

ICoNIoT - Redes de Comunicação e Internet das Coisas Inteligentes

Workshop Virtual ICoNIoT 2025:
Virtualização de Redes

21 de maio de 2025

Reunião da Linha Temática

- Data: 08/04/2025
- Participantes: Alberto Schaeffer-Filho, Francisco Airton Pereira da Silva, Luciano Paschoal Gaspary, Rafael Lopes, Carlos Raniery (envio de slides)
- Comentários gerais:
 - Tentativa de encontrar um tema integrador combinando as expertises dos vários membros da linha
- Possíveis ações:
 - Escrita de um vision paper
 - Possibilidades de submissão de projetos
 - Submissão de artigos em conjunto

Outline

- Relatos individuais e colaborações em andamento
- Visão integradora

Alberto Egon Schaeffer Filho (UFRGS)

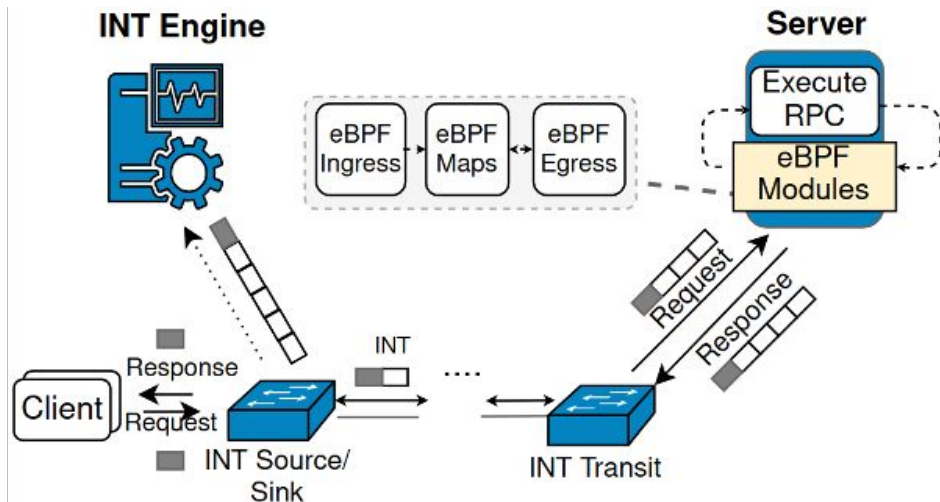
P4NetIntel

Puttlitz, C.; Parizotto, R.; Schaeffer-Filho, A., "**P4NetIntel: End-to-End Network Telemetry with eBPF and XDP**". In: *2024 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)*, 2024.

- Observability is an important and useful tool for understanding the internal state of a distributed infrastructure
 - Traffic engineering management, performance diagnosis, and routing decisions
- Current monitoring solutions often lack comprehensive end-to-end visibility and are limited to two silos:
 - Network: INT
 - End-host: eBPF
- Limitations:
 - Incomplete visibility of distributed infrastructures
 - Lack of integration between network and end-host metrics

P4NetIntel

- P4NetIntel is a system to enable end-to-end distributed infrastructure telemetry
 - Monitoring in a transparent manner
 - Analysis of network and host information at the same time
- Main insight: to bridge the silos that exist in current monitoring systems
 - Collecting data from the network using INT and from the end-host using eBPF



Francisco Airton Silva (UFPI)

SFC Performance Evaluation

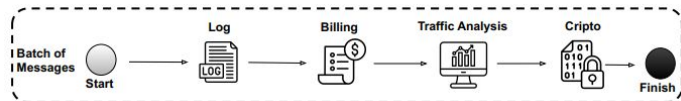
Core challenge: Service Function Chains (SFCs) are highly sensitive to latency; adding more VNFs increases delay and can degrade service quality.

Practical limitation: Evaluating different SFC architectures in real environments is costly.

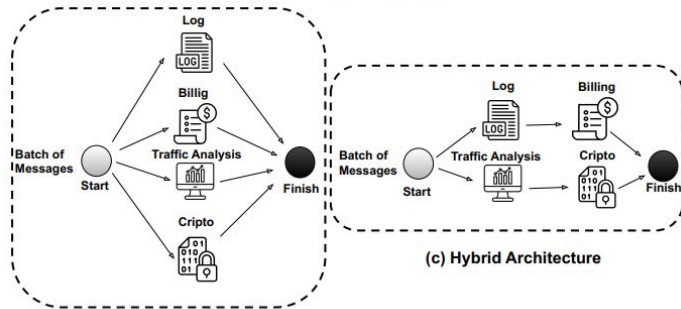
Proposed solution: Use of Stochastic Petri Nets (SPNs) to model and evaluate the performance of SFC architectures.

Architectures analyzed: Three types — sequential, parallel, and hybrid — with four generic VNFs.

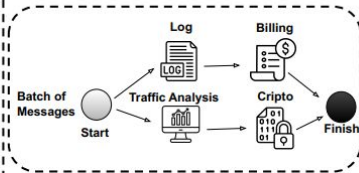
Goal: Reduce latency, identify bottlenecks, and support effective SFC architecture planning.



(a) Sequential Architecture



(b) Parallel Architecture



(c) Hybrid Architecture

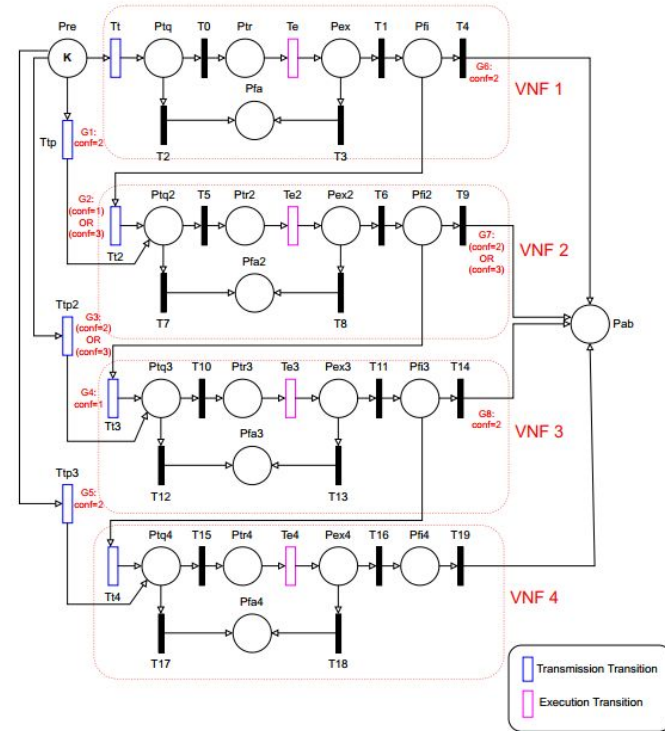
Contribution

Developed SPN model: Captures transmission and execution times, success/failure probabilities, and supports configuration of different architectures.

Case studies: Success vs. failure rate analysis. | Mean Time to Absorption (MTTA) | Cumulative Distribution Function (CDF) | Sensitivity analysis (DoE method).

Validation: Results were statistically equivalent to real simulations conducted using GNS3.

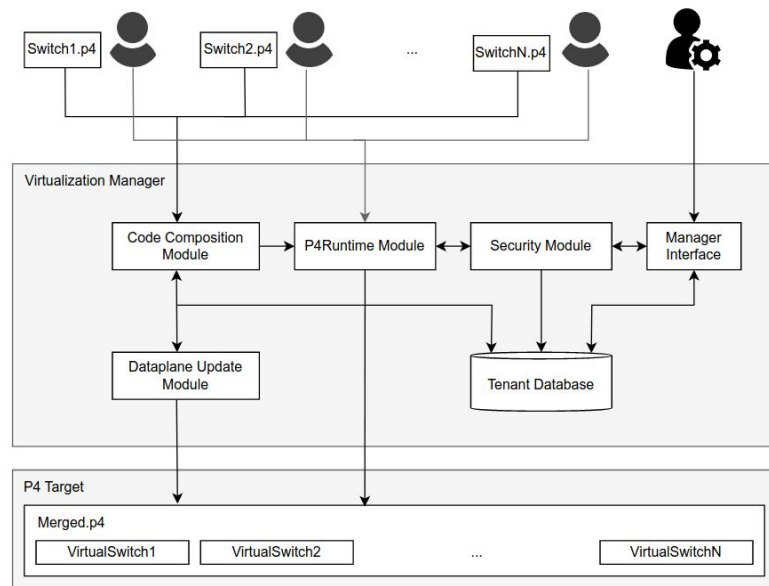
Contribution: Flexible and accurate model to support the design and optimization of real-world SFC systems.



Luciano Gaspar (UFRGS)
Weverton Cordeiro (UFRGS)

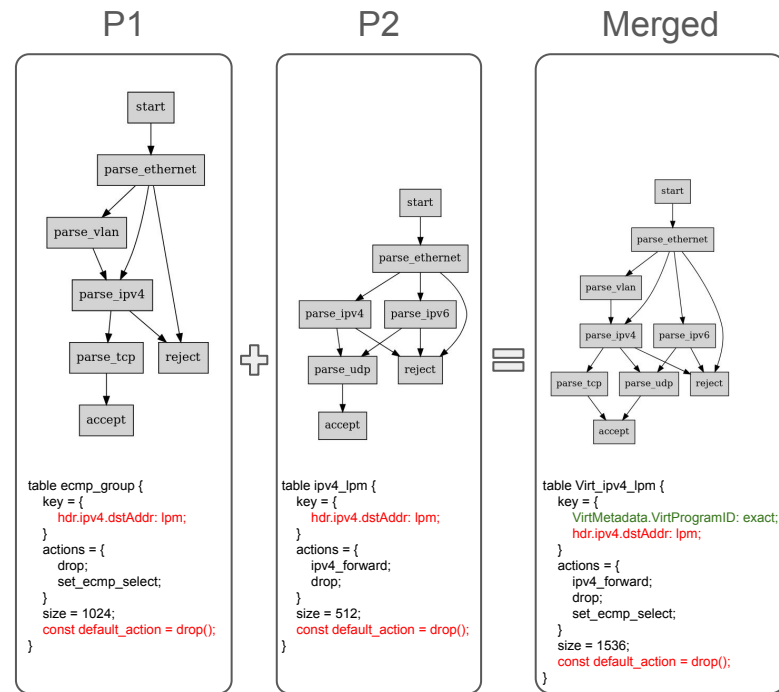
Virtualização Multi-Tenant de Switches Programáveis

- Implementação transparente de múltiplos switches virtuais de diferentes inquilinos através de composição de código.
 - **Isolamento:** Controle de acesso para gerenciar switches virtuais de diferentes inquilinos.
 - **Compartilhamento de Recursos:** Extensões permitem que inquilinos definam elementos compartilhados, como tabelas ou registradores



Virtualização Multi-Tenant de Switches Programáveis com Compartilhamento Explícito de Recursos

- Virtualização independente de plataforma com suporte a um número arbitrário de tenants
 - Sem necessidade de adaptações nos planos de controle ou de dados
 - Com suporte a interfaces padrão para gerência de switches virtuais
 - Unificação de parsers e tabelas permite controle explícito de recursos compartilhados e exclusivos, garantindo economia de recursos
 - Compilação e implantação de switches virtuais de forma transparente



Distributed Graph Neural Networks in PDPs

- Run neurons of a Graph neural network directly in PDPs to assist network traffic engineering
- Use case: mimicking DCTCP (with the plus of the ability to use the GNN for network tomography at nanosecond scale!)

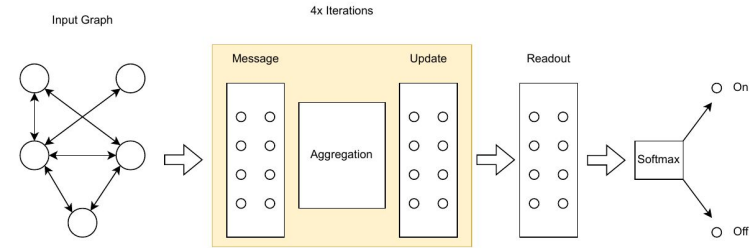


Fig. 1. GNN Experiment Model.

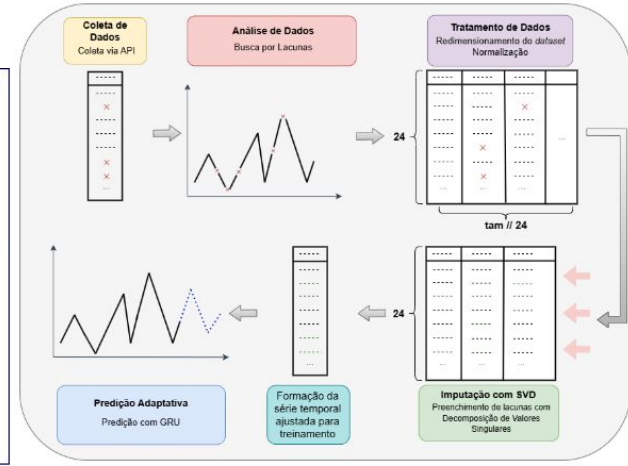
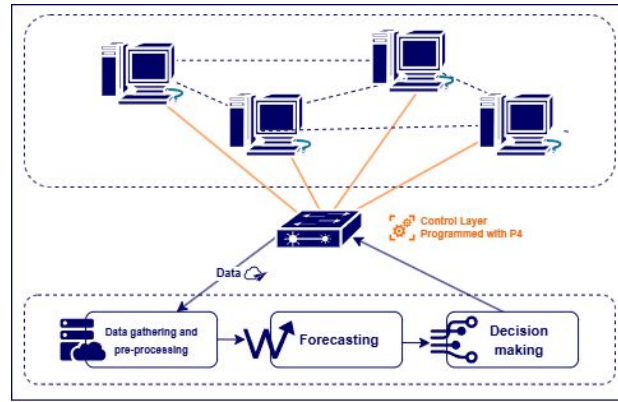
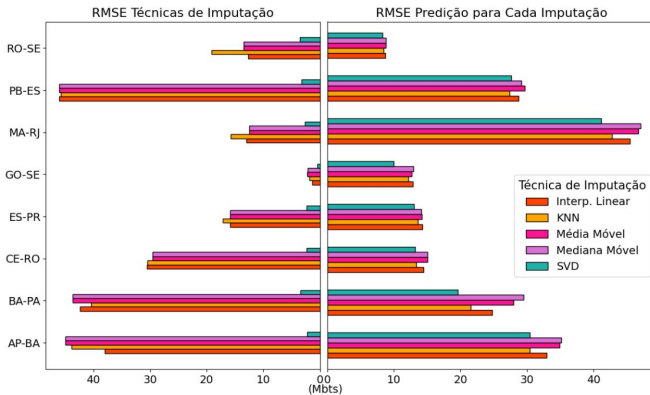
TABLE I
RESULTS FOR THE SIMULATED EXPERIMENTS

	No ECN	DCTCP	GNN (10ms)	GNN (1ms)	GNN (100us)
Average Throughput (MBit/s)	170.65	313.03	152.42	220.24	312.73
Average GNN Accuracy			0.9087	0.9399	0.9645
Average GNN Precision			0.1259	0.5158	0.9573
Average Message Exchange BW Overhead			6.82×10^{-5}	6.82×10^{-4}	6.82×10^{-3}

Rafael Lopes (LARCES/UECE)

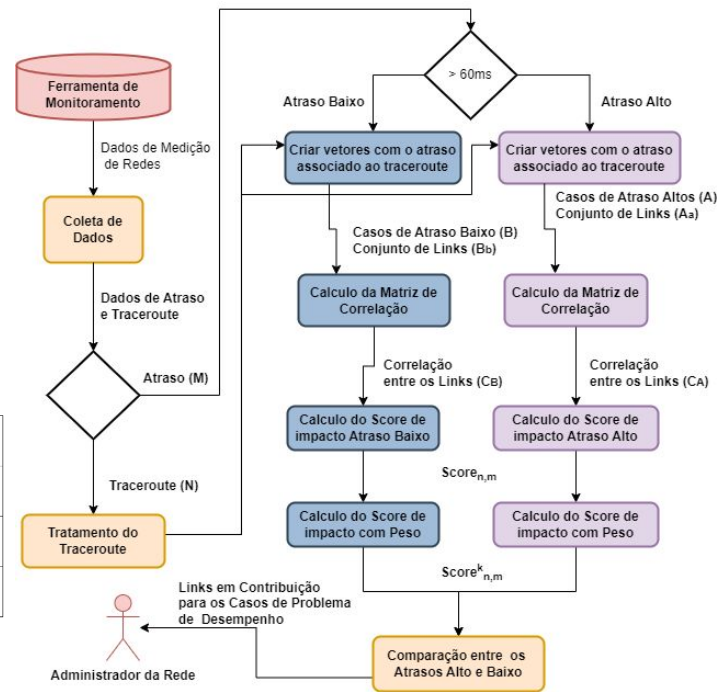
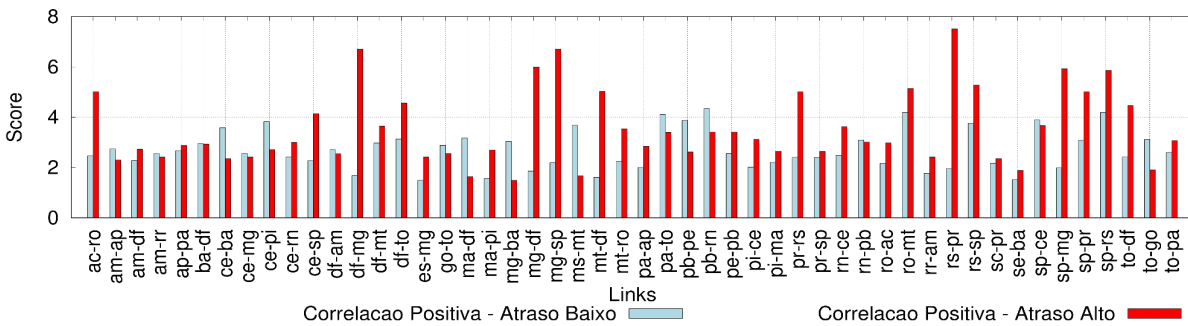
LARCES/UECE: Predição de Dados para Alocação de Recursos e Engenharia de Tráfego em SDN

- Objetivo: Modelo de IA integrado com técnicas de imputação de dados (estatística e GAN) para prever demanda por recursos de rede, permitindo alocação otimizada.
- Tecnologias: P4, SDN, Inteligência Artificial, Análise de Dados e Análise Estatística.
- Status: Modelo de Predição com imputação desenvolvido e estudo sobre uso de GAN e regressão com coleta de dados via P4 em andamento.
- Equipe: 1 IC, 1 Mestrado e 1 Doutorado.



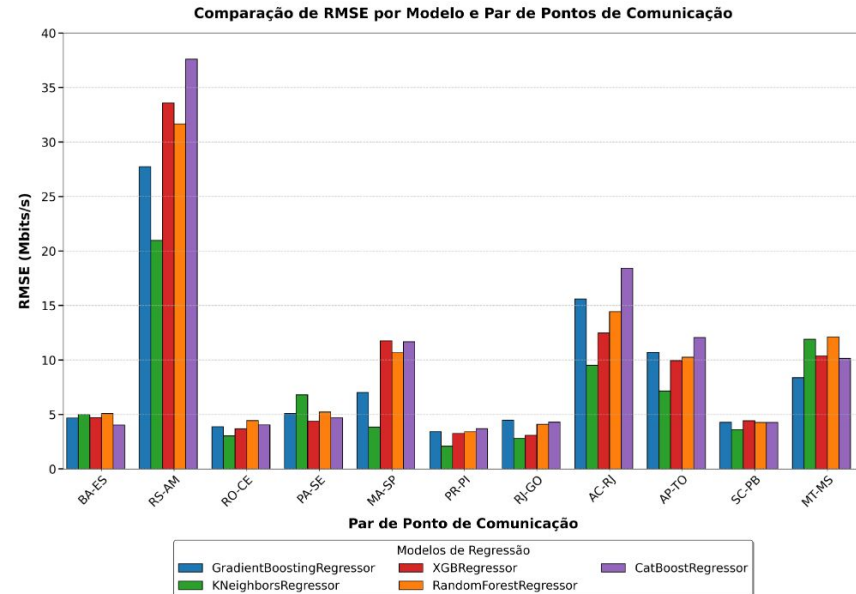
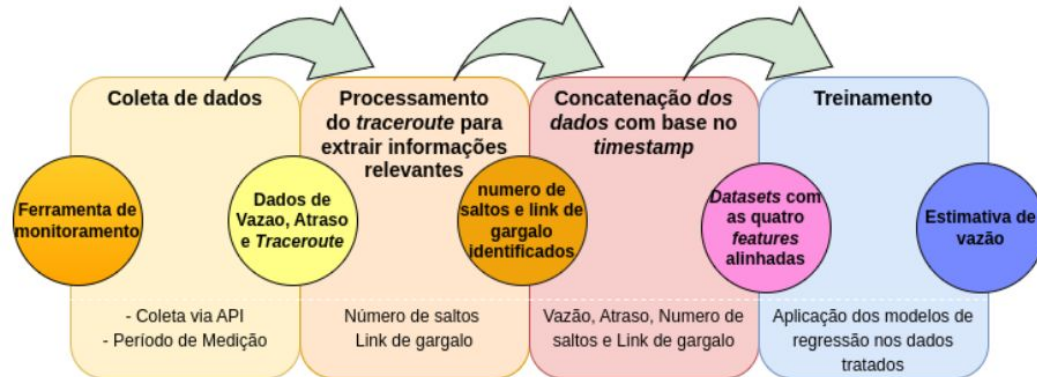
LARCES/UECE: Correlação de Dados de Monitoramento para Engenharia de Tráfego em SDN

- Objetivo: Análise de Dados para detectar causas de problema de desempenho e determinar engenharia de tráfego a fim de evitar os links em questão.
- Tecnologias: Inteligência Artificial e Análise de Dados.
- Status: Mecanismo de Correlação desenvolvido e integração com In-Band com SDN em andamento.
- Equipe: 1 IC e 1 Mestrado.



LARCES/UECE: Estimativa de Desempenho de Rede a partir de Regressão sobre Dados de Monitoramento

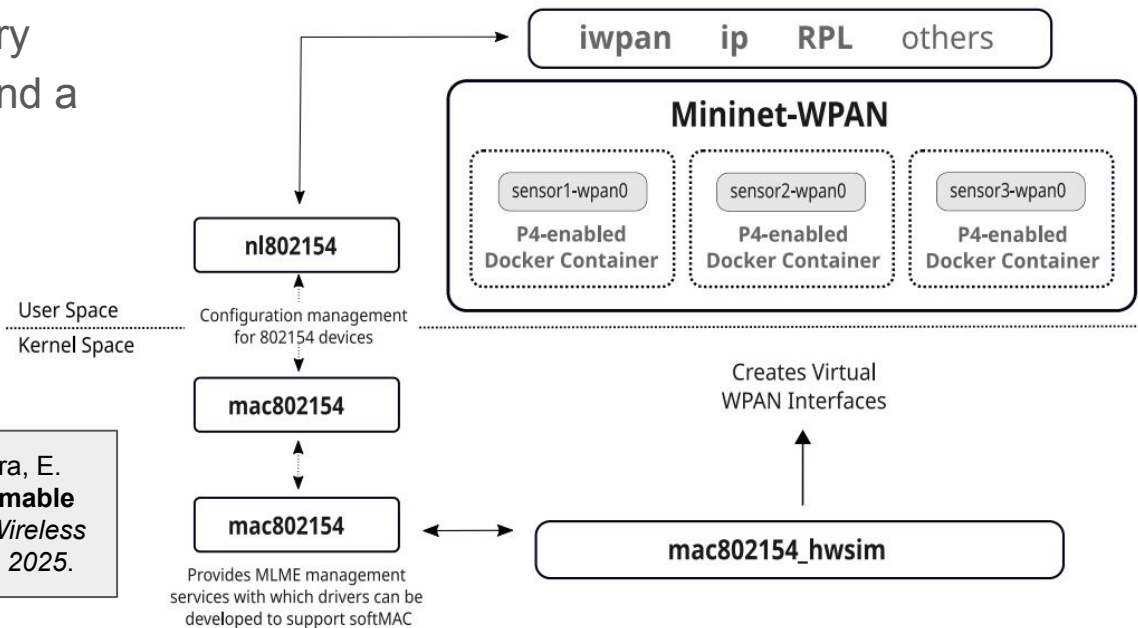
- Objetivo: Estimar vazão de rede, que é custoso medir, a partir de outras medições de baixo impacto.
 - Traceroute, perda, atraso, etc.
- Tecnologias: IA e Análise de Dados.
- Status: Mecanismo finalizado.
- Equipe: 1 IC e 1 Mestrado.



Ramon Fontes (UFRN)

P4LoWPAN: Transforming IoT Networks with a Programmable Dataplane and In-band Telemetry

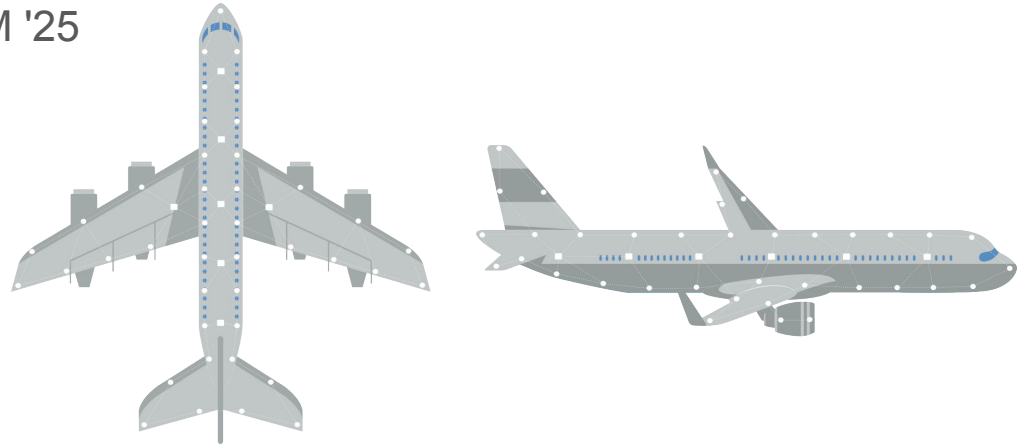
- IoT network emulation platform that integrates P4 with Low-Power and Lossy Networks (RPL) routing protocol
- Uses In-band Network Telemetry (INT) for real-time monitoring and a programmable data plane



Souza, T. ; Neto, A. V.; Rosário, D. L.; Fontes, R. R.; Cerqueira, E.
"P4LoWPAN: Transforming IoT Networks with a Programmable Data plane and In-band Telemetry". In: *21st International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*, 2025.

P4LoWPAN: Transforming IoT Networks with a Programmable Dataplane and In-band Telemetry

- Wireless Technologies in Future Aircraft
 - Moderns airliners like the Airbus A220 (~ 120 seats) the EIS is responsible for 6% of the operational empty weight
 - DEMO submitted to SIGCOMM '25



- Screencast:

https://drive.google.com/file/d/1SGwx0CCJRPJxxOGs-TzlpwxwL2X_0Xxy/view?usp=drive_link

Carlos Ranieri (UFSM)

Reputation Mechanism Based on SNORT Signatures for Infection Propagation Control

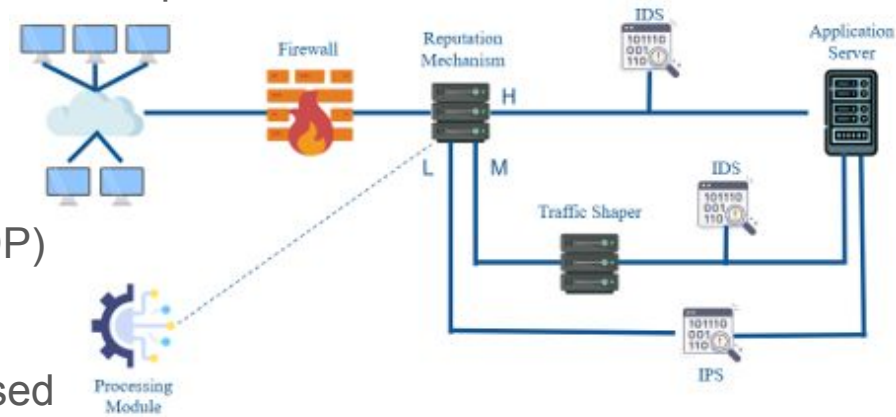
- Propose a reputation system to mitigate the spread of cyber infection
- Leverage signature-based rules (SNORT) to assess potential malicious behavior

- A processing module compresses the SNORT ruleset and generates scripts for P4 switches

- Optimize detection by prioritizing traffic through programmable network devices (PDP)

- A programmable switch (P4) classifies packets into three priority channels (High, Medium, Low)

- Each packet receives a reputation score based on SNORT signature matches: attack severity, rule specificity, and deduplication weight



Visão Integradora

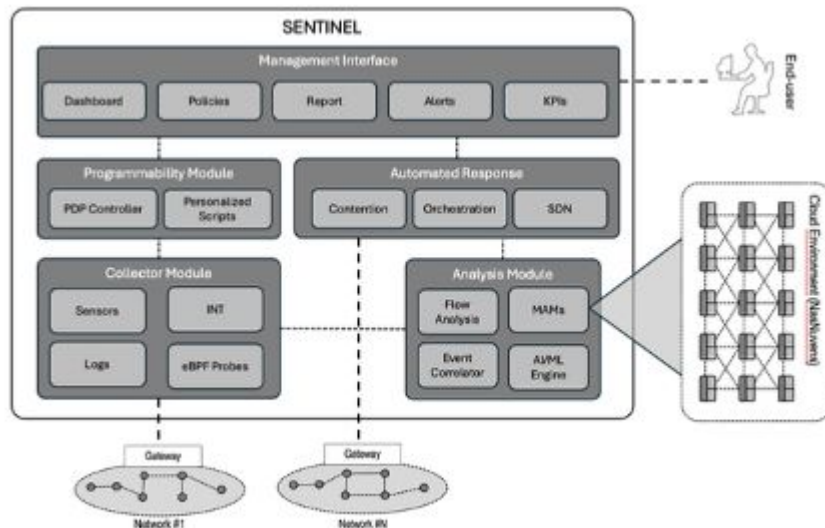
Visão Integradora

- Coleta end-to-end (full-stack) de informações de monitoramento (P4 + eBPF)
 - Alberto/Raniery/Ramon
- Predição de demandas
 - Rafael/Luciano
- Modelagem para alocação/provisionamento/chaining usando Redes de Petri
 - Francisco Airton
- Use case: Segurança? Cloud? Balanceamento de Carga?

Visão Integradora: SENTINEL



- Advanced Observability for Cybersecurity
 - Develop an **innovative SIEM** system integrating **in-band network telemetry (INT)** and **eBPF** for full-stack observability
 - Create **specialized monitoring microapplications (MAMs)** using AI/ML to detect threats
 - malware propagation
 - network mapping
 - anomalous traffic
 - Provide **real-time detection and automated responses** to evolving cyber threats in production networks



ICoNIoT - Redes de Comunicação e Internet das Coisas Inteligentes

Workshop Virtual ICoNIoT 2025:
Virtualização de Redes

21 de maio de 2025

Objetivos Correlatos (lista não-exaustiva)

38. Este objetivo visa o desenvolvimento e a avaliação de **soluções de segurança de redes contra ataques a servidores Web**, tais como o DDoS (Distributed Denial of Service), utilizando as **tecnologias de virtualização de funções de rede e de redes definidas por software**. Pretende-se que tais soluções não afetem significativamente o tráfego benigno e evitem a sobrecarga de controladores SDN para evitar que a rede entre em colapso durante os ataques.

39. NFV tem o potencial de aumentar a agilidade da rede e diminuir custos com infraestrutura. Implantar **VNFs em ambientes de borda** é desafiador. Este objetivo visa propor e avaliar uma arquitetura e mecanismos para determinar em que nós implantar VNFs, quantos recursos alocar (e como redimensioná-los), a necessidade de mover VNFs (para balancear carga, economia de energia, garantir a QoS em presença de mobilidade) para diferentes verticais.

Objetivos Correlatos (lista não-exaustiva)

40. A virtualização vem sendo incorporada ao domínio de programabilidade do plano de dados. Entretanto, as soluções atuais para a **virtualização de switches programáveis carecem de garantias de gerenciamento seguro e independente das instâncias virtuais**, bem como permitir o compartilhamento de recursos entre instâncias virtuais para diminuir a demanda por memória. Este objetivo propõe e avalia mecanismos de gerência robustos e seguros para virtualização leve em planos de dados programáveis.

41. Este objetivo pretende projetar e avaliar novas **arquiteturas, técnicas e mecanismos que permitam a gestão autônoma e proativa de recursos e serviços em fatias virtualizadas e orquestradas nas redes 5G/6G**. Para tal, pretende-se explorar técnicas avançadas de IA e Machine Learning para o gerenciamento inteligente de fatias de redes 5G/6G ao longo do contínuo IoT-edge-cloud, considerando casos de uso URLLC.