

Usando algoritmos determinísticos paralelos para escalonar tarefas em Edge-Cloud Continuum

Eliton Machado da Silva

Universidade do Estado de Santa Catarina
eliton.mds@edu.udesc.br

Orientador: Dr. Guilherme Piêgas Koslovski

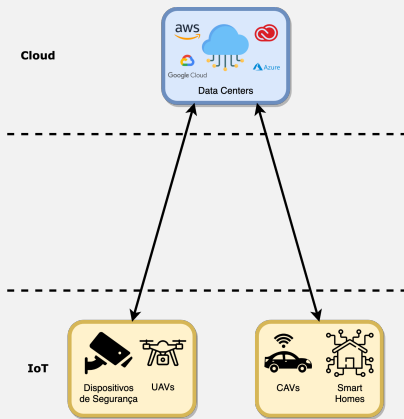
28/11/2023

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Objetivos
- 3 Modelagem do problema
- 4 Algoritmos determinísticos
- 5 Arquiteturas Paralelas
- 6 Trabalhos Relacionados
- 7 Framework Proposto
- 8 Conclusões Parciais

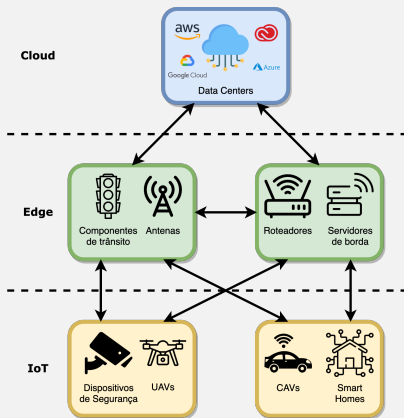
Introdução

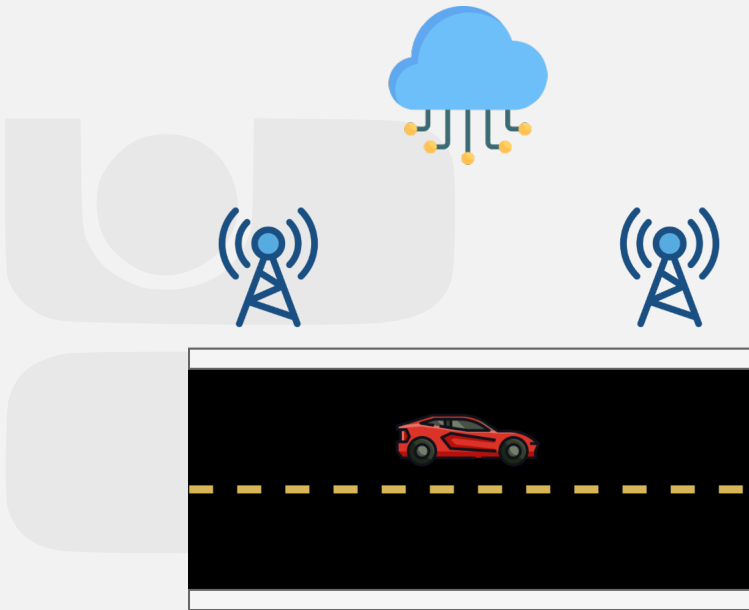
- Cloud Computing

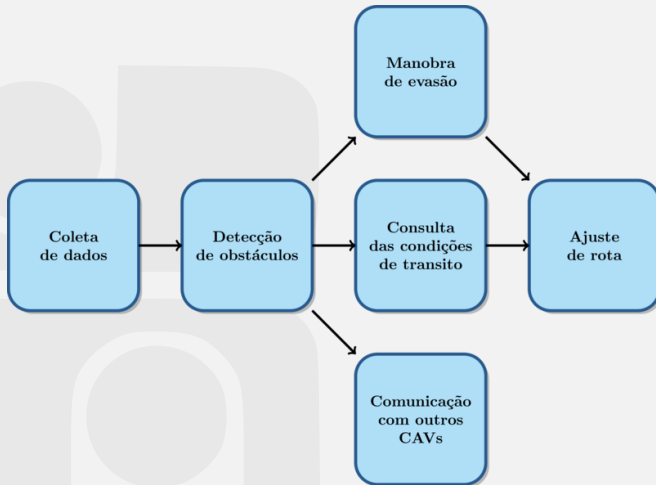


Introdução

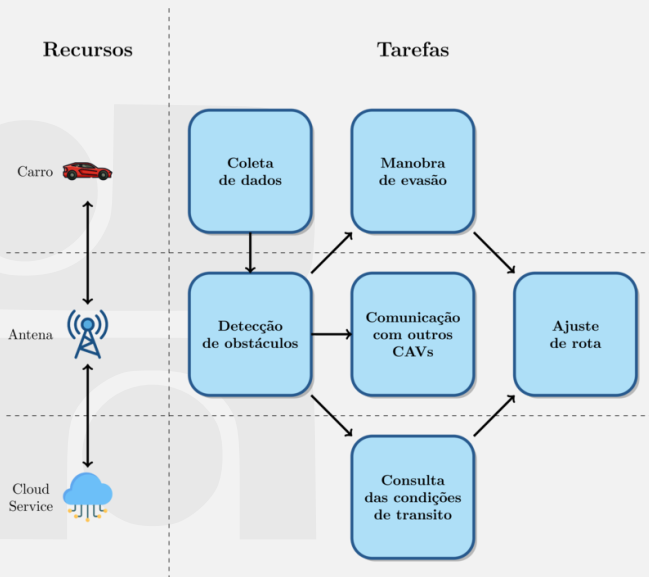
- Cloud Computing
- Edge-Cloud Continuum
 - Escalonamento de recursos







Escalonamento



Problema conhecido na literatura.

- NP-Hard.
- Diversidade de soluções propostas.
 - ADMM, Heft, Page Rank, Polaris, etc.

Dificuldades encontradas ao desenvolver algoritmos de escalonamento em Edge-Cloud Continuum:

- Modelagem do problema não padronizada.
- Código fechado.
- Falta de componentes comuns de alto desempenho.

Solução:

Framework

de código aberto

que incorpora componentes comuns a algoritmos de escalonamento

focado em alto desempenho.

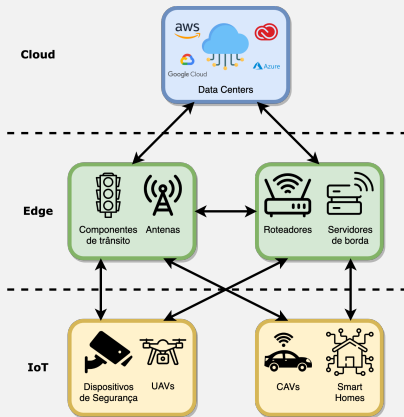
Desenvolver um framework baseado em arquiteturas paralelas para escalonamento de tarefas em Edge-Cloud Continuum (ECC).

- 1 Estudar escalonamento em Edge-Cloud Continuum (ECC).
- 2 Estudar as particularidades de arquiteturas paralelas.
- 3 Estudar algoritmos determinísticos para escalonamento.
- 4 Elaboração de um *framework* inovador utilizando algoritmos determinísticos e arquiteturas paralelas para o problema de escalonamento de recursos.
- 5 Implementação do *framework* proposto.
- 6 Análise da eficácia do *framework* definido.

Modelagem - Recursos

Recursos:

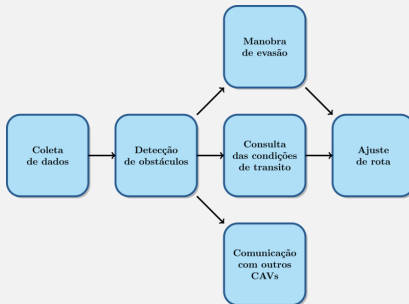
- Infraestrutura da rede.
- Comunicação entre recursos.
- Grafo.



Modelagem - Tarefas

Tarefas:

- Dados.
- Dependências de tarefas.
- Grafo acíclico e direcionado.



Escalonamento:

- Atribuir tarefas a recursos.
- Entrada:
 - Grafo de recursos.
 - DAG de tarefas.
- Saída:
 - Sequencia de mapeamentos de tarefas para recursos.
- Otimizar Política de escalonamento:
 - Minimizar tempo de processamento.
 - Minimizar consumo de energia.

Algoritmos Determinísticos:

- Resultados consistentes para determinada entrada.
- Previsíveis.
- Garantia de solução ótima.

Arquiteturas Paralelas:

- SIMD e MIMD.
- Otimizar a execução de operações em grandes volumes de dados.
- Alto desempenho.

Trabalhos Relacionados

Referência	Algoritmos Implementados	CPU/GPU	Modelo
(NESI et al., 2018a)	Page Rank, Local Resource Capacity, Best-Fit, Worst-Fit, Dijkstra, R-Kleene, K-Means, Markov Clustering, custom graph allocation algorithm	GPU	DAG
(NESI et al., 2018b)	Mixed Integer Program, Linear Program, CloudSim	CPU	DAG
(NESI et al., 2018b)	Page Rank, Local Resource Capacity, Best-Fit, Worst-Fit, Dijkstra, R-Kleene, K-Means, Markov Clustering	GPU	DAG
(FEITELSON et al., 1997)	Workload Characterization, Batch Job Scheduling, Thread-oriented scheduling, Dynamically Changing A Job's Processor Allocation, Foregoing Optimal Utilization, The Need for Preemption, Time-Slicing and Space-Slicing Scheduling, Knowledge-Based Scheduling	CPU	DAG
(PUSZTAI et al., 2022)	Polaris Scheduler	CPU	DAG
(DENG et al., 2019)	Lyapunov, DPCOEM	CPU	Tupla
(LI et al., 2020)	Dinkelbath, SCA	CPU	Tupla
(YANG et al., 2019)	ADMM	CPU	Tupla
(BADRI et al., 2020)	AproximatedMean, Guloso	CPU	Tupla
(GUO et al., 2020)	K-Means	CPU	Tupla
(LU et al., 2019)	Busca Local Aproximada	CPU	Tupla

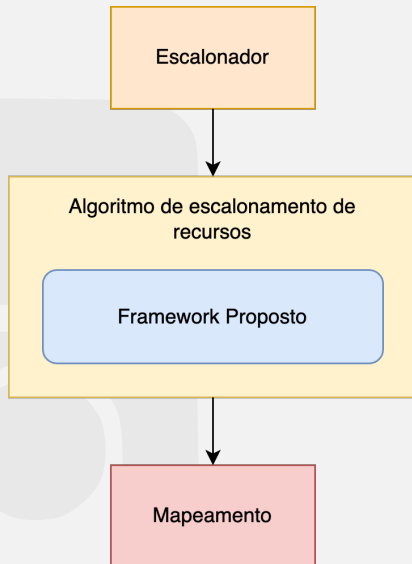
Framework

de código aberto

que incorpora componentes comuns a algoritmos de
escalonamento

focado em alto desempenho.

Cenário de execução



```
1 pub fn heft(topology: &TopologyGraph, tasks: &DagGraph) → Vec<Matching> {  
2     let ordered_tasks = framework::topological_sort(&tasks);  
3     let distance_all_to_all = framework::floyd_warshall(topology);  
4  
5     let ranking = mean_ranking(ordered_tasks, distance_all_to_all, /**/);  
6     let assignment = heft_assign(**/);  
7     return assignment;  
8 }  
9
```

Algoritmo	Categoria	Complexidade	CPU/GPU
Busca Binária	Busca	$O(\log n)$	CPU
Merge Sort	Ordenação	$O(n \log n)$	CPU
Topological Sort	Ordenação	$O(V + E)$	CPU
Radix Sort	Ordenação	$O(nw)$	GPU
K-means	Agrupamento	$O(nkdi)$	GPU
DBSCAN	Agrupamento	$O(n^2)$	GPU
Hierarchical Clustering	Agrupamento	$O(n^3)$	CPU
Markov Clustering	Agrupamento	$O(n^3)$	GPU
PageRank	Ranqueamento	$O(n + m)$	GPU
Dijkstra	Menor Caminho	$O(E + V \log V)$	CPU
Floyd-Warshall	Menor Caminho	$O(n^3)$	CPU
A*	Menor Caminho	$O(E \log V)$	CPU
Kruskal	MST	$O(E \log E)$	CPU
Prim	MST	$O(E + V \log V)$	CPU
Edmonds-Karp	Fluxo	$O(VE^2)$	CPU
Min-Cost Max-Flow	Fluxo	$O(V^2 E^2)$	CPU
Dinic	Fluxo	$O(V^2 E)$	CPU
Gaussian Elimination	Otimização	$O(n^3)$	GPU
Hungarian	Otimização	$O(n^3)$	CPU
ADMM	Otimização	-	GPU

Tabela: Algoritmos presentes no *framework* proposto.

Rust:

- Linguagem moderna.
- Segurança de memória.
- Alto desempenho.
- Petgraph.
- *Fearless Concurrency.*
- Rayon.



Fearless Concurrency

```
1 use rayon::prelude::*;  
2  
3 fn main() {  
4     let mut data = 0;  
5     (0..10).into_par_iter().for_each(|_| {  
6         data += 1;  
7     });  
8     println!("Data: {}", data);  
9 }  
10
```

C++:

- Excelente suporte a GPUs
- OpenAcc
- Comunicação por meio de *Foreign Function Interface*



Métricas:

- Speedup, Eficiência, Escalabilidade, Overhead, Utilização de recursos.

Base de dados aberta:

- Dados reais e sintéticos.
- Grafos de diversos tamanhos e formatos.
- *Politecnico di Milano*.

Infraestrutura local do LabP2D:

- 2 CPUs Intel Xeon Silver 2.2GHz.
- NVIDIA RTX 3090 24GB.

- Realizou-se uma análise aprofundada sobre Computação em Nuvem, Continuum de Cloud-Edge, Arquiteturas Paralelas e Algoritmos Determinísticos.
- O Trabalho apresenta um Framework inovador para auxiliar no problema de escalonamento de recursos dentro do paradigma de Edge-Cloud Continuum.

- 1 Estudo sobre *Cloud-Edge Continuum*.
- 2 Estudo sobre escalonamento de tarefas em *Cloud-Edge Continuum*.
- 3 Estudo de técnicas de programação em arquiteturas paralelas.
- 4 Seleção de algoritmos candidatos.
- 5 Implementação e composição do *framework*.
- 6 Avaliação do *framework* proposto.
- 7 Redação do texto.

Cronograma

Etapas	2023/2					2024/1					
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Tabela: Cronograma Proposto