

リアルおうちエミュレータ — 卒 FIT に適したシミュレーションシステム —

楊 青¹ 志田 匠² 関家 一雄³ 一色 正男¹

概要: 高値 FIT の期間が終わり卒 FIT の時代になると、各家庭やコミュニティの中で太陽光発電と蓄電池を組み合わせた効率的な電力消費が求められるようになる。そのような制御アルゴリズムをサービス事業者が開発しやすくするため、1軒の家をソフトウェアでエミュレートする「リアルおうちエミュレータ」を開発した。家庭の電力消費パターン、太陽光発電、蓄電池、スマートメータなどを含んだシミュレーションが PC 上でできるので、開発者の役に立つツールとなる。

キーワード: HEMS, FIT, 太陽光発電, 蓄電池

Real Home Emulator — A Simulation System Suitable for Post-FIT —

QING YANG^{†1} TAKUMI SHIDA^{†2} KAZUO SEKIYA^{†3} ISSHIKI MASAO^{†1}

Abstract: When the period of high-priced FIT is over and the era of post-FIT comes, efficient power consumption that combines photovoltaic generation and storage batteries is required in each home and community. In order to make it easier for service providers to develop such control algorithms, we have developed "Real Home Emulator" that emulates a single household by software. Since simulations including household power consumption patterns, photovoltaic generation, storage batteries, smart meters, etc. can be performed on a PC, it is a useful tool for developers.

Keywords: HEMS, FIT, Photovoltaic generation, Storage battery

1. はじめに

卒 FIT (固定価格買取制度) において、電力会社からのデマンドレスポンス要求 (DR) や天気予報に応じた自家消費のための蓄電アルゴリズムの開発が重要となる[1]そのアルゴリズムを検証するためのシミュレーションシステムを開発したので、紹介する。

具体的には日照データにより変動する太陽光発電 (PV)、各種充放電方式と内部状態遷移を反映した蓄電池、各種電力消費機器をエミュレータとして実現し、ECHONET Lite をアルゴリズムの制御通信プロトコルとして実装したシステムである[2]。各機器エミュレータは ECHONET Lite 機器のプロパティを実装したサーバとして動作し、検証用のアルゴリズムを搭載したコントローラから ECHONET Lite 通信で制御される。各機器エミュレータはその制御と時間経過に応じて内部状態を変化させる。ソフトウェアなので時間を加速してシミュレーションできるため、様々なサービス開発者の開発効率向上に繋がると考える。

2. 背景

高値 FIT 時代では PV 発電は全て売り、自宅での消費電力は全て買うことが経済的であった (図 1)。しかし、卒 FIT になると売電価格は買電価格より安くなるので、PV 発電はできるだけ自家消費することが経済的になる。一般的な家庭の一日の電力消費パターンは、朝に小さなピークがあり、日中は少なく、夕方に大きなピークがある。これまでの PV のみを導入した家庭では、日中にピークがある PV 発電をあまり自家消費することが出来ず、安い価格で売らざるを得ない (図 2)。場合によっては電力会社からの出力抑制により、PV 発電そのものを止める必要がある。

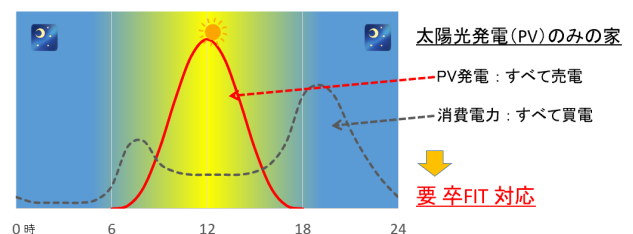


図 1 高値 FIT 時代の電力消費パターン

Figure 1 A Power Usage Pattern in High-Priced FIT.

PV と蓄電池を組み合わせれば、日中の PV 発電を夕方や朝のピークで自家消費することができ、卒 FIT 時代に適合

¹ 神奈川工科大学 ホームエレクトロニクス開発学科
Dept. Home Electronics, Kanagawa Institute of Technology
² 東芝キャリア株式会社
TOSHIBA CARRIER CORPORATION
³ 神奈川工科大学 スマートハウス研究センター
Smart House Research Center, Kanagawa Inst. of Tech

した電力の使い方となる (図 3 上図)。しかし PV 発電は日射量に依存するので、翌日が雨天や曇天であるならば、前の晩の内に安い深夜電力で蓄電池を充電しておかなければならない (図 3 下図)。更に、電力会社からの翌日の DR 要求に対応するためには、蓄電池の充電量を、翌日の天気予報と合わせて判断して計算しなければならない。

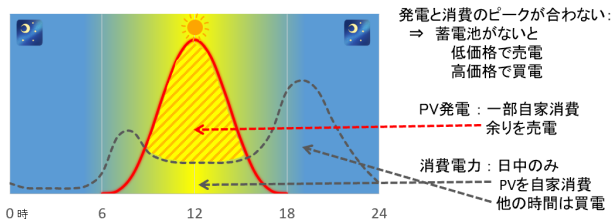


図 2 太陽光発電のみの家での卒 FIT

Figure 2 Post-FIT on A Household without Storage Battery.

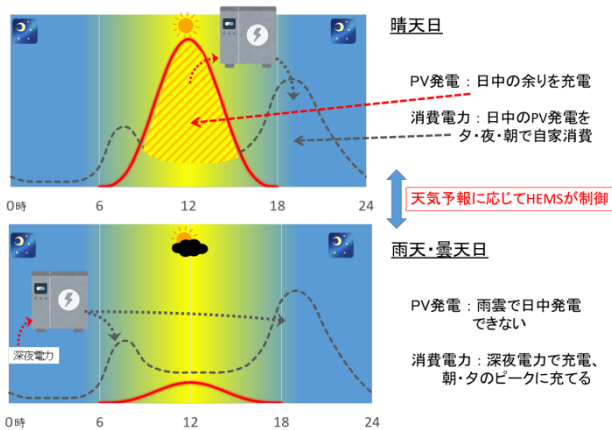


図 3 卒 FIT 時代の電力消費パターン

Figure 3 Expected Power Usage Patterns for Post-FIT.

電力消費は家庭によって違うので、これらの電力制御を各個の家庭で行うは難しい。将来的には数十軒の家庭を一社のアグリゲータで管理する形で制御し、バランスをとることも求められる (図 4)。

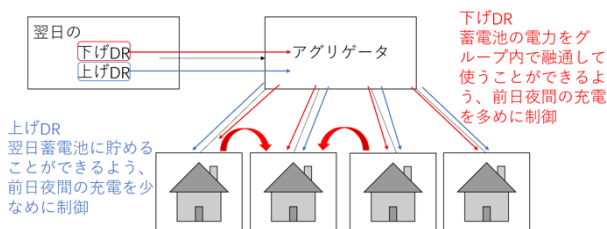


図 4 アグリゲータによる管理

Figure 4 Power Management by An Aggregator.

3. 課題と解決手法

3.1 課題

- 実機でのアルゴリズム検証には実時間がかかる。

- アグリゲータによる制御はメーカー個別で制御方式が異なると困難になる。
- 各機器固有の特性がアルゴリズムに影響する。
- 検証のためには試験の再現性が必要である。
- 蓄電池からの放電逆潮流は政策によって制約されているが、将来のスマートグリッドでは必要となる。

3.2 解決手法

- ソフトウェアシミュレーションで時間加速できるようにする。
- 共通の通信プロトコルとして ECHONET Lite を制御方式に用いる。
- エミュレータで自己放電量などをパラメータとして用意し、実機を用いなくても様々な機種を組み合わせられるようにする。
- 初期値、シナリオ、パラメーターなどのファイルを用い、試験の再現を可能にする。
- 蓄電池からの逆潮流可否と充放電方式を組み合わせ、全ての充放電パターンに対応する。

3.3 エミュレーションシステム

今回検討したエミュレーションシステム (図 5) は主に発電、蓄電と消費の三つの部分で成立つ。発電部には太陽光発電、燃料電池などがある。蓄電部は発電部の電力や電力会社の夜間電力を電気自動車や蓄電池に充電する。湯沸かしも蓄電の一種と考えて良い。消費部は発電部や蓄電部の電力を使う負荷であり、エアコンや照明、その他一般家電である。

現在、湯関係と EV を除いた主な電気機器部分を開発済みである。

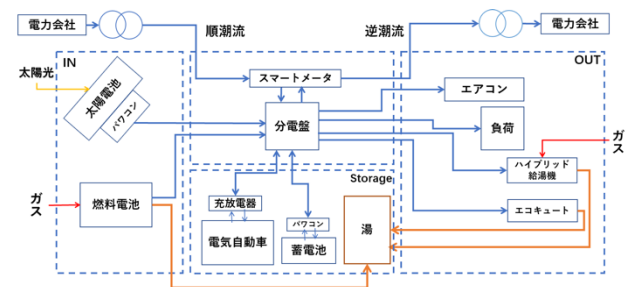


図 5 リアルおうちエミュレータの構成

Figure 5 A Configuration of Real Home Emulator.

4. 実現方法

シミュレーションシステムは、アグリゲータなどのサービス開発者による HEMS コントローラと (図 5) のエミュレーションシステムを組み合わせたものである。HEMS コントローラ上のアルゴリズムが LAN 経由で、ECHONET Lite 通信スタックとプロパティリストの実装されている機器エミュレータを制御する。エミュレーションシステムは、

スマートハウス研究センターで公開されている静的機器エミュレータと、時間管理ソフトで構成される(図6)。静的機器エミュレータは、ECHONET Lite 通信スタックとプロパティリストを実装している[3]。しかしこの静的機器エミュレータは各機器の制御パラメータや状態値をプロパティリストとして静的に持っているのみであり、シミュレーションのための時間的変化をしない。そこで時間管理ソフトを開発し、機器固有の特性に合わせてプロパティの値が時間的に変化するようにした。また、時間加速係数を導入し、シミュレーションを実時間より短い時間で実施できるようにした。時間管理ソフトは、機器エミュレータのプロパティリストにECHONET Lite 通信ではなく、WebAPIを通じて書き込む仕組みになっている。

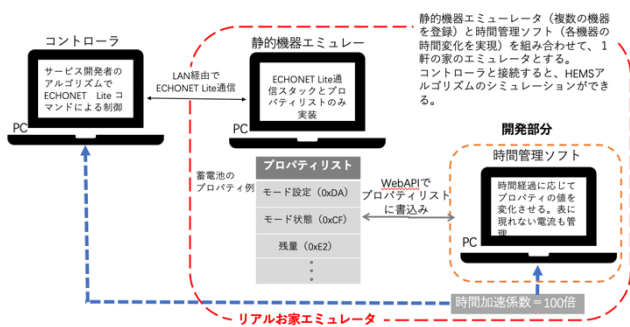


図6 シミュレーションシステム
Figure 6 Simulation System.

5. 時間管理ソフトの実現

Node-Red を用いて(図7)の時間管理ソフトを開発した。エミュレーションシステムの構成(図5)にある負荷、太陽電池、蓄電池、エアコン、スマートメータと分電盤が、時間管理ソフト(図7)のその他の消費電力、太陽電池、蓄電池、エアコン、スマートメータと分電盤に対応する。共通処理には初期化、開始/停止、結果保存と周期トリガ等、各機器に対する同じ処理が統一されて記載されている。

その他の消費電力、太陽電池の電力、蓄電池のコントローラ部の消費電力とエアコンの消費電力を分電盤で一回合計してから再び蓄電池へ渡し、この合計値より蓄電池の充放電電力を計算する。この計算は各種の充放電モードに対応するためであり、充放電モードに関しては6節で詳しく説明する。蓄電池の充放電電力は再度分電盤へ渡され、合計値に足されて最終の結果がスマートメータに渡される。

開始ボタンを押してシミュレーションが始まると、共通処理部から1秒間隔で周期トリガが発行され、各ブロックが一斉動作する。各ブロックはシナリオあるいは静的機器エミュレータの制御プロパティ値変化に応じて状態遷移と電力計算を行い、静的機器エミュレータのプロパティ値を更新する。

時間加速係数が60であれば、シミュレーションの1秒が実時間の1分間に対応する。一日の24時間が時間管理ソフト上で24分でシミュレーションできることになる。

通常 HEMS コントローラによる制御は10分以上の間隔をおいて行われるので、コントローラも60倍に加速して10秒毎の制御を発行することになって、計算周期が1秒であれば精度を保つことができる。もちろん、PCの計算速度が充分速ければ周期は1秒以下にできる。

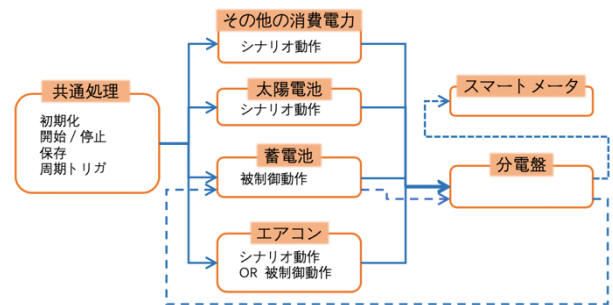


図7 時間管理ソフトにおける電力情報の流れ方
Figure 7 Power Data Flow in The Time Management Program.

6. 蓄電池の充放電モード

前節で述べた蓄電池部分は、背景で述べたアルゴリズムの検証に重要な役割を果たす充放電方式を全て実現している。

6.1 充電方式別充電電力計算

運転モードが充電である場合、充電方式には、最大充電電力充電、余剰電力充電、指定電力充電と指定電流充電、四つのパターンがある(図8)。

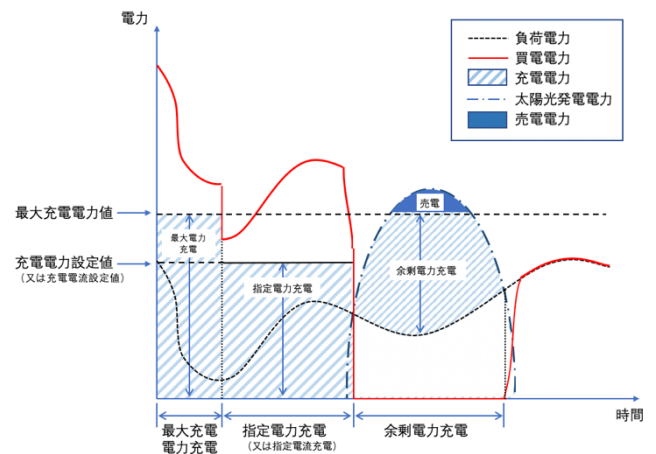


図8 充電電力のパターン
Figure 8 Powers Specified by Charging Patterns.

最大充電電力充電の場合、充電電力=最大充電電力。余剰電力充電の場合、余剰電力=MAX(太陽光発電電力-消費電力, 0)としておいて、もし余剰電力 \geq MAX(最小充電電力, 最小充電電流 \times 200 V) ならば、充電電力=MIN(最大充電電力, 最大充電電流 \times 200 V, 余剰電力) であり

さもなければ、充電電力=0である。

指定電力充電の場合、充電電力=充電電力設定値。指定電流充電は指定電力充電と同様に、充電電力=充電電流設定値×200V。

6.2 逆潮流可の場合の放電方式別放電電力計算

運転モードが放電の場合は、放電方式には最大放電電力放電、指定電力放電、指定電流放電、負荷追従放電の四つのパターンがある(図9)。

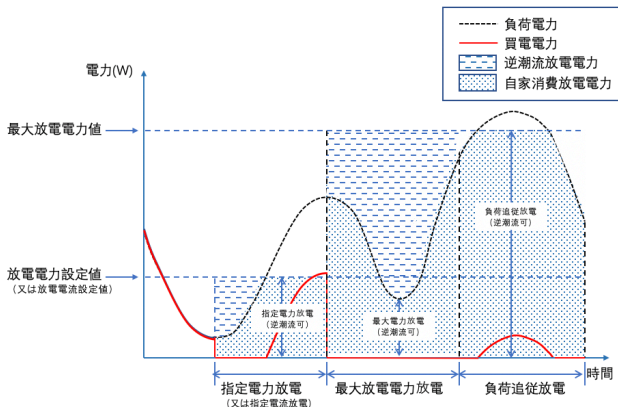


図9 逆潮流可の場合の蓄電池の放電電力のパターン
 Figure 9 Powers Specified by Discharging Patterns
 — In Case Reverse Power Flow Allowed.

放電方式が最大放電電力放電の場合、放電電力=最大放電電力。

放電方式が指定電力(電流)放電の場合、放電電力=放電電力(電流)設定値。(電流の場合、放電電流設定値×200V)。

放電方式が負荷追従放電である場合、押し上げを実行することになるので、放電電力=MIN(最大放電電力、消費電力)。ただし消費電力 < 最小放電電力の場合は放電電力=0。

6.3 逆潮流不可の場合の放電方式別放電電力計算

蓄電池から逆潮流不可の場合、放電方式に四つのパターンがあることは同じだが放電電力の計算が異なる(図10)。

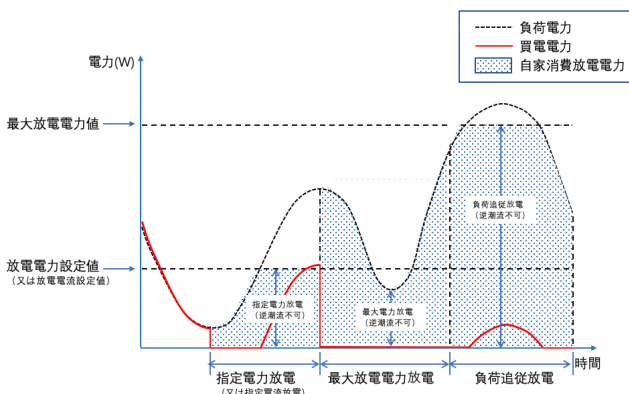


図10 逆潮流不可の場合の蓄電池の放電電力のパターン
 Figure 10 Powers Specified by Discharging Patterns
 — In Case Reverse Power Flow Not Allowed.

即ち、PVの発電電力が消費電力を上回っている時は、蓄電池からの放電を止めなければならない。

まず、追従電力=MAX(0, 消費電力 - 発電電力)と定義する。ただしこの値が最小放電電力より小さい場合は0とする。

放電方式が最大放電電力放電の場合、放電電力=MIN(最大放電電力、追従電力)。

放電方式が指定電力(電流)放電の場合、放電電力=MIN(放電電力(電流)設定値、追従電力)。(電流の場合、放電電力設定値×200V)。

放電方式が負荷追従放電である場合、放電電力=MIN(最大放電電力、追従電力)。

6.4 蓄電池における他の制約の実現例

時間管理ソフトで実現している機器固有の特性の例として、蓄電池の充放電の切り替え時に発生する状態遷移を示す(図11)。蓄電池によっては遷移に10分程度かかるものもあり、サービスアルゴリズムが対応可能なこのシミュレーションシステムで検証できる。

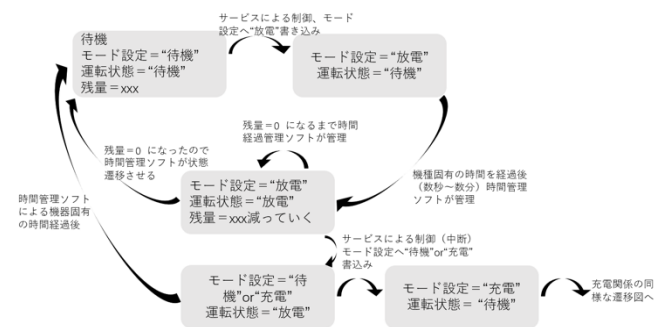


図11 蓄電池における状態遷移の実現例
 Figure 11 An Example of State Transition in A Storage Battery.

7. おわりに

ECHONET Liteで制御される機器について、時間に応じて機種固有の動きを再現できるエミュレータ「リアルおうちエミュレータ」を開発し、蓄電池や太陽電池について実現した。今後サービス開発者のHEMSコントローラと組み合わせ、シミュレーションの有効性を検証していく。

参考文献

[1] https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/saiene_shuryoku/002/pdf/002_008.pdf
 [2] <https://echonet.jp/product/echonet-lite/>
 [3] http://sh-center.org/120620/downloads/elemu_20191222.zip