

## 平成25年度研究開発成果概要書

課題名 : 情報通信・エネルギー統合技術の研究開発  
採択番号 : 142  
個別課題名 : 課題ア エネルギー需要予測のためのデータベース構築とエネルギー最適割当プロトコルの研究開発  
課題イ エネルギー最適割当を実現するための通信インターフェース及びインターフェース対応ハードウェアの開発

### (1) 研究開発の目的

地域全体で温室効果ガスの削減を図るための技術として、個々の機器レベルだけでなく、ICT等の活用により、住宅やオフィスにとどまらず地域レベルでのエネルギー効率の評価・可視化手法とエネルギー管理技術を開発・確立する。エネルギー利用の制御をおこなうために、電力の流れそのものを情報化する技術や生活者等の行動パターンをふまえ利便性や快適性を失わない範囲で供給電力の最適割り当てを行う技術を開発する。

### (2) 研究開発期間

平成21年度から平成25年度（5年間）

### (3) 委託先

国立大学法人京都大学（代表研究者）  
国立大学法人神戸大学  
大和ハウス工業株式会社  
株式会社エネゲート  
株式会社トランス・ニュー・テクノロジー

### (4) 研究開発予算（契約額）

総額651百万円（平成25年度 114百万円）  
※百万円未満切り上げ

### (5) 研究開発課題と担当

課題ア エネルギー需要予測のためのデータベース構築とエネルギー最適割当プロトコルの研究開発  
課題アー1：汎用的ホームゲートウェイ開発  
（大和ハウス工業株式会社）  
課題アー2：プロトコル記述フレームワークとソフトウェア無停止更新機構の開発  
（株式会社トランス・ニュー・テクノロジー）  
課題アー3：ホームネットワーク上でのエネルギー最適割り当てプロトコルの開発  
（国立大学法人神戸大学）  
課題アー4：電力の供給と消費のQoEnに基づく最適マッチングアルゴリズムならびにルーティング  
（国立大学法人京都大学）  
課題イ エネルギー最適割当を実現するための通信インターフェース及びインターフェース対応ハードウェアの開発  
課題イー1：高周波スイッチング電源を用いた電力パケット伝送インターフェース・ルータの研究開発  
（国立大学法人京都大学）  
課題イー2：負荷機器用通信インターフェイス及び同インターフェイス対応ハード

- ウェアの開発  
 (国立大学法人神戸大学)
- 課題イー 3 : 負荷機器用電力計測センサの開発及び電力制御機器の開発  
 (株式会社エネゲート)
- 課題イー 4 : 分散電源出力の平滑化と連携制御システムの開発  
 (国立大学法人京都大学)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	8	1
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	21	8
	その他研究発表	212	48
	プレスリリース	3	0
	展示会	105	21
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な成果実施内容と成果

課題ア エネルギー需要予測のためのデータベース構築とエネルギー最適割当プロトコルの研究開発

課題アー 1 : 汎用的ホームゲートウェイ開発

OSGi による複数のソフトウェアを動的に追加/更新できる宅内情報収集システムをホームゲートウェイ(以下、HGW)上に実装した。1 台の HGW 上で複数サービスを利用できることを検証し、汎用性の高い設計であることが確認できた。また、センターサーバで収集しているデータから「見せる化手法」を取り入れたアプリを開発し、ユーザ評価を踏まえ、EoD 可視化アプリを開発した。心理的な側面からの節電を促せるよう各家電機器の電力使用状況や今後の推移を予測、家電機器の電力供給優先順位の変更機能を有し、機器自動制御が働いた場合のユーザへの通知も担う。さらにセンターサーバから HGW 経由で各スマートタップへ電力利用ルールを配信するシステムを開発し、各スマートタップに正しくルールが配信されることを確認した。

本委託研究成果を活用し、2010 年に大和ハウス住宅展示場「SMA×Eco HOUSE (スマ・エコハウス)」で HEMS によるエネルギーの見える化や家電機器・蓄電池制御の実証試験を行った。現在、試験結果から改修を重ね、本委託研究成果の一部は大和ハウスの住宅商品 D-HEMS として 2011 年から販売している。

課題アー 2 : プロトコル記述フレームワークとソフトウェア無停止更新機構の開発

家電等の組込機器を EoD プロトコル対応とする際に必要となるソフトウェア開発工数の低減のため、プロトコル記述フレームワーク GommaDof を開発した。EoD プロトコルに関する電力管理技術を 3 つの層(物理層・経路制御層・要求応答層)に分けた設計をおこない、要素技術のスムーズな統合を促進し将来への拡張性を確保した。これらに基づき、EoD プロトコルの実装・経路制御可視化・後追い EoD エンジンの実装などを作成した。この「後追い EoD エンジン」は、本研究課題で開発されたスマートタップの計測機能とルール制御機能をつなぎあわせて「家電の操作部分に追加や改造などを必要としない EoD システム」を構成するための要となる部分である。これらの実装についてシステムの無停止でのアップデートを実行できることを確認し、さらにエコハウスや各研究員の自宅における実証実験においてこれらの実装を用いることで実装の有効性を確認した。

課題アー 3：ホームネットワーク上でのエネルギー最適割り当てプロトコルの開発

ホームネットワーク内でのエネルギー最適割り当てのための電力機器制御ルールを用いた実証実験を行った。電力機器を制御する上で、機器の最適化とセンサ情報の連携について実装を行い、ユーザ行動と電力消費の関係と QoL における関連性について実証実験から検討し、単体家庭及び複数家庭における電力消費を制御するための電力機器制御ルールの構築と実験を行った。電力機器制御ルールにおいては、グローバルメタルールから、グローバルルール、ローカルルールへの変換の最適化を実装すると同時に、Rete アルゴリズムの導入を検討し、機器制御ルール生成及び配信において最適化をはかるシステムを実装し実証実験において検証した。

課題アー 4：電力の供給と消費の QoEn に基づく最適マッチングアルゴリズムならびにルーティング

QoEn パラメータについて検討を行い、実時間で行うマッチングやルーティングのパラメータには、供給可能電力、消費電力、優先度の三つを用いるのが効果的であることを示した。実装としては、端末機器に UTP ケーブルで直流の電力を供給する規格として IEEE802.3at で標準化されている Power over Ethernet の拡張(PoE+)について検討し、そこで用いられている LLDP (Link Layer Discovery Protocol) を拡張する形で、電力消費機器側からは要求する消費電力と優先度を、電源側からは電力要求が受け付けられなかった場合の供給可能電力をそれぞれ伝える方式を提案した。

電力ルーティングのプロトコルに関して、通信において広く用いられている MPLS (Multi-Protocol Label Switching) と類似性・親和性が高いことを示し、インターネットにおける資源予約プロトコルである RSVP (Resource reSerVation Protocol) を用いることを提案した。

実証実験を行うシステムを、要求/応答層・経路制御層・物理層の 3 層からなるプロトコル階層を持たせて設計し、要求/応答層への入力としてルールエンジンとホームゲートウェイによるデータ収集機能、経路制御層として経路決定のシステムおよび電力割り当てアルゴリズム、物理層としてスマートタップの持つソフトウェアベースの回路ブレーカ機能と電力ルータによる電力配送機能を割り当てて実装を行った。

単一家庭における EoD システムの改良として、QoL を下げないようにする指標として ICF の考え方を取り入れ、指定した機器が目標電力を超えた場合に他の家から電力を融通してもらうことを提案し、地域における目標電力以下に抑えつつ各家庭での QoL をなるべく下げることのないシステムを構築した。その後、隣接した家庭間における蓄電池を通した直接の電力の融通だけでなく、離れた家庭同士の連携による仮想的な電力の融通が行えるように提案システムの改良を行った。

課題イ エネルギー最適割り当てを実現するための通信インターフェース及びインターフェース対応ハードウェアの開発

課題イー 1：高周波スイッチング電源を用いた電力パケット伝送インターフェース・ルータの研究開発

SiC パワーデバイスを用いたスイッチング回路を実装することにより、直流電力電力パケットに変換するミキサ、電力パケットを転送するルータの作成に成功した。これらを用いて電力パケット伝送システムを構築し、所望の電源から目的の負荷へ電力パケットを送り、給電が可能であることを実証した。

課題イー 2：負荷機器用通信インターフェイス及び同インターフェイス対応ハードウェアの開発

負荷機器用通信インタフェースにおいては、株式会社エネゲートにおいて作製されたスマートタップにおいて電力機器制御ルールを実装し、実証実験を行った。また、家庭内において人の状況やセンサ状況を取得するネットワークを構築し、人の行動と環境を収集し、スマートホンを通して機器の制御やセンサ状況を確認する環境を構築し、実証実験において機器の連携を検証した。

#### 課題イー 3：負荷機器用電力計測センサの開発及び電力制御機器の開発

「エネルギー需要予測・最適割り当て」を実現するための機器として、電源毎に区別した電力の配送、あらゆる機器の電力の消費状態の把握、機器へのオンデマンドな電力供給、および温度や人の所在等の把握を要件として定義し、これを基に制御機能付きの電力計測センサおよび電源・負荷の制御装置を試作し、実生活環境および実証実験システムでの使用・評価によりその有用性を示した。また、スマートタップは実用化に向けて筐体の小型化を実現、さらに今後普及が期待される ECHONET Lite を実装し単体でも実行可能な制御機能の検討と実証を行った。

#### 課題イー 4：分散電源出力の平滑化と連携制御システムの開発

分散電源の出力平滑化に関する制御アルゴリズムを提案し、実験室内テストベッドにおいて機能試験を行うとともに、京都力結集エコ住宅において実証実験を行った。本提案アルゴリズムは出力フィードバックと積分補償により構成され、家庭内の構成や分散電源の種類に依らないため、汎用的なアルゴリズムとなっている。これにより、家庭内分散電源や ICE-IT 技術の既存配電システムへの影響、特に配電システムの安定性への影響を配慮し、系全体の物理的、電氣的安定性を保証するアルゴリズムを開発できた。また、上記アルゴリズムの機能検証のための実験室内テストベッドの併せて開発した。