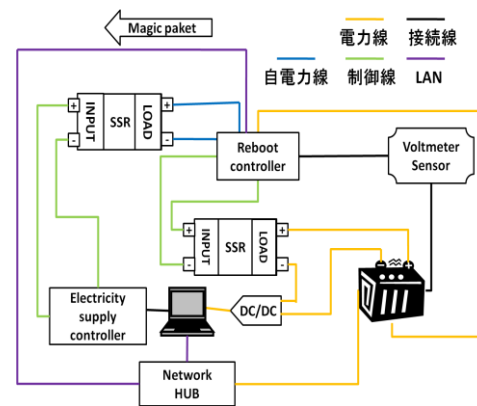


図 4.1 再起動機能構成図

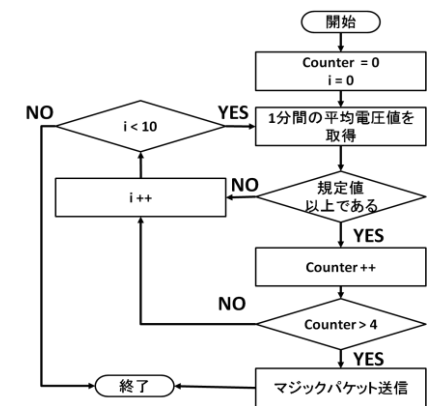


図 4.2 再起動実行フローチャート

5. 評価

再起動機能をシステムに実装し、評価を行った。システムは 10.4V で停止する。また、電圧チェックは 30 分間隔で行い、規定値は 12.0V に設定し、12.0V 以上の電圧時に再起動するように Reboot controller を設定した。バッテリーへの電力供給は、充電機を用いた。

実験結果を図 5 に示す。システムは実験開始から約 480 分後に停止し、約 1260 分後から電力供給を行い、約 1500 分後にシステムは再起動した。システムが停止してから再起動するまでの間にバッテリー電圧が降下している理由は、ネットワークハブと Reboot controller への電力供給が行われているからである。このネットワークハブと Reboot controller の消費電力は約 1.2W である。実験結果から分かるように、システム停止後からは約 1020 分後から急な電圧効果が起こっている。この様なバッテリーの深い放電は、バッテリー寿命を著しく縮めてしまうため、好ましくない。ゆえに、現在の再起動機能の回路構成を再検討し、ある一定の電圧以下になった場合には、Reboot controller への電力供給を停止する等の設計が必要であるといえる。

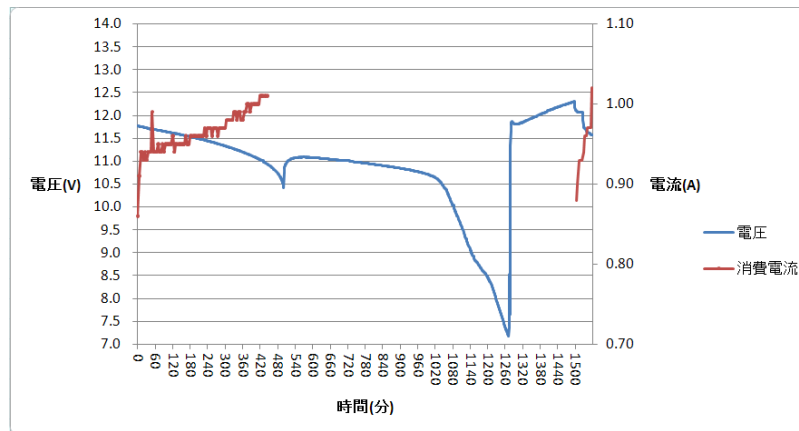


図 5 再起動機能実験結果

6. まとめ

再起動機能を実装し、評価を行った。実験結果として、再起動機能におけるシステムの再起動を確認した。同様に、システムが停止している間における Reboot controller への電力供給による、バッテリーの放電が著しいことも確認した。今後の課題として、再起動機能の回路構成を再検討し、無駄な電力消費を極力避けると共に、バッテリーの深い放電を避けてバッテリー寿命への影響を抑える。

参考文献

- 1) 菊池隆裕,佐竹三江,高木邦子,深尾典男,福田崇男,三輪芳久:グリーン IT 完全理解!,日経 BP 社,東京,(2008).
- 2) 藤井 賢一,山際 基,上原 稔, ”太陽光発電による旧型 PC のグリッドの提案”, 第 9 回情報科学技術フォーラム,2010.
- 3) 藤井 賢一,山際 基,上原 稔:旧型 PC に基づくグリッドの太陽光発電による運用, The 73rd National Convention of IPSJ,2011
- 4) 藤井 賢一,山際 基,上原 稔:太陽光発電を利用したグリッドの継続的な運用に対する検討, 第 3 回再生可能集積システム時限研究会, 入手先<<http://www.am.ics.keio.ac.jp/reconf/ris/>>,2011.
- 5) IBM:WorldCommunityGrid,入手先 http://www.worldcommunitygrid.org/index.jsp?language=ja_JP.
- 6) mbed,入手先 <http://mbed.org/>.