

氏 名	中村 雄一
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第5409号
学位授与の日付	平成28年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	A Study on Security and Data Aggregation for M2M Gateway Systems (M2Mゲートウェイにおけるセキュリティ並びにデータ集約技術に関する研究)
論文審査委員	准教授 山内 利宏 教授 阿部 匡伸 教授 名古屋 彰

学位論文内容の要旨

With the growth of machine-to-machine (M2M) and big data technologies, more and more devices are connected to the Internet. As a result, the Internet of Things (IoT) services that provide new value by utilizing sensor data from devices are rapidly emerging. In order to bridge devices in industrial fields and social infrastructures to the Internet, a device called M2M gateway is necessary. In addition to basic bridge functions, security and data aggregation of M2M gateways are necessary for IoT services as an increase of connected devices.

From security perspective, Security-Enhanced Linux (SELinux) is an effective protection method because it works without updates, on various system configurations and resource usage does not increase after deployment. However, there are two problems in applying SELinux to M2M gateways, i.e. difficulty in creating security policy and basic resource usage of SELinux. To address issues of SELinux security policy creation, a security policy configuration system called SELinux Policy Editor (SEEdit) is proposed. SEEdit facilitates creating security policy by utilizing a higher level language called Simplified Policy Description Language (SPDL) and SPDL tools. SPDL simplifies complicated SELinux permissions and labels. SPDL tools generate security policy configurations from access logs and tool user's knowledge about applications. The evaluation result on M2M gateway environment shows that SEEdit can create practical security policies. In order to reduce resource usage of SELinux, Embedded SELinux is proposed. Embedded SELinux is composed of three techniques. Firstly, the Linux kernel is tuned to reduce CPU overhead and memory usage. Secondly, unnecessary code is removed from userland. Thirdly, security policy size is reduced with SEEdit. Embedded SELinux is evaluated on an evaluation board for M2M gateways, and results show that its read/write overhead is almost negligible, and file space requirement and RAM usage are acceptable. In addition, modified codes were successfully merged into the community to ensure long time usage.

From data aggregation perspective, sensor data is condensed into statistic values and filtered in M2M gateways by dedicated C logics embedded in firmware. However, there are problems in developing and updating C logics. It is difficult to develop C logic because resource constraints and various development environments should be considered; updating is difficult because of risky firmware update. For these problems, a rule-based sensor data aggregation framework called Complex Sensor Data Aggregator (CSDA) is proposed. The proposed CSDA supports data aggregation process in three steps: the input, periodic data processing, and output steps. The behaviors of these steps are configured by an XML-based rule. The rule is stored in the data area of flash ROM and is updatable through the Internet without the need for a firmware update. In addition, in order to keep within the memory limit specified by the M2M gateway's manufacturer, the number of threads and the size of the working memory are static after startup, and the size of the working memory can be adjusted by configuring the sampling setting of a buffer for sensor data input. The proposed system is evaluated in an M2M gateway experimental environment. Results show that developing CSDA configurations is much easier than using C and the performance evaluation demonstrates the proposed system's ability to operate on M2M gateways.

論文審査結果の要旨

Machine to Machine (M2M)技術とビッグデータ技術の発展により、多くの機器のセンサから収集されたデータを使って新しい価値を生み出すInternet of Things (IoT)サービスが急速に普及している。IoTサービスにおいて、収集されたデータをインターネットを介して通信するには、M2Mゲートウェイと呼ばれる装置が必要であり、M2Mゲートウェイのセキュリティを確保し、多数のデバイスからのデータを集約して処理する技術の重要性が増している。

本論文では、M2Mゲートウェイのセキュリティを確保するために、Linuxに対して標準セキュアOS機能を付加するSELinuxに着目し、そのSELinuxの導入と設定の容易化手法、及びリソース削減手法を提案している。前者については、新規に考案した設定言語による記述からセキュリティポリシーを自動生成する手法により、数万行の記述を要していた従来の設定ポリシーを、数百行の言語記述から作成可能であることを示した。この研究成果はオープンソースソフトウェアのSELinux Policy Editorとして公開され、広く利用されている。また、後者については、冗長な処理と不要なメモリ域を削減する手法の考案により、SELinuxの導入により生じる処理オーバーヘッドとメモリ消費量増加を、それぞれ最大90%削減できることを示した。本手法は、SELinuxのソースコードにマージされ、利用されるに至っている。このように、本研究がSELinuxの利用促進に貢献した点は高く評価できる。

さらに、本論文では、M2Mゲートウェイ上のデータ集約ロジックをプログラムレスで実現できるComplex Sensor Data Aggregatorを提案し、データ集約ロジックをプログラミングすることなしに修正可能な機構を提案している。これにより、集約ロジックの開発と更新が容易になり、IoTサービスのPDCAサイクルを促進できる。この成果はすでに商用システムの基本技術として採用されている。

以上のように、本論文は、M2Mゲートウェイのセキュリティを確保し、かつデータ集約ロジックの開発と更新を容易にする手法を確立しており、情報工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値すると認める。なお、論文発表会では、適切な説明が行われ、質疑に対する応答も適切であった。これにより、十分な学力を有すること、及び自立した研究者として活動を行う能力を有することが確認できた。