


# Uma visão geral sobre Redes de Pelotão e propostas de Transporte Automatizado



*Inatel - Brazil*

Mestrado em Telecomunicações

Igor Gonçalves | 931



# Problemática: imprudência ao volante e acidentes no trânsito

---


- Mortes por acidentes de trânsito no Brasil e no mundo;
- Imprudências por excesso de velocidade, direção sob efeito de álcool e ultrapassagens em locais indevidos;
- Falta de infraestrutura rodoviária adequada;
- Princípios de Condução autônoma e cooperativa:
  - reduzir erros humanos;
  - otimizar infraestruturas rodoviárias, consumo de combustível e a emissão de gases poluentes;
  - utilização de sistemas de navegação, sensores, algoritmos e comunicação veicular.

# Princípios de Condução autônoma e Redes de Pelotão

- Pelotão formado por veículos seguidores de um líder;




- Mais segurança, sem ultrapassagens perigosas e distância segura entre os veículos:
  - redução do consumo de combustível;
  - eficiência do tráfego;



## Trabalhos Relacionados: condução autônoma, gerenciamento e eventos de manobras

---

- Michaud et al. exploram estratégias de coordenação realizar manobras seguras, distribuindo os processos de forma local;
- Milanés et. al. apresentam o desenvolvimento de um sistema CACC combinando comunicação V2V com sensores com dois controladores, um para aproximação ao pelotão e outro para regular o acompanhamento;
- Santini et al. propõe o controlador longitudinal distribuído como um único algoritmo que gerencia o pelotão e define a dinâmica dos veículos;
- ***Manobras de mudança de faixa e fusão para veículos conectados e automatizados: uma pesquisa.***



# Fundamentos de Controle e estratégias de comunicação veicular: comunicação IVC

---

- Comunicação sem fio de nós móveis com sistemas vizinhos;
- Troca de informações, como dados de movimento e estado;
- Formato um-para-muitos, veículo líder emite comandos para o pelotão;
  - veículo líder define o ritmo do pelotão;
  - seguidores ajustam os movimentos para manter uma distância constante;
  - dados coletados por meio de sensores e processados por algoritmos.



# Fundamentos de Controle e estratégias de comunicação veicular: sensores em veículos

---

- Sensores mapeiam o ambiente rodoviário e as condições de tráfego:
  - **segurança:** distância, visão noturna, velocidade em funções como suporte à mudança de faixa e alertas de colisão frontal;
  - **diagnóstico:** mau funcionamento de componentes, alertas e otimização de manutenções;
  - **monitoramento ambiental:** condições climáticas, como temperatura e pressão, para ajuste de sistemas internos.



# Fundamentos de Controle e estratégias de comunicação veicular: sensores em veículos

---

- Sensores LiDAR para medida de distância entre veículos:
  - funcionamento pela reflexão de raio laser a partir do contato com a superfície;
  - Distância e ângulo de obstáculos próximos;
  - Auxílio de câmeras e processamento de imagens.
- Sensores Radar para medições de velocidade.




# Fundamentos de Controle e estratégias de comunicação veicular: CACC

---

- Extensão avançada do sistema de Controle de Cruzeiro Adaptativo - ACC, que utiliza sensores locais;
- CACC introduz IVC para compartilhar informações em tempo real entre veículos próximos;
- Permite que o veículo líder transmita comandos e informações (velocidade, aceleração, mudanças de trajetória etc.), para os seguidores e reduz a distância para poucos metros;
- Melhora a fluidez do tráfego sem a necessidade de novas infraestruturas rodoviárias;





# Fundamentos de Controle e estratégias de comunicação veicular: longitudinal e direção

---

- Controle Longitudinal:
  - Distância entre os veículos;
  - Controle de aceleração e desaceleração para evitar colisões;
  - Estabilidade de corda - prevenção de amplificação de erros;
  - Dificuldades de tráfego e dependência de boa comunicação e conectividade dos sistemas.
- Controle lateral:
  - Posicionamento correto dos veículos dentro da faixa;
  - Processamento computacional avançado e limitações em ambientes densos ou com interferências;



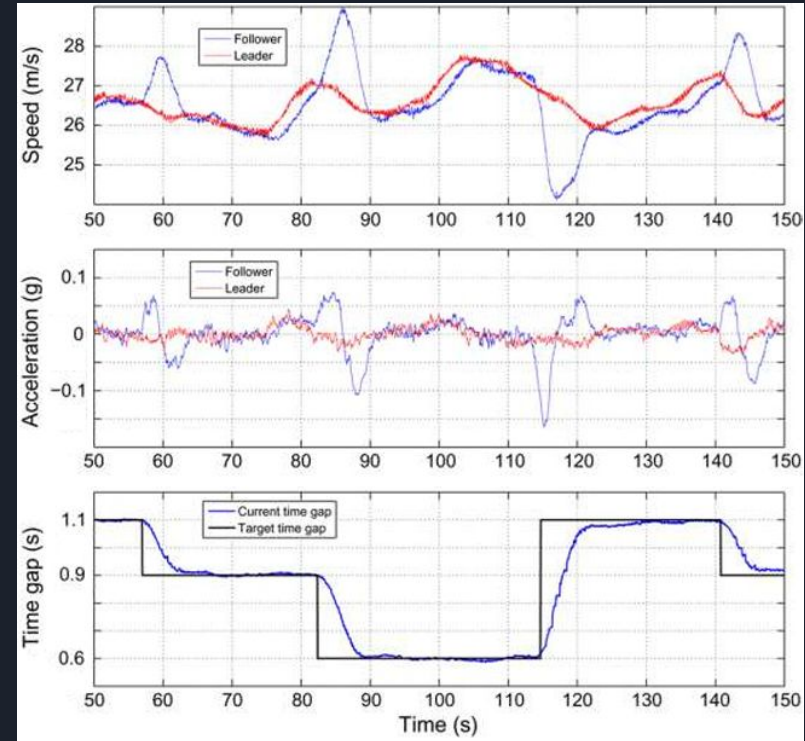
# *Cruise Control* Adaptativo em Situações Reais de Trânsito: proposta

---

- Solução baseada em CACC, voltada para melhorar a segurança, a eficiência e a estabilidade no tráfego;
- Abordagem de separação segura e constante entre os veículos em movimento;
- Resposta eficiente em condições de aceleração e frenagem simultâneas;
- Combinação de controladores PID otimizados com IVC via DSRC (Comunicação Dedicada de Curto Alcance) para interações rápidas e precisas.

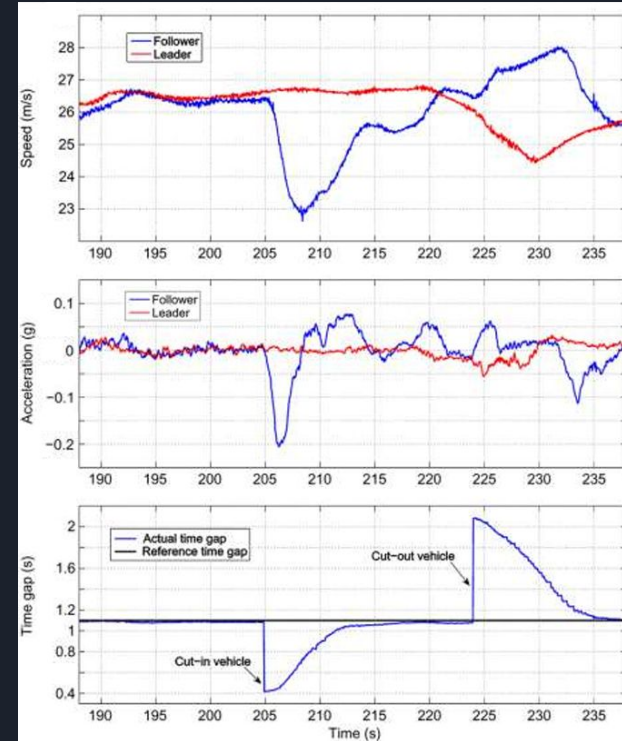
# *Cruise Control* Adaptativo em Situações Reais de Trânsito: demonstração 1

- Veículo líder e um seguidor executando o controle CACC para manter distância constante;
- Alteração nos comportamentos de aceleração e velocidade do veículo seguidor no instante de mudança da distância;



# Cruise Control Adaptativo em Situações Reais de Trânsito: demonstração 2

- **Manobra *cut-in*:** veículo externo entra na faixa de tráfego ocupada pelos veículos conectados.
  - Controle de espaçamento adequado sem flutuações ou oscilações;
  - Reduz a velocidade do veículo seguidor;
- **Manobra de *cut-out*:** veículo conectado sai do pelotão;
  - Controle de distância para aproximação do veículo seguidor;
  - Reduz a velocidade do veículo líder.





## *Cruise Control* Adaptativo em Situações Reais de Trânsito: resultados e conclusões

---

	<b>Controle Convencional</b>	<b>ACC Tradicional</b>	<b>Proposta CACC</b>
Eficiência de recursos	Médio	Médio	Alto (15% menor)
Estabilidade no sistema	Baixa	Média	Alta (40% menos oscilações)
Facilidade de integração	Alta	Média	Alta



# O Impacto CACC nas Características do Fluxo de Tráfego: proposta

---

- MIXIC integra Controle Lateral e Longitudinal e simula interações entre veículos;
- Proposta de direção autônoma e CACC por um modelo de simulação MIXIC;
- Veículos convencionais: controle longitudinal;
- Veículos automatizados: controle por algoritmo CACC;



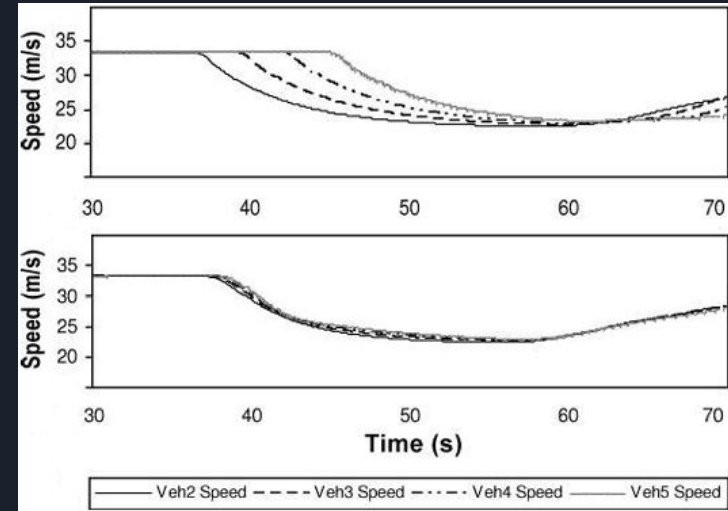
# O Impacto CACC nas Características do Fluxo de Tráfego: modelo CACC

---

- Conjunto de parâmetros  $K_d$ ,  $K_v$  e  $K_a$  que regem a dinâmica do controlador;
- Velocidade resultante por uma aceleração definida pelos parâmetros;
- Parâmetros de teste:  $K_d = 0.1$ ,  $K_v = 0.58$  e  $K_a = 1.0$ , configuração mais suave e rápida do controlador sem levar a situações inseguras;
- Pelotão com um líder a velocidade de 80 [km/h] e quatro seguidores.

# O Impacto CACC nas Características do Fluxo de Tráfego: resultados e conclusão

- Reação mais rápida dos veículos com CACC;
- Tempo entre aceleração ou desaceleração de veículos vizinhos é menor com CACC;
- As curvas do pelotão equipado com CACC são mais suaves, indicando menos flutuações de velocidade e mantendo distâncias seguras entre veículos, capazes de se recuperar mais rapidamente de situações de desaceleração súbita e minimizar perturbações no fluxo de tráfego;
- Dependência dos parâmetros  $K_d$ ,  $K_v$  e  $K_a$ ;







## Projeto *PATH* - *Partners for Advanced Transit and Highways* (Parceiros para Transporte e Rodovias Avançado)

---

- Integração de veículos automatizados com infraestrutura inteligente para sistemas de transporte mais eficientes, seguros e sustentáveis;
- Congestionamentos, acidentes de trânsito e impactos ambientais;
- Operação do pelotão em espaçamentos reduzidos, seguindo o veículo líder;

# Projeto *PATH* - *Partners for Advanced Transit and Highways* (Parceiros para Transporte e Rodovias Avançado)

- Sensores embarcados, como radares, câmeras e sistemas de proximidade em comunicação V2V e V2I;





## Projeto *PATH* - *Partners for Advanced Transit and Highways* (Parceiros para Transporte e Rodovias Avançado)

---

- Veículos em operação até 100 [km/h] com distâncias inferiores a 2 [m];
- Operação suave, resposta coordenada a eventos críticos, como frenagens repentinas ou mudanças de densidade no tráfego.

	<b><i>PATH</i></b>	<b>Outros modelos</b>
Tecnologia utilizada	Comunicação V2V Infraestrutura adaptada	Sensores locais
Estabilidade do sistema	Alta Infraestrutura dedicada	Condições externas
Implementação	Custos elevados Infraestrutura avançada	Custos menores Menos robusto



# Projeto *SARTRE* - *Safe Road Trains for the Environment* (Trens Rodoviários Seguros para o Meio Ambiente)

---


- Estratégias e tecnologias para pelotões de veículos em vias públicas normais;
- Benefícios ambientais, de segurança e conforto;
- Veículo líder conduzido manualmente e os seguidores operados de forma totalmente automatizada, com pequenas distâncias;
- Sistema de um caminhão líder, um caminhão e três carros seguidores;
- Comunicação V2V, com informações em tempo real;
- Dependência de sistemas confiáveis sujeitos a falhas técnicas ou interferências externas.



## Projeto *SARTRE* - *Safe Road Trains for the Environment* (Trens Rodoviários Seguros para o Meio Ambiente)

---

	<b>Projeto <i>SARTRE</i></b>	<b>CACC Tradicional</b>	<b><i>Platooning</i> MIXIC</b>
Eficiência de recursos	Alta Menos combustível	Média Cenário Controle	Alta Menos combustível
Estabilidade no sistema	Boa V2V robusta	Boa Sensível a falhas	Alta Maior estabilidade
Facilidade de integração	Alta	Alta Maior compatibilidade	Média Cenários simulados



# Princípios de Condução autônoma e Redes de Pelotão

---

- ✓ Tecnologias desenvolvidas com eficácia na solução de problemas em sistemas de transporte;
- ✓ Impactos positivos na eficiência e segurança das rodovias;
- ✗ Pesquisas para consolidar as aplicações em ambientes reais;
- ✗ Robustez e confiabilidade;
- 💬 Integração com infraestruturas rodoviárias inteligentes, sensores e sistemas de monitoramento;
- 💬 Padrões globais para comunicação V2V e IVC.

Obrigado!!!



*Inatel - Brazil*