

国際科学技術協力基盤整備事業
日本－台湾研究交流
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「不均一な IoT デバイスに対するデータ整合性とプライバシーを保つ高信頼な不正取得耐性機構」
2. 研究期間：2016年1月～2019年3月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	横田 治夫	教授	東京工業大学・情報理工学院	事業推進、基盤技術の検討
主たる共同研究者	レー ヒェウハン	助教	東京工業大学・情報理工学院	基盤技術の実装方法検討
研究参加者	ベルジャブ ネスリーン	修士学生	東京工業大学・情報理工学院	基盤技術に関する実験実施
研究参加者	山下 慧	学部学生	東京工業大学・情報工学科	基盤技術に関する実験実施
研究期間中の全参加研究者数			4名	

台湾側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Sy-Yen Kuo	Professor	National Taiwan University	事業推進、基盤技術の検討
主たる共同研究者	Yu Chia-Mu	Assistant Professor	National Chung Hsing University	基盤技術の実装方法検討
研究参加者	I-Chen Tsai	Master Student	National Taiwan University	基盤技術に関する実験実施
研究参加者	Chih-Hsun Lin	Master Student	National Chung Hsing University	基盤技術に関する実験実施
研究参加者	Wei-Liang Wei	Master Student	National Chung Hsing University	基盤技術に関する実験実施
研究期間中の全参加研究者数			5名	

4. 研究交流の概要

本研究は、クラウドと不均一の IoT デバイスからなる IoT システムをディペンダブルでセキュアにするために、IoT デバイスの制限された記憶容量、計算・通信能力等の下での暗号化を行い、プライバシーを保ちながら故障・不正取得された IoT デバイスを検出し、それらからクラウドに送られる情報を補正する基礎技術の確立を目的として開始した。その目的実現のため、日本側は暗号を用いたストレージや情報共有手法を発展させ時間的・空間的整合性に基づく故障や不正取得の検出手法を、台湾側はネットワークやモバイルコンピューティングでの実績に基づく軽量の暗号方式を担当した。

日台の研究チームが相互補完的に取り組むことで、IoT デバイスでの暗号とその活用手法についてそれぞれの強みを活かした成果を出すことができ、当該分野で良く知られた競争率の高い国際会議で成果を発表した。相互の研究の進捗やその詳細を理解し合い、関連の研究の動向を把握するために、本事業による日台合同ワークショップを、日本で2回、台湾で1回、合計3回開催した。また、研究者や学生の交流も積極的に行い、2年目と3年

目に台湾側からそれぞれ1名と2名の学生を日本側で受け入れて研究を推進し、成果につながった。

5. 研究交流の成果

5-1 共同研究の研究・開発成果

本研究課題では、不均一の IoT デバイスとクラウドからなる IoT システムをセキュアでディペンダブルにするために、IoT デバイスの物理的制約下での軽量な暗号化を行い、故障あるいは不正取得された IoT デバイスを検出し、それらからクラウドに送られる情報を修正するための基礎技術の確立を目的とした。検出のためのアプローチとして、時間的整合性と空間的整合性に着目し IoT デバイスの故障あるいは不正取得を検出するための方法を検討するワークパッケージ②と、IoT デバイスの計算、通信、記憶資源の制限の下で軽量な暗号化を行うワークパッケージ③を用意し、ワークパッケージ①では、それらの研究成果を統合し、不均一の IoT デバイスとクラウドからなる IoT システムをセキュアでディペンダブルにするための基盤技術を示した。

5-2 国際連携による相乗効果

日台の研究チームが相互補完的に取り組み、IoT デバイスでの暗号とその活用手法についてそれぞれの強みを活かした成果を出すよう、本事業による日台共同ワークショップを、日本で2回、台湾で1回、合計3回開催し、相互の研究の進捗やその詳細を理解し合い、関連の研究の動向を把握した。また、頻繁に相互の研究拠点で合同のミーティングを開催した。さらに、2016年に台湾側の学生18名の訪問を受けた他、2016年7月1日から8月19日まで1名、2017年7月15日から9月15日に2名、台湾側の学生を受け入れ研究を推進した。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果および進展

製品化には至っていないが、日本側研究チーム、台湾側研究チームとも、国際会議等で発表した内容に関する企業の関心は高く、共同研究の可能性の問い合わせが来ており、波及効果が高いことを示している。特に、日本側研究チームの研究内容に関しては、内容を発展させて、難易度の高いトップレベルの国際会議に投稿しており、査読結果を待っている段階であり、採択された場合の波及効果はさらに高くなると期待される。また、これまでに国際会議で発表した内容を充実し、学術論文誌にも投稿する予定である。

5-4 研究交流の有効性・継続性（研究交流を通じた人材育成、協働関係の継続・発展性）

本事業に日本側および台湾側から参加した学生が、それぞれ査読付きの国際会議で発表するとともに、本事業の研究機関である大学院の上位の課程に進学し、今後も本事業に関係する研究を続けることになっており、人材育成という面での成果も出ており、今後の発展も期待できる。また、研究者同士の交流も活発に行われ、本事業で開催したワークショップの別の効果として、ワークショップに参加した日本側と台湾側の研究者の間で新たな研究交流も始まった。

Infrastructure Development for Promoting International S&T Cooperation
Japan – Taiwan Joint Research Exchange Program
Executive Summary of Final Report

1. Project Title : 「Reliable compromise-resilient mechanisms for managing the data integrity and privacy of heterogeneous IoT devices」

2. Project Period : Jan., 2016 ~ Mar., 2019

3. Main Participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Haruo Yokota	Professor	Tokyo Institute of Technology	Lead project
Co-PI	Hieu Hanh Le	Assistant Professor	Tokyo Institute of Technology	Implementation
Collaborator	Nesrine Berjab	Master Student	Tokyo Institute of Technology	Experiment
Collaborator	Satoshi Yamashita	Undergraduate Student	Tokyo Institute of Technology	Experiment
Total number of participating researchers in the project:				4

Taiwan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Sy-Yen Kuo	Professor	National Taiwan University	Lead project
Co-PI	Yu Chia-Mu	Assistant Professor	National Chung Hsing University	Implementation
Collaborator	I-Chen Tsai	Master Student	National Taiwan University	Experiment
Collaborator	Chih-Hsun Lin	Master Student	National Chung Hsing University	Experiment
Collaborator	Wei-Liang Wei	Master Student	National Chung Hsing University	Experiment
Total number of participating researchers in the project:				5

4. Scope of the joint project

This joint project aimed at making an IoT system consisted from the Cloud and heterogeneous IoT devices dependable and secure, under the condition of limited resources of IoT devices. For this goal, both Japan-side and Taiwan-side research teams performed collaborative research with three workshops, frequent research meetings, and student exchanges.

As the result of collaboration, this joint project proposed a number of effective methods for detecting failure or intruded heterogeneous IoT devices using cross-correlation functions, and for sending corrected data to the Cloud in secure manner with unique key exchange and range queries. The research teams evaluated these methods, and wrote a number of referred papers published in well-known international conferences. Companies in both Japan and Taiwan are interested in the proposed methods after the publication.

This joint project raised student collaborators to higher level of graduate school as the human resource cultivation, and triggered for new collaboration between Japan and Taiwan by the workshops.

5. Outcomes of the joint project

5 – 1 Intellectual Merit

To detect the failure or intruded heterogeneous IoT devices under the condition of limited resources of the devices, we developed abnormal-node detection methods for hierarchical cluster configuration of the heterogeneous IoT devices based on spatio-temporal and multivariate-attribute correlations and using fuzzy logic and ECA rules. We evaluated these methods using real sensor data of an experimental system constructed more than 40 sensor nodes. We also developed a white-list based intrusion detection method for IoT devices. These detection methods are mainly developed the Japan-side research team.

To send data from small size IoT devices to the Cloud in secure manner, we developed a light weight encryption key management method using a Kronecker product, and verifiable range query in encrypted data streaming. Those methods are mainly developed the Taiwan-side research team with support from the Japan-side research team.

These research results are published well-known referred international conferences.

5 – 2 Synergy from the Collaboration

We organized workshops three times, twice in Tokyo and once in Taiwan. We also have face-to-face research meetings frequently both sides research organizations. These workshops and meetings are very effective to recognize the research progress in both sides and exchange ideas related to this joint project.

Additionally, Tokyo Institute of Technology, the university of Japan-side Pi, accepted 18 student visitors from Yuan Ze University, the university of Taiwan-side Co-Pi in 2016. Tokyo Institute of Technology also accepted an exchange student from Yuan Ze University one and a half month in 2016, and two exchange students from Taiwan Chung Hsing University two months in 2017.

These collaborations by the workshops, meetings, and student exchanges gave very good synergy effect for the research progress.

5 – 3 Potential Impacts on Society

There has not yet been a direct product of this research, but companies have high interest in the proposed methods. After the presentations in the international conferences, a number of inquiries are given by companies. For instance, there is a proposal of collaborative research from a Japanese company related to the white-list based intrusion detection for IoT devices.

We are planning to submit enhanced research results to top level conferences and journals. We are expecting that impacts of this research project become large by these top level conference and journals.

5 – 4 Effectiveness and Continuity of Exchange

(Human Resource Cultivation, Development and Sustainability of the Cooperation, etc.)

Student collaborators from both Japan and Taiwan sides wrote refereed papers accepted by well-known international conferences and presented the research results. A master course student of Japan-side collaborator entered PhD course by this research and will continue research related to this project. Another undergraduate student of the university of Taiwan-side Co-Pi entered Master course of the university of Taiwan-side Pi, and will continue research related to this project. These are good evidences of human resource cultivation of this project and the sustainability of cooperative research.

The workshops we organized in this project has also good results. Researchers participated to the workshop from Japan and Taiwan side has started new research collaboration as the result of the workshops.

共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文（相手側研究チームとの共著論文）

*査読有り国際会議論文

1. I-Chen Tsai, Chia-Mu Yu, Haruo Yokota, Sy-Yen Kuo, "Key Management in Internet of Things via Kronecker Product", Proceedings on The 22nd IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, IEEE, 2017, pp. 118-124, DOI: 10.1109/PRDC.2017.25, 査読有.
2. I-Chen Tsai, Chia-Mu Yu, Haruo Yokota, Sy-Yen Kuo, "VENUS: Verifiable Range Query in Data Streaming", Proceedings of IEEE Conference on Computer Communications Workshop, IEEE, 2018, pp. 160-165, DOI: 10.1109/INFCOMW.2018.8406898, 査読有.
3. Nesrine Berjab, Hieu Hanh Le, Chia-Mu Yu, Sy-Yen Kuo, Haruo Yokota, "Abnormal-node Detection Based on Spatio-temporal and Multivariate-attribute Correlation in Wireless Sensor Networks", The 16th IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing (DASC'2018), IEEE, 2018, pp. 568-575, DOI: 10.1109/DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTec.2018.00106, 査読有.
4. Nesrine Berjab, Hieu Hanh Le, Chia-Mu Yu, Sy-Yen Kuo, Haruo Yokota, "Hierarchical Abnormal-node Detection using Fuzzy Logic for ECA Rule-based Wireless Sensor Networks", The 23rd IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC 2018), IEEE, 2018, pp. 289-298, DOI: 10.1109/PRDC.2018.00051, 査読有.

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：2件（招待講演：0件）

1. Nesrine Berjab, Chia-Mu Yu, Sy-Yen Kuo, Haruo Yokota, "Impact Analysis for Dos and Integrity Attacks on IoT Systems", Proceedings of the 7th International Conference on Information Systems and Technologies, 2017.3.
2. Nesrine Berjab, Hieu Hanh Le, Chia-Mu Yu, Sy-Yen Kuo, Haruo Yokota, "Fuzzy logic and ECA rules-based misbehaving-node detection for cluster-based heterogeneous IoT systems", Proceeding of the 11th Forum on Data Engineering and Information Management (DEIM2019), A8-1, 2019.3.

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：5件（招待講演：0件）

1. Hieu Hanh Le, "An Approach for Differentially Private Pattern Sequence Mining in Electronic Medical Record Systems", The Second Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2017.11.
2. Nesrine Berjab, "On Exploiting Spatio-Temporal and Multivariate Correlation in Wireless Sensor Networks to Identify Outliers for Intrusion Detection", The Second Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2017.11.
3. Hieu Hanh Le, "equential Pattern Mining on Electronic Medical Record Systems with considering Differential Privacy", The Third Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2018.9.
4. Nesrine Berjab, "A sensor-lag-correlation Aware Approach for Efficient Abnormal-node Detection in IoT Network", The Third Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2018.9.

5. 山下 慧, Hieu Hanh Le, 横田 治夫, 「ファイルイベント監視とホワイトリストに基づく攻撃プロセス検知」, 第10回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, I6-5, 2018.3. (学生プレゼンテーション賞).

*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 2 件

1. Nesrine Berjab, Chia-Mu Yu, Sy-Yen Kuo, Haruo Yokota, "Exploring Multivariate Sensor Attribute and Spatio-Temporal Correlation to Identify Outliers for WSN Intrusion Detection", Taiwan-Japan Workshop on "Security and Dependability Technologies for IoT Devices" 2017, 2017.4. (Best Poster Award)
3. Nesrine Berjab, Hieu Hanh Le, Chia-Mu Yu, Sy-Yen Kuo, Haruo Yokota, "Fuzzy logic and ECA rules-based misbehaving-node detection for cluster-based heterogeneous IoT systems", Proceeding of the 11th Forum on Data Engineering and Information Management (DEIM2019), A8-1, 2019.3.

*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 1 件

1. 山下 慧, Hieu Hanh Le, 横田 治夫, 「ファイルイベント監視とホワイトリストに基づく攻撃プロセス検知」, 第10回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, I6-5, 2018.3.

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. JST 日本-台湾研究交流 国際合同ワークショップ 2016, “The First Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems”、主催者：横田治夫 (東京工業大学・教授)、東京工業大学、東京、日本、2016年7月24日、参加人数12名
2. JST 日本-台湾研究交流 国際合同ワークショップ 2017, “The Second Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems”、主催者：Sy-Yen Kuo (国立台湾大学・教授)、国立台湾中興大学、台中、台湾、2017年11月11日、参加人数14名
3. JST 日本-台湾研究交流 国際合同ワークショップ 2018, “The Third Japan-Taiwan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems”、主催者：横田治夫 (東京工業大学・教授)、東京工業大学、東京、日本、2018年8月31日～9月1日、参加人数28名

4. 研究交流の実績

【合同ミーティング】

- ・2016年1月27日：国立台湾大学、台北、台湾
- ・2016年3月27日：台湾元智大学、台北、台湾
- ・2016年6月6日：東工大、東京、日本
- ・2016年7月23日：東工大、東京、日本
- ・2016年12月10日：国立台湾中興大学、台中、台湾
- ・2017年1月25日：リッジホテル、クライストチャーチ、ニュージーランド
- ・2017年4月18日：東工大、東京、日本
- ・2017年6月16日：国立台湾中興大学、台中、台湾
- ・2017年11月10日：国立台湾中興大学、台中、台湾
- ・2018年3月30日：東工大、東京、日本
- ・2018年4月6日：東工大、東京、日本
- ・2018年8月31日：東工大、東京、日本
- ・2018年12月10日：国立台湾大学、台北、台湾

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2016年6月6日、台湾元智大学の学生18名訪問
- ・2016年7月1日から8月19日まで台湾元智大学の学生1名 Ms. I-Chen Tsai を受入
- ・2017年7月15日から9月15日まで、国立台湾中興大学の学生2名 Mr. Chih-Hsun Lin と Mr. Wei-Liang Wei を受入
- ・2018年3月29日から4月7日まで、国立台湾大学の Prof. Sy-Yen Kuo を客員研究員として受入

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

1. 受賞：Best Poster Award, Nesrine Berjab, Taiwan-Japan Workshop on "Security and Dependability Technologies for IoT Devices", 2017.4
2. 受賞：学生プレゼンテーション賞: 山下 慧, 第10回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, I6-5, 2018.3

7. その他

研究室のWebページにおいて、本プロジェクトに関する紹介をしている。