

インターテックリサーチ レポート

No.12 2010.08

IEC のスマートグリッド 標準化ロードマップ



© Copyright [Pam Brophy](#) and licensed for [reuse](#) under this [Creative Commons Licence](#).

チーフリサーチャー:新谷 隆之
インターテックリサーチ株式会社
〒261-0001

千葉県美浜区幸町 1-1-1-1419

TEL/FAX:043-246-0340

E-mail: takayuki.shintani@itrc.jp

URL: <http://www.itrc.jp>

Blog: <http://www.itrc.jp/wordpress>

昨年11月、弊社ブログ「[米国のスマートグリッドの標準規格の動向](#)」で、米国国立標準研究所(NIST)の「[NIST スマートグリッドの相互運用性に関する規格のフレームワーク及びロードマップ第1版\(案\)](#)」をご紹介しました。12月には弊社調査レポート No.6「[NIST のスマートグリッド概念モデル](#)」で NIST のスマートグリッド関連情報をお届けしましたが、その後、NIST では関係者のコメントを反映し、2010年1月、「[NIST スマートグリッドの相互運用性に関する規格のフレームワーク及びロードマップ第1版](#)」が正式に公開されました。現在、選定された15の優先的に行動すべき計画(PAP)を中心に、着々とスマートグリッド実現に向けた作業が進められているようです。米国では、上記の「規格フレームワークとロードマップ案」策定時点から、電力会社や重電メーカーだけではなく、ICT 事業者を含め毎回数百名のステークホルダーがワークショップに参加しており、ユースケースの検討をはじめ、精力的に、標準化を推し進めている感があります。この辺りに、改めて、アメリカのパワーを痛感しました。

それに比べると、欧州の国際電気標準会議(IEC)では、肅々とスマートグリッド関連の標準化作業を進めているようです。

2008年11月、スマートグリッド関連機器とシステムの相互運用性を達成するために必要な、プロトコル及びモデル規格を含むフレームワークの開発を行うことを目的とした戦略グループ SG3(議長: Richard Schomberg 仏 EDF)を標準管理評議会(SMB)内に設置。スマートグリッドにかかわる11の技術委員会(TC)へのアンケート調査から始めて、2011年にスマートグリッドに対する提言とロードマップのとりまとめ、欧州規格の策定予定と聞いていましたが、先月(2010年6月24日)、「IEC版スマートグリッド標準化ロードマップ: [IEC Smart Grid Standardization Roadmap Edition 1.0](#)」が SG3 より公開されました。英文136ページのドキュメントです。



出典: 同ドキュメント表紙および <http://www.iec.ch/smartgrid> より

今回は、その序文から第3章までと、ロードマップの本体である第4章の冒頭部分をご紹介します。

序文

世界中で、多くのベンダー、政策決定者および公益企業が、運用効率改善、制度設計の改善、顧客価値向上に向けて、送配電や顧客システムへのスマート技術の適用を実施中、あるいは実施しようとしている。安全で、スマートに系統電力にフル接続する技術を迅速に実装していくことが公益企業の需要家、ひいては一般社会へスマートグリッドが提供する価値の 1 つであり、その意味で、スマートグリッドは、系統電力を近代化する概念といえることができる。スマートグリッドは、発電端から需要端までの電気系統に関係するすべてのものを包含している。

☑ スマートグリッドの世界標準を規定する

IEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議) は、電気・電子技術分野の国際標準・規格を作成し、その普及を図ることを目的とした非政府機構である。2008 年に新規に設置した IEC スマートグリッド戦略グループ (以降、SG3) は、現在世界中で展開されている数多くのスマートグリッド・プロジェクトに対して「ワンストップ・ショップ」の機能提供を目指している。また、SG3 は、スマートグリッドを構築するために必要な規格 (第 1 版) やガイダンスをスマートグリッド・プロジェクトが容易にアクセスできるよう、WEB サイト (www.iec.ch/smartgrid) を準備している。

更に、アクションプランに基づいて、スマートグリッドの要件を支援する包括的な世界標準のセットが矛盾なく機能するよう、関連する種々の IEC 技術委員会 (TC) をガイドする行動計画に基づいて活動中である。

☑ はじまり

ブラジルーサンパウロで 2008 年の秋開催された会議で、IEC 標準管理評議会 (SMB) は、戦略グループ (SG) の 1 つとしてスマートグリッド戦略グループ: SG3 の創設を承認した。

SG3 は、14 カ国の専門家から構成され、それ以来、スマートグリッドのデバイスとシステムの相互運用性を達成するためのプロトコルおよびモデル基準を含む、IEC の標準化フレームワークを開発してきた。本ロードマップドキュメントは、その相互運用性実現のためのプロトコルおよびモデル基準を含んだものである。

SG3 は、広く今日のスマートグリッド・プロジェクトに首尾一貫して使用できる、既存 (あるいは完成間近の) IEC 規格に基づいた IEC 規格のフレームワークの第 1 版を提供するため、スマートグリッドに関連する内外の関係者にコンタクトしてきた。また、IEC は、SG3 との緊密な連携の下、スマートグリッドのプロジェクトマネージャー、役員および外部標準策定機関 (SDO: Standard Development Organization) 向けの対話型 WEB サイトを開発し、すぐ利用可能な標準規格や、標準規格を最大限に利用するためのガイダンスを提供できるようにした。更に、SG3 は、スマートグリッド用の「汎用参照アーキテクチャ」を開発するべく、現在、実際に業界で執り行われているユースケースの情報収集を実施している。この「汎用参照アーキテクチャ」は、今後、本ロードマップドキュメントを参照するすべての人に利用されることを期待しているものである。

こうして、スマートグリッドに関連する多くの IEC 技術委員会との調整が付き、スマートグリッドの要

件を満たす一組の調和のとれた世界標準を提供するというゴールに向けた行動計画が出来上がった。

❑ 新たな標準が必要か？

スマートグリッドは、そのスコープが広いので、関連する規格の範囲も非常に広く、複雑になっている。根本的な問題は、相互運用可能で安全なスマートグリッドを達成するというゴールに向けて、顧客便益を最大化するには、どのような組織および優先度付けが必要かということである。

電力業務や通信で、これまで使い込まれてきた規格やベストプラクティスが既にあり、スマートグリッドの展開促進にも容易に利用できる。ただ、採用に当たっての問題は、ハイ・レベルのスマートグリッド・システム設計者に、それらの広範囲で詳細にわたる規格への認識が不足していることと、それらを組み合わせて適用するための明瞭なベストプラクティスおよび運用規制のガイドラインがないことである。もう1つの重大な問題は、スマートグリッド・プロジェクトが、異なるグループや異なる技術委員会によって別々に開発された規格を使用する必要があるということだ。

相性のよさそうな規格同士でも、コンセプトに相違があり、結果的に互いに相容れないこともある。したがって、スマートグリッドに適用した場合に相互運用性が担保できるかどうかの実証が必要である。その後、ガイドラインを作成し、必要なら民間認定機関の設立・利用も視野に入れて、相互運用性を担保するためのメカニズムを開発する必要がある。

❑ 待望の標準フレームワーク

スマートグリッド・プロジェクトを毎回一から始め、同じような発見・間違いを犯すのは賢明ではない。また、ベンダーも、グローバルなマーケットが出来上がるかどうか分からない分野向けに、革新的な新製品開発投資を無制限に行うことはできない。そこで、SG3 では、スマートグリッド・プロジェクトのマネージャー達がツールキットとして普遍的にシームレスに使用できるフレームワークの提供を目指している。

このフレームワークには、以下のようなベストプラクティス・ガイドラインと、規格一式を含んでいる：

- スマートグリッド・プロジェクト・ガイドライン

要件定義、設計、インテグレーション、テスト、検証といった、プロジェクト推進上常識となっているものの、必ずしも実行されるとは限らない主なステップと、境界および相互運用性の適正レベルの定義方法について記述。

- ユーザ要件定義レベルで、一般的なユースケースとともに用いられる規格一式

- 電気・電子技術および情報技術面のテクニカル・デザインと仕様レベルで使用される規格一式

あまりにも多くの規格が既に存在しており、分野横断的な互換性に関して詳細な実証が望まれる。そして、互換性の検証で選考に残った規格達(あるいは規格の一部)のカタログを提供することが、このフレームワークの提供価値である。

このドキュメントは、最近実施されたIEC-SG3の作業に基づいて、「IEC スマートグリッド・ロードマップ」のための標準化の要件を表す戦略的かつ技術指向のレファレンスブックのドラフト版である。本ドキュメントは、一度作成したら終わりというものではなく、今後も変更および追加があり得る。

(例えば、スマートグリッド汎用参照アーキテクチャのマッピングの完成時など)それらの、変更・追加は、今後本ロードマップの改訂版に組み入れられるだろう。

このロードマップは、既存の(ほとんどが IEC の)規格を、スマートグリッドへの適用という観点から吟味しなおしたものである。実際の規格と、スマートグリッドに適用するに当たっての要件のギャップ分析を行い、規格化医療のための提言を付している。また、第一版公開に先立って、国内外のグループから得られたコメントを SG3 でレビューし、議論した結果を反映したものである。

1. 概要

スマートグリッドという言葉は、直近の課題として電力網の機能拡張を、長期的には将来の電力システムのあり方を示す用語である。その定義や、どこまでが関連するのかのスコープははっきりしていないが、主な関心は、電力網を構成するすべての要素の「見える化」と制御性の向上にある。また、電力システムを構築する様々な製品、ソリューションおよびシステムに対して、より高いレベルで、構文的・意味的な相互運用性が求められている。

更に、長期投資セキュリティや、電力システムに使用されてきた既存のレガシー・システムへの対応など、特定の要件への考慮も必要である。

この相互運用性や投資セキュリティに対応するためには、開発および投資に当たって健全な規格のフレームワークに基づくことが不可欠である。そのフレームワークは、スマートグリッドの実現を通じて得られる新たな進展と恩恵の核心となるだろう。

電気・電子技術標準化の分野で唯一の国際標準化機関である IEC は、スマートグリッドの進展と、それが社会全体にもたらす有益な効果に寄与する理想的に立ち位置を占めている。IEC のスマートグリッド戦略グループ:SG3 は、スマートグリッド実現に向けた標準化作業を調整する作業に取り組んでいる。その第一歩として、スマートグリッドに関連する分野を特定し、新たに発生する要件を引き出すとともに、既存の規格とのギャップをサマライズした。

第3章「スマートグリッドのビジョン」では、スマートグリッドの推進要因を検討し、スマートグリッドの簡潔な定義を与えている。また、スマートグリッドの主要要素とアプリケーションについても記述している。

第4章「IEC スマートグリッド標準化ロードマップ」は、スマートグリッドの主要領域の調査結果である。通信とセキュリティに関する分野に加えて、次の話題が含まれている:

- HVDC(High Voltage Direct Current)/FACTS(Flexible AC Transmission Systems)
- 停電防止/EMS
- 高度な配電管理
- 配電自動化
- 変電所自動化
- 分散型エネルギー資源
- 進化したメーターインフラ:AMI
- デマンドレスポンスとロードマネジメント

- スマートホームとビル・オートメーション
- 電力ストレージ
- e モビリティと状況監視

この章では、上記の個々のトピックについて、何をなすべきかの提言も付記している。
第5章では以下に示すとおり、IEC 全体としてアクションすべき「一般的な提言」を記載した。

☑ 提言 G-1

スマートグリッドとは何かについての、単一の統一概念はない。スマートグリッドにはいろいろな形があり得る。更に、(一朝一夕でシステム全体を総入れ替えすることは不可能なので、電力網に関わる)レガシー・システムも組み込まなければならない。

したがって、既存の、成熟した電力業界固有の通信システムも使用できなければならない。IEC の役割は、スマートグリッドとして、更に必要となるインタフェースや動作環境を標準化することであり、アプリケーションやビジネスモデルを標準化することではない。

☑ 提言 G-2

IEC は、スマートグリッド標準化に向けた作業を奨励すべきである。特に、IEC/TR 62357 (Reference Architecture) の潜在的な可能性を追求すべきである。IEC は、白書、プロモーションおよびワークショップを通じて、技術委員会: TC 57 のフレームワークの適用をステークホルダーに通知すべきである。

☑ 提言 G-3

技術的な接続基準は規格、規制および様々なローカル仕様に従う。これらの接続基準間の調停は、IEC での標準化のスコープ外である。TC 8 で一般的な最低要件を取り扱うが、IEC はこれらの問題の詳細な標準化を差し控えるべきである。

☑ 提言 G-4

IEC は、「市場」ドメインのステークホルダーとの緊密な協調を図るべきである。
この分野では、多くの専用作業が行われている。IEC は、UN/CEFACT、UN/EDIFACT その他の重要な規制機関および事業者団体との緊密な協業を図るべきである。
最も有望な市況データ・システムの調査を行うべきである。そのインプットは、スマートグリッドを市場連動するよう拡張するために不可欠なものである。

☑ 提言 G-5

IEC は、米国 NIST によって既に行われている作業、および NIST のロードマップ作成に携わった参加者に感謝すべきである。IEC は、これまで関わってきた、特定の優先分野を積極的に支

援するとともに、NIST がローカルあるいはリージョナルな標準(例えば AMI、DER)を採用している分野に関して、NIST のロードマップ作成アクティビティとの緊密な協業を図るべきである。(図 1 参照)

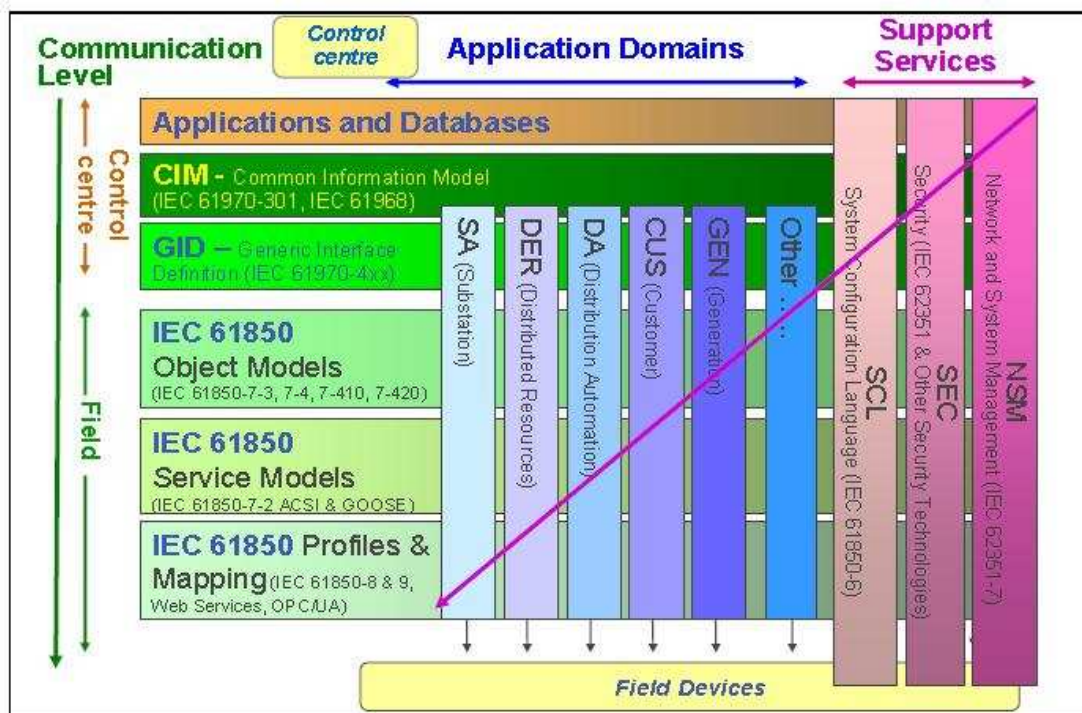


図. 1 IEC61850 モデルと共通情報モデル(CIM)

IEC は、スマートグリッドの分野に関して、既に素晴らしい標準規格を保持している。そのいくつかは、現在および将来にわたって、スマートグリッド実現のためのコアスタンダードになると考えられる。

そのようなコアスタンダードには以下のものがある：

■ IEC/TR 62357

電力自動化の標準のフレームワークで、SOA(サービス指向アーキテクチャ)の概念を記述

■ IEC 61850

変電所の統合/オートメーションに使用される通信ネットワークとシステムの規格で、変電所内通信プロトコルと、変電所内の装置・機器が持つ情報のモデル(デバイスモデル)を規定

■ IEC 61970

エネルギー管理システム(EMS)の API、情報モデル(CIM)とコンポーネントインタフェース仕様(CIS)を規定

■ IEC 61968

配電管理システム(DMS)の API、情報モデル(CIM)とコンポーネントインタフェース仕様(CIS)を規定

■ IEC 62351

セキュリティ

また、新しいアクティビティとしては、AMI(例えば IEC 62051-62059; IEC/TR 61334)および DER(例えば IEC 61850-7-410: -420)と EV(例えば IEC 61851)がある。更に、従来は標準化の対象領域外だった市場とサービスシステムのような領域がある。

これらの新たなアクティビティからも、IEC で標準化すべき新しい要件が持ち込まれている。IEC は、これらの分野に関係のある組織とも緊密な協業を図るべきである。

調査により、スマートグリッドに関連する 100 個以上の標準および標準部品が識別された。また、12 の特定のアプリケーションと 6 つの一般的な話題について分析が行われ、今後の活動のための 44 の提言がまとめられた。

IEC は、電気・電子技術の国際標準化組織として、スマートグリッドに関係のある規格を提供する準備が整ったが、今後、新たな課題にも応じるべきである。組織としての IEC は、従来 IEC のスコープ外だった分野や組織に、その協業範囲を拡大させなければならない。これらの努力を通じて、IEC は、スマートグリッド標準化用のワンストップ・ショップとして機能することができる。

2 はじめに

2.1 一般

「スマートグリッド」は、発電所から消費者までのエネルギー変換連鎖全体にまたがる主要なトレンド／市場となっている。その中で、電力潮流は、(送電系統から配電系統を経て需要家に至る)一方向の流れから双方向の流れに変わると考えられている。更に、電力系統の運用方法が、階層的トップダウン方式から分散制御に変わると目されている。

スマートグリッドに関する要点の 1 つは、「見える化」の促進と、複雑な電力系統の制御性の向上である。それには、電力系統の個々のコンポーネントとサブシステム間の情報共有促進が不可欠で、標準化は、将来、電力系統の新たなアプリケーション進展を可能にするための情報共有を促進する重要な役割を果たす。

2.2 本ドキュメントの目的とスコープ

本ドキュメントは、IEC の標準規格群の中でスマートグリッドの実装に関連すると思われるものを洗い出し、スマートグリッドに適用するに当たっての潜在的なギャップを識別しようとするものである。スマートグリッド・アプリケーションによって、関係する標準規格は異なる。しかし、いくつかの標準規格は、ほぼすべてのスマートグリッド・アプリケーションに必要、あるいは必須のコア・スタンダードとなるだろう。また、それ以外でも、スマートグリッドの基礎をなすような IEC 標準規格がある。それらは、スマートグリッド構築の中核をなす標準規格群に比して優先度は低いものの、スマートグリッド構築に関連する標準規格すべてについて、あまねくその概略をおさえておくことが重要だと考える。

更に、(IECの考える)スマートグリッドのビジョンを実現するため、IEC標準規格の全体フレームワークと、今後のアクションについてのロードマップを定義した。これは、スマートグリッドが市場に受け入れられるために必要な前提条件を規定したものである。スマートグリッドへの投資は、長期的な投資とならざるを得ない。そこで、ステークホルダーが長期にわたり継続投資を実施すべきかどうか判断を行うベースとなる、一定の標準規格のセットを提供することが絶対に必要だと考えている。

本ドキュメントでは、スマートグリッド実現に付加価値を与えるに当たって、標準化の作業を限定した。「見える化」促進と電力システムの制御性向上の目的達成を支援するための相互運用性基準策定するに当たって、特に注意した。

IECはスマートグリッドをより一層促進するための絶対前提条件を提示するが、ソリューションやアプリケーションの標準化には立ち入らない。それは、スマートグリッドのイノベーションや進展を妨げる可能性があるからである。

本ロードマップでは、基本的にIECの標準規格を対象としているが、別の標準開発機関(SDO)との共同作業で最適解が得られそうな領域では、IECの標準規格以外のものも含んでいる。

スマートグリッドに関する話題は既に巷間にあふれているが、スマートグリッドの標準化に関するものは少ない。1つの注目すべき例外が、NIST相互運用性ロードマップである。これは、米国の2007年エネルギー独立・安全保障法に基づいて作成されたもので、現在、スマートグリッド関連標準規格を包括的にまとめたものとして最先端の労作である。IECは、このNIST相互運用性ロードマップのほとんどの結果を支持する。また、今後、国際標準として更なる標準開発が必要となった場合、NISTと連携する用意ができています。

3 スマートグリッドのビジョン

3.1 スマートグリッド推進要因

効率的かつ信頼できる送配電は、社会経済の基本要素事項である。

ところが、そのような基本要素事項を満たすべき工業先進国の公益企業は今日、激動の最中にある。送電インフラの大部分が1960年代に構築され、その設計寿命の時期に達している一方で、政府や規制機関から、競争の強化、エネルギー価格低減、エネルギー効率向上、太陽光・風力・バイオマスおよび水力発電の増加圧力を受けているのだ。

(開発途上国では負荷需要が急増しているが)、工業先進国では、負荷需要は減少しているか、もしくは、この十年間ほぼ一定で推移している。老朽化した設備は、分散発電やこれまでの負荷増加の影響で、ピーク負荷の条件下では過負荷状態になっている(が、一斉に取り替えるには膨大な資金が必要となる)。その代替案として電力システムの改良を最低限に抑えるために、電力システムの新しい運用方法を確立する必要があるが出てきた。

多くの国々で、規制機関と電力自由化が、公益企業に送配電コスト引き下げを強要している中で、サステナブル、かつセキュアで、他のエネルギーと競合力のある価格で電力供給を行うため、(主として最新のICTに基づいて)電力システムを操作する新たな方式が必要とされている。

スマートグリッド・ソリューションの主要な市場推進要因は次のとおりである：

- エネルギー需要増大
- 再生可能エネルギー資源の使用増加
- サステナビリティ
- 競合し得る電力供給価格
- 供給安全性
- インフラおよび労働力の高経年化

公益企業が克服しなければならない課題は次のとおりである：

- 高電力システム負荷
- 発電端と需要端間の距離の増加
- 再生可能エネルギーの出力変動
- 新たな負荷（ハイブリッド／電気自動車）
- 分散型エネルギー資源の使用増加
- コスト（低減）圧力
- 公益企業のアンバンドリング
- エネルギー取引の増加
- 消費者のエネルギー使用量／価格の透明性確保
- 強大な規制圧力

なお、上記の市場推進要因および課題の優先順位は地域によって異なる可能性がある。

例えば、中国は、需要の急増と再生可能エネルギー資源を統合するニーズがスマートグリッドの推進要因となっている。

インドでは、（技術的な電力ロスと同様、盗電のような技術以外の要因による）高い電力システムの非効率性がスマートグリッドの推進要因となっている。これらは、スマートメーターの導入と柔軟な系統運用で改善が期待できる。

また、架空線での配電システムの割合が多いすべての国々で、停電の頻度は高いが、スマートグリッド技術を使うことで、停電回数、停電時間および需要量にエネルギー供給が間に合わないような状況を少なくすることができる。

3.2 スマートグリッドの定義

「スマートグリッド」という言葉は、今日、技術的な定義としてではなくマーケティング用語として使用されている。そのため、はっきりした定義はなく、何がスマートで、何がスマートでないかのスコープについても、一般的に広く受容されたものはない。

IEC-SG3 ではスマートグリッドを、電力システムを近代化する概念と位置づけ、スマートテクノロジーが、「見える化」を促進し、電力システムの制御性向上をもたらすものと考えている。また、スマートグリッド技術は、電力システムを、従来の設計どおりに運用される静的なインフラから、柔軟で状況に応じて積極的に反応するような「活きた」インフラに変身することを手助けするものと考えている。

別の見方をすると、スマートグリッドは、発電から消費までの任意のポイントでの電気・電子技術と情報技術を統合するものである。

以下に例を挙げる：

- スマートメータリングは、現状ではどちらかというと盲目的に操作されている配電系統の中で何が起きているかの知識を飛躍的に改善する
- 送電系統では、広域監視およびシステム保全・保護計画によって、システム全体のダイナミックな現象の可観測性の改善が達成される
- HVDC と FACTS は、送電系統の制御性を改善する(これらは両方ともアクチュエーターで、例えば、電力潮流を制御できる)
- 配電系統では、負荷制御および自動配電開閉器によって制御性が改善される
ほとんどのスマートグリッド技術に共通なことは、通信と IT 技術を利用して、以前は分離されたシステム間の対話やインデグレーションを増加させていることである

欧州テクノロジー・プラットフォーム (European Technology Platform : ETP) の SmartGrids 部門では、スマートグリッドを以下のように定義している：

スマートグリッドは、接続されたすべてのユーザ(発電者、消費者およびその両方を行うもの)の行動を知的に統合し、効率的、経済的に、サステナブルかつセキュアな電力供給を行うことのできる電力ネットワークである。

スマートグリッドは、革新的な製品・サービスを使用し、インテリジェントな監視・制御・通信およびセルフヒーリング技術を通じて以下を可能とする：

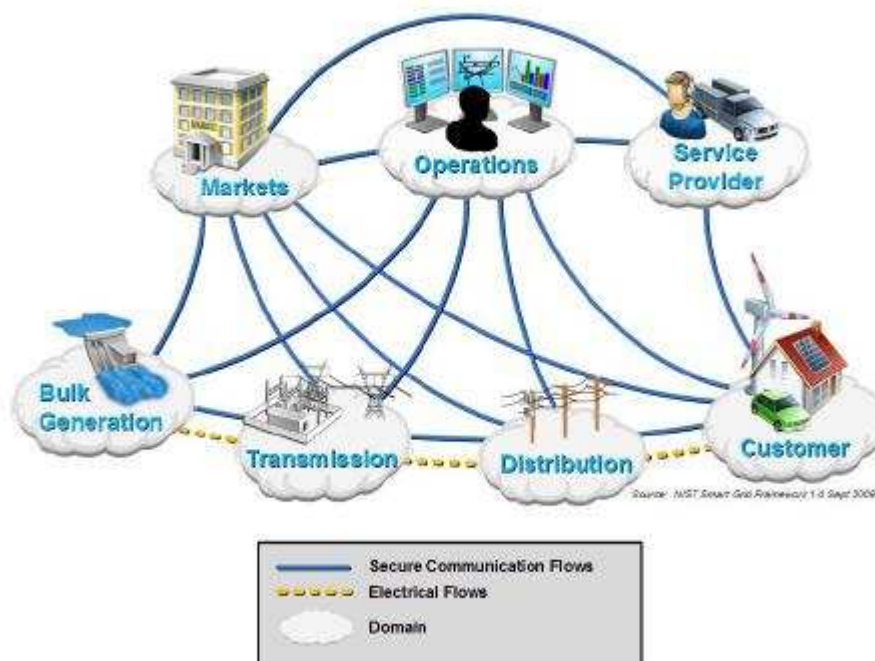
- あらゆる規模の発電機を接続し、その発電機およびその発電技術を有効に利用する
- 消費者がシステム運用の最適化に一役買えるようにする
- 消費者により多くの情報を提供し、(電力を消費するだけでなく)消費者から電力を供給することを可能とする
- 電力供給システム全体の環境への影響を大幅に縮小する
- 電力供給の信頼性と安全性を大幅に向上させる

なお、スマートグリッドの展開においては、単に技術、市場や商業的な観点、環境への影響、規制に関するフレームワーク、標準の使用法、ICT およびマイグレーションの戦略だけでなく、社会的要件や政府の法令も考慮しなければならない。

3.3 スマートグリッドの展望

スマートグリッドとは、以下に示す 7 つの要素のサブセットを組み合わせ、そこに登場する主要プレーヤーのビジネス目的に合致するように一つに統合したソリューションである。つまり、スマートグリッド・ソリューションは、各国、各地域で、そこに含まれるユーザのニーズに適合する必要がある(図 2 を参照)。

Conceptual Model



Source: NIST Smart Grid Framework 1.0 Sept 2009

図. 2 NIST スマートグリッド概念モデル

スマートグリッドは以下の要素から構成される:

☑ 顧客／プロシューマ

- 「賢い消費: Smart Consumption」は、デマンドレスポンスを可能にし、配電管理とビル／家屋のオートメーションのインターフェースする部分に位置する
- 「顧客サイトでの発電: Local Production」は今のところ大きな要素ではないが、将来のスマートグリッド推進要因の1つと目されている
- 「スマートホーム: Smart Home」は、ホームオートメーション・システムを装備した家である。ホームオートメーション・システムは、エネルギーを効率的、経済的で安全に使い、かつ快適な生活ができるように、照明、シャッター、ブラインド、エアコン、家電機器その他を、共通のネットワークインフラに相互接続し制御する。
- 「ビルディング・オートメーションと制御システム: Building Automation and Control System (BACS)」はビルの頭脳に相当する。BACS は、建築物構造体、プラント、屋外設備、および自動化装置の計装、制御および管理技術すべてを含み、ビルディングに対して、効率良く、経済的で、信頼できる操作を行うためにロジック、制御、監視、最適化、操作、手動介入と管理など、自動制御に必要なすべての製品とサービスから構成される。

☑ 大規模発電

- 「賢い発電: Smart Generation」には、再生可能エネルギーがもたらす高調波歪、Fault-Ride-Through(瞬時電圧低下などの系統擾乱により一斉解列を起こさないようにすること)や発電量の変動をコントロールするためのパワー・エレクトロニクスと、再生可能エネルギーの出力変動を補うための化石燃料を用いる発電所が含まれる

■ 電力系統(送電系統と配電系統)

- 変電所の自動化と保護がセキュアな送電系統運用のバックボーンである。近年、シリアルバス・コミュニケーション(IEC 61850)が導入されている。セキュリティは保護計画に基づいている。
- 電力品質・電力監視システムは、企業の品質管理システムと良く似た振舞いをする。運用、制御および管理システムから独立して、対応するグリッド中のアクティビティおよび電力設備/機器をすべて監督している。したがって、このシステムは「早期警報システム」として使用することができ、故障を分析し、故障の理由を見つけ出すのに不可欠のものとなっている。
- エネルギー管理システム(EMS)は送電系統の制御センターである。今日、顧客は、容易にITと統合でき、停電回避を支援しやすいオープン・アーキテクチャを求めている(例えばフェーザー計測、系統の状況の可視化、動的ネットワーク安定性解析)。
- 従来の保護装置は、致命的な障害電流から変圧器のような主要な系統側の装置を保護するものだったが、新しい意思決定支援システムとシステム保全・保護機構は電力系統を擾乱・停電から保護するものになっている。新しいシステム保全・保護機構では、負荷抑制行動を限定することで、保護動作が引き起こす制御不能な連鎖反応の発生を食い止めることができる。
- パワー・エレクトロニクスは送電系統の「アクチュエーター」内にある。HVDCとFACTSのようなシステムでは、短絡パワーを高めずに、電力潮流の制御が可能なので、送電能力の増強を支援することができる。
- 設備管理システムおよび状況監視装置は、公益企業の OpEx(運用コスト)および CapEx(資本支出)を最適化する有望な道具である。例えば、状態監視保全(Condition-Based Maintenance: CBM)は、信頼性を犠牲にせずに、保守費の削減を可能とする。設備管理システムおよび状況監視装置を用いることで、主要設備の過熱による送電ロスが抑えられ、送電能力の増強にも貢献する。
- 配電自動化と保護: 送電系統には自動運転と遠隔制御に最先端技術が使われているが、配電自動化の大規模展開は、まだ始まったばかりである。(架空線を頻繁に使用する)米国のような国々は、配電自動化の恩恵を最も受けている。高度な配電自動化の概念では、停電時間を最低限にする(グリッドをセルフヒーリングする)、自動構成機能を奨励している。更に一歩進んで、電気を自給自足するための電池を含む分散型エネルギー資源の使用(マイクログリッド)も話題に上っている。マイクログリッドは、送電系統が停電しても、配電系統内でのエネルギー供給保証を支援するものである。

- 配電管理システム(DMS)は、送電システムの EMS に対応するもので、配電システムの中央制御センターである。頻繁に停電が発生する国々では、停電管理システム(OMS)は、DMS の重要なコンポーネントとなっている。他の重要なコンポーネントとしては、故障箇所を発見し、地理情報システムとインタフェースするシステムがある。
- スマートメーターは通信リンクを備えた電子メーターの総称である。「先進メータリング・インフラ: Advanced Metering Infrastructure (AMI)」は、遠隔でのメーターの構成、ダイナミックな料金、電力品質監視および負荷制御を可能とするものである。先進的なシステムでは、配電自動化とメータリング・インフラを統合している。

☑ 通信

- 通信は、全体としてスマートグリッドのバックボーンをなすものである。構文レベルおよび意味レベルでの情報交換によってのみ、スマートグリッドの恩恵に浴することができる。
- セキュリティは、重要なシステム基盤にとって、常に課題である。スマートグリッド・ソリューションでは、可観測性、可制御性を実現するために膨大なデータ交換が必要となる。したがって、そのデータ交換と、それを可能とする物理的なコンポーネントにとってセキュリティのインパクトは非常に大きいものである。

4. IEC スマートグリッド標準化ロードマップ

4.1 ロードマップ策定手順の説明

本節では、(スマートグリッドに関連する)既存の IEC 規格を洗い出し、スマートグリッドに適用する場合、今後の新しい標準化活動が必要となりそうなギャップを明らかにするために採用した手順を概説する。

まず、その手順として、トップダウン方式を採用した。前述したように、スマートグリッドの主要アプリケーションの特徴はスマートグリッドの市場推進要因に求めることができる。したがって、スマートグリッド・アプリケーションのユースケースを吟味することで、そのアプリケーションとユースケースが提起する要件が明らかとなる。その要件が、当該アプリケーションの課題と標準化の必要性を分析する手がかりとなるのである。

要件を洗い出す部分の詳細な手順は以下のとおりである:

1. 電力業務におけるすべての機能要件とシステム管理要件を捉えて記述する

- ドメイン(例えば市場操作)ごとに操作をまとめる
- その操作に使われている／使われるであろう／使われ得るすべての機能(例えば配電自動化、発電ディスパッチ)をすべて洗い出す
- 各機能を非常に簡潔に記述する

- 各機能について、関連する要素間の重要なインタフェースを洗い出す
- 各機能をサポートするための(データ管理やセキュリティ等の)すべてのシステム管理要件をすべて決定する

2. 各機能要件およびシステム管理要件について、アーキテクチャ設計への影響度を評価し格付けする

3. アーキテクチャ設計に重要な影響を及ぼす可能性のある機能を洗い出し、簡潔に評価する

こうして洗い出した要件が、既存の規格で満たされているか、あるいは、新たな規格開発の必要性があるかどうかを分析検討し、最後に IEC への提言としてまとめた。これらの提言は、SMB/SB1 のような最高管理評議会から、TC、SC のような委員会と、更にその下の作業部会まで、IEC のいろいろなレベルの組織に向けたものになっている。

最初に、一般的な要件を調べたところ、ほとんどのスマートグリッド・アプリケーションおよびユースケースの主要共通要件として、増大するインテリジェントなデバイス、ソリューションおよび組織の高度な相互運用性が見いだされた。

かつてないほど複雑化した電力系統の相互運用性を考える場合、運用性自体と可制御性を考える必要がある。また、相互運用性には2つの側面、すなわち、「構文的な相互運用性」と「意味的な相互運用性」がある。

「構文的な相互運用性」とは、2つ以上のシステムがデータを通信し交換する能力を指す。これは、主に標準化されたデータ形式とプロトコルを通じて行われ、したがって、典型的な標準化対象分野である。IEC および他の SDO の作業の多くは、相互運用性の形式策定に集中している。この「構文的な相互運用性」は、より高いレベルの相互運用性を実現するための必須条件である。

「意味的な相互運用性」とは、2つ以上のシステムが交換されたデータを自動的に解釈する能力である。これを達成するためには、共通の情報交換参照モデルを容認しなければならない。これも重要な標準化対象領域である。

以上のどちらの相互運用性についても、通信が、一般的な要件となっている。そこで、将来の電力網で、すべての主要ドメインにまたがる情報に関して、どのような情報交換／自動的な解釈が行われ得るか詳細に調査した。

もう1つの共通要件はセキュリティである。

セキュリティには、危険、損失および犯罪行為からの保護がある。セキュリティは、そのような危害を防ぐ行動に関する規定を含んでいなければならない。電力網は、重要な社会インフラなので、(セキュリティに関して)既に政府系機関による多くの規制や要件が存在するが、スマートグリッドの出現による、情報交換頻度の増大と制御性向上のため、サイバー・セキュリティという新たなレベルのセキュリティが求められている。

これら一般的な要件を吟味した後、SG3 では 12 の特定アプリケーションとその要件の検討に専念した。それらは、スマートグリッドの主要領域をカバーするものである。

※実際の章立てでは、3つの一般要件と13の特定要件をカバーしている

また、ドキュメントの後半(4.4節)では、その他の要件についても分析している。それらは、主としてスマートグリッドの実装に必要な要件である。しかしながら、それらはスマートグリッド特有、あるいは、スマートグリッドがもたらす変化に特有なものではない。例えば、EMC(Electromagnetic Compatibility: 電磁妨害への耐性)は、スマートグリッド・ソリューションの要件の1つではあるが、他のシステムでも同様に要件となり得るものである。

■ 個々のサブシステムの構成:

(4.2、4.3節の各項の要件に対するスマートグリッド標準化ロードマップの記述の構成)

サブシステムを概説する各項は、以下の5つの条からなる:

- 特徴: アプリケーションの短い説明と、必要なら、いくつかのユースケースを記述
- 要件: そのようなアプリケーションをカバーするため必要な要件を記述
- 既存規格: IEC が公表した既存規格のうち、既に必要な要件をカバーするような標準規格を記述
- ギャップ: 必要な要件を満たすにはギャップが認められる場合、それを記述。新規の標準規格を策定する必要があるのか、既存規格を変更するだけでよいのかも示した
- 提言: IEC への提言を記述した。

※ IEC-SG3 は、スマートグリッド標準化戦略を規定する責務のもとに本ロードマップをまとめており、具体的な対応(既存標準規約の改定や、新規標準規約策定)は、先にも述べられているとおり、内容によって、IEC の SMB、TC、SC や、更にその下の作業部会に委ねられるため、「提言」の形をとっている。

4.2 一般

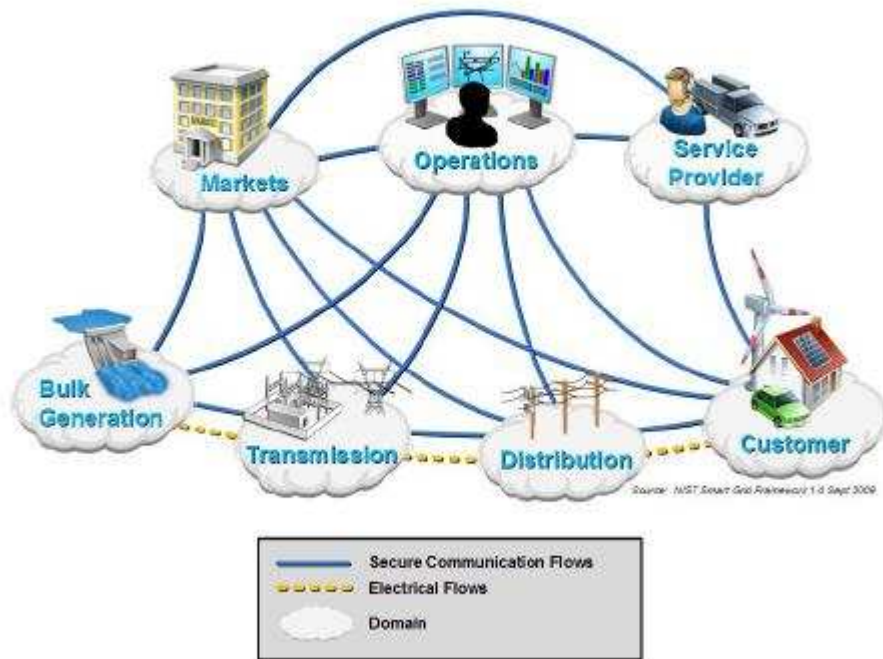
4.2.1 通信

4.2.1.1 特徴

セキュアで、信頼度が高く、経済的な電力供給を行うためには、高速で、高効率、高信頼度の通信インフラが欠かせない。通信ネットワークの計画と実現には、電力供給装置自身を設置するのと同等の注意が必要である。スマートグリッドを実現するためには、共通の概念のもと、すべてのコンポーネントとステークホルダは効率的にインテグレートされねばならない。そのためには、構文のおよび意味的な相互運用性という2つの課題をクリアしなければならない。

複雑なコンポーネントおよびステークホルダのインタフェースを明らかにするため、図3に電力業界における基本システムとそれらの相互接続について記述した。

Conceptual Model



Source: NIST Smart Grid Framework 1.0 Sept 2009

図.3 概念モデル

通信の観点からすると、各システムはそれぞれ、情報提供者、情報利用者、あるいは、その両方の役割を果たしている。このシステム間通信に加えて、これらのシステムは、特定の内部通信を行うサブシステムから成っている。

以下のパラグラフでは、そのようなサブシステムを含むスマートグリッドの基本システムを紹介し、通信を行う動機を明らかにする。

■ システム: 大規模発電

「発電」には、例えば原子力発電、水力発電や化石燃料を使う火力発電からメガソーラー、ウィンド・ファームまで、大量にエネルギーを電力に変換するプラントが含まれる。それらのプラントは、送電システムに通常直接接続され、(単に電力を供給するばかりでなく)電力システム安定化装置(PSS)が提供するような、インテリジェントな機能も持っている。

大規模発電	
サブシステム通信	
プロセス自動化	発電プラントにおけるプロセス自動化は、エネルギー変換過程の制御・監督に用いられ、対応する EMS/DMS システムや発電・負荷計画

	システムへのインタフェースを提供する
変電所自動化	「変電所自動化と保護」の範囲は、電気的なプロセスと、変電所の装置を保護・制御することである。 そのために、電気的なプロセスの状況に関する情報が保護・制御装置間で交換され、異常が見つかった適切な対応がとられる
システム間通信	
運用	需給計画と、その修正計画の情報交換
市場	発電スケジュールリングと電力取引のために利用可能な電力情報(送電量および運用予備力)が市場に公開される

■ システム:送電

送電システムは、発電所から遠く離れた需要地に電気を届けるための送電線と、変電所から構成される。遠隔制御、現場での制御、および送電システムを監視するため、変電所は、変電所自動化システムを装備している。

送電	
サブシステム通信	
変電所自動化	4.3.5 変電所自動化の項参照
システム間通信	
運用	送電システムは、通常、送電システム運用者によって遠隔操作で制御・監督される。したがって、情報は変電所と中央の EMS アプリケーションの間で交換される。そこには、メーター計測情報だけでなく、設備管理アプリケーションで必要となる装置状況の情報も含まれる

■ システム:配電

配電システムは、消費者への電力供給を行うローカルな電力網である。従来、電力は送電システムにより運ばれてきたが、分散電源によるローカル発電が増え、今後配電システムに直接供給する電源が増えると思われる。更に、変電所の自動化は、(中圧、低圧の)小型トランス変電所まで拡張され、故障識別がより早く行えるようになって、障害復旧までの時間が短縮されるようになる。

配電	
サブシステム通信	
変電所自動化	4.3.5 変電所自動化の項参照
配電自動化	4.3.4 配電自動化の項参照
分散電源:DER	4.3.6 分散電源の項参照
システム間通信	

運用	<p>配電系統は、通常、配電系統運用者により遠隔制御・監視が行われている。したがって、変電所と中央の DMS アプリケーション間で情報交換が行われる。</p> <p>設備管理アプリケーションのための情報と、装置状況に関する測定情報の送信に加えて、分散電源プラントでは、VPP(仮発電所)のコンセプトに基づいた協調制御の情報交換が行われる可能性がある</p>
サービス	運用支援機能の提供(例えば、再生可能エネルギーの発電量予測)
プロシューマ	メーター計測、デマンドレスポンスおよび分散電源管理のため、配電管理システム(DMS)との情報交換を行う

☑ システム:運用

運用システムには、エネルギー管理(EMS)および配電管理(DMS)システムのネットワーク管理センターが含まれる。EMS の停電対応および DMS 参照。

運用	
サブシステム通信	
変電所自動化	4.3.5 変電所自動化の項参照
配電自動化	4.3.4 配電自動化の項参照
分散電源:DER	4.3.6 分散電源の項参照
システム間通信	
大規模発電	大規模発電のシステム間通信参照
送電	送電のシステム間通信参照
配電	配電のシステム間通信参照
市場	発電スケジューリングと電力取引のために利用可能な電力情報(送電量および運用予備力)や、電力売買注文情報が、電力取引システムとの間でやり取りされる
サービス	運用支援機能の提供(例えば、再生可能エネルギーの発電量予測)
プロシューマ	メーター測定、デマンドサイド・マネジメントおよび分散電源管理で、DMS とプロシューマ間の情報交換が行われる

☑ システム:市場

電力市場システムでは、電気エネルギーは商品として売買される。その電気エネルギーの売買価格は需給によって決定される。

将来のシステムでは、電力取引市場と価格の情報は、今現在そのような市場情報を受け取れない人まで広くいきわたるだろう。情報は、オンラインで、今日よりはるかに短い期限内に配信

されるはずである。各消費者は、一時間ごとか、もっと短い間隔で、電力価格情報を受け取るようになると思われるが、それは、IEC の定める標準規格対象外である。

市場	
サブシステム通信	
電力取引	市場の項 参照 ※対応する記述なし
システム間通信	
運用	発電スケジューリングと電力取引のために利用可能な電力情報(送電量および運用予備力)や、電力売買注文情報が、電力取引システムとの間でやり取りされる
大規模発電	発電スケジューリングと電力取引のために利用可能な電力情報(送電量および運用予備力)が、大規模発電システムから送信される
サービス	市場支援サービス(例えば再生可能電源の発電予測)
プロシューマ	発電スケジューリングと電力取引のために利用可能な電力情報(送電量および運用予備力)や、電力売買注文情報が、電力取引システムとの間でやり取りされる

❑ システム: サービス

サービス・システムは、広い範囲にわたって新たなサービス展開の可能性がある。スマートグリッドをきっかけとして新たな事業モデルが出現するかもしれない。そのためには、サービス・システムは他の様々なシステムとインタフェースを持ち、それらのインタフェースに依存するだろう。

サービス	
サブシステム通信	
新しいサービスアプリケーションがシームレスにすべてのシステムに適合するためには標準化されたソフトウェア開発方法論に従う必要があるが、それは、IEC が関連する標準規格の範囲外である	
システム間通信	
運用	運用支援機能(例えば、再生可能電源の発電予測)
市場	市場支援機能(例えば、再生可能電源の発電予測)
プロシューマ	設置、保守、ビルディング、ホーム&ビルディングマネジメントなどの顧客サービスが考えられる

❑ システム: プロシューマ

プロシューマ	
サブシステム通信	
HBES/BACS 参照	
プロセスの自動化	化学薬品工業や製造業など多くの産業では、プロセスオートメーションが製造工程だけでなくエネルギー消費や発電の制御・監督に適用されている
システム間通信	
サービス	運用支援機能(例えば、再生可能電源の発電予測)
運用	4.3.6 分散電源および 4.3.7 AMI の項参照
市場	発電スケジューリングと電力取引のために利用可能な電力情報(送電量および運用予備力)が、電力取引市場システムから送信される
配電	通常、配電システムインフラが DMS との通信に使われる

4.2.1.2 要件

スマートグリッドの通信の主目的は、すべてのコンポーネント間で高度に相互運用可能な通信を実現することである。これは、共通のセマンティック(データモデル)、共通のシンタックス(プロトコル)および共通のネットワークコンセプトに基づいて初めて可能となる。そこで、サブシステム間通信方式の収束と協調が推し進められている。

一般的要件として、時代遅れとならない通信コンセプトの採用が求められる。通信技術同様、アプリケーション分野でも、将来の拡張に対してオープンであらねばならない。ただし、(電力システムのすべてを同時に一斉に刷新できないので)単に最先端技術のコンポーネントを効率的に統合することに関してだけオープンなのではなく、レガシーな通信コンポーネントに対してもオープンである必要がある。

リアルタイム・アプリケーションでは、システム全体にわたる、高精度の同期を必要とする。また、重要なアプリケーションの場合、高いサービス品質が通信コンセプトに求められる。したがって、高度な冗長性のコンセプトが不可欠である。

4.2.1.3 既存規格

■ 相互運用性基準

IEC 62357 参照アーキテクチャ(図 4 を参照)は、電力会社の業務アプリケーション通信の要件に焦点を当てたもので、効率的、かつ、将来の拡張にも耐えうるシステム・インテグレーション用のデータモデル、サービスおよびプロトコルから構成されている。このフレームワークは、上述の、異なるシステム間およびサブシステム間通信のセマンティックデータモデル、サービスおよびプロトコルを含む標準通信規格を包含している。

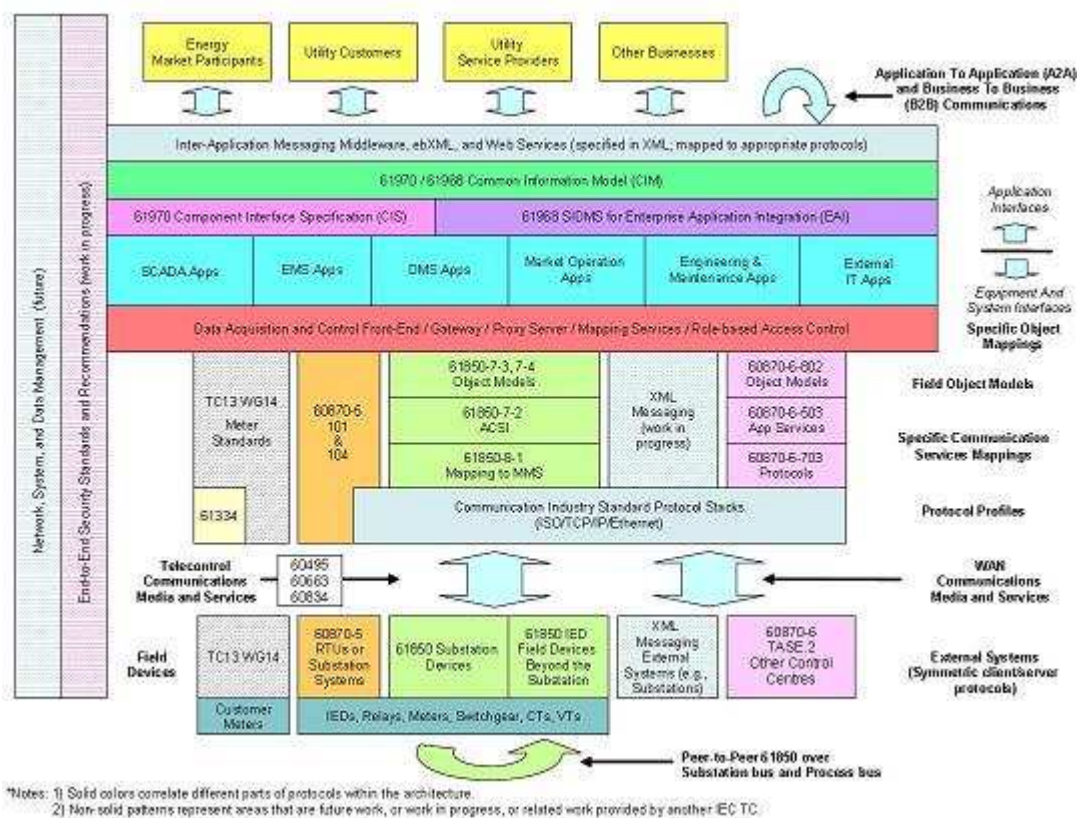


図.4 現在の TC57 参照アーキテクチャ

i) サービス指向アーキテクチャ(図 5 参照)

最新のネットワーク制御システムは、サービス指向アーキテクチャに、IEC 61968 および IEC 61970 規格に基づく標準化されたプロセス、インタフェースおよび通信の仕様を提供している。それらが、配電会社の事業サービス環境中のネットワーク制御システムを統合する基礎を形成している。

ネットワーク制御システムのサービスには次のものがある：

- データサービス：例えば、コア・アプリケーションのデータベースをアクセスするためのサービスで、電力供給システムで障害発生時に、影響を受けた装置の読み出しなどに使われる
- 機能的なロジック・サービス：例えば、電力供給システムで負荷潮流計算プログラムの起動などに使われる
- ビジネスロジック・サービス：例えば配電会社で顧客情報システム内のネットワーク制御システムが行う障害管理のような、特定のエネルギー管理作業工程のビジネスロジックと関係させる

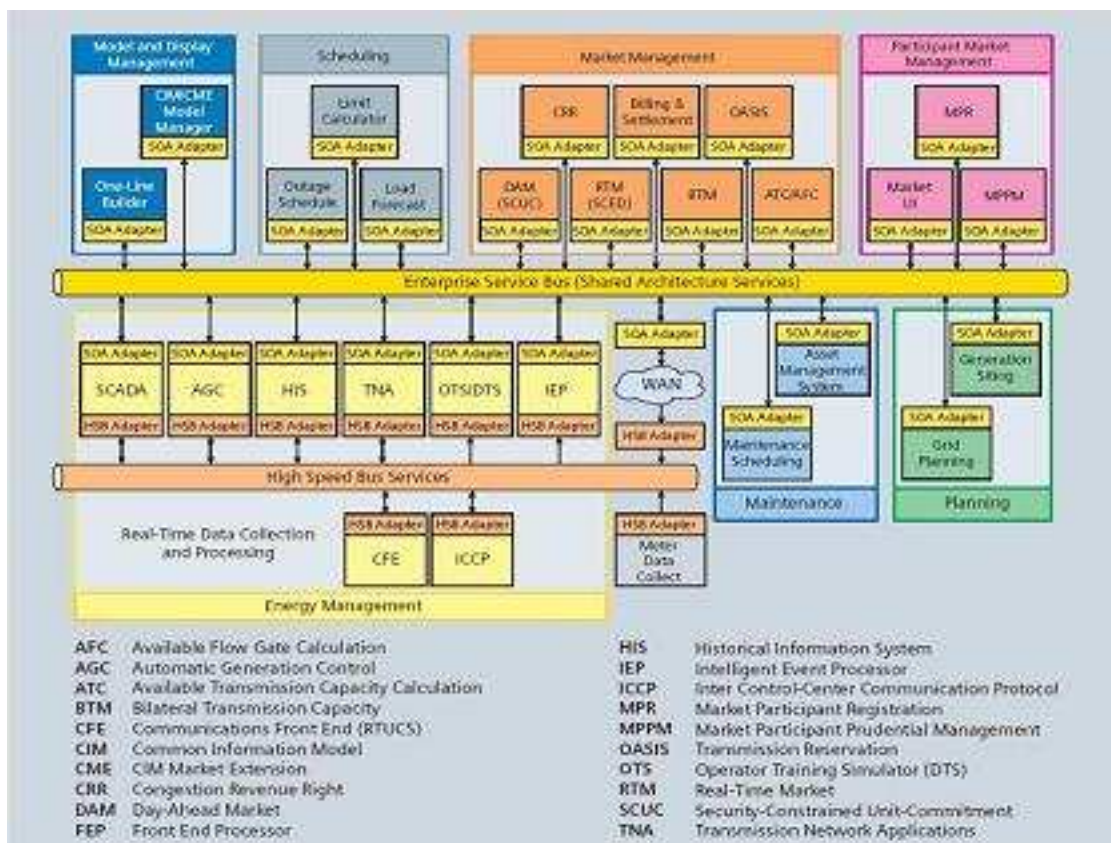


図.5 サービス指向アーキテクチャ

(PMU のデータ収集装置のような) 今後のアプリケーションの統合に柔軟に対応できなければならない。

ii) データモデル

規制緩和されたエネルギー市場で生き残るため、配電会社は、自社のコア・プロセスを最適化するという緊急課題に直面している。ここでの重大なステップは、これまで均質だった IT 環境の中に、(従来、スタンドアロンで使われていた) 多数の自立的な IT システムを組み合わせることである。従来のネットワーク制御システムでは、同一のデータ標準を使用していなかったため、相当努力しないと統合することはできなかったが、IEC 61970 に従って、標準化された共通情報モデル(CIM)に基づき、ソースデータ用に標準化されたデータ形式を採用しているネットワーク制御システムだと、簡単に IT 統合が可能となる。

CIM は、システムとアプリケーションが直接インタフェースして行う情報交換を単純化したオブジェクトとして、共通の言語とデータモデルで規定するものである。CIM は、IEC の技術委員会 TC 57 によって採用され、国際標準として急速に進展したもののだが、標準化された CIM データモデルは、電力会社やメーカーにとって非常に多くの利点がある：

- (アンバンドリングされたが電力業務遂行上情報交換が必要な) 電力会社同士の単純なデータ交換に利用できる
- 標準化された CIM データは安定していて、データモデルの拡張も容易である
- その結果、単純、高速、かつ、安全にエネルギー管理システムのアップグレードや、必要ならば、他メーカーのシステムへのマイグレーションが可能である
- CIM の API を用いることで、オープンなアプリケーション・インタフェースを作ることができるので、「プラグ・アンド・プレイ」機能を使用して、すべての異なるベンダーのアプリケーション・パッケージを相互に連結した EMS を構築することも可能である

CIM は、他の IT システムとの間の重要な標準インタフェースを定義する上での基礎をなすものである。IEC TC 57 のワーキンググループは、IEC 61970 標準規格と CIM の一層の発展と国際的標準化で主要な役割を果たしている。

TC 57 のワーキンググループ WG14 (IEC 61968 担当) は、特に配電領域のシステム間インタフェースの標準化を担当している。変電所辺りの標準化は IEC 61850 の中で定義されている。制御所との通信を規定した IEC 61850 の拡張部分では、IEC 61970 と IEC 61850 の間のオブジェクトモデルに重複がある。

CIM データモデルでは、電気的なネットワーク、接続されている電気機器、付加的な要素、および、ネットワーク操作に必要なデータも、それらの要素間の関係と同様、記述されている。

CIM の記述には、ユニファイド・モデリング言語 (UML) という、標準化されたオブジェクト指向方法論で、様々なソフトウェアツールでサポートされている言語が使用されている。CIM は、主として、直接インタフェースあるいは統合バス経由での情報交換のため、および、様々な資源からのデータアクセスするための共通語を定義するために使用される。

CIM モデルは、基本要素、トポロジー、発電、負荷モデル、計測と保護のようなパッケージに細分化されている。これらのパッケージ化の唯一の目的は、モデルをよりトランスペアレントにすることである。クラスの関係は、パッケージの範囲を超えて伸びることもある。

iii) プロトコル

通信技術は、過去数年にわたって急速に発展し続けてきた。その中で、TCP/IP プロトコルは、電力供給分野における不動のネットワーク・プロトコル標準になった。

IEC 62357 参照アーキテクチャの一部となっている最新の通信規格 (例えば IEC 61850) は、TCP/IP に基づいており、ユーザに多大な技術的恩恵を与えている。

■ IEC 61850「変電所向け通信ネットワークとシステム」

2004 年に公表されて以来、IEC 61850 通信規格は、変電所自動化の分野での地歩を確立してきた。それは、信頼できるネットワークであるとともに今後 20 年の変電所の課題に適応できる非常に柔軟な技術が要求される、オープンで規制緩和されたエネルギー市場のニーズに見

事に対応している。IEC 61850 は、オフィスネットワーク分野の通信技術の推進役を引き継いだだけでなく、高い機能性と信頼できるデータ通信のための最良のプロトコルと構成を採用している。変電所利用目的で強化され、100MBPS の伝送スピードを実現した産業用イーサネットは、IED(インテリジェントな電子機器)間あるいは IED と変電所の制御装置との間で高信頼度の情報交換を保証するため、十分な帯域幅を確保している。効果的なプロセスバスが定義され、インテリジェントな CT および VT と同様に、従来の機器もリレーに接続できる標準化された方法を提供している。IEC 61850 は単なるプロトコルではなく、エンジニアリングとメンテナンス、特に異なるベンダー製の機器を結合する場合に有効である。

■ IEC 61850 の重要な特徴

本標準規格は、仕様自体の記述とともに、変電所での通信に必要とされる要件についての記述を含んでいる。また、以下のような特徴がある：

- 変電所自動化にフォーカスし、オブジェクト指向でアプリケーションに特有のデータモデルを含む
- そのモデルは、回路遮断機、保護機能、電流および計器用変圧器、波形録音など、変電所内のすべての既存の装置と機能をほぼカバー
- 通信サービスでは、情報交換のために多数の方法が用意されており、イベントの報告と記録、開閉器の制御およびデータモデルの情報交換などが含まれている
- 配電システムの保護リレー装置や BCU (Bay Controller) 間の高速データ交換用ピアツーピア通信は、GOOSE (generic object oriented system event : 一般のオブジェクト指向システムイベント) で支援
- サンプル値交換を支援
- 系統内の擾乱記録のファイル転送
- 計器用変成器と保護リレー等、主要機器間の通信サービス
- 特定の通信技術から独立したデータモデルと通信サービスの定義
- 特定の通信技術から独立したデータモデルを採用しているため、将来の通信技術の進歩・変化に影響を受けず、長期的に安定性が保証されている
- 今日、この標準規格は、次のような特徴を備えた産業用インターネットのもので使われている：
 - ・ 100MBPS の帯域幅
 - ・ ノンブロッキング・スイッチング技術
 - ・ 重要なメッセージ用の優先度タグ
 - ・ 1 ミリセカンドでの時間同期
- (システムのデータモデルと、それを通信サービスとリンクする上で、標準化された表記を可能とする) 共通の形式記述規則
- この規則は変電所構成言語(SCL)と呼ばれ、IEC 61850 に基づくすべての通信をカバー (XML に基づく構成データの理想的な電子交換形式)

- デバイス間の相互運用性を保証する標準化された適合試験についても規定
- デバイスは、ここで規定された多数の適合試験にパスしなければ使えない
- その適合試験には、不正情報を無視するかどうかのネガティブテストと、想定される異常電文に正しく応答できるかどうかのポジティブテストがある
- IEC 61850 は、変電所内の通信に係る問題すべてをカバーする仕様一式を提示している

■ IEC 60870-5 遠隔制御装置およびシステム パート 5 送信プロトコル

本標準規格は、電力業界の情報伝送で使用する一連の標準で、1994 年の初版以来、全世界で数百箇所の変電所が、IEC61850 の標準規格に基づいて構築されている。

遠隔制御の通信の規格は 3 つのパートから構成されている:

- IEC 60870-5-101、遠隔制御装置およびシステム パート 5-101：送電プロトコル
基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格
- IEC 60870-5-103、遠隔制御装置およびシステム パート 5-103：送信プロトコル
保護装置の情報を与えるインタフェースのためのコンパニオン規格
- IEC 60870-5-104、遠隔制御装置およびシステム—パート 5-104：送電プロトコル
標準トランスポート・プロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のための
ネットワーク・アクセス

IEC 60870-5-101 および 104 のパートは、変電所から制御センターまで、変電所内の情報交換に主に使用される。本標準規格の適用分野は、主変電所（高圧・中圧レベル）から二次変電所（中圧・低圧レベル）に及ぶ。**（変電所向けの標準ではあるが）**一般的な設計と、シグナル指向の理論的な通信規格となっているので、電気以外の分野にも適用することができ、ガスや水道の設備にも広く利用されている。

IEC 60870-5-104 は、**（従来行われていた）**シリアルのエンドツーエンド通信の操作限界を克服するという要件を満たすため IEC 60870-5 でイーサネットおよび TCP/IP を使う方法を規定したもので、高い伝送速度およびバス・システムの使用を許可している。

IEC 60870-5-103 は電氣的な保護リレーにフォーカスした規定で、IEC 60870-5-101 や 104 と比較すると、一般的なデータオブジェクトは、保護機能の情報に関して、明確にアプリケーション・スペシフィックな形で定義されている。この標準は、主に変電所内の保護リレーの通信に使用されている。

IEC 60870-5 は広範囲に適用されているので、現在の電力システムをスマートグリッドに変更するに当たっては、この既存の遠隔制御インフラでスマートグリッドの機能性を形作るための要求が当然出てくる。

以下に、基本システムの異なるシステム間の通信とサブシステム間通信をどの IEC 標準規格がカバーするか、更に、どの相互運用性レベルが個別基準によって備えられるかを示す。

■ システム:大規模発電

大規模発電		
サブシステム間通信		
変電所自動化	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート 5-101:送電プロトコルー基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-103 遠隔制御装置およびシステム パート5-103:送電プロトコルー保護装置の情報提供インタフェースのコンパニオン規格	①②③
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート5-104:送電プロトコルー標準輸送プロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
	IEC 60255-24 電気リレーパート 24:電力システムのためのトランジェントデータ交換(COMTRADE)用共通形式	②③
	IEC 61400-25 風力タービンパート 25:風力発電所の監視および制御のための通信	①②③
プロセス自動化	IEC 61158 産業向け通信網ーフィールドバス仕様書、IEC 61784-1、産業向け通信網ープロファイル	①②
システム間通信		
運用	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート5-101:送電プロトコルー基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート5-104:送電プロトコルー標準トランスポートプロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
市場	市場の項参照	

①ネットワーク相互運用性、②構文的相互運用性、③意味的相互運用性

■ システム:送電

送電		
サブシステム間通信		
変電所 自動化	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート 5-101:送電プロトコル-基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-103 遠隔制御装置およびシステム パート 5-103:送電プロトコル-保護装置の情報提供インタフェースのコンパニオン規格	①②③
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート 5-104:送電プロトコル-標準輸送プロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
	IEC 60255-24 電気リレーパート 24:電力システムのためのトランジェントデータ交換 (COMTRADE) 用共通形式	②③
	IEC 60834 電力システムの遠隔保護装置-パフォーマンスとテスト	①
	IEC 60495 単側波帯電力線搬送端末	①
システム間通信		
運用	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート 5-101:送電プロトコル-基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート 5-104:送電プロトコル-標準トランスポートプロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
	IEC 60255-24 電気リレーパート 24:電力システムのためのトランジェントデータ交換 (COMTRADE) 用共通形式	②③
配電	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③

① ネットワーク相互運用性、②構文的相互運用性、③意味的相互運用性

■ システム:配電

配電		
サブシステム間通信		
変電所 自動化 ・ 配電 自動化 ・ 分散電源	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート 5-101:送電プロトコルー基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-103 遠隔制御装置およびシステム パート 5-103:送電プロトコルー保護装置の情報提供インタフェースのコンパニオン規格	①②③
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート 5-104:送電プロトコルー標準輸送プロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
	IEC 61400-25 風力タービンパート 25:風力発電所の監視および制御のための通信	①②③
	IEC 60255-24 電気リレーーパート 24:電力系統のためのトランジェントデータ交換(COMTRADE)用共通形式	②③
システム間通信		
運用	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート 5-101:送電プロトコルー基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート 5-104:送電プロトコルー標準トランスポートプロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
	IEC 60255-24 電気リレーーパート 24:電力系統のためのトランジェントデータ交換(COMTRADE)用共通形式	②③
	IEC 61400-25 風力タービンパート 25:風力発電所の監視および制御のための通信	①②③
サービス	IEC 標準化対象外	
プロシ ー マ	IEC 61850-7-420 電力業務自動化向け通信網パート 7-420:基本通信構造-分散型エネルギー資源論理ノード	①②③
	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 62056 電気使用量の計測-検針、料金表および負荷制御用データ交換	①②
	IEC 61334-4-41 配電線搬送方式を利用した配電自動化パート 4:データ通信プロトコルセクション 41:アプリケーション・プロトコルー配電線メッセージ仕様(DLMS)	③
	IEC 61334、配電線搬送式を使用する配電自動化	①

①ネットワーク相互運用性、②構文的相互運用性、③意味的相互運用性

■ システム:運用

運用		
サブシステム間通信		
EMS ・ DMS	IEC 61968 電力会社のアプリケーション統合ー配電管理のシステムインタフェース	②③
	IEC 61970 エネルギー管理システムのAPI (EMS-API)	②③
	IEC 60870-6-503 遠隔制御装置およびシステム パート 6-503:送電プロトコル - ISO 標準および ITU-T 勧告 Tase2(ICGP)互換の遠隔制御プロトコル	①②
システム間通信		
送電 ・ 配電 ・ 大規模 発電	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 60870-5-101 遠隔制御装置およびシステム パート 5-101:送電プロトコルー基礎的な遠隔制御作業のためのコンパニオン規格	①②
	IEC 60870-5-104 遠隔制御装置およびシステム パート 5-104:送電プロトコルー標準トランスポートプロファイルを使用する IEC 60870-5-101 のためのネットワーク・アクセス	①②
	IEC 60255-24 電気リレーーパート 24:電力システムのためのトランジェントデータ交換 (COMTRADE) 用共通形式	②③
	IEC 61400-25 風力タービンパート 25:風力発電所の監視および制御のための通信	①②③
サービス	IEC 標準化対象外	
プロシ ー マ	IEC 61850-7-420 電力業務自動化向け通信網パート 7-420:基礎的通信構成ー分散型エネルギー資源論理ノード	①②③
	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 62056 電気使用量の計測ー検針、料金表および負荷制御用データ交換	①②
	IEC 61334-4-41 配電線搬送方式を利用した配電自動化パート 4:データ通信プロトコルセクション 41:アプリケーション・プロトコルー配電線メッセージ仕様 (DLMS)	③
	IEC 61334、配電線搬送式を使用する配電自動化	①
市場	デファクト標準、主に規制当局やユーザ団体で定義されたもの	

①ネットワーク相互運用性、②構文的相互運用性、③意味的相互運用性

■ システム:市場

市場情報伝達のためのプロファイルは、各地域の規制機関や地域のユーザ団体の主導のもと、形成されてきた。したがって、多くの地方独自の通信規格が存在している。

IEC 62325 は、市場情報伝達の標準を新たに定めるのではなく、エネルギー市場情報伝達に、UN/CEFACT (United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business: 国際連合の下位機関である標準化組織) の ebXML 標準を採用している。その目的は、電力市場取引固有の標準を定めるのではなく、オープンで、EDIFACT、X12 などの特定の技術に依存しないフレームワークを提供することにある。

IEC 61970-302 1.0 版 エネルギー管理システム・アプリケーション・プログラム・インタフェース (EMS-API) - パート 302: Financial、Energy Scheduling および Reservations の共通情報モデル (CIM)

種々様々のプロトコルおよび標準がこの分野では使用されるが、モデリング側では、ほとんど UML が使用されている。IEC 61970 および IEC 61968 の CIM を更に進化させ、統合することで、電力価格モデルを実装するためのロードマップが見えてくる。

市場		
サブシステム間通信		
市場内	規制当局あるいはユーザ団体によって主に定義された独自のデータモデルと通信ソリューション	
システム間通信		
運用・大規模発電・サービス・プロシューマ	IEC /TR 62325 エネルギー市場の通信フレームワーク	①
	デファクト標準、主に規制当局やユーザ団体で定義されたもの	

①構文的相互運用性

■ システム:サービス

サービス		
サブシステム間通信		
サービス内	新しいサービスアプリケーションは、シームレスにすべてのシステムに適合するよう標準化されたソフトウェア開発方法論に従うべきであるが、IEC で規定する標準化の対象外	
システム間通信		
運用・市場・プロシューマ	新しいサービスアプリケーションは、シームレスにすべてのシステムに適合するよう標準化されたソフトウェア開発方法論に従うべきであるが、IEC で規定する標準化の対象外	

■ プロシューマ

プロシューマ		
サブシステム間通信		
AMI、AMR	AMI、AMRの項参照	
ホーム・オートメーション	スマートホームとビル・オートメーションの項参照	
ビル・オートメーション	スマートホームとビル・オートメーションの項参照	
システム間通信		
サービス	新しいサービスアプリケーションは、シームレスにすべてのシステムに適合するよう標準化されたソフトウェア開発方法論に従うべきであるが、IEC で規定する標準化の対象外	
運用・配電	IEC 61850-7-420 電力業務自動化向け通信網パート 7-420: 基本通信構造-分散型エネルギー資源論理ノード	①②③
	IEC 61850 変電所内の通信網およびシステム	①②③
	IEC 62056 電気使用量の計測-検針、料金表および負荷制御用データ交換	①②
	IEC 61334-4-41 配電線搬送方式を利用した配電自動化パート 4: データ通信プロトコルセクション 41: アプリケーション・プロトコル-配電線メッセージ仕様(DLMS)	③
	IEC 61334、配電線搬送式を使用する配電自動化	①
市場	地域の規制当局もしくはユーザ団体の問題で、IECの管轄外	

①ネットワーク相互運用性、②構文的相互運用性、③意味的相互運用性

4.2.1.4 ギャップ

IEC 61970 および IEC 61850 では、電力以外にガスや水道分野の事業も営む公益事業用のデータモデルがまだ考慮されていない。

現在、IEC 61850 と IEC 61970 の間で完全なマッピングができていない。

シームレスなスマートグリッドでの通信を行うには、サブシステムとシステム間通信のマッピングを必要とする。現在、既に確立された分野間の標準的なマッピング(例えば IEC 61850 からホーム・オートメーションおよびビル・オートメーション分野)が規定されていない。

既存の通信規格と、IPv6 技術標準との統合/マイグレーションが必要である。

AMI アプリケーション向けのシームレスな無線通信の標準規格がまだ定義されていない。対象候補は Wi-Fi、モバイル WiMAX、GPRS など。

4.2.1.5 提言

■ 提言 G-C-1

(IEC が規定している) CIM およびサービス指向アーキテクチャ(SOA)は電力分野にフォーカスしているが、これらのコンセプトはオープンで電力以外の分野にも柔軟に対応できる。配電システムの運用は、ガスや水道水の供給にも適用可能である。そのような電力以外も供給する公益企業向けに、CIM と SOA の電力以外への拡張が行われるべきである。

そこで、そのような公益企業が、IEC 61970 および IEC 61850 の規格を拡張することで、受ける影響度を調査するよう提言する。

■ 提言 G-C-2

シームレスなスマートグリッド通信を行うためには、システム間およびサブシステムの通信のマッピングが必要である。定着した標準規格間をマッピングするためにどのようなプロファイルがあるか調査し、もしなければ新規にそのようなプロファイルを開発することを提言する。

■ 提言 G-C-3

ユーザは、通信インフラへの投資を保護するために、将来の変更にも耐えうる Future-proof の通信規格を必要としている。通信規格が Future-proof であるためには、特定の通信技術から独立していることが望まれる。したがって、今後いつでも最先端通信技術を適用することができるよう、通信規格にはオープンなものでなければならない。

■ 提言 G-C-4

AMI での通信に関しては、いくつかの物理的な通信技術上のマッピングが必要となる。その 1 つとして、無線通信輸送プロトコルは必須である。

■ 提言 G-C-5

スマートグリッドのコンセプトでは、エネルギー連鎖に沿って技術とビジネスプロセスがともに成長していく。CIM と SOA は、技術とビジネスプロセスの統合に共通の概念を供給する。IEC 61970 の基礎をなす SOA の構造は、新しいアプリケーションの実装に柔軟性を与えるものである。そこで、電力自動化に向けた CIM および SOA 構造の恩恵と限界を関係者に広く通知すべきである。

■ 提言 G-C-6

IP ベースの通信をスマートグリッドに適用することに関して、関係者の間で多くの混乱が見られる。すなわち、TC 57 標準規格(例えば IEC 61850 および IEC 61970)の既存の電力自動化フレームワークが、広く利用されている IP プロトコルおよび IP 通信と矛盾しているという認識が広まっている。しかし、その認識は間違っており、タイム・クリティカルではないスマートグリッド・アプ

リケーションに関して、IEC 61850 および IEC 61970 は、IP および TCP/IP の使用を否定するものではない。IEC は、そのような誤った認識を払拭するよう活動すべきである。

電力自動化の標準規格は TCP/IP と密接な関係にあること周知徹底させるような広報活動の実施を提言する。

終わり

【後書き】

第2章および第3章で、IEC-SG3 の考えるスマートグリッドのイメージと、IEC として、本スマートグリッド標準化ロードマップが何を目論んでいるかがはっきりしたと思います。

- まず、「スマートグリッド」が一義的に定義できないのは、それが技術用語ではなく、マーケティング用語だから
- また、スマートグリッド・ソリューションというのは、国・地域ごとに、そこに参加する主要プレーヤーのニーズに適合するものでなければならない
- したがって、それまでの各国・各地域の電力システムやエネルギー環境が違えば、「スマートグリッド」として目指すものが異なるのは当然である

という認識は、国際標準策定機関として、直接の利害関係者ではなく、第三者の立場で冷静に昨今の“スマートグリッド狂想曲？”を“鑑賞”してこそ得られた達観ではないでしょうか？

また、IEC として、自分たちの責任範疇の標準規格をスマートグリッド・ソリューション構築に利用してもらうために何をすべきか、何はすべきでないかが明確に示されています。そこにあらためて、標準化の意義（毎回スクラッチからソリューション構築を行うムダを省き、システム間の相互運用性を確保する）と、標準化しないことの意義（競争原理を働かせることで、関連企業が切磋琢磨し、各々の企業価値を高めるとともに、社会全体としてみた場合も最高の結果が得られる）を感じとることができました。

レポートとしては、中途半端で申し訳ありませんが、以降4章の記述は 4.2.1 同様、簡明な文章なので、ご興味をお持ちの方は、ぜひ原文をお読みください。

なお、5章の提言は、第1章「概要」の中にも同じものが記載されています。