

「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の
創出と融合展開」

H25 年度
実績報告

平成 24 年度採択研究代表者

石井 秀明

東京工業大学 大学院総合理工学研究科
准教授

電力システムにおける系統・制御通信ネットワークに対する
分散型侵入検知手法の構築

§ 1. 研究実施体制

(1) 東京工業大学グループ

- ① 研究代表者: 石井 秀明 (東京工業大学 大学院総合理工学研究科・准教授)
- ② 研究項目
 - ・系統情報に基づく侵入検知手法の構築
 - ・系統におけるメータの最適配置問題
 - ・系統のトポロジー情報誤りに対してロバストな状態推定法
 - ・耐故障性を有する分散型アルゴリズム
 - ・ネットワーク化大規模システムの分散型学習
 - ・ネットワーク符号化
 - ・テストベッドの構築

(2) 電力中央研究所グループ

- ① 主たる共同研究者: 小野田 崇 (電力中央研究所 システム技術研究所・領域リーダー)
- ② 研究項目
 - ・制御通信情報に基づく侵入検知手法の構築
 - ・時系列データのノンパラメトリック変化点検知手法の開発
 - ・テストベッドの構築

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、電力システムを電力系統と制御通信の 2 階層からなるネットワーク系とみなし、その信頼性や安全性を保証するために、悪意のある攻撃者による外部からの両ネットワークへのサイバー攻撃に対する分散型侵入検知システムを提案する。系統情報および通信情報を統合することで、監視・制御情報に直接操作を加えた侵入や高度に協調された攻撃を検知することを目指す。

主要なインフラである電力システムがサイバー攻撃を受けた場合、物理的に設備の誤動作や事故が引き起こし得る影響は多大であり、そのセキュリティ確保は基本的かつ重要な課題である。本研究では、リアルタイム性を保証し、スマートグリッドにおける環境変動に迅速に適応して、通信や計算の負荷が少ないサイバー攻撃検知のためのシステムティックな戦略や手法を開発する。このような侵入検知システムを分散的に実現するために、システム理論を駆使したモデルベースのアプローチを用いる。すなわち、電力システムの制御や監視・観測の特性を考慮した電力系統と通信の 2 つのネットワークのモデルを構築した上で、制御・学習・最適化の手法を応用して、両ネットワークから得られる情報を統合した侵入検知システムを開発する。

本年度は、主に電力系統と制御通信の両ネットワークの研究を並行して行い、基礎的な研究を行った。また、両研究の背景や成果について研究者間で情報を共有することで、最終的な目標である統合された検知システム構築に向けてチームの体制を整えた。系統情報に基づく検知では、その状態推定を通じて異常や外部からの侵入を検知する分散型システムを開発することが目的である。系統のトポロジーに関する情報および観測データを基に、各バスに置いてリアルタイムに電圧や位相角を推定した上で、攻撃の有無や箇所を求める機構を設計した。

他方、制御通信では、ネットワーク上の通信パターンに基づき異常や外部からの侵入を検知する分散型侵入検知システムを開発することが目的である。本年度は、攻撃を含む情報通信および制御通信のベンチマークデータに対して、機械学習の手法による検知手法の有効性を検討した。とくに制御機器間の通信や制御情報および観測データを基に、定常状態の通信パターンを確率的にモデル化し、これを利用して従来観測されていない異常や侵入が検知できることを示した。計算量の側面から効率性を高めるために必要な学習データの属性についても検討した。

また、電力系統と制御通信の双方の情報を利用した検知手法の有効性の検証のために、両者を連携したシミュレーション環境としてオープンなテストベッドの構築を行う。これにより、正常時およびサイバー攻撃時の運用データを取得した上で、多様な状況を想定して研究を推進することが可能となる。本年度は、テストベッド全体のシステムを設計後、委託開発を行った。数値計算ソフト Matlab をベースに、通信ネットワークのシミュレータ QualNet を利用するための API、および時間管理を行うシミュレーションコントロールフレームワークの実装を行った。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

- 1 I. Watanae, K. Masutomi and I. Ono, ``Robust meter placement against false data injection attacks on power system state estimation,’’ Neural Information Processing, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8226, pp. 569–576, 2013. (DOI:10.1007/978-3-642-42054-2_71)
- 2 S. Liu, J. Quinn, M. U. Gutmann, and M. Sugiyama, ``Direct learning of sparse changes in Markov networks by density ratio estimation,’’ In Proceedings of European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML-PKDD2013), pp. 596–611, 2013.
- 3 C. Ravazzi, P. Frasca, R. Tempo, and H. Ishii, ``Almost sure convergence of a randomized algorithm for relative localization in sensor networks,’’ Proc. 52nd IEEE Conference on Decision and Control, pp. 4778–4783, 2013.
- 4 H. Nishino and H. Ishii, ``Distributed detection of cyber attacks and faults for power systems,’’ Proc. 19th IFAC World Congress, 2014 (in press).
- 5 S. M. Dibaji and H. Ishii, ``Resilient consensus of double-integrator multi-agent systems,’’ Proc. American Control Conference, 2014 (in press).
- 6 S. Liu, J. Quinn, M. U. Gutmann, and M. Sugiyama, ``Direct learning of sparse changes in Markov networks by density ratio estimation,’’ Neural Computation, 2014 (in press).

(3-2) 知財出願

- ①特許出願件数(国内 0 件)
- ②CREST 研究機関累積件数(国内 0 件)