

Research Proposal
Option A: survey article

Redes de Computadores aprimoradas por SDN e NFV com o uso de Gêmeos Digitais

Francisco Paiva Knebel
00243688

04/05/2022

Sumário

- **Introdução**
 - Introduction, Background
- **Metodologia**
- **Pesquisa**
 - State-of-the-Art, Open Research Challenges
- **Conclusão**

Link para o artigo:

● AO VIVO

encurtador.com.br/gEUV3

Redes de Computadores aprimoradas por SDN e NNFV com o uso de Gêmeos Digitais

Francisco Paiva Kuebel
Instituto de Informática
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Email: francisco.kuebel@inf.ufrgs.br

I. INTRODUÇÃO

Um gêmeo digital é uma representação virtual e digital de um sistema real físico, podendo ser utilizado para prever estados futuros da entidade física. O gêmeo digital é integrado com outras tecnologias, como inteligência artificial, mineração de dados, computação em nuvem e a Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT). Através de protocolos de comunicação, o gêmeo digital e seu equivalente físico estão intrinsecamente conectados, gerando um fluxo de informações em tempo real dos sensores físicos ao gêmeo, e dele para atuadores do sistema físico. Isso permite a coleta de informações do funcionamento do sistema e a resposta por parte do gêmeo de ações sobre o sistema real, permitindo um produto mais eficiente e criando inteligência para análise dos processos efetuados.

A arquitetura de um gêmeo digital implica na criação de uma réplica digital de algo, sendo ela uma pessoa ou objeto qualquer, em um ambiente virtual e está constantemente atualizado através de uma conexão de rede, permitindo a troca de informação em tempo real entre os gêmeos. Implementando-se em um sistema industrial, uma máquina conectada poderia ser modificada por humanos interagindo com seu gêmeo digital, com operações sendo despatchadas do ambiente virtual para o gêmeo real [1]. Um gêmeo digital de um componente é uma entidade de software que espelha outro componente, podendo ele ser um sistema ciberfísico (CPS, *Cyber Physical System*), como um sensor ou uma linha de produção, até um processo de produção ou uma fábrica inteira. Esses componentes digitais podem ser utilizados para simular e testar a operação de um produto antes de comprometer o sistema real e facilitar da mesma forma [2].

Com esse trabalho, é pretendido obter o estado da arte de Gêmeos Digitais para Redes de Computadores, com ênfase em trabalhos que implementem ou discutam possíveis soluções no contexto de redes programáveis baseadas em software, utilizando a tecnologia de SDN (*Software Defined Networking*) e NFV (*Network Functions Virtualization*).

O trabalho está separado da seguinte forma: na seção II está descrito a metodologia de pesquisa, como foram obtidos os trabalhos e os critérios de inclusão e exclusão utilizados; na seção III, o conteúdo da pesquisa é apresentado, separado pela classificação dos temas dos artigos; e na seção IV é feita a conclusão sobre os resultados obtidos.

II. METODOLOGIA

Por se tratar de uma pesquisa sistemática, foram seguidas regras específicas para a seleção de trabalhos. Como ferramenta de busca, o levantamento de artigos foi feito com o auxílio do Google Scholar, eliminando a busca manualmente pelos principais artigos retornados para cada query de pesquisa. Uma série de pesquisas foram efetuadas separadamente, de forma a incluir trabalhos que cobrem suficientemente o assunto da pesquisa. Em seguida, após a obtenção dos trabalhos, foi feita a classificação dos artigos para incluir nesta pesquisa.

A. Pesquisa

O objetivo inicial da pesquisa é definir o estado da arte da pesquisa de gêmeos digitais nos contextos de redes programáveis, em específico sobre as combinações que utilizam os conceitos de SDN e NFV. Eliminando um corte dos trabalhos que relacionam essas três palavras-chave, conforme a Fig. 1, poderemos obter de qual forma o uso de SDN e de NFV estão sendo usados no conceito de gêmeos digitais para a criação e manutenção de redes de computadores.

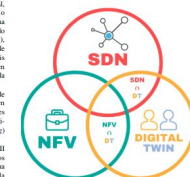


Fig. 1. Assunto-chave da pesquisa.

Link para o artigo:

• AO VIVO

encurtador.com.br/gEUV3

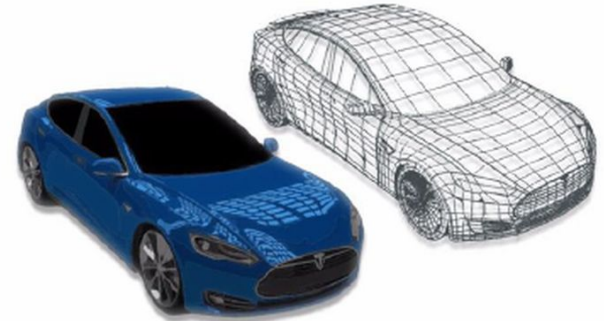
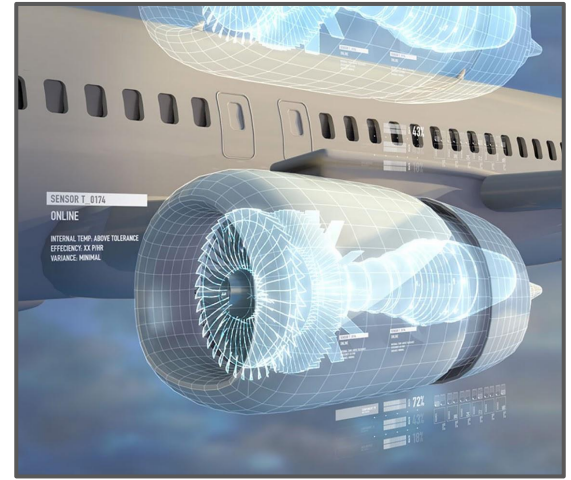
Introdução



Introdução

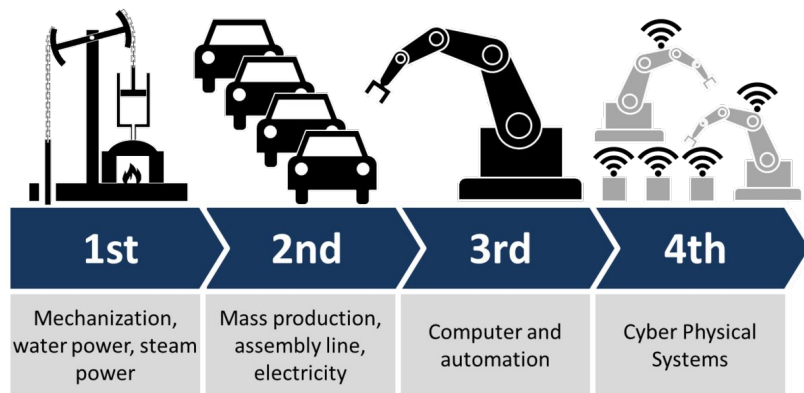
O que é um **digital twin** (gêmeo digital)?

- Espelhamento em tempo real
- Monitoramento
- Detecção de defeitos
- Simulações
- Manutenção preventiva
- Comunicação com o **gêmeo real**



fonte: www.daveturbide.com

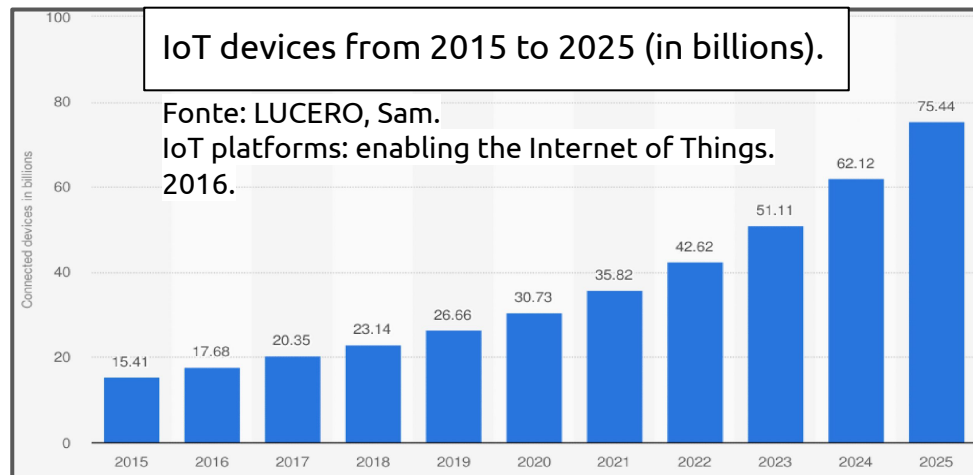
Introdução



Internet das Coisas

Aprendizado de Máquina

Indústria 4.0



Introdução

1. Obter o estado da arte de **gêmeos digitais** no contexto de redes de computadores;
2. ênfase em trabalhos de redes programáveis baseadas em software, utilizando **SDN** (*Software Defined Networking*) e **NFV** (*Network Functions Virtualization*);
3. contribuições de **SDN** e **NFV** para **gêmeos digitais**;
4. contribuições de **gêmeos digitais** para redes.

Link para o artigo:

• AO VIVO

encurtador.com.br/gEUV3

Metodologia

- Critérios de pesquisa
- Critérios de exclusão
- Critérios de inclusão

Metodologia

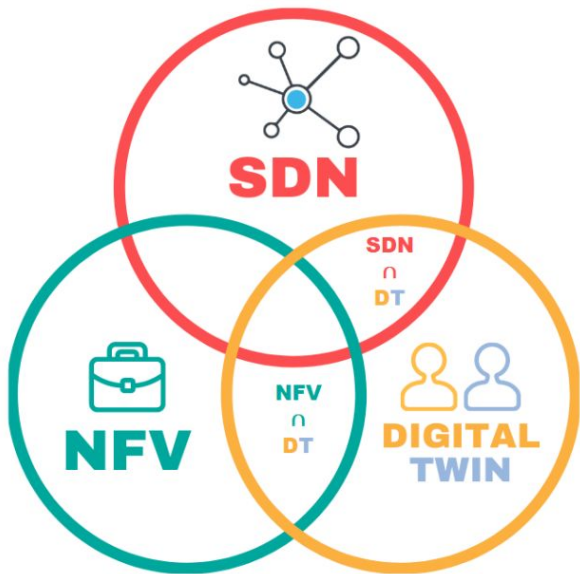
Pesquisa sistemática via script, utilizando o **Google Scholar** como fonte;

Pesquisas efetuadas em Abril de 2022,
sem corte por data de publicação;

Termos:

- “Digital Twin” SDN: **980** resultados
- “Digital Twin” NFV: **425** resultados

Pela limitação de tempo e não ser uma pesquisa exaustiva, efeito corte sobre os primeiros 100 resultados de cada pesquisa, gerando uma lista de 200 artigos para serem selecionados.



Metodologia

Classificação de artigos para exclusão, seguindo os critérios:

- **Exclusão por duplicata:**
repetido entre as pesquisas, 43 exclusões.
- **Exclusão por linguagem:**
apenas resultados em inglês foram considerados, 7 exclusões.
- **Exclusão por acesso ao artigo:**
na maioria dos casos, livros ou capítulos de livros, 13 exclusões.
- **Exclusão por falso-positivo:**
filtro manual, durante o trabalho de leitura dos artigos, trabalhos sem contribuições, fora de contexto, 70 exclusões.

Metodologia

- 980 (SDN) + 425 (NFV), pego os primeiros 100 de cada, 200 trabalhos obtidos;
- Exclusão de
43 duplicados, 7 por linguagem, 13 por falta de acesso, 70 por falso-positivo;
- De 200, **133** trabalhos foram removidos devido aos critérios de exclusão.
- Montante final de **67 trabalhos**, que foram incluídos no resultado final.

Dados da pesquisa, incluindo a lista completa e cada etapa do processo de exclusão podem ser vistos em uma planilha pública do Google Spreadsheets.

Disponível em: **encurtador.com.br/eitMS**

Link para o artigo:

• AO VIVO

encurtador.com.br/gEUV3

Pesquisa

- Leitura dos artigos incluídos
- Geração de classificadores

Pesquisa

Leitura dos 67 artigos, seguindo a ordem de relevância do algoritmo do Scholar.

CLASSIFICAÇÃO DE TRABALHOS

Categorias	Trabalhos	Total
5G, 6G e Sistemas <i>Wireless</i>	[2], [4], [13], [15]–[20], [22]–[37], [39]–[42], [47], [64], [66]	27
Detecção de Anomalias	[10], [11]	2
Escalonamento de VNF	[20]	1
Gêmeos Digitais para Redes	[1], [3]–[10], [12], [21], [30], [31], [46], [52], [59]	16
Internet das Coisas	[2], [14], [25], [31], [39], [43]–[52], [62], [67]	17
P4	[19], [21]	2
Redes Ópticas	[58]–[60]	3
Redes Veiculares	[54]–[57]	4
Segurança	[4], [37], [61]–[67]	9

Pesquisa

Gêmeos Digitais para Redes

- **IETF** Draft: *Digital Twin Network: Concepts and Reference Architecture*;
- Desacoplamento de informação;
- Separação de controle dos dispositivos físicos, coleta de informações sobre o estado global da rede. Controle (virtual) / Dados (real).
- Virtualização de objetos e processos físicos;
- Redes via gêmeos digitais:
otimização de roteamento sem prejudicar a rede física, apenas no ambiente virtualizado;
reprodução de falhas passadas; análise de causa raiz; estudo de limitações e detecção de anomalias.

Pesquisa

5G, 6G e Sistemas *Wireless*

- Informações pelo controlador centralizado, gêmeo acoplado efetua monitoramento, manutenção, diagnóstico. Sugerido implementação híbrida, com controlador centralizado e controladores distribuídos conectados a ele;
- Fatiamiento de Rede (*network slicing*): virtualização da rede, alocação de parte dos recursos as partes interessadas (fatia). Fatias isoladas, reutilizando infraestrutura;
- Gerenciamento autônomo e orquestração dinâmica para garantir QoS (*Quality of Service*) das aplicações;
- Desacoplamento de dados, análise proativa, otimização de recursos, introdução de inteligência na rede, redução de CapEx e OpEx.
- Necessita baixa latência, escalabilidade e mobilidade: *Multi-Access Edge Computing*

Pesquisa

Internet das Coisas

- Grande quantidade de dispositivos, combinação de geração de dados com ambiente virtualizado, gestão autônoma com inteligência, regras de encaminhamento dinâmicas para garantir condições de tempo real da IIoT;
- Precisão e tempo de reação permitindo controle remoto de robôs industriais a longas distâncias;
- Migração de dispositivos virtualizados pela borda, para lidar com dispositivos móveis, transferência de estado do gêmeo digital sem perda de processamento;
- Redes Sensíveis ao Tempo (*Time Sensitive Networking*), seguindo regras estritas com requisitos de tempo real. Otimizando roteamento, agendamento, modelo global da rede, constante atualização via dados de telemetria;
- Pré-processamento de dados, suporte a maior variedade de protocolos (mais capaz do que dispositivos IoT), enriquecimento de informação por fusão de dados.

Pesquisa

P4

Virtualização da rede utilizando P4, avaliando em termos de escalabilidade de redes distribuídas, considerando cada rede como um gêmeo, que pode estar distribuído através de diferentes locais, conectados num *backbone* comum.

Os resultados da implementação em P4 são comparados com implementações não-baseadas em P4, de trabalhos relacionados. Sem conclusão definitiva de qual é melhor em todas situações abordadas, mas permitiu grande escalabilidade sem adição de *switches* físicos.

C.-Y. Chang, T. G. Ruiz, F. Paolucci, M. A. Jiménez, J. Sacido, C. Papagianni, F. Ubaldi, D. Scano, M. Gharbaoui, A. Giorgetti et al., “Performance Isolation for Network Slices in Industry 4.0: The 5Growth Approach” IEEE Access, vol. 9, pp. 166 990–167 003, 2021.

R. Larsson, “Creating Digital Twin Distributed Networks Using Switches With Programmable Data Plane”, 2021. Master’s thesis

Escalonamento de VNF

O escalonamento automático de VNFs, para lidar com a demanda, introduz vantagens em menor custo de implantação e taxa de insatisfação das requisições pelos serviços, além de maior capacidade de resiliência para falhas de hardware.

Entretanto, sistemas distribuídos introduzem complexidade para a computação, podendo gerar inconsistência de dados e gerando problemas de sincronização.

E. Zeydan, J. Mangués-Bafalluy, J. Baranda, R. Martínez, and L. Vettori, “A multi-criteria decision making approach for scaling and placement of virtual network functions,” Journal of Network and Systems Management, vol. 30, no. 2, pp. 1–36, 2022.

Pesquisa

Redes Veiculares

- Como possibilitar uma rede inteligente descentralizada?
Controlador SDN, introduzindo poder computacional, visão global da rede e poder de adaptação
- Carros autônomos:
resiliência, segurança, comunicação entre veículos, redundância, tolerância à falhas (mecânica ou por ciberataques)
- Serviços de baixa latência em ambiente de alta mobilidade, virtualização e migração de veículos dentro da rede para acesso pela borda mais próxima;
- Planejamento de rotas, coordenação de veículos virtualizados, *offloading* de tarefas

Pesquisa

Redes Ópticas

- Alta taxa de dados com baixo custo de operação;
- Design da rede eficiente e inteligente pode levar em conta o comportamento de uso de rede pelos consumidores, redes ópticas passivas;
- Conservação de energia e manter a maior qualidade de serviço pro usuário otimizar, de forma reativa e proativa, através de monitoramento das operações, minimizando o consumo mas mantendo o serviço esperado pelo usuário;
- Uso de gêmeos digitais para redes sem toque (*Zero Touch Networking*)
redes com capacidade de atualização e provisionamento automatizados, sem intervenção humana.

Pesquisa

Segurança

- digitalização abre brecha para ataques contra sistemas físicos previamente fechados; necessário proteção pois ataques causariam efeitos diretos no mundo físico;
- SDN pode tornar os sistemas mais resilientes:
caminhos redundantes, estratégias de mitigação de ataques;
- Uso de **ICS** (Industrial Control Systems) virtualizados;
- Introdução de um plano de segurança na rede softwarizada:
Operação e Manutenção inteligente, motor inteligente de políticas de segurança;
- Alteração automática de Política e Aprendizado de Regras

Conclusão

Obtido uma coleção de artigos significativa conectando **gêmeos digitais**, **SDN** e **NFV** em 9 diferentes categoriais;

Classificação base de áreas dos artigos e onde está a preocupação da pesquisa em **gêmeos digitais** dentro do contexto de redes de computadores;

Área de pesquisa recente,
bastante para ser explorado:

- **2018**: 3
- **2019**: 7
- **2020**: 9
- **2021**: 34
- **2022**: 14

total **67**

Gêmeos digitais em redes, implementados com o auxílio de **SDN** e **NFV**, auxiliam na solução de problemas, predição do estado futuro da rede e aumento de confiabilidade, de forma automatizada.

Research Proposal
Option A: survey article

Redes de Computadores aprimoradas por SDN e NFV com o uso de Gêmeos Digitais

Francisco Paiva Knebel
00243688

04/05/2022