

小規模店舗の HEMS シミュレーション用 リアル店舗エミュレータの開発

高橋 仁義[†] 池田 真人[†] 志田 匠[‡] 関家 一雄^{*} 一色 正男[†]

神奈川工科大学創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科[†]
東芝キャリア株式会社技術統括部コアテクノロジーセンター[‡]
神奈川工科大学スマートハウス研究センター^{*}

1. はじめに

神奈川工科大学は昨年度、一軒の家で用いられる太陽光発電や蓄電池、エアコンなどのエネルギーマネジメントシステム (HEMS/EMS) 対象機器の動作を ECHONET Lite プロパティの値に反映させるエミュレータを開発している^[1,2]。今年度は小規模店舗向け EMS 用に、エアコンによる空調動作の物理シミュレーション (熱負荷モデル) と屋内外の温湿度センサおよび業務用エアコンをエミュレータに追加搭載し、地域の天候を入力値として温度制御と省エネの効果をシミュレーションできるプラットフォーム「リアル店舗エミュレータ」を開発した。時間を加速してシミュレーションできるので、ECHONET Lite 通信で EMS 制御するコントローラの、デマンドレスポンス対応アルゴリズムの開発に役立つことが期待される。

2. 小規模店舗で用いる EMS 機器

Fig. 1 に今回の店舗エミュレータの構成を示す。小規模店舗に必要な EMS 機器は、業務用エアコンの室内機と室外機、店舗の屋上にあると考えられる太陽光発電、蓄電池、低圧スマートメータ、室内温度・湿度センサ、室外温度・湿度センサである。今回は、照明や冷蔵・冷凍ショーケースについては、その他の電力消費としてまとめ、EMS

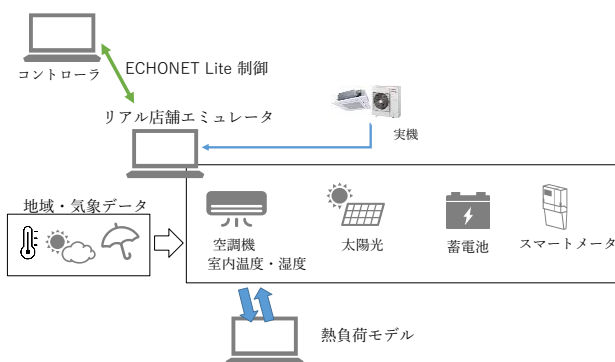


Fig. 1 店舗エミュレータの構成

制御の対象にしない。

リアル店舗エミュレータでは、構成するエアコンなどの各機器を実際の機器と個別に入れ替え、エミュレータと実機器を混合した状態で検証動作させることが可能である。

3. リアル店舗エミュレータ

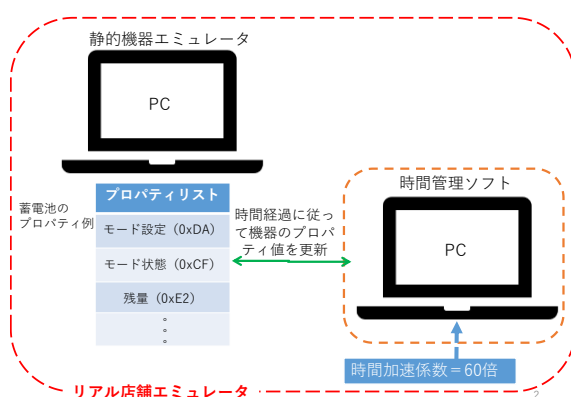


Fig. 2 リアル店舗エミュレータを実現する2つのソフトウェア

Fig. 2 に示すようにリアル店舗エミュレータは、ECHONET Lite 通信スタックと静的なプロパティ値を持つ静的機器エミュレータと、そのプロパティ値をシミュレーション時間の進行に応じて変化させる時間管理ソフトの、2つのソフトウェアから構成される。静的機器エミュレータはコントローラから ECHONET Lite 通信で制御され、時間管理ソフトは静的機器エミュレータの裏口に相当する http 通信で、コントローラから書き込まれたプロパティ値の監視および電力値や状態変化などを静的機器エミュレータのプロパティ値へ反映させる。Fig. 3 では2台の PC に分けて示しているが、1台の PC で動作可能である。なお、Fig. 1 にある熱負荷モデルは、時間管理ソフトが外部関数として呼び出す。

4. 実現したエミュレータの機能

Fig. 3 に Node-RED でプログラムした時間管理ソフトの構成要素とデータフローを示す。各箱は Node-RED のシートに対応し、シート単位でモジュールの入れ替えができるように設計している。

Development of Real Store Emulator Dedicated to HEMS Simulation on Small Sized Stores

^{†*} Takahashi Jin, Ikeda Makoto, Sekiya Kazuo, Isshiki Masao: Kanagawa Institute of Technology

[‡] Shida Takumi: Toshiba Carrier Corporation

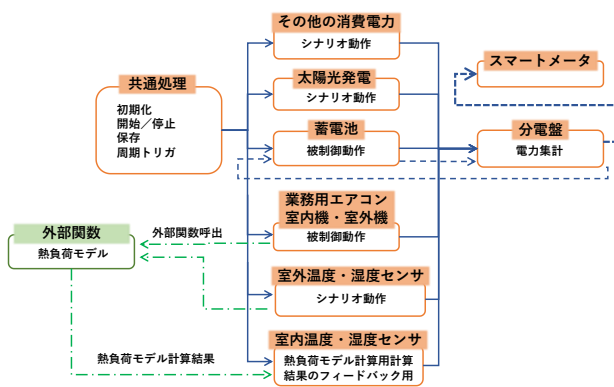


Fig. 3 時間管理ソフトの構成要素とデータフロー

4-1 搭載機器

Fig. 3 内の各箱は共通処理と外部関数を除き、それぞれの機器を表している。ECHONET Lite 機器は太陽光発電、蓄電池、業務用エアコンの室内機と室外機、室外の温度・湿度センサ、室内の温度・湿度センサ、分電盤、スマートメータであり、静的機器エミュレータの対応する機器オブジェクトとの http 通信により、プロパティ値の監視及び更新を行う。その他の消費電力は ECHONET Lite 機器でないものの電力の合計である。共通処理はユーザインターフェースであり、初期化、開始、停止、保存を指令する。またシミュレーション実行中は、計算周期毎にタイムスタンプのついたトリガーを自動発行する。

蓄電池については、充放電方式として負荷追従放電や余剰電力充電にも対応しており、充放電量設定値に達した場合の充放電の停止や、充電・待機・放電間の内部状態遷移もエミュレートする。

4-2 電力の流れ

データフローは電力計算の流れを示し、計算周期毎に、まず分電盤で蓄電池の充放電以外の電力消費と発電電力を集計し、それを蓄電池へ渡して充電電力あるいは放電電力を計算させ、再度分電盤で集計して、総計値をスマートメータに渡す。

4-3 時間遷移

時刻で変化するデータをシナリオとして与えるものは、太陽光発電の発電電力、室外の温度・湿度、その他の合計消費電力である。各シナリオは 48 時間分ほどの h 時 m 分に対応したデータとして JSON で記述している。省略して書くことができるよう、該当する m 分の値がない場合には、遡って存在する値を使えるようにしてある。

エアコンと蓄電池はコントローラからの制御に従って動作する。ただし蓄電池は内部状態の状態遷移に時間を要することが多く、製品ごとの違いをパラメータとして与えることができる。

4-4 空調動作の熱負荷モデル

業務用エアコン実機の特徴をもとに、エアコンにセットされている制御値と室外の温度・湿度から、計算周期毎の時点の室内の温度・湿度を（室内の温度・湿度初期値から）算出する外部関数である。リアル店舗エミュレータからは http 通信で呼び出すようにしてあり、機種に応じてモデルを入れ替えることができる。シミュレーションでアルゴリズムの検証をする EMS コントローラは、室内の温度・湿度センサにフィードバックされたこの値をもとに、エアコンの制御を行う。

5. 成果

```

"simulation start= 0時0分0秒 end=24時0分0秒"
2021/12/13 19:25:11 node: Started
msg.payload: string[7]
"Started"
2021/12/13 19:25:12 node: 8047e637.0722d8
msg.payload: Object
▶ { h: 0, m: 1, CF: "44", wait: 0, charg: 0 ... }
2021/12/13 19:25:13 node: 8047e637.0722d8
msg.payload: Object
▶ { h: 0, m: 2, CF: "44", wait: 0, charg: 0 ... }
2021/12/13 19:25:14 node: 8047e637.0722d8
msg.payload: Object
▶ { h: 0, m: 3, CF: "44", wait: 0, charg: 0 ... }
    
```

Fig. 4 時間管理ソフトの動作状況

Fig. 4 にリアル店舗エミュレータを動作させた時の時間管理ソフトの動作状況を示した。実時間 1 秒毎に、シミュレーション時刻 (h:m) が 1 分ずつ進み、その時の蓄電池の状態と、動作中の充電した電力量、放電した電力量が要約で表示されている。機器エミュレータと時間管理ソフトを同じ PC に搭載し、加速係数を 60 倍、エミュレータの計算周期を 1 秒として Windows10 上で動作させることに成功した。

6. おわりに

小規模店舗向けの温度制御と省エネの効果をシミュレーションできるプラットフォーム「リアル店舗エミュレータ」を開発した。

これから制御アルゴリズムを搭載したコントローラとの統合シミュレーションを行い、有用なプラットフォームであるということを示す予定である。また、現在 1 店舗に対して 1 台の PC が必要であるが、1 台のコンピュータでも複数店舗のシミュレーションが可能になるようにしたい。

参考文献

[1] “卒 FIT に適したシミュレーションシステムの開発”, 楊青, 他, 情報処理学会第 82 回全国大会 4W-08 (2020 年 3 月 6 日)
 [2] “リアルおうちエミュレータ”, 楊青, 他, 情報処理学会第 29 回 CDS 研究発表会 CDS29-9 (2020 年 12 月 4 日)