博士請求論文審査要旨

情報セキュリティ大学院大学
情報セキュリティ研究科

論文題目　：　シナリオランダム化を備えた高性能コンテナ型サイバーレンジの研究
申請者　：　中田 亮太郎
審査委員会　：　主査　教授　土井 洋
副査　教授　後藤 厚宏
副査　教授　瀬戸 洋一(東京都立大学)
副査　教授　大塚 玲

Ⅰ. 論文内容の要旨

本論文は“シナリオランダム化を備えた高性能コンテナ型サイバーレンジの研究”と題し、7 章からなっている。

第 1 章では、研究の背景として、セキュリティ人材の不足状況や、現在のセキュリティ教育について触れ、サイバーレンジによる演習を伴う実践的なセキュリティ教育の重要性について述べ、本論文の目的、研究の対象と範囲について詳述している。

第 2 章では、高等教育機関が求めるサイバーレンジの要件について調査した結果について述べている。既存研究が提案している演習システムや、商用サイバーレンジ演習を調査し、コンテナ型仮想化に基づくサイバーレンジが高等教育機関で広く普及可能な基盤としてふさわしいことを確認している。

第 3 章では、コンテナ型仮想化に基づくサイバーレンジと他のサイバーレンジ方式の性能を定量的に比較実験し、演習環境の準備に要する時間、必要なハードウェアリソース量において、コンテナ型サイバーレンジの優位性を確認している。

第 4 章では、複数の脆弱性検査ツールを用いた網羅的な実験によって、サイバーレンジ上で実施される様々な脆弱性を突いたサイバー攻撃について、コンテナ型仮想化方式が実機と比較で 96%以上、他の仮想化方式との比較では 99%以上のカバー率で再現可能であることを確認している。

第 5 章では、サイバーレンジ普及のもう一つの障害であるシナリオ開発の困難性について、シナリオランダム化の概念を導入し、その基本アイディアを実現するプロトタイプ CyExec*の構成について述べている。CyExec*は、サイバーキルチェーンの各段階にマイルストーンを設定し、マイルストーンの有向非巡回グラフ（DAG）でシナリオを定義する新しい記述形式を導入することにより、同じインシデントを引き起こす複数経路のシナリオを異なるシナリオとしてランダムに生成できるシステムを提案している。

第 6 章では、前章で提案している CyExec* が、サイバーレンジに必要な機能を有し、高等教育機関での利用に適していることを、既存研究との比較により確認している。また、SecGen との比較実験を通じ、正しくコンテナ型仮想化の性能を発揮できていることを確認している。

第 7 章では、コンテナ仮想化方式に基づくサイバーレンジ技術が極めて軽量である上、脆弱性の再現性においても遜色ないことが示されたことから、サイバーレンジの大幅な低コスト化を進められる可能性があること、並びに、DAG に基づくシナリオのランダム生成により、シナリオ開発の生産性を大幅に高められる可能性があることを結論として述べている。最後に、CyExec*を核とするサイバーレンジの共同開発・共同利用のエコシステムを発展させることが、高等教育機関における情報セキュリティ教育の裾野拡大につながることを展望

している。

Ⅱ. 論文審査結果の要旨

本論文は、情報セキュリティ人材育成に高効果と知られるサイバーレンジ技術の一層の普及を目指して、コンテナ仮想化方式に基づくサイバーレンジ技術を開発し、その軽量性、脆弱性の再現性を網羅的に比較実証すると同時に、シナリオ開発の効率化を可能にする具体的かつ基盤的な方法を示したものであって、情報学ならびに情報社会の発展に貢献するところが大きい。よって、本論文は情報学における博士論文として十分価値のあるものと認める。

Ⅲ. 審査経過

本審査委員会は、2021 年 7 月 15 日に論文内容について口述試問を行い、その後、9 月 2 日にこれに関連する事項の最終試験審査を行った。審査に当たっては、博士学位のディプロマ・ポリシーに基づいて総合的に評価し、申請者が学位取得にふさわしい知見を持つものと判断した。