

Análise de Latência e Largura de Banda em MPI

Caracterização do Desempenho de Comunicação Ponto-a-Ponto

Werbert Arles de Souza Barradas

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
DCA3703 - Programação Paralela

25 de Setembro de 2025

Introdução: O Desafio da Comunicação

Objetivo Principal

Analisar o tempo de comunicação em função do tamanho da mensagem para caracterizar a plataforma nos regimes de **Latência** (τ) e **Largura de Banda** (β).

O Modelo Latência-Largura de Banda

O tempo de comunicação é definido por:

$$\mathbf{T} = \tau + \frac{\mathbf{L}}{\beta}$$

- τ : Latência (tempo fixo, *overhead*).
- \mathbf{L} : Tamanho da mensagem.
- β : Largura de Banda (taxa de transferência).

Metodologia: O Benchmark Ping-Pong

- **Implementação:** Código C com **MPI** (Message Passing Interface).
- **Configuração:** Exatamente **2 Processos** (`mpirun -np 2`).
- **Padrão:** **Ping-Pong** (P0 envia, P1 recebe/responde, P0 recebe).

Parâmetros de Teste

- **Medição:** Utilização de `MPI_Wtime` (e.g., 1000 iterações) para precisão estatística.
- **Tamanhos de Mensagem:** Sequência geométrica (dobrando) de **8 bytes a 64 MB**.

Resultados Gráficos: A Curva de Comunicação

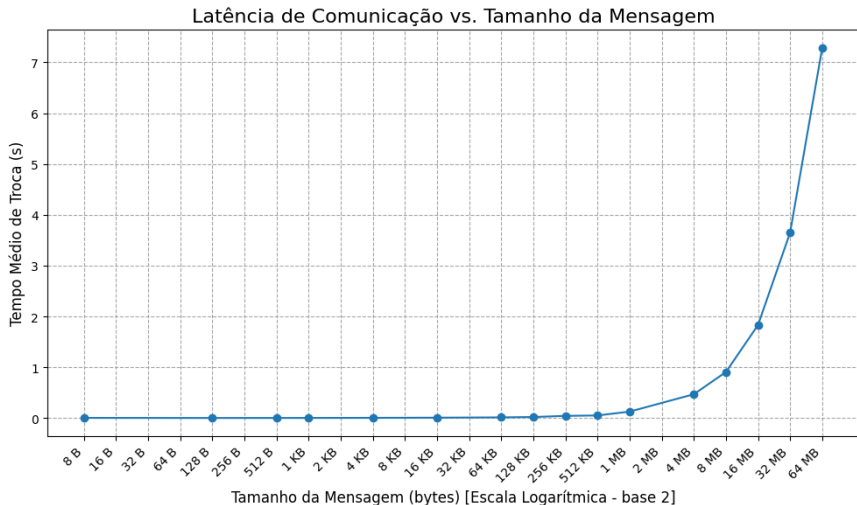


Figura: Tempo Médio por Troca vs. Tamanho da Mensagem (Eixo X Logarítmico)

Análise: Latência Domínio vs. Largura de Banda Domínio

Regime de Latência (τ)

Onde: Mensagens pequenas (**16 B a ~8 KB**).

- A curva é **plana**.
- O tempo é dominado pelo **custo fixo** de inicializar o protocolo MPI.
- O custo de mover os dados é irrelevante.

Regime de Largura de Banda (β)

Onde: Mensagens grandes (**~64 KB a 4 MB**).

- A curva **cresce acentuadamente**.
- O tempo é dominado pela **transferência real de bytes**.
- O sistema atingiu a capacidade máxima de taxa de dados da interconexão.

O Ponto de Transição

A transição ocorre quando $\tau \approx L/\beta$, que no nosso experimento se dá aproximadamente entre 10 KB e 60 KB.

Conclusão: Otimização da Comunicação

- **Sucesso do Experimento:** O *benchmark* validou o Modelo Latência-Largura de Banda e caracterizou a interconexão da plataforma.
- **Impacto na Otimização (Lei de Amdahl da Comunicação):**
 - ① Algoritmos com **muitas mensagens pequenas** são limitados pela **Latência** (τ). A otimização deve ser o *message aggregation* (agrupar mensagens).
 - ② Algoritmos com **mensagens grandes** são limitados pela **Largura de Banda** (β).
- **Relevância:** A identificação dos regimes permite ao programador MPI escolher a granularidade de comunicação correta para maximizar o *speedup*.