

# Rust 言語によるフィルタ機能を付加したソフトウェアブリッジの実装と検証

## Implementation and Verification of Software Bridges with Filtering Mechanisms in Rust

細谷 昂平<sup>\*†</sup>  
Kohei Hosoya

高野 祐輝<sup>\*‡</sup>  
Yuuki Takano

宮地 充子<sup>\*§</sup>  
Atsuko Miyaji

キーワード Rust, DPDK, Prusti, ネットワークブリッジ

### あらまし

SDN といった技術の発展によりソフトウェアでのパケット処理の需要が高まっている。一方で、ネットワークサービスにおける障害の起因に占めるソフトウェアのバグの割合が高いという現状がある。また、10-100GbE の普及により、端末間のデータ通信は高速に行える環境が整備されつつあるが、ソフトウェアでの処理はハードウェアに比べて低速であり、通信のボトルネックとなっている。この問題を解決する一例として、カーネルバイパス技術があり、代表的なものに eXpress Data Path (XDP) 系列の AF\_XDP や Data Plane Development Kit (DPDK)[1] が挙げられる。本論文では、上記のうち DPDK を用いて、動的に変更可能な MAC アドレスによるパケットフィルタを実装した。パケットを処理する関数は Rust 言語で実装し、DPDK のプログラムに組み込むことでメモリ安全にフィルタを動作させる手法を提案した。また、Rust の検証器である Prusti[2] を用いてパケットフィルタで使用する Map が正しく動作することを検証するため、Map が満たすべき条件について考察する。

### 1 本研究の背景

SDN といった技術の発展によってソフトウェアによるパケットの処理の需要が高まっている。一方で、ネットワークサービスの大きな障害とソフトウェアのバグは密接に関わっており、Hongqiang Harry Liu らは Microsoft のサービスにおいてソフトウェアのバグが深刻な障害を

引き起こしていることを指摘している [3]。また、ソフトウェアによるパケットの処理はハードでの処理に比べて低速であるためパケット処理のボトルネックとなりうる現状がある。従来からネットワークファンクションにおけるソフトウェアのバグを検証するためのツールが提案されてきたが、ツールを使うための専門的な知識を必要とする場合やツール自体が複雑で汎用的な利用が難しい場合など利用場面が限られるのが現状である。

### 2 本論

本研究では、ネットワークファンクションの一つであるブリッジを DPDK によって実装し、Rust 言語で構築したフィルタ機能を付加することで動的にフォワーディングの管理を行えるソフトウェアブリッジを実装した。Rust 言語で構築したハッシュマップで MAC アドレスを管理し、TCP 通信によって動的に追加と削除を行うことによってメモリ安全性と並列処理によるスレッド安全性を実現し、DPDK の採用によりユーザー空間での高速なパケットの処理を実現した。また、今後の課題として Prusti による Rust 言語の検証を行うことでネットワークファンクションの仕様に従って動作することを保証することが挙げられるため、本論文ではその検証条件について考察を行った。

### 参考文献

- [1] Intel. DPDK: Data Plane Development Kit, 2021. <https://www.dpdk.org/>.
- [2] viperproject. Prusti, 2021. <https://github.com/viperproject/prusti-dev>.
- [3] H. H. Liu et al. Crystalnet: Faithfully emulating large production networks. In *Proceedings of the 26th Symposium on Operating Systems Principles, Shanghai, China, October 28-31, 2017*, pages 599–613. ACM, 2017.

<sup>\*</sup> 大阪大学, 大阪府吹田市山田丘 1-1, Osaka University, 1-1 Yamadaoka Suita-shi Osaka 565-0871 Japan

<sup>†</sup> hosoya@cy2sec.comm.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>‡</sup> ytakano@cy2sec.comm.eng.osaka-u.ac.jp

<sup>§</sup> miyaji@comm.eng.osaka-u.ac.jp