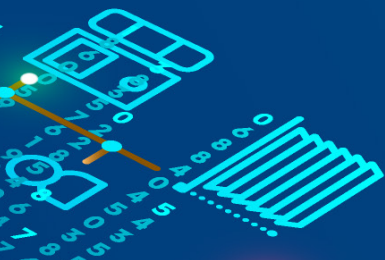




ベルン応用科学大学では、ラボの HIL 環境を活用することにより、現代の一般家庭に見られるシステムコンポーネントのテストを現実的かつ再現可能な形式で行っています。個々のシステムやエミュレーション環境の制御には、dSPACE MicroLabBox を使用しています。

Give and Take

生産消費者世帯における負荷フロー管理を ラボでテスト



接 続機能の向上により、現代の家庭用住宅設備はますます複雑化しています。太陽光発電システム、蓄電池、ヒートポンプ、およびエネルギー管理システム (EMS) がすべて相互に連携しており、そこから生成されたエネルギーを自己消費する世帯は増えています。このような設備を備えた家庭は電気エネルギーを消費すると同時に、自らもエネルギーを生産するため、生産消費者 (プロシューマ) と呼ばれます。プロシューマ世帯が EMS を使用してエネルギーの流れをインテリジェントに制御できれば、今後の電気エネルギー市場でより積極的な役割を果たすことができます。EMS は、家庭でのエネルギー消費を最適化するほか、低電圧グリッドにおける電圧品質を安定させることができ、バッテリーエネルギーの入出力制御やヒートポンプのオン/オフの切り替えも可能ですが、さまざまなインターフェースや通信プロトコルへのアクセスが必要となります。EMS はこのような実績と革新性を兼ね備えた現代の住宅用コンポーネントですが、これに関する研究や開発、認証を行う場合には、さまざまな電気装置の統合とグリッド接続をサポートし、環境を制御できるテストベンチが必要となります。テストベンチを使用したラボ環境は、コンポーネント間の相互作用や、それらが低電圧グリッドに与える影響を現実的なシナリオで検証して最適化するうえで理想的と言えます。

HIL テストベンチとしての現代の住宅

ベルン応用科学大学のプロシューマラボ

では、現代の住宅設備をラボ環境で再現しており、HIL (Hardware-in-the-Loop) テストベンチを使用して、システムコンポーネントの分析、比較、および開発をコントロールされた再現可能な条件下で行っています。ここでは、ソフトウェアシミュレーションとハードウェアエミュレーション (市販のバッテリーやインバータなどのシステムコンポーネントを使用) が組み合わせて使用されています。研究者は、太陽光発電システム、ヒートポンプ、蓄電池、および EMS を備えた住宅において、電気や熱エネルギーが流れる様子をグリッドアクセスポイントまで実際の電圧と電流で再現しています。彼らは、EMS を通じてインテリジェントに建物内のエネルギーの流れを誘導および制御する方法の研究以外にも、分散型のエネルギー源や蓄電池がパワーグリッドの安定性に与える影響や、分散したプロシューマ設備を現実的な方法で低電圧グリッドに統合する方法についても研究しています。

高度な柔軟性を備えたモジュール型 テストベンチ

同大学のプロシューマラボでは、ヒートポンプ、温水ヒーター、調理用コンロなどの家庭用電化製品の電力消費を最大出力レベル 50 kVA のラボグリッド内でコンピュータによりエミュレートし、再現可能にしています。また、別のエミュレーションデバイスを使用して電力グリッドも作成しています。このグリッドでは、調和振動や電圧ディップなどの電圧品質パラメータが特定のタイミングで有効になるように設

定することができます。さらに、このラボではそれぞれ最大 5 kW の 8 つの太陽光発電 (PV) エミュレータを通じて、屋根のさまざまな位置で太陽光発電システムをエミュレートしています。なお、設置されている蓄電池、PV インバータ、EMS などのコンポーネントは実物であるため、現実的な条件下でテストを行うことが可能です。テストベンチは、現実的かつ再現可能な方法では統合することが難しい熱プロファイルの計算や熱コンポーネントのシミュレーション用に特化して使用されています。テストベンチで建物の熱シミュレーションを行うと、室温、給湯要件、ヒートポンプ、蓄熱装置のエネルギー損失などのプロファイルを決定することができます。図 1 に示された例では、モジュール型の柔軟な設計により、意図的にテスト環境内でコンポーネントを容易に有効化および無効化できるようになっています。プロシューマラボでは、このコンセプトによって、さまざまなシステムコンポーネントを使用して住宅設備をエミュレートすることができます。エミュレーションデバイスと実際のシステムコンポーネントには、多様なインターフェースや通信プロトコルが備えられています。研究における大きな課題は、すべてのテストデバイスを接続してネットワークを構築することですが、個々のエミュレーションデバイスをすべて管理するには、包括的な制御プログラムを用意しなければなりません。また、このプログラムは 10 kHz の分解能でリアルタイムに実行できる必要があります。

>>>



画像提供：© BFH

バッテリー、エミュレータ、回路および負荷フロー管理用の制御テクノロジー

「MicroLabBox は、多数のアナログおよびデジタルインターフェースや Ethernet などの各種通信プロトコル、さらにはバスシステムを搭載しているため、要件の急速な変化や数の膨大化が起こる今日の研究環境にも極めて柔軟に対応することができます」

Steffen Wienands 氏 (ベルン応用科学大学)

テストベンチハードウェアの中央制御

同大学では、高度な柔軟性を持ったテストベンチを実現するため、Ethernet、RS485、アナログおよびデジタル I/O 向けの多くのインターフェースを搭載した MicroLabBox を使用しました。図 2 には、テストベンチの各デバイスの管理に使用できる MicroLabBox の多彩なインターフェースが示されています。デバイス向けに定義する値は、Scenario Manager またはシミュレーションソフトウェアで計算され、その後 MicroLabBox を介してテストベンチに適用されます。また、総合的なシステムをいったん構築すれば、負荷エミュレータの制御アルゴリズムを実装する作業は MATLAB®/Simulink® で極

めて容易に行えます。この制御アルゴリズムを使用すると、エミュレータ上で定義した目標値の精度を向上させ、機能を強化したうえで電流および電圧特性に適用することができます。このような場合、10 kHz の分解能が必要となりますが、MicroLabBox を使用すれば、FPGA プログラミングを一切使用せずにこれを達成できます。MicroLabBox は、すべてのテストベンチデバイスの中央制御ユニットとして機能し、目標値をデバイスに伝達したり、デバイスからの実際の出力値を読み込んだりします。

リアルタイムシステムへの外部アクセス

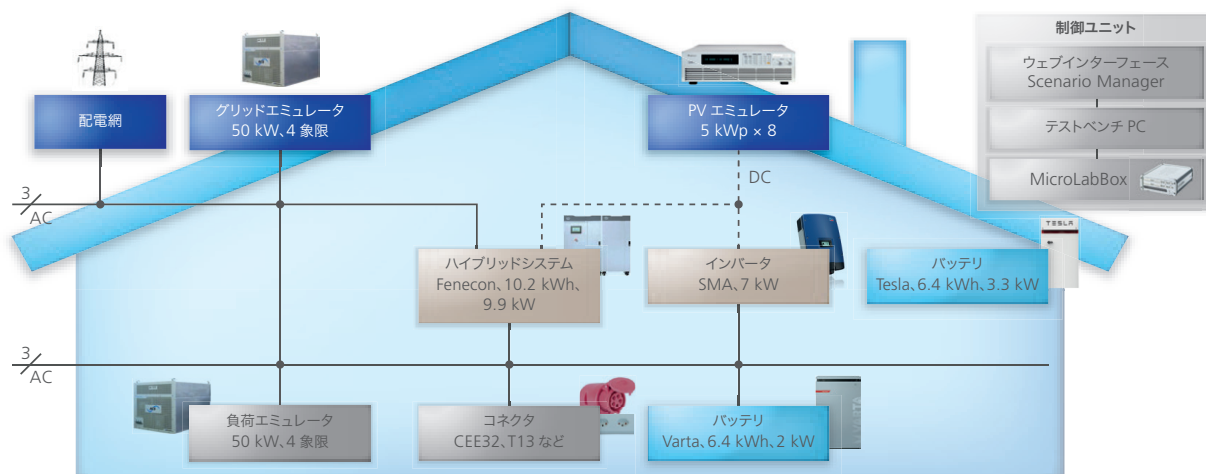
同大学では、容易にデータを利用できる

ようにするため、サーバクライアント型の構造を持つウェブアプリケーションを作成しました。MicroLabBox は、ASAM XIL API によってこの構造に統合されています。このプログラムでは、ASAM XIL MAPort (モデルアクセスポート) を使用しているため、演算中にアプリケーションの値にアクセスしてデータを処理し、それらを直接表示したり、他の解析プロセスにエクスポートしたりすることが可能です。

始動フェーズの完了

同大学では、テストベンチの始動フェーズの締めくくりとして、パフォーマンス解析を行いました。ここでは、MicroLabBox と外部の計測機器や分析機器を併用し

図 1：プロシューマラボのテストベンチの電流フローとモジュール型コンセプト



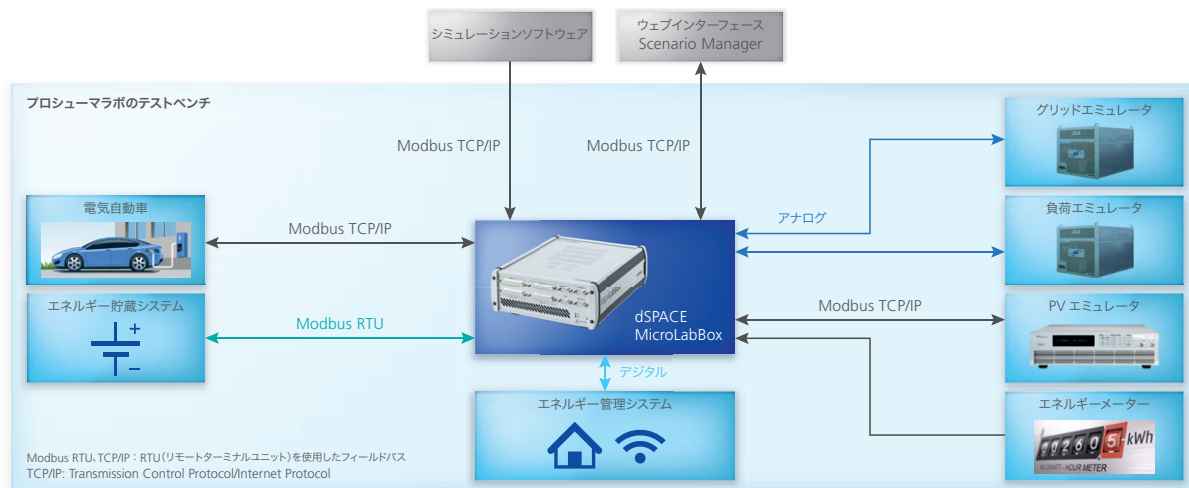


図 2：リアルタイムシステムへの外部アクセス

て 10 kHz で負荷エミュレータを制御することに特に注力しました。その結果、MicroLabBox を使用して負荷エミュレータを制御すればパフォーマンスが大幅に向上することや、それにより、卓越した柔軟性と高い精度が性能範囲全体にわたって提供されることが示されました。

まとめと展望

同大学では、リアルタイムシステムを使用することにより、さまざまなテストベンチデバイスを接続したテスト環境を構築し、中央制御ユニットを作成することができました。MicroLabBox には、ASAM-XIL 規格を使用して常時アクセスできます。HIL テストベンチを使用すると、開発の初期段階にあるシステムコンポーネントだけでなく、ほぼ製品化が完了しているものでもテストすることができます。ここでは、プロシューマ世帯における各コンポーネントの現実的な相互作用から、インターフェースや通信プロトコル、制御アルゴリズムに至るまで、さまざまな対象をテストできます。同大学のプロシューマラボでは、テストベンチを構築して運転を開始すると、まず最初に EMS のテストを行いました。ラボでは今後、さらに詳細な追加テストや新しい EMS アルゴリズムの開発などを行う予定です。また、EMS、電気自動車用充電ステーション、および蓄電池に関しては、関心を持つ産業界や研究機関との共同プロジェクトも計画しています。 ■

Steffen Wienands 氏、Andrea Vezzini 氏、ベルン応用科学大学 (BFH)



画像提供 © BFH

Steffen Wienands 氏

BFH エネルギー貯蔵研究センターにおけるプロシューマラボのプロジェクト副マネージャ



Andrea Vezzini 氏

ベルン応用科学大学の産業エレクトロニクス学科の教授兼 BFH エネルギー貯蔵研究センター長

