

# INTERNAL POSITION ERROR CORRECTION

Fábio Demo da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria  
Pós-Graduação em Ciência da Computação  
Disciplina de Robótica Móvel

*faberdemo@gmail.com*

20 de outubro de 2023

- ① Introdução
- ② Correção de Erros Translacionais
- ③ Experimentos
- ④ Conclusões

- INTERNAL POSITION ERROR CORRECTION (IPEC)
- Dificuldades de navegação dos robôs, como deslizamento das rodas e erros acumulativos na estimativa de posição.
- Objetivos do método IPEC:
  - Como o IPEC visa corrigir erros na estimativa da posição do robô;
  - Aborda o aprimoramento na estimativa da direção que o robô está apontando.
- Veículo CLAPPER usado como caso de estudo;
- O método IPEC realiza os seguintes cálculos uma vez durante cada intervalo de amostragem:
  - Os caminhões A e B calculam sua posição e orientação momentâneas com base em no dead-reckoning, conforme figura abaixo:

$$x_{A,i} = x_{A,i-1} + U_{A,i} \cos \theta_{A,i} \quad (1)$$

$$y_{A,i} = y_{A,i-1} + U_{A,i} \sin \theta_{A,i} \quad (2)$$

$$x_{B,i} = x_{B,i-1} + U_{B,i} \cos \theta_{B,i} \quad (3)$$

$$y_{B,i} = y_{B,i-1} + U_{B,i} \sin \theta_{B,i} \quad (4)$$

- **Onde:**

- $x_{A,i}, y_{A,i}$  - Posição do ponto central do caminhão A no instante  $i$ .
- $x_{B,i}, y_{B,i}$  - Posição do ponto central do caminhão B no instante  $i$ .
- $U_{A,i}, U_{B,i}$  - Deslocamentos incrementais dos pontos centrais dos caminhões A e B durante o último intervalo de amostragem.
- $\theta_{A,i}, \theta_{B,i}$  - Orientações dos caminhões A e B, respectivamente, calculadas a partir do dead-reckoning.

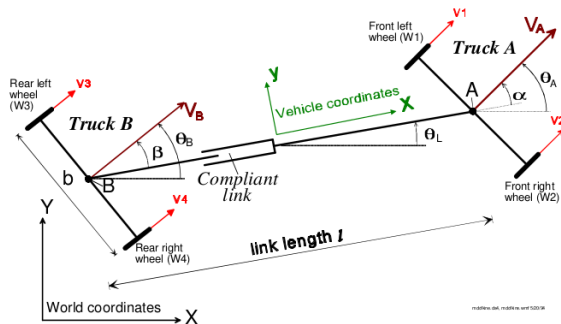


Figure 6: Kinematic definitions for the CLAPPER.

Fonte: (BORENSTEIN, 1995)

Figura 1: Definições cinemáticas para o CLAPPER.

# Correção de Erros Translacionais I

- É descrito como eficaz na correção imediata de erros de odometria, tanto sistemáticos quanto não sistemáticos;
  - Erros rotacionais são mais graves do que erros translacionais;
  - Erros de orientação causam crescimento ilimitado de erros de posição lateral.
- Existem dois tipos de erros translacionais:
  - **Erros puros** - raros, ocorrem quando ambas as rodas passam por obstáculos de altura similar;
  - **Erros compostos** - quando apenas uma roda passa por um obstáculo, causando um erro translacional e um rotacional.
- O erro de orientação em *dead-reckoning* normalmente é causado por um encoder reportando uma distância horizontal maior do que a distância real percorrida pela roda,
  - permitindo assim a correção através da rotação corretiva em torno do ponto de contato da roda esquerda.
- A posição acumulada do caminhão B é sempre calculada em relação a A, usando os três codificadores internos.
  - A única desvantagem é a necessidade de medir com precisão a distância entre os caminhões para evitar erros sistemáticos durante as curvas.

# Correção de Erros Translacionais II

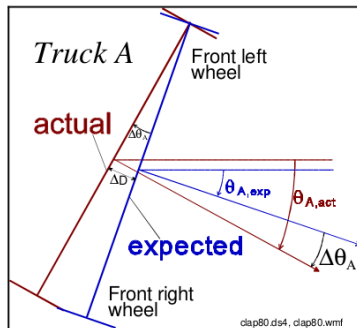


Figure 7: Correcting *composite* translational errors.

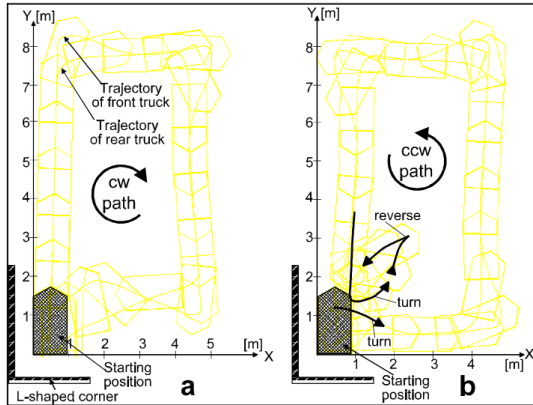
Fonte: (BORENSTEIN, 1995)

Figura 2: Correção de erros translacionais compostos.





# O Experimento do Caminho Retangular



Fonte: (BORENSTEIN, 1995)

Figura 4: Rectangular Path Experiment.

- O CLAPPER seguiu um caminho retangular de 7x4 m com curvas suaves de 90 graus, sem parar nos cantos.
- Testes foram feitos em ambas as direções (cw e ccw) para evitar compensação mútua de erros sistemáticos.
- 10 corridas em cada direção, com e sem obstáculos, produziram erros de posição não superiores a 5 cm.
- O método IPEC resultou em uma redução de mais de 20 vezes nos erros de orientação.

- Resumo das contribuições do método IPEC.
  - Eficácia na correção de erros sistemáticos e não-sistemáticos em tempo real;
  - Versatilidade de aplicação em veículos com diferentes graus de liberdade.
- Importância da correção imediata dos erros.
  - Redução significativa do retrabalho;
  - Melhoria considerável na confiabilidade do sistema de navegação.
- Validade do método em diferentes cenários.
  - Aplicação em ambientes industriais;
  - Utilidade em ambientes com irregularidades no solo, como na construção e na agricultura.
- Aplicabilidade Futura do Método IPEC.
  - Extensão para outros tipos de configurações de veículos, como a adição de um reboque codificador não motorizado;
  - Possibilidade de uso em robôs móveis colaborativos mas fisicamente desconectados, equipados com sensores de posição precisos.

BORENSTEIN, Johann. Internal correction of dead-reckoning errors with a dual-drive compliant linkage mobil robot. **Journal of Robotic systems**, Wiley Online Library, v. 12, n. 4, p. 257–273, 1995.

# INTERNAL POSITION ERROR CORRECTION

Fábio Demo da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria  
Pós-Graduação em Ciência da Computação  
Disciplina de Robótica Móvel

*faberdemo@gmail.com*

20 de outubro de 2023