

## 第2部

## 特集2 IEEE1888関連の活動

## 第1章 はじめに

21世紀の社会・産業基盤は、情報通信システムがその創造性と持続性の実現には必須であり、情報通信システムと実空間で展開されるオブジェクトとの連携、すなわち、実空間に存在する物(シングズ; Things)の状態の把握(センシング; Sensing)と制御(アクチュエーション; Actuation)の設計と実装が、社会全体の効率を決定することになる。ICTを用いたビル・キャンパス・都市のスマー

ト化・グリーン化には、構成機器自身の省電力化・環境負荷低減と、ICT機器を用いた省電力化・環境負荷低減(by IT)の2つが存在するが、その実現には、インフラを構成する機器のエネルギー消費量の正確な把握と、その情報に基づいたグリーン化・スマート化を具現化する戦略の策定が行われなければならない。人間に例えれば、ICT機器やICT機器が仕事をする場所であるコンピュータールームやIDC (Internet Data Center)は『脳』にあたり、ネットワークは『神経系』、発電設備は『心臓』、さらに、電力は『血』に相当する。『賢く能率的な脳』と『俊敏に動作する神

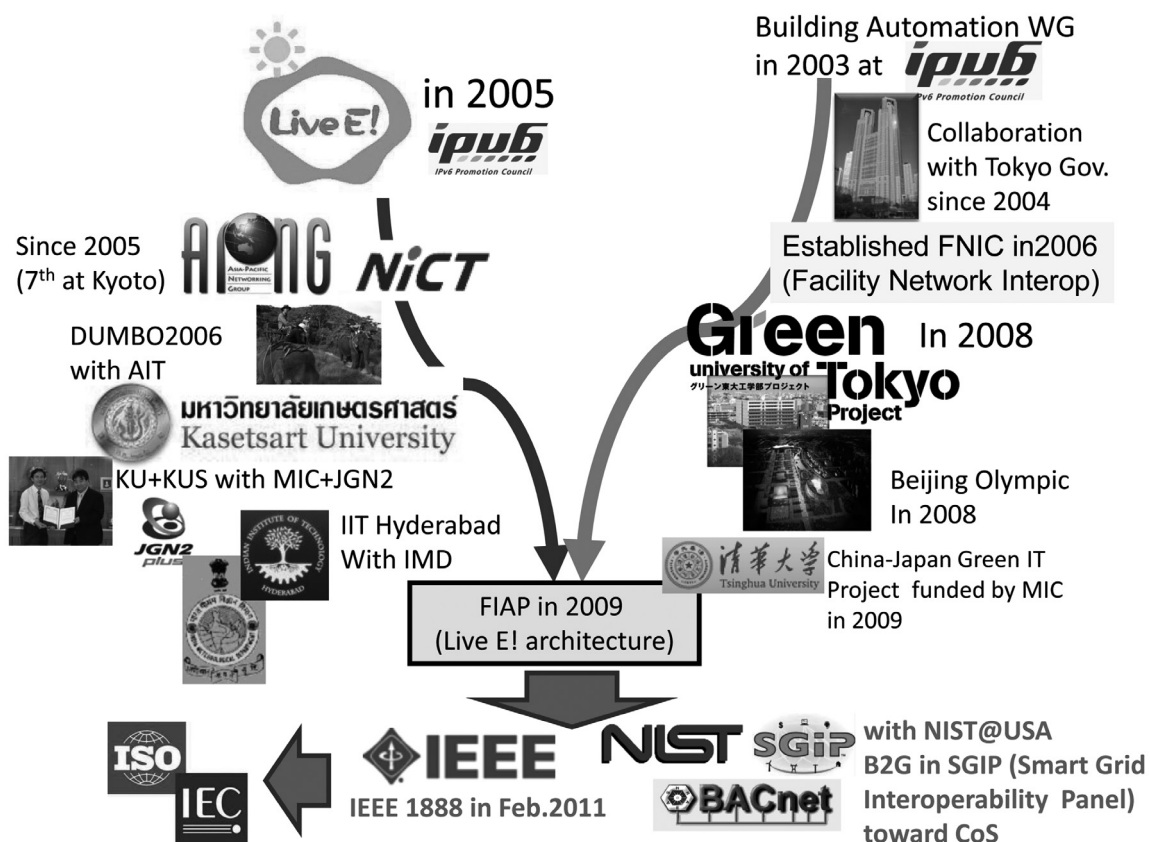


図1.1 IEEE1888関連活動の軌跡

経』、さらに『効率的な循環器系』が、人間の効率的で機能的な活動を実現するのは明らかである。さらに、これは、イノベーションの持続性を実現するに資するエコシステムの特長を持ったインフラでなければならない。

東日本大震災は、企業・産業・社会活動に対してまったく異なる次元からBCP (Business Continuation Plan、事業継続計画)を確立する必要があることを突きつけた。今回の震災は、停電対策から始まり、節電対策へと段階は進展した。しかし、社会・社会活動の量と質は継続させながら、さらに、向上させることが真に実現しなければならないミッションである。我々は、我慢・縮小する対策ではなく、明るく、快適で、創造性とイノベーションを創出するに資する社会・事業活動の基盤となるようなスマートビルやスマートキャンパス、さらには、スマートシティーを実現しなければならない。

WIDEプロジェクトでは、IPv6高度化推進協議会やファシリティ相互接続コンソーシアムと連携しながら、2003年から、IPv6技術を用いたオープンなビルの管理制御システムの研究開発を進めてきていた。クローズドな技術を用いたビルシステムやファシリティシステムに、オープンなインターネット技術を導入することによって、高度な新機能と効率的に(安価に)実現することを目指していた。この活動は、京都議定書に代表される地球温暖化に対応するための環境・省エネ活動とも、その後、方向性が一致することになった。2008年からは、東京大学本郷キャンパス工学部2号館を実験テストベッドとした「グリーン東大工学部プロジェクト」、さらに2010年からは「東大グリーンICTプロジェクト」へと発展した。さらに、2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴い、全国的に節電・省エネが社会の必達課題となり、その必要性が増幅される結果となった。これらの活動において、技術面を支えたのは、WIDEプロジェクトのメンバであり、特に、Live E!プロジェクトで設計・実装・運用した技術群が原型となり、2011年2月にIEEE1888として承認されるに至った。IEEE1888は、UGCCnet Ubiquitous Green Community Control Network)であり、中国チームとの強い連携・協調を取りながら標準化作業を進めた。

一方、2011年12月5日-9日の日程で米国フェニックス市

で開催された米国NIST (National Institute of Standards and Technology)が主催するスマートグリッドの技術規格を選定するGird-Interopにおいて、IEEE1888の紹介を行い、NIST SGIP (Smart Grid Interoperability Panel)が認定するCoS (Catalog of Standards)にIEEE1888を登録する方向で具体的作業を開始するコンセンサスを形成することに成功した。さらに、IEC/ISO JTC1SC6 (Telecommunications and information exchange between systems)への標準化提案を行っているとともに、国内外でのシステム導入が実施・検討されている。

---

## 第2章 IEEE1888標準化活動

---

Live E!プロジェクトの研究成果をGUTP (東大グリーンICTプロジェクト)の活動に展開して得られた成果である、インターネットを用いたオープンファシリティーシステムの技術仕様(FIAP: Facility Information Access Protocol[6])は、2011年2月にIEEE1888 (UGCCnet Protocol; Ubiquitous Green Community Control Network Protocol)[7]として国際標準技術として承認され、また米国NISTが主宰するSGIP B2GにおけるCoS (Catalogue of Standards)化への提案活動、ならびにIEC/ISO JTC1SC6 (Telecommunications and information exchange between systems)を行っているとともに、国内外でのシステム導入が実施・検討されている。

新しい技術の産業展開を促進するためには、その技術の国際標準化が大きな貢献をする。そこで、本活動では、中国チームとの連携によるIEEEでの標準化活動と、米国NISTとの連携によるASHRAE BACnetへの標準化活動を推進した。ASHRAE BACnetは、米国NISTが決めるSGIPにおけるB2G (Building to Grid)のCoSの本命と認識されている標準化組織である。我々は、「東大グリーンICTプロジェクト」[8, 9, 10]の参加メンバーと協力し、IEEEとASHRAE BACnetへの提案活動を行った。その結果、IEEEでは、2011年2月に、IEEE1888として、標準化技術として承認されるに至った。IEEE1888における技術面の中心として活動したのは、WIDEプロジェクトのメンバであり、特に、Live E!プロジェクトで設計・実装・運用した技術群が原型となっている。IEEE1888は、UGCCnet

Ubiquitous Green Community Control Network)であり、中国チームとの強い連携・協調を取りながら標準化作業を進めた。IEEE1888は、2011年2月に標準化が完了したが、現在、以下のような3つの機能拡張に関する作業を進めている。

- IEEE1888.1:システムの管理構造
- IEEE1888.2:多様なアクセス網への対応方法
- IEEE1888.3:セキュリティー機能

さらに、2011年12月5日-9日の日程で米国フェニックス市で開催された米国NISTが主催するスマートグリッドの技術規格を選定するGird-Interopにおいて、IEEE1888の紹介を行い、NIST SGIP (Smart Grid Interoperability Panel)が認定するCoS(Catalog of Standards)にIEEE1888を登録する方向で具体的作業を開始するコンセンサスを形成することに成功した。このコンセンサスの形成には、東京大学における5キャンパスと、工学部2号館におけるシステム構成と、その成果(省エネ・節電効果)が大きく貢献したと考えることができる。特に、既存システムとの相互接続性と、これまで垂直統合モデルでのシステム展開を、水平連携モデルに変革・進化させる可能性を持ち、それが、既存の実システムにおいて実現されたことが、高く評価された。

スマートファシリティの有力な適用領域として、データセンターおよびクラウド基盤への適用が挙げられる。そこで、我々は、データセンターの効率化とグリーンデータセンターの実現に関する活動を展開している組織との関係も構築している。

---

### 第3章 相互接続性検証実験

---

異なる組織がIEEE1888に基づいて実装した機器の相互接続実験を、これまでに合計3回(2011年3月、2012年3月、2012年10月)、東京大学において開催した。多数の企業・団体が参加し、良好な相互接続性が検証された。

#### (1) 2011年3月開催(参加組織:約10組織)

既存のビルディング・オートメーション技術

(BACnetやLonworksを含む)などのセンサーで観測された情報(例えば、電力・空調・照明・気象など)が、複数のベンダー間をまたがって取扱われた。

IEEE1888に準拠した機器としては、

- a. 観測情報の収集を可能にする機器(センサー類)
  - b. 具体的な設備(空調機器)
  - c. 情報の蓄積を行う機器(ストレージ)
  - d. 相互接続のための装置(ゲートウェイ)
  - e. 情報の見える化を実現する機器(スマートフォン/タブレット等の端末)
  - f. プロトコルテスター(コンフォーマンステスト)
- などがそれぞれ持ち込まれ、これらの相互接続性の検証が行われた。

#### (2) 2012年3月開催(参加組織: 12組織)

30種類を超えるIEEE1888試作品・製品の相互接続検証を行った。具体的には、以下に挙げたIEEE1888に準拠した機器が持ち込まれた。

- a. スマートタップ
- b. 施設向け電力メータ
- c. 人感センサー
- d. 無線温度センサー
- e. 組み込み表示装置
- f. Lonworks-IEEE1888通信ゲートウェイ
- g. 総合施設管理ツール
- h. 総合施設情報装置
- i. デマンド監視対応の空調監視装置
- j. ゲートウェイ・エミュレータ
- k. レジストリ
- l. プロトコルテスタ

などがそれぞれ持ち込まれ、これらの相互接続性の検証が行われた。

パソコン上のソフトウェアとして提供されるIEEE1888対応アプリケーションやゲートウェイの他、名刺サイズ程度の組込み装置にIEEE1888通信プロトコルスタックを搭載した機器など、様々な形態の機材が持ち込まれた。すでに製品として市場投入されている、株式会社ユビテックのUbiteq Green Service G-Serverや、セイコープレシジョン株式会社のGreenTALKの接続確認も実施されました。三機工

業株式会社は、IEEE1888無線温度センサが、可能な限りすべての組織のソフトウェアや表示装置と連携できることを実証しました。その他にも、今回の相互接続実験を通じて、ZigBee、Modbus(RS232C/RS485)、Lonworks、パルス信号(各種電力メータ)などの機器を、複数ベンダー間で、IEEE1888によって共有できることが実証された。

また今回の実験では、IEEE1888のレジストリ・サーバ(エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社製)を使って、複数の組織から持ち込まれた機器の相互運用検証が行われた。IEEE1888では、レジストリ機能を用いれば、柔軟に、大規模・高信頼運用を実現することができるようになった。今回の検証は、そのようなシナリオを想定した実験を実施しました。東京大学のIEEE1888ストレージ、株式会社ディー・エス・アイの空調監視システム、エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社のホームゲートウェイが、レジストリを使いながら連携動作し、電力データ管理サービスの負荷分散構成、多重化構成も、ベンダー間を越えて達成できることが実証された(その他にも、レジストリ機能に関しては、IPv6センサネットコンソーシアム、山口大学、新潟大学の試作ソフトとの接続テストに成功した)。

IEEE1888はテスターの開発も進んでおり、NTTアドバンステクノロジー株式会社製のテスターが今回、持ち込まれ、各社の製品・試作品のIEEE1888通信機能のテストが実施された。また、東京大学が開発したオープンソースの簡易テスターを使い、GreenTALK、Ubiteq Green Service G-Server、株式会社コムツアイトのゲートウェイ・エミュレータのテストが実施された。

### (3) 2012年10月開催(参加組織:11組織)

第3回の相互接続性検証イベントは、以下の3点が、新規の内容となった。

- a. 従来型の設備ネットワーク規格との相互接続性  
新しく開発したBACnetゲートウェイ機器、Lonworksゲートウェイ機器、Modbusゲートウェイ機器を使うことで、既存ビルの内部で

く利用されている従来型の設備ネットワーク規格との接続性を実証した。具体的には、空調設備(BACnet規格に準拠)や太陽光発電量計測(Modbus規格に準拠)などがIEEE1888で接続可能になったことを確認した。

- b. スマートコミュニティシステムにおけるマルチベンダー機器・システムの連携性

IEEE1888のレジストリ機能を使うことで、複数の組織が運用しているIEEE1888サービスを自動的に連携させ、一つのサービスとして提供できることを確認した。これはスマートコミュニティのように多数の企業がエネルギー管理サービスを提供する状況下で、それらが互いに連携するための必要な要件となっていた。

- c. 組み込みボードへの実装可能性

今回の接続試験では、4種類の組込みボード(具体的には、PICマイコンボード、Arduino互換機、mbedなど)にIEEE1888通信ソフトウェアを搭載し、他社機器と通信できることを確認した。

- d. IEEE1888ソフトウェア開発キットへの反映

今回の接続試験によって得られた成果の一部は、IEEE1888ソフトウェア開発キット(SDK: Software Development Kit)に反映された。最新版のSDKは、東大グリーンICTプロジェクトのWebページ(<http://gutp.jp/fiap/kit.html>)から、2012年11月26日(月)に公開を開始した。

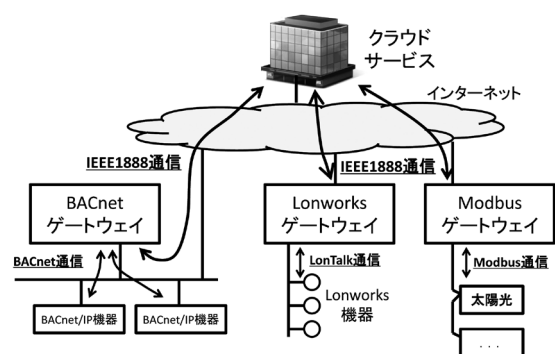


図3.1



## 第4章 研究開発環境の整備

IEEE1888の普及を促進させるために、我々は、以下の研究開発環境を提供しており、その拡充を行っている。

- (1)オープン参照実装コード
- (2)SDK(クラウド型仮想システムで実装)
- (3)相互接続検証仕様・検証ソフトウェア
- (4)プロトタイプハードウェア(図4.1)
- (5)ロゴプログラム(IPv6 Forumが運営するIPv6 Ready Logoを現状では想定している)

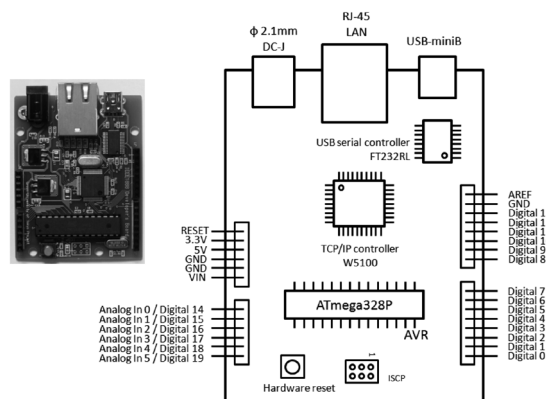


図4.1 IEEE1888プロトタイプ開発ボード

## 第5章 IEEE1888アーキテクチャ

IEEE1888プロトコルは、開発中、FIAP (Facility Information Access Protocol)と呼んでいた。FIAP (= IEEE1888)[6]は、もともと、インターネットデジタル百葉箱(インターネットへの接続性を高めた気象観測ユニット)に代表されるデジタルセンサー情報の収集と共有・利用を推進するための基盤の構築を目指している「Live E!プロジェクト」(www.live-e.org)が、第2フェーズとして採用したアーキテクチャを基本構造としている。

BEMS(ビル・エネルギー管理システム)やHEMS(宅内エネルギー管理システム)など、過去の履歴を利用して制御機能を実現するためには、データベースの利用が不可欠であ

るが、従来のビル管理システムおよびファシリティ管理システムの標準化では、この点が考慮されていなかった。

すなわち、IEEE1888では、

- (1)データベースを核にした3層構造(フィールドシステム、データベース、アプリケーションの3層)をとることと、
- (2)ビル管理システムを構成する機器の更新サイクル・更新期間が、ICT産業よりも非常に大きい(更新が遅い)ため、これに対応するために、IEEE1888では、既存システムへ対応するためのフレームワークを導入していること

を、大きな特長としている。

設備ネットワークにおけるセンサやアクチュエータ間でアクセス・通信プロトコルとしては、BACnet/WS、oBIX、SNMPなどが存在するが、これらは、アクセス先にセンサやアクチュエータ機器が存在することを想定して設計されており、基本的にはこれらの機器へのゲートウェイとしてしか機能しない。また、大量のデータ転送・保存および蓄積されているデータセットに対する種々の操作(検索や集約化など)を行うことは想定されていない。そこで、GUTPでは、データベースセントリックな機能・動作が、これまでのセンサとアクチュエータ間のゲートウェイ機能と共存・両立可能なシステムアーキテクチャ・プロトコルの設計を行った。すなわち、センサ・アクチュエータおよびゲートウェイ(GW)に、データの蓄積機器(Storage)とアプリケーション(APP;データの加工やユーザとのインタラクションを行うモジュール)を加えたシステムコンポーネントが相互接続可能となるためのプロトコル体系を設計した。FIAPにおいては、3つの通信プロトコル(FETCH、WRITE、TRAP)、2つのMethods(data、query)、そして、4つのコンポーネント(GW、APP、Registry、Storage)を定義した。今後、2つの通信プロトコル(REGISTRATION、LOOKUP)、2つのMethod(registration、lookup)を拡張予定である。

これらコンポーネントの区別を行うことなく、すべての多様なコンポーネントが自律的に通信可能となる。IEEE1888のアーキテクチャ上の特長は、以下の通りである。

- (1) 多様なサブシステム(Field Bus)を共用する Federation Networking構造
- (2) データベースセントリックなシステム構造
- (3) XML/SOAPを用いたデータ表記とデータ処理アルゴリズムの記述
- (4) データ転送パイプとデータ処理モジュールの相互連結によるデータフローのパイプライン管理
- (5) 大容量データ転送のためのファイルインターフェースの導入

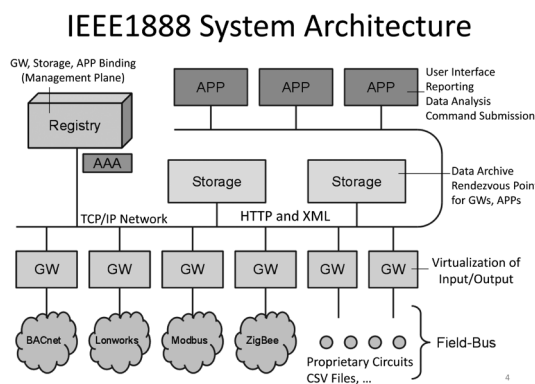


図5.1 IEEE1888 システム構造概要

図5.1に示すように、FIAP (IEEE1888)の構成と役割は次のようになっている。

- (1) FIAPは基本的に、次の4つのコンポーネントで構成されている。
  - Registry(レジストリ。データベース)
  - Data Storage(データ蓄積装置)
  - Application Unit(アプリケーションユニット)
  - Gateway(ゲートウェイ。相互接続装置)
- (2) FIAPのシステムの役割は、次のようになっている。
  - 工場やオフィスに配置されたセンサーや計測器などの端末からのデジタル情報を送受信(収集)するフィールドバス(Field Bus。例: BACnetやZigBee等)に接続し、
  - そのフィールドバスからのデータを、ゲートウェイ経由で、右側のデータベース(Registry)やデータ蓄積装置、アプリケーションユニットと相互接続して連携させ、
  - データの蓄積をはじめ、システムの運用状況の診断やエネルギーの使用状況などの分析を行う。

- (3) 4メソッドと5プロトコルは、次のような役割を果たす。

- 4メソッド

data (データの操作)、query (問い合わせの操作)、registration (登録の操作)、lookup (検索の操作)。dataやqueryを使いGW、Storage、App間のデータ転送を操作し、Registryに用意されたregistrationやlookupを使い、GW、Storage、Appのメタ情報を操作する。

- 5プロトコル

FETCH (データの読み出し)、WRITE (データの書き込み)、TRAP (イベント登録・配信)、REGISTRATION (登録)、LOOKUP (探索)。データ転送の手順として、FETCH、WRITE、TRAPがあり(これらはdataやqueryメソッドを使う)、メタ情報管理の手順としてREGISTRATION、LOOKUPが規定されている。

FIAP (=IEEE1888)は、データベースを核にした3層構造(フィールドシステム、データベース、アプリケーションの3層)となっており、オープンな共通基盤として「共有データベース」が存在する。多様で多数のフィールドバスが展開可能で、フィールドバスから収集されたデータは、XMLの共通フォーマットで共有データベースに書き込まれる。このとき、API(インタフェース)だけきちんと守っておけば、データベースはいろいろなものが存在してもよい。また、多様で多数のアプリケーションが展開可能である。共通データベースおよびフィールドバスとの間での通信のためのAPIが決められており、アプリケーションが直接フィールドバス中の機器との間でデータのやり取りすることも可能になっている。

このような技術的な特長によって、これまで、系統ごとに構築・運用される垂直統合モデルから、系統間での連携と水平統合モデルが実現されることとなった。これは、これまでのビルやキャンパスの設計と発注が、『ベンダー主導』であったものを、『ユーザ主導』へと変革させることを意味している。また、GWを用いた相互接続モデルは、既存システムからの連続的改修を可能にするとともに、新しい技術のフィールドシステムへの適用を可能にすることで、既存システムとの共存と、継続的進化の可能性

を可能にする選択肢の適用を可能にしている。この特長は、構成要素の改修周期が長いファシリティシステムにとって、重要となる。

## 第6章 今後の拡張機能

今後、以下の機能に関する拡張を検討している。

### (1) Place-and-Play機能

センサやアクチュエータが設置された時に、機器への設定を行うことなく、機器が動作可能にする。AAA機能を含む、詳細設計を今後予定している。

### (2) DTN機能

無線技術を用いた機器の接続は、システムの実装コストの削減に必須であり、その結果、データリンクの不安定・低品質な環境に対応可能なシステムを導入する必要がある。経路制御を含む安定動作可能なDTNシステムの研究を進めている。

### (3) Pub/Sub型データ転送機能

多量の機器が相互に不安定・低品質の通信基盤を用いてデータ交換を行う環境においては、従来のコネクションオリエンティッドなTCP/IPを用いたシス

テムでは、多数コネクションの管理によって、システムが安定動作しないことが懸念される。コネクションごとの状態管理を必要としない、Pub/Sub型データ転送機能の導入を検討する。

### (4) データ処理プログラミング環境

FIAPで定義したコンポーネント間でのデータ転送とデータ処理を実現するためのプログラミング環境を研究開発している。ネットワーク型のコンパイラと言語の研究開発が必要となる。Registration機能を用いて、システム内で利用可能な資源とそのアクセス手法の把握を行い、ユーザが作成するプログラムを用いて、各モジュールに実行可能なオブジェクト(Execution Scriptなど)の送付を行う。

## 第7章 実装概要とアプリケーション

本章では、東京大学本郷キャンパス工学部2号館、および東京大学に導入し、2011年夏の全学での節電にも貢献したIEEE1888を用いたファシリティシステムの概要を解説する(図7.1)。

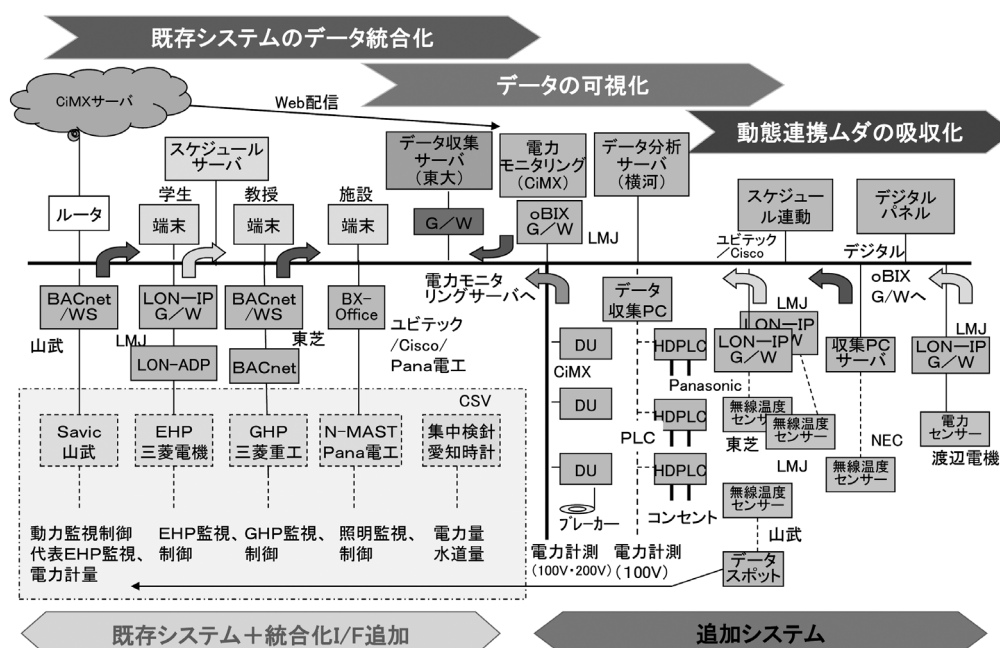


図7.1 工学部2号館IEEE1888システム図

## 7.1 電力使用状況の把握(見える化/見せる化)

### 7.1.1 工学部2号館における電力使用量の見える化

5系統のサブシステムが既存の設備であり、それぞれが異なる通信プロトコルを用いており、データフォーマットも異なり、データの共有もシステムの連携動作もできない状態であった。各サブシステムはゲートウェイを通じて、共通のプロトコルであるIEEE1888を適用したバックボーンネットワークに接続し、共通のデータベースおよび各種アプリケーションとの間でデータ通信が可能にした。また、図7.1右下の部分は、新規に導入した各種センサ機器(温度、二酸化炭素、人感センサなど)である。これら各種センサ機器が生成するデータは、ゲートウェイ介して、上記サブシステムと同様に、共通のデータベースおよび各種アプリケーションとの間でデータ通信が可能にした。複数の自律動作可能なアプリケーションが実装され、各フィールドバスとのデータ通信や、デジタルサイネージ技術を用いた施設の動作状況のリアルタイム表示などを可能にした。

各部屋ごとに系統(空調、照明、一般電源、実験電源)別に電力使用量を表示可能にした。インターネット上の別サイトで動作するアプリケーションサーバは、共有ストレージに格納されたデータを取得し、WEBサーバを介して、パソコンやスマートフォンなどを用いた情報の表示(見える化)を行う。別のアプリケーションサーバは、取得したデータを用いて、Twitterを介して電力使用量の「見せる化」を行う。あるいは、インタラクティブ性を持ったタッチパネル型デジタルサイネージKIOSK端末を用いた電力使用量の情報提供の可能性も実証することができた。1つの表示画面ではなく、多種多様な表示画面を用いた電力使用量の見える化および見せる化を可能にし、その実運用を行った。さらに、環境条例対応のための帳票作成機能も実装されている。

2011年1月時点で、11の異なる機器が導入され、合計1714ポイント<sup>\*1</sup>の計測が行われていた。それぞれの内訳は、以下の通り。

- 分電盤(908ポイント)

- コンセント(67ポイント)
- 空調機器(639ポイント)
- 人感センサと照明機器(40ポイント)
- 屋内の環境(36ポイント)
- 水道・ガスの配給(17ポイント)
- 気象(7ポイント)

このような、電力使用量の見える化・見せる化を行ったところ、2011年夏期においては、ピーク値で平均44%、総量で31%の電力使用量の削減に成功した。東京大学におけるピーク値の削減目標値は、30%であったが、工学部2号館においては、7月12日15:00-16:00の1時間のみ2%の目標値を下回ったという結果であった(図7.2)。

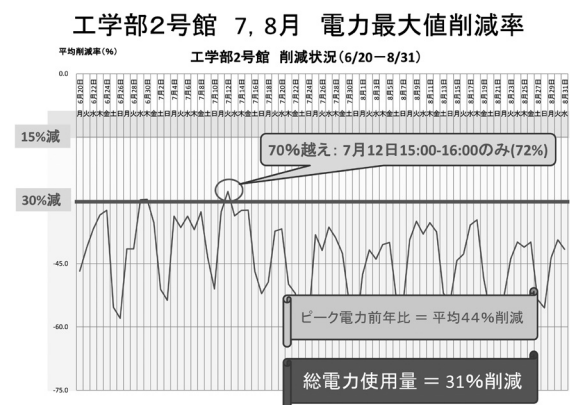


図7.2 工学部2号館電力最大使用量削減率

さらに、図7.3および、図7.4には、前日から気温が大きく上昇および下降した際の気温と電力使用量の変化を示した。電力使用量を見て、各人が自律的に対応を行った結果であると考えることができる。「見える化・見せる化」による「自律分散協調型」のデマンド制御が行われたと見ることができる。

工学部2号館では、図7.5に示したように、電力使用空調の設定温度と部屋の温度の情報も取得・表示するアプリケーションも導入した。このアプリケーションは、当初は、節電を行っていない部屋を検出することを目的としていたが、導入後は、むしろ、過度に節電を行っている部

<sup>\*1</sup> ポイント数はデータシーケンスの数を表している。つまり、あるコンセントで、例えば、電圧(V)・電流(A)・電力(W)の3種類のデータを計測していれば、3ポイントと数え上げる。



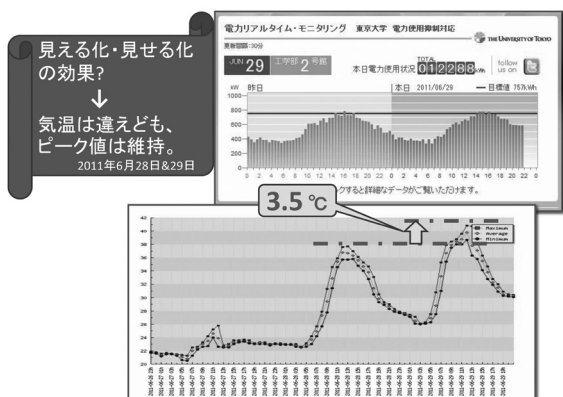


図7.3 気温上昇時の変化

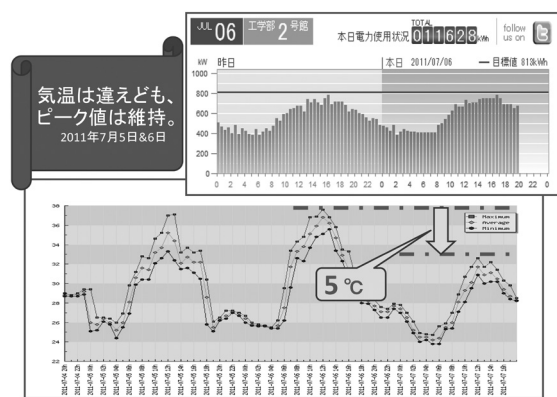


図7.4 気温下降時の変化

屋や、冷却能力の不足している部屋を把握することを可能にし、その結果、『健康の担保』という節電よりも優先度の高いファシリティ管理の実現に貢献することが明らかになった。

### 7.1.2 主要5キャンパスの見える化

東京大学本郷キャンパスは、東京都内で最も大きな二酸化炭素排出事業所となっており、関東地区に展開する主要5キャンパスの合計値は、126,158トン/年(2010年値)となっている。5キャンパス合計で、36,333名(教職員7,687名、学部生14,260名、大学院生14,386名)が活動をしており、総床面積約142.7万平米、2010年のピーク電力使用量は、約66,000kWであった。照明17.6%、空調31.8%、実験機器36.6%、その他14.0%という負荷構成である。

### << IEEE1888 Application Example >> Handling the Current and Historical Data of Building Facilities

#### 10F EHP HVAC Statuses

**Not only energy information !!**

Time: 2011-09-08 09:02:06

| 部屋名   | 運転  | モード設定 | 温度設定 | 温度計測 |
|-------|-----|-------|------|------|
| 101B  | OFF | 冷房    | 26   | 28.9 |
| 102B1 | ON  | 冷房    | 25   | 25.6 |
| 102B2 | OFF | 冷房    | 22   | 29.3 |
| 101C1 | ON  | 冷房    | 28   | 27.6 |
| 101C2 | OFF | 冷房    | 27   | 27.2 |
| 102C1 | OFF | 冷房    | 28   | 29.3 |
| 102C2 | ON  | 冷房    | 26   | 25.6 |
| 103C1 | OFF | 冷房    | 27   | 30.1 |
| 103C2 | ON  | 冷房    | 27   | 27.2 |
| 10SV  | ON  | 冷房    | 23   | 23.2 |

(\*) 過去180秒以内に更新されていない項目は で表示されます。

9

図7.5 IEEE1888 Application Example

### 東京大学 主要キャンパス 消費電力の見える化システム構成図 <http://ep-monitor.adm.u-tokyo.ac.jp/campus/denryoku>

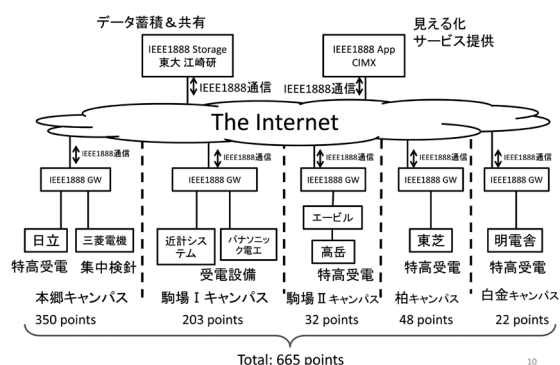


図7.6 消費電力の見える化システム構成図

図7.6に示したように、IEEE1888を用いて、各社独自仕様で動作していた受電設備で計測される合計665ポイントの電力使用量をリアルタイムに、クラウド型システムを用いて共有データベースに格納し、見える化サービスを提供した。データは、東京大学のホームページのトップに表示され、少ないクリック数で、より詳細なデータ表示画面にアクセスすることを可能とする見える化サイトの設計・実装・運用を行った(図7.7)。学内からのアクセスの場合には、より詳細なデータ表示が行われる。

TSCP室が実施した数々の節電施策と、本電力使用量見える化システムにより、東京大学主要5キャンパスの合計値として、約31%のピーク値削減、22%～25%の総使用量削減に成功した。



図7.7 2日分のリアルタイム電力使用量表示画面

## 7.2 電力消費機器の制御

IEEE1888は、ファシリティに展開される機器が生成するデータの収集・格納だけではなく、その制御を行う機能も定義している。図5に示した工学部2号館のIEEE1888システムでは、空調や照明の制御を、インターネットを介して行うことが可能となっている。さらに、会議室や講義室の予約システムの予約情報との統合運用を実現しており、予約なしでの無断使用なども表示・通知可能なシステムとなっている。2011年度は、ソフトウェアによる自動制御は実施していないが、2012年9月から実験的にいくつかの会議室と講義室において、ソフトウェアによる自動制御を適用している。特に、空調に関しては、ON/OFFのみではなく、設定温度、風量、風向などの細かな設定もインターネットを介して、パソコンやタブレット端末あるいはスマートフォンで行うことができる(図7.8)。

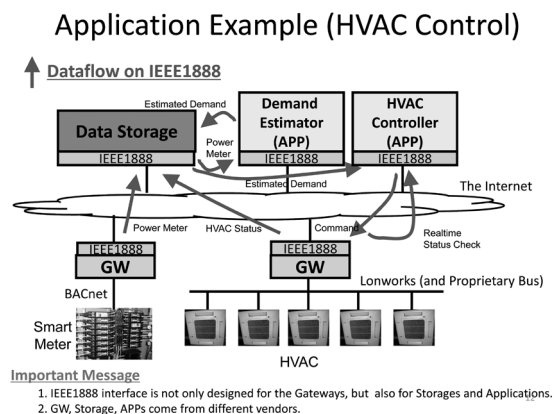


図7.8 Application Example(HVAC Control)

## 7.3 クラウドシステムの戦略的導入

ICTシステムは、電力使用量や各種センサのデータの収集・蓄積・解析と、電力消費機器の制御を実現するが、一方で、大きな電力消費減かつ熱源でもある。データセンターの運用効率を示す指標として、PUE (Power Usage Effectiveness) という値がある。通常のサーバ室では、PUE値は2.0~3.0程度、通常の商用のデータセンターでも2.0程度となっており、コンピュータが消費する電力量と同量から2倍程度の空調負荷が必要となる。

特に、IT系事業所や理工学系のキャンパスなどでは、コンピュータ関連機器の電力使用量は少なくなく、その節電対策は効果大きい。省電力化した新機種への更新、ノートPCの利用、さらに先端技術である仮想化技術を用いたクラウドの戦略的導入である。ノートPCの利用やクラウドシステムの導入は、節電だけではなく、BCP (Business Continuous Plan)の向上という危機管理機能の向上にも貢献する。ノートPC、タブレットPCあるいはスマートフォンなどバッテリーを持ったユーザ端末とクラウドシステムの導入により、電力不足に対するデマンド制御や、電力に関連するインシデントに対するデータの保全とサービスの継続が可能となる。図13に、工学部電気系学科のサーバ群と江崎研究室のサーバ類をクラウド化した概要を示した。合計で2.52kW、約71%の節電を達成することができた。クラウド化の作業は学生が行ったので必要であった経費はサーバハードウェアのみであり、節電効果による原価回収期間は、空調負荷の軽減も考慮に入れると約6か月となった。また、クラウド化により、空調設定温度制限を緩和することでの快適性の確保が実現可能となったばかりでなく、広く・快適な作業空間へと改善が行われた(図7.9)。

我々は、東京都環境条例の施行にあたり、クラウドシステムを用いた節電の効果は、効率的な最新の空調を用いてサーバ群を集合・集約運用させるデータセンターの戦略的利用により、さらに大きくなることを、東京都環境局殿にご説明した。その結果、データセンターへの例外規定を策定して頂き、さらに、データセンターとクラウドの利用が、快適性とBCPを向上させながら環境温暖化ガス排出量の削減(=節電)を実現するスマートな方法として紹介・推奨して頂いている。

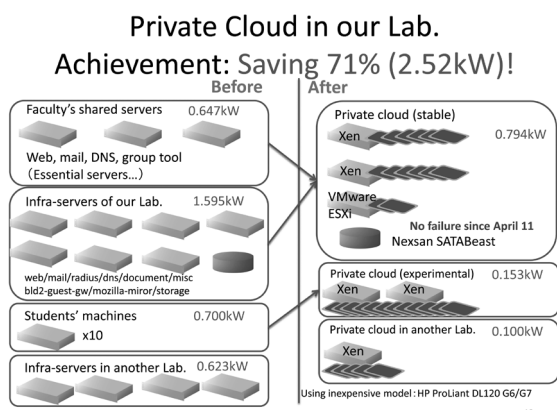


図7.9 Private Cloud in our Lab.

## 第8章 電力供給システム

電力会社からの電力供給は交流であるが、ほとんどの電力消費機器は、交流を直流に変換して利用する。そのため電源アダプタが必要となり、大きな変換ロスが発生している。長距離の電力伝送には交流が適するが、自宅や事業所内のような近距離の電力伝送には、結果的には直流の方が効率的な場合が存在する。例えば、データセンターや電話会社の局舎における高圧直流給電などが実例として挙げられる。

ITシステムにおける直流給電システムとしては、USB給電やPoE (Power on Ethernet)が挙げられる。特に、PoEを用いた情報線と電力線とを縮退させた機器として、無線LANアクセスポイントやスイッチ、さらに、PoE給電のみで動作可能なディスプレイ付きのシンクライアント (Thin Client)などが利用可能となってきた。PoEを用いた機器の展開の利点としては、電源ケーブルが存在しない場所にも容易に機器の設置が可能となることが挙げられる。事業所などで、サーバが集合運用されるサーバ室には、停電対策としてUPS (無停電電源装置)が設置されているのが一般的である。大規模な場合には、ガスを用いた自家発電装置が設置される場合もある。サーバ室に設置されるUPSの電力容量を大きくすることが可能になると、オフィスで稼働しているIT機器/ICT機器が、バッテリーを持たなくても、停電時にも停止することな

く継続的運用が可能になる。大容量の発電装置の設置は、これまでは容易ではなかったが、最近では、効率化・小型化が進み、コンテナ型の発電装置も市場投入されている。特に、コンテナ型の発電装置は、建物の仕様に依存せず展開が可能であるとともに、移動性を持つため、災害対応を含んだ装置として組み込むことも可能である。すなわち、PoEと大容量のUPSを組み合わせたITシステムは、電力会社からの電力供給に依存しない自立した地産地消型の運用を可能にする。

PoEで動作するLED照明も出てきており、各LED照明の管理・制御がインターネットを用いて可能となることを想定した、節電、快適性の向上さらに新機能(例えば可視光通信)の提供を同時に実現させるシステムの登場が期待される。

## 第9章 ビジネス・事業モデル

節電事業のみでの産業セグメントを構築するのは、その事業規模から、容易ではないので、節電のために導入した施設・システムが、多様な価値が施設・システムの所有者に提供されなければならない。具体的には、以下の4つの機能・サービスが、共通のIEEE1888インフラ基盤を用いて提供可能にするようなシステム設計とシステム運用が可能であることを、GUTPが関与する実証実験フィールド(典型的で核となる実証実験フィールドが東京大学本郷キャンパス工学部2号館)を用いて実証することで、産業・社会展開と普及を推進しようとしている。

- (1)節電・省エネ
- (2)BCP・危機管理
- (3)TQC・効率化
- (4)新サービス・新機能

これら4つの機能が、一つの共通プラットフォーム上で共存・共栄するようなビジネス戦略・事業戦略を、需要家に認識してもらわなければならない。通常、節電・省エネの事業は、BU (Business Unit)の事業責任領域にはならず、総務部などの全社間接部門の事業責任領域となるのが一般的である。一方、(2)の危機管理とBCPおよび(3)

のTQC・効率化は、事業部の活動の維持と成長に資する活動であるので、事業部の責任事業となる。最後に、(4)の新サービス・新機能は、将来の成長に資する新事業領域の創造などを含む領域となる。

(3)と(4)を実現するためには、これまで、独立に運用されていたシステムで生成・利用されていた情報を、相互に参照・共有・利用可能な、トランスペアレントでオープンな相互接続性を持ったインフラ基盤を構築しなければならない。いわゆるビッグデータ(BigData)環境の構築である。そのためには、すべてのサブシステム間で、共通のデータ様式と通信方式を用いたトランスペアレントなデータ共有・利用基盤が整備されなければならない。このような、インターネットアーキテクチャの枠組みに従った、オープンファシリティーシステムが必要とされる。

---

## 第10章 むすび

---

グリーンIT/ICTの活動を推進するにあたって、社会全体のエネルギー消費量の把握に基づいた戦略の策定が必要である。ICT機器自体のエネルギー消費量は、空調や照明などのNon-ICT機器のエネルギー消費量に比べて小さい、しかし、ICT機器なしには、これらの効率化と省エネ化は実現できない。人間に例えれば、ICT機器やICT機器が仕事をする場所であるコンピュータールームやIDC (Internet Data Center)は『脳』にあたり、ネットワークは『神経系』である、『賢く能率的な脳』と『俊敏に動作する神経』が、人間の効率的で機能的な活動を実現するのは明らかである。『優れた筋肉を持った運動選手』でも、その制御が最適化されていないと、『優れた筋肉を持たない運動選手』に負けてしまう。我々 ICTシステムの展開に、地球の未来が依存しているも考えられるであろう。

WIDEプロジェクトでは、2003年から、IPv6技術を用いたオープンなビルの管理制御システムの研究開発を進め、クローズドな技術を用いたビルシステムやファシリティーシステムに、オープンなインターネット技術を導入することによって、高度な新機能と効率的に(安価に)実現することを目指してきた。2008年からは、東京大学本郷キャンパス工学部2号館を実験テストベッドと

した「グリーン東大工学部プロジェクト」、さらに2010年からは「東大グリーンICTプロジェクト」へと発展した。これらの活動において、技術面を支えたのは、WIDEプロジェクトのメンバであり、特に、Live E!プロジェクトで設計・実装・運用した技術群が原型となり、2011年2月にIEEE1888として承認されるに至った。さらに、IEEE1888は、NIST SGIPが認定するCoS (Catalog of Standards)にIEEE1888を登録する方向で具体的作業を開始するコンセンサスを形成することに成功した。さらに、東京大学における2011年夏の運用においては、工学部2号館でのピーク電力使用量平均44%削減、総電力使用量31%削減、東京大主要5キャンパスでのピーク電力使用量平均31%削減、総電力使用量20-25%削減の達成に大きな貢献を行った。

---

## 第11章 付録: GUTP参加組織(2012年10月1日現在)

---

### (1)営利企業(43企業)

愛知時計電機(株)、(株)アズビル、(株)インターコム、インテック(株)、エヌ・ティ・ティ・コムウェア(株)、(株)NTTファシリティーズ、(株)大塚商会、(株)オプティム、鹿島建設(株)、(株)関東コーワ、KDDI(株)、(株)KDDI研究所、コムツァイト(株)、三機工業(株)、シムックス(株)、シスコシステムズ合同会社、(株)システム・ランド、シトリックス・システムズ・ジャパン(株)、シュナイダーエレクトロニクス(株)、新日鉄エンジニアリング(株)、新菱冷熱工業(株)、セイコープレジジョン(株)、ダイキン工業(株)、(株)竹中工務店、(株)ディー・エス・アイ、(株)東芝、(株)東洋スタンダード、東洋電機製造(株)、日本電気(株)、日本電信電話(株)、日本ベリサイン(株)、パナソニック(株)エコソリューションズ社、(株)日立製作所、富士通(株)、富士ゼロックス(株)、三井情報(株)、三井不動産アーキテクチャル・エンジニアリング(株)、三菱重工業(株)、(株)三菱総合研究所、(株)ラック、(株)リコー、(株)ユビテック、(株)ユビキタス

### (2)非営利団体(21団体)

IPv6普及・高度化推進協議会、東京都環境科学研究所、Lon Mark Japan、岡山IPv6コンソーシアム、グリーンIT推進協議会、社団法人電気学会、社団法人電気設備学会、



横浜金沢産業連絡協議会、IPv6 Sensor Networking協議会、WIDEプロジェクト、Churaronkorn大学(タイ)、SRM大学(インド)、慶應義塾大学、静岡大学、名古屋大学、奈良先端科学技術大学院大学、首都大学東京、新潟大学、山口大学、金沢大学、山形大学、東京大学