

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

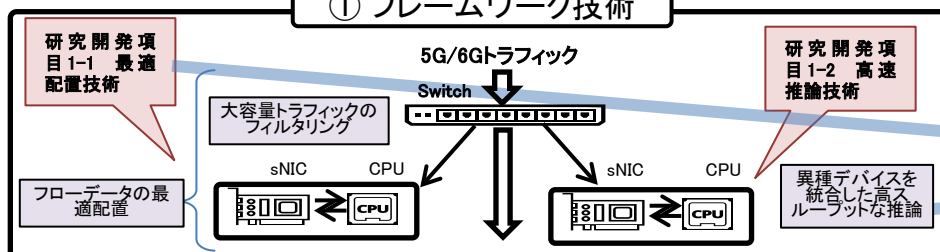
- ◆研究開発課題名 次世代コアとBeyond 5G/6Gネットワークのためのプログラム可能なネットワークの研究開発
- ◆副題 Beyond 5Gネットワークのセキュリティ、プライバシーを保護するプログラマブルデータプレーン技術
- ◆受託者 国立大学法人大阪大学、兵庫県公立大学法人 兵庫県立大学
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和7年度 (36か月間)
- ◆研究開発予算 (契約額) 令和4年度から令和7年度までの総額45百万円 (令和6年度15百万円) ※百万円未満切り上げ

2. 研究開発の目標

Beyond 5Gネットワークにおいて、テラビット/秒でセキュリティならびにプライバシー攻撃を検出、軽減するフレームワークを、P4スイッチ、スマートNICのプログラマブルデータプレーンを組み合わせて実現する。1)テラビット/秒で 10^6 個の通信フローを監視し、セキュリティならびにプライバシー攻撃を検出、軽減するUPF-Uノードのフレームワークを開発する。2)、 10^5 ユーザを想定して、ユーザがアクセスするサイト、データなどのプライバシー漏洩を防ぐプライバシー保護術を開発する。3)フレームワーク、プライバシー保護技術ならびにセキュリティ保護技術(米国)を統合したUPF-Uノードを開発し、5Gネットワークを模擬したテストベッド上実証する。

3. 研究開発の成果

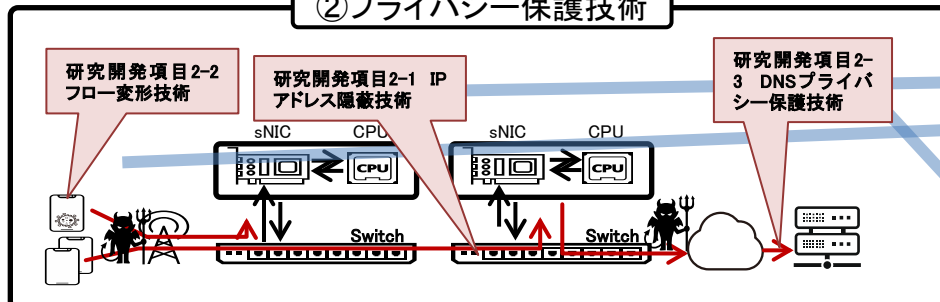
① フレームワーク技術



研究開発項目1:フレームワーク技術

- 10^6 個の通信フローを監視し、攻撃を検出・軽減するフレームワーク実装。
- 10^6 フローかつTbps級の通信が可能なUPFを実現するため、転送ルールなどの情報の**ホストとP4スイッチへの最適配置を確立**し、それに基づくUPFを設計した。
 - 10^6 フローかつTbps級のトラフィック中の攻撃検出のため、**P4スイッチによる大量のフローのフィルタリング、スマートNICによる攻撃の推論技術、コンピューターによるパケット解析を統合**したシステムを設計し、Tofinoスイッチ上に実装した。

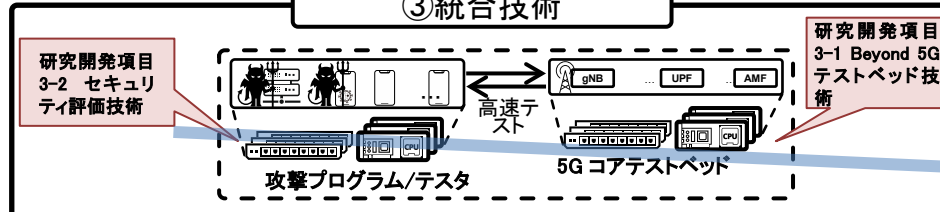
② プライバシー保護技術



研究開発項目2:プライバシー保護技術

- 10^5 ユーザに対して、プライバシー保護と責任追跡性を提供する技術を開発。
- 軽量匿名通信プロトコルに対して悪意のあるトラフィックの遮断を可能にする**責任追跡性を付与**するフレームワークを設計した。
 - パケット生成や暗号処理などP4スイッチ上の計算を高速・大容量化するP4QRSに対して**パケット順序を保つ機構を設計し、スイッチ上の高速な計算とエンド間のスループットを両立可能**にした。
 - DNSクエリ匿名化プロトコルについて、セキュアな実運用を想定した運用機構の全体設計を行い、HTTP Message Signatures (RFC9421)を用いて、**高速にメッセージの真正性を検証可能とするリレーサーバの実装とテストベッド開発を実施**した。

③ 統合技術



研究開発項目3 統合技術

- 全技術を組み合わせたUPFノードのプロタイプを実装し、制御プレーンの性能を検証。
- ローカルテストベッド、NICT総合テストベッド等を接続した大陸間テストベッド上で、**日米間588.4 Gbpsの軽量匿名通信を達成**した。また、UPFの実装を開始した。
 - 軽量匿名通信プロトコルにおいて**通過する経路を検証するプロトコルを実装**し、実装したコードに基づいて安全性を検証した。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	4 (1)	28 (14)	0 (0)	2 (2)	1 (1)	4 (2)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 研究成果の認知度向上に向けた取り組み

研究成果について積極的に対外発表につとめ、論文誌 1 件、国際会議 IEEE ICNP Workshopを含む 5 件、展示会1件、国内においても 9 件の成果を発表した。さらに、これらの成果発表は2件の受賞にも寄与した。

(2) 米国側研究機関との協調

日米共同開発のP4スイッチによるフィルタリング技術と、米国側のスマートNIC上のトラフィック監視技術を統合した攻撃モニタリングシステムを設計し、プロトタイプを実装した。研究成果は2件の国際会議にて共著論文を発表すると同時に、これらのシステムを高度化した設計について、さらに共著論文を投稿した。

(3) グローバルテストベッド上での実証実験

ローカルテストベッドを、NICT総合テストベッドおよび国内外のネットワーク事業者や研究機関の協力により構成された広域テストベッドと接続したテストベッド上で、軽量匿名通信の実証実験を実施し、アトランタ・東京間で588.4 Gbpsの通信を実現した。本成果は、SC24における唯一のSpirit of Innovation Awardを受賞した。これらの成果はNICTとGÉANTのプレスリリースに含まれている。

5. 今後の研究開発計画

令和7年度は、これまでに開発技術を構築したローカルテストベッド上に展開し、実証する。具体的には、日米で開発したP4スイッチ、スマートNIC、および、ホストを統合した高速モニタリング技術をローカルテストベッド上に展開し、テラビット/秒の速度かつ106以上のフローが到着する状況下で攻撃検出を実施できることを検証する。また、テストベッド上で展開した匿名DNSリゾルバが実用可能なUXを担保できることを検証する。さらに、今年度開発した軽量匿名通信プロトコルのセキュリティ上の課題を解決するプロトコルをソフトウェア実装し、その処理速度を計測するなどにより実現可能性を検証する。これらの実装したソフトウェアは、GitHub上で公開する。

6. 外国の実施機関

米国 カリフォルニア大学リバーサイド校、ジョージワシントン大学