

エネルギー（電力）分野でのつながるネットワーク

一般財団法人 電力中央研究所 システム技術研究所 研究参事
 芹澤 善積

従来の大規模・集中型の発送配電システム用 ICT ネットワークと、今後、再生可能エネルギー電源大量導入や効率的エネルギー利用などを実現するために重要になる需要側の ICT ネットワークについて、現状と動向を述べると共に、更なるつながるネットワークに向けた課題を示す。

1 はじめに

電力分野の情報通信（ICT）ネットワークは、電気の発生（発電）と流通（送配電）を消費（需要）に合わせて最適に制御するためのものとして発展し、整備されてきた。近年では、低炭素社会に向けた再生可能エネルギー（再エネ）電源大量導入への的確な対応や、電気の効率的利用や省エネルギーなどを実現するため、再エネ電源や蓄電設備、需要設備などの監視制御も重要になってきており、ICT ネットワークをフルに活用し、供給側と需要側を連携させて最適運用する、いわゆるスマートグリッドが指向されている [芹澤 2015]。スマートグリッドは、欧州の Smart Grid Coordination Group (SG-CG) がとりまとめたスマートグリッドアーキテクチャモデル (SGAM) [SG-CG 2012] (図 1) に示されるように、発電から需要家までの各ドメインと、フィールド機器からその運用・管理システムや企業、市場までの各ゾーンが

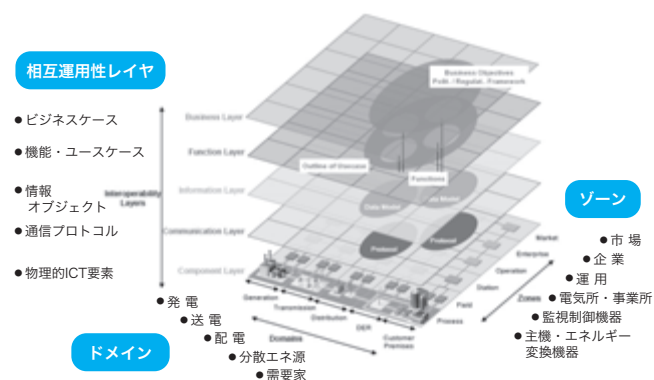


図 1 欧州 SG-CG のスマートグリッドアーキテクチャモデル (SGAM) のフレームワーク ([SG-CG 2012] の Figure 8 に筆者が加筆)

ICT システム（相互運用性レイヤ）により重層的かつ複合的に連携される。

本稿では、従来の大規模・集中型の発送配電システム用 ICT ネットワーク（供給側 ICT ネットワーク）と、今後、整備が重要になる需要側の ICT ネットワークについて、現状と動向を述べると共に、更なるつながるネットワークに向けた課題を示す。

2 供給側 ICT ネットワーク

ICT ネットワークを活用した供給側システムとしては、平常時に電力供給のコストや電力品質などを維持するための「運用システム」、主として電力系統の事故時に設備や人身を保護したり、系統の安定性を維持したりするための「保護システム」、更に電力設備の健全性を維持するための「保全システム」などがある。これらのシステムを収容する供給側 ICT ネットワークの概念構成

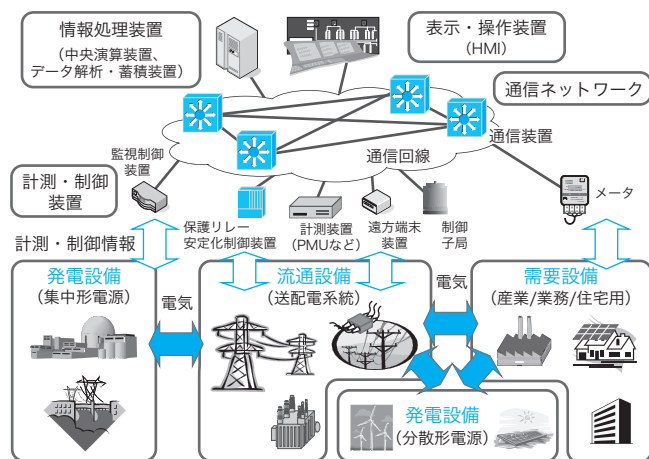


図 2 電力設備と供給側 ICT ネットワークの概念構成

を図2に示す。その構成要素は、系統状態の入力（計測用センサ）と系統側への制御信号や指令の出力を行う計測・制御装置（データ変換を含む）、それらの信号やデータを伝送する通信ネットワーク、入力データなどに基づき各種の演算・処理やデータの蓄積を行う情報処理システム、人間系により制御・操作する場合の表示・操作システム（HMI：Human Machine Interface）などである。これらは、発電所間（主として保護システム）や給電所・制御所～発電所間（主として運用システム）などで広域的にデータ連携しており、その形態は、運用者などの人間系を介したH2M（Human to Machine）と、人間系を介さないM2M（Machine to Machine）に大別できる。

運用システムでは、発電設備・流通設備などを総合的・経済的かつ安全に運用するため、給電所や制御所、発電所には計算機制御システムが導入され、計算機ネットワークによる設備の遠方監視制御あるいは運転自動化（給電自動化、変電所自動化、配電自動化など）が実現されている。電圧や周波数の自動制御は通信ネットワークを介したM2M形態のシステムであるが、制御所の運用者が行う管轄発電所などの監視や操作は、通信回線を介して集中的に行われ、H2Mの形態である。

保護システムには、電力系統の事故時に事故区間を高速に遮断する事故除去システムと、擾乱時に安定性を維持（過酷事故後の脱調（同期はずれ）や電圧・周波数異常、過負荷を防止）するために発電機や負荷などの遮断や制御量の変更を行う系統安定化（事故波及防止）システムがある（図3）。これらは、事故後に数十から数百ミリ秒オーダーで高速に動作する必要があることから、完全な自動制御（M2M）システムとなっており、マイクロプロセッサによる組込み型装置（保護リレー、制御用端末装置など）や制御用計算機（中央演算装置）などが適用されている。

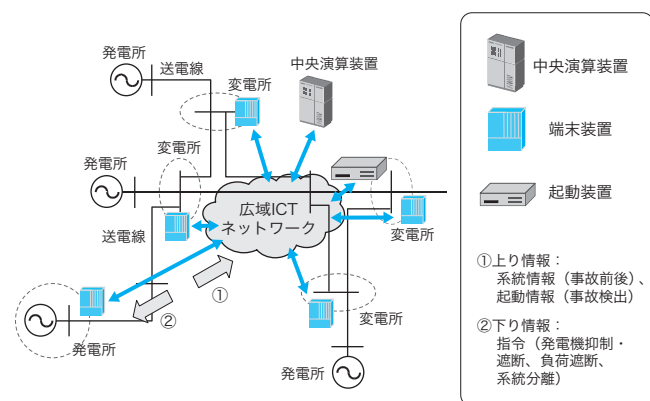


図3 系統安定化システムの概念構成

今後、自然変動する再生エネルギーが大量に導入されると、配電系統だけでなく上位の送電系統にも影響を及ぼし、従来よりもきめの細かい監視や緊急時対応が必要になると考えられ、このための広域リアルタイムICTネットワークも整備する必要がある。電力系統の監視制御機能の高度化に向け、GPSによる時刻同期を用いた汎用の計測装置であるフェーザ計測装置（PMU：Phasor Measurement Unit）を広域の電力系統内に多数配置し、データ解析により電力系統の状態推定などを行う広域監視システム（WAMS：Wide Area Monitoring System）の適用が海外において拡大している。図4は北米の電力系統の周波数をPMUにより収集し、可視化したものである。このような広域センサネットワークシステムは、データの収集や配信も容易になるため、PMUの動特性やネットワーク配信の高速性などを向上させることで、単なる広域監視から広域監視・保護制御（WAMPAC：Wide Area Monitoring, Protection and Control）への高度化も期待される。

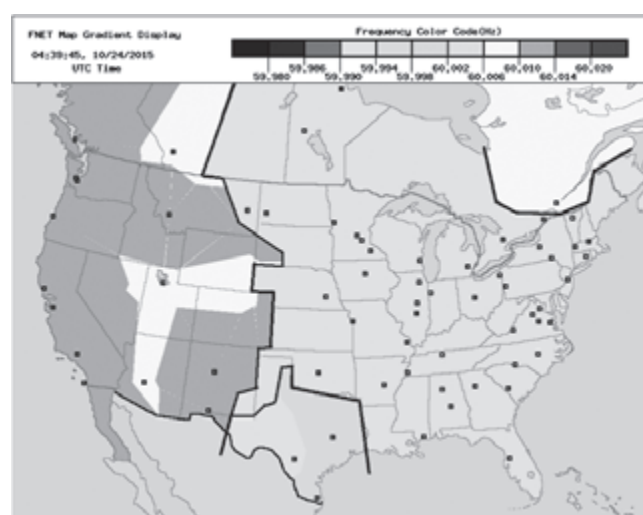


図4 Map of Synchronized Sensors on the U.S. Grid
https://www.smartgrid.gov/recovery_act/program_impacts/applications_synchrophasor_technology.html

高経年化する電力設備を適切に維持管理していくためには、ICTネットワークの活用により、設備状態のリアルタイムかつオンラインでの監視や劣化診断などを可能とし、保全業務の省力化や高度化、設備のトータルコスト削減を図っていくことが重要である。すなわち、従来の時間監視保全（TBM：Time Based Maintenance）から、設備をできる限り長期間使用すると共に、適切なタイミングでの改修や更新を可能とする状態監視保全（CBM：Condition Based Maintenance）に移行するためには、これまでの人手中心の現場巡視による設備保全業務から、

より、2020年代前半までに8,000万台規模の巨大ICTネットワークシステムが完成する見込みである。スマートメータの情報は、供給側の配電システムの運用管理にも活用が期待される。

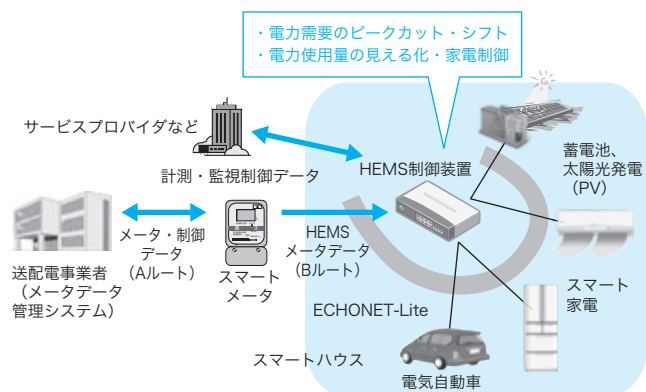


図8 スマートメータと家庭用エネルギー管理システム (HEMS)

4 更なるつながるネットワークに向けた課題

供給側システムについては、計算機ネットワークによる設備の運転自動化（遠方監視制御）が実現されているが、上位通信プロトコルや監視制御データの定義については、一部共通仕様があるものの、ほとんどが電力会社やベンダごとの独自仕様となっている。このため、相互運用性の向上には国際標準の活用なども重要になる。例えば、電力設備の監視制御（自動化）用通信プロトコルとして IEC 61850 があるが、このアプリケーションごとの標準プロファイルの規定や、上位の制御所計算機処理システムの API に関する規格である IEC 61970 とのデータの連携・協調が課題となっており、これらを踏まえた国内共通規格化や標準化も重要である。また、需要側 ICT ネットワークについては、スマートメータや xEMS、DR などにかかわる通信方式は標準化されつつあるが、更に再エネ電源などのプラグインやライフサイクル管理、システム間のゲートウェイ機能など、上位機能の標準化も重要になってくる。

供給側・需要側システムにおいて汎用・標準技術の適用と各種装置のネットワーク連携が強まるにつれて、セキュリティ上の懸念が増大する。現在、電力分野では、ISO、IEC、IEEE、SG-CG、北米電力信頼度協議会（NERC）などで規定された、電力用 ICT システムのサイバーセキュリティに関するマネジメントや対策・実装技術などの規格があるが、我が国においても電力の制御系及びスマートメータシステムに関するサイバーセキュリティガイド

ラインが近々策定される見込みである [日本総研 2014]、[スマートメータ 2015]。今後、国際的な動向も踏まえつつ、新たなガイドラインに則り、セキュリティを確保していく必要がある。ただし、供給側システムはリアルタイム性や動作信頼度の要件が極めて高いものがあるため、セキュリティ対策の組み込みに当たっては機能安全性とサイバーセキュリティ（とくに可用性や完全性）の両立に十分に留意する必要がある。また、需要側のシステムではスマートメータや EV など電気の使い方に関する情報が取り扱われるため、サイバーセキュリティ（とくに機密性や完全性）に加えてプライバシーに関する配慮も重要になる [SG-CG 2014]。現在、スマートコミュニティやスマートシティなどが議論されているが、スマートグリッドがこれらに組み込まれていくと、エネルギーシステムや交通システムなどのそれぞれのシステム信頼性と共に、システム障害の相互依存性を明らかにし、適切な対策を施すことも重要になる。

5 おわりに

既に述べた通り、供給側イントラネットワークでは電力機器と制御・通信機器の ICT ネットワーク連携が進み、H2M や M2M の形態によるサイバーフィジカルシステムを形成している。今後は自然変動電源の大量導入や電力システム改革などを踏まえ、情報系技術（IT）と制御系技術（OT：Operational Technology）の更なる融合や設備保全用センサネットワークなどの高度化が重要になる。また、需要側 ICT ネットワークについては、多種多様な機器が広域・分散的に接続されることから、IoT や M2M、クラウドといった概念・技術を取り入れたシステムの構築も期待されるが、サイバーセキュリティ確保が極めて重要になろう。

【参考文献】

- [芹澤 2015] 芹澤：スマートグリッドにおける ICT システムと監視制御系通信の課題，電子情報通信学会ソサイエティ大会，2015
- [SG-CG 2012] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group：Smart Grid Reference Architecture，2012
- [黒野 2014] 黒野ほか：変電所設備保全センサネットワークの構成手法－無線とプラグアンドプレイ機能によるプロトタイプの構築と基礎評価－，電力中央研究所報告，2014
- [小野田 2011] 小野田ほか：水力発電所における異常予兆発見支援ツールの開発，電気学会論文誌 D，2011
- [日本総研 2014] 日本総合研究所：平成 25 年度次世代電力システムに関する電力保安調査 報告書，2014
- [スマートメータ 2015] 経済産業省 スマートメーター制度検討会 セキュリティ検討ワーキンググループ：報告書，2015
- [SG-CG 2014] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group：SG-CG/M490/H_ Smart Grid Information Security，2014