

# Roteiro (cont.)

- Sistemas de Informação ao Usuário
- Integrando o Motorista ao Sistema de Informação
- Desafios e Novas Tecnologias
- Simulação de Pedestres
- Conclusão

# Motivação para Informação

- Avoid trip: Telework, E-commerce PARIS 1%
- Modal split: Use different means of transportation 2 %
- Temporal changes: Earlier or later departure time 23 %
- Spatial changes: Alternative routes,  
route guidance 45 %

# Motivação para Informação

- tipos de controle vistos:
  - semáforos
  - pedágio

# Informação ao Usuário

- controle via informação?
  - expansão das alternativas de rota nem sempre é factível:
    - paradoxo de Braess
  - solução: distribuir os usuários de forma equilibrada e inteligente via difusão de informação

# Informação ao Usuário

- tipos (diferentes propósitos):
  - efêmera: estado atual e previsto da rede
  - estática: sobre a topologia da rede
  - agregação: diagramas fundamentais
  - sobre usuário: origens, destinos, distribuição tempo de partida, atividades diárias

# Informação ao Usuário

- sistema de informação:
  - melhor gerenciar problemas de tráfego
  - visam coletar, processar, analisar, agregar e disponibilizar dados do negócio transporte e mobilidade urbana
- 3 usuários:
  - técnico do setor operacional
  - planejador ou engenheiro
  - motoristas particulares e comerciais

# Informação ao Usuário

- sistema de informação ao usuário
  - objetivos:
    - coletar
    - processar
    - analisar
    - agregar
    - disponibilizar dados

# Informação ao Usuário

- aquisição de dados:
  - censos e questionários
  - dados relativos a volumes e velocidades de veículos
    - sensores de laço indutivo
    - tratamento de imagens: diversos desafios
      - envolvem movimento e posicionamento
      - condições climáticas e de luminosidade nem sempre favoráveis



# Informação ao Usuário

- aquisição de dados:
  - floating cars (e.g. taxis)
    - veículo equipado com GPS e sistema de comunicação (wireless ?)
    - gera informação sobre posição e velocidade de cada veículo sonda
    - eficaz se frota grande
      - Stuttgart: 700 taxis com GPS

# GPS = Global Positioning System

- Originally pure military application, full operation capability since 1995, without artificial impreciseness since 2000
- Based on more than 24 satellites (2005: 31)
- For exact positioning, more than 4 satellites have to be accessible concurrently
- Positioning based on triangulation: 4 unknown values: (x-, y-, z-Coordinate, Clock Drift)
- Every time and everywhere on the earth positioning available
- But
  - not error-free (depending on satellite availability)
  - GPS receiver with significant warm-up period

# Excursion:

**Given:** road map and a sequence of GPS measurements of a person that moves over the map

- **Goal:** Re-allocate the GPS-points in a way that a interruption-free routing is generated
- **Idea:** Every GPS-point is a agent, after an initial alignment, it negotiates with its neighboring GPS points to form a complete route
- From distances – speed and transportation modus can be determined.

# Concept

## 1 Local Alignment

- Every agent perceives next edge and assigns to
- Computes some „trust-value“ that assesses how good assignment based on distance and number of alternatives

## 2 Negotiation

- Communicate assignments and trust
- Modify trust due to similarity/connectivity in assignment of neighbor agents
- Stochastic re-assignment when bad trust-value
- Problem: Convergence to connected route?
- Solution: add heuristics to agent behavior

# Informação ao Usuário

- desafios:
  - dados devem ser tratados de forma centralizada
  - qual ação tomar dado um estado de toda a rede viária?
  - como esta ação se traduz em ações para os controladores individuais?

# Informação ao Usuário

- desafios:
  - dados devem ser processados e agregados para que o planejador urbano possa deliberar sobre ações e projetos num horizonte de tempo medido em meses ou anos
  - qual informação e em qual formato, fornecer ao usuário motorista?

# Informação ao Usuário

- desafios (sumário):
  - 1. sistemas de bancos de dados temporais e geográficos
    - como coletar e manter este tipo de dado
    - como tratar informações geográficas, incluindo dados não acurados coletados por dispositivos GPS
    - como, quando e qual informação fornecer aos diversos usuários

# Informação ao Usuário

- desafios (sumário):
  - 2. qual meio utilizar para divulgação da informação e, especialmente no caso de dispositivos móveis, como projetar interfaces eficazes e eficientes
  - 3. interoperabilidade dos diversos componentes embarcados em veículos e controladores de semáforos



# Informação ao Usuário

- Difusão da Informação
  - meios típicos: rádio e TV
  - há pelo menos duas décadas: VMS (variable message signs)



# Informação ao Usuário

- ATIS
  - advanced traveller information system ou sistemas avançados de informação ao motorista
  - rede: série de pares origem-destino (OD) e diversos caminhos conectando cada um destes pares
  - usuários: conhecem melhor caminho para um OD (desde que caminhos livres de congestionamento)

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - hora de pico:
    - padrão de tráfego muda
    - rotas não ótimas -> alternativas atraentes
    - motoristas familiarizados com as condições da rede (commuters) realizam processo individual de otimização baseado na sua própria experiência
    - equilíbrio de Wardrop: todos os usuários escolhem suas rotas ótimas

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - problemas com equilíbrio de Wardrop
    - variações nas condições de demanda, eventos excepcionais (jogo de futebol!), tempo/clima, mudam condições de tráfego
  - equilíbrio pode ser destruído
    - artérias altamente congestionadas enquanto que outras partes da rede ficam sub utilizadas

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - melhorar a eficiência da rede via recomendação direta ou indireta de rotas alternativas
  - classificação:
    - recomendação ou aconselhamento de rota antes da viagem (pre-trip) e durante esta (en-route)

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - pre-trip: difusão via internet, celular e outros dispositivos móveis, rádio e TV
    - usuário decide sobre o meio de transporte, horário de partida e rota inicial
  - en-route:
    - informação bruta
    - recomendação de rota

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - usuários: preferem informação bruta (permite decisões próprias sobre rota)
  - desvantagens:
    - usuário precisa conhecer bem a rede
    - apenas uma pequena parte da informação existente pode ser repassada aos usuários (especialmente via VMS) devido a limitações de espaço e tempo.

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - questionável se informação bruta é suficiente para uma escolha de rota eficiente
  - decisões míopes e ineficientes face à sua rota como um todo
  - sistemas de aconselhamento de rota: responsabilidade de gerar rotas aceitáveis para todos os usuários (ou perda de credibilidade)



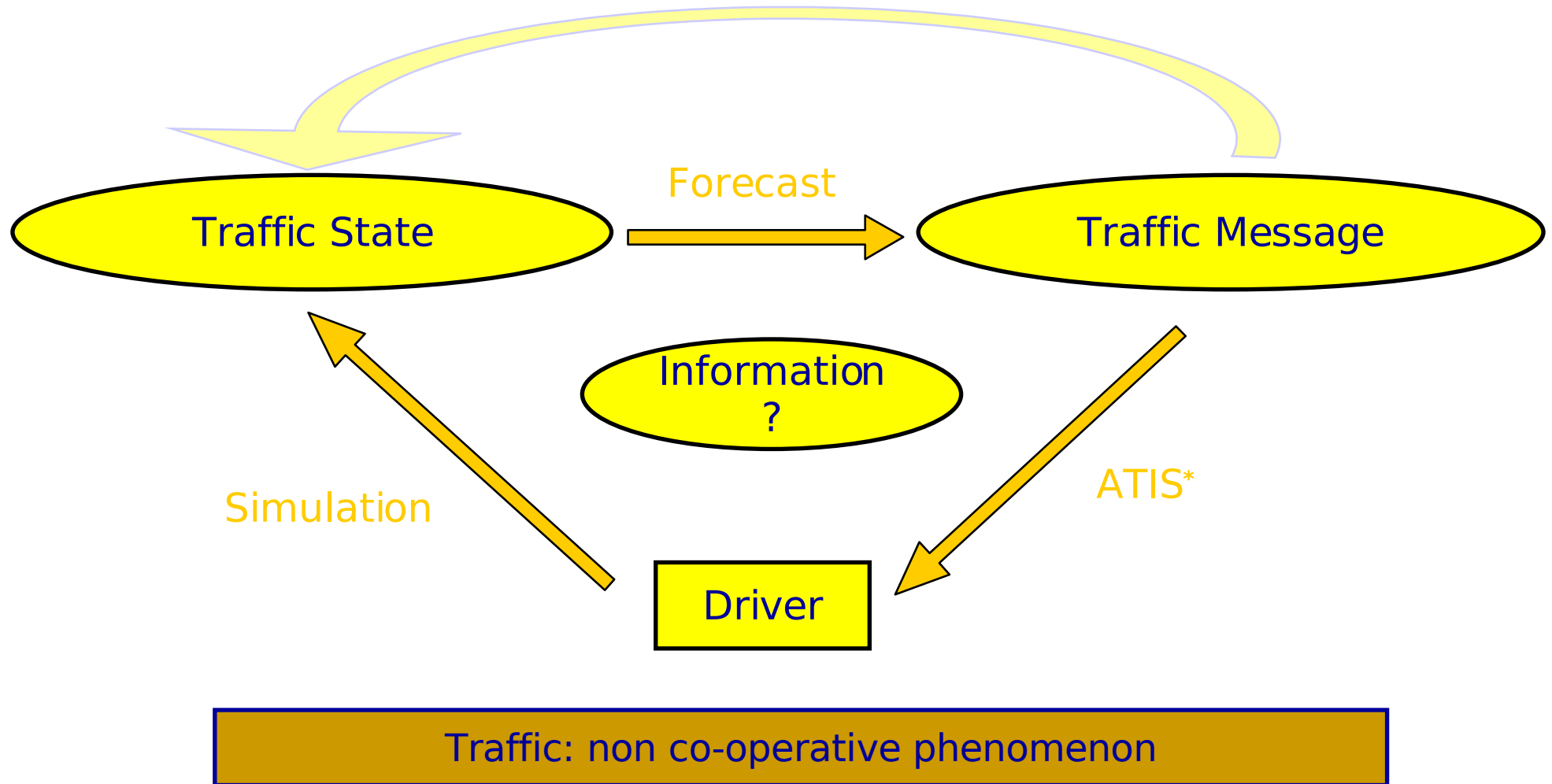
# Informação ao Usuário

- ATIS
  - considerar o elemento humano no processo
  - ATIS largamente empregados
  - quais rotas recomendar
  - entretanto: nem sempre uma estratégia eficiente (usuários individuais têm poder final de decisão)

# Informação ao Usuário

- ATIS
  - tráfego de veículos é um problema complexo e que muitas vezes mostra reações não intuitivas e inesperadas as medidas adotadas
  - entender comportamento do motorista em termos de escolha de rota

# Informação ao Usuário ?



\*Advanced Traveler Information Systems

# Informação ao Usuário

- benefícios de ATIS
  - podem reduzir os tempos de viagem
    - difusão de informações sobre as rotas e modos e opções de horário de partida
    - usuários escolhem de forma a reduzir o tempo de viagem (individual)
    - pode contribuir para a diminuição do atraso global na rede
    - útil para quem não têm conhecimento sobre as condições de tráfego na rede

# Informação ao Usuário

- uso de ATIS
  - Boston, Seattle e Washington:
    - 30 a 40% dos motoristas ajustam seus padrões de uso da rede baseados em informações recebidas
    - aproximadamente 45% mudam a rota
    - 45% mudam o horário da viagem
    - 5 a 10% mudam o modo de transporte

# Roteiro (cont.)

- Sistemas de Informação ao Usuário
- Integrando o Usuário ao Sistema de Informação
- Desafios e Novas Tecnologias
- Simulação de Pedestres
- Conclusão

# Integrando Usuário ao ATIS

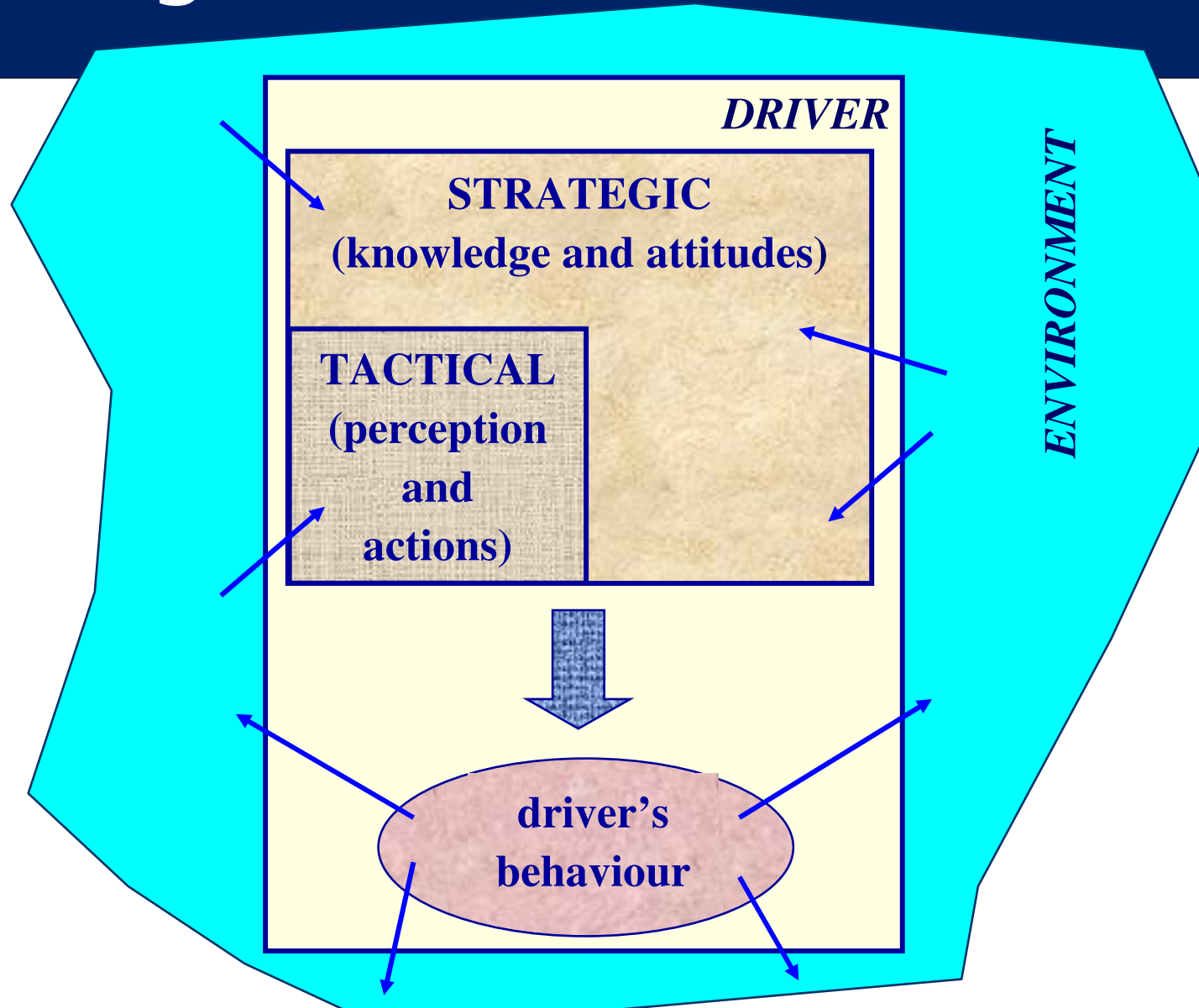
- integrando o motorista
  - human-in-the-loop
  - modelo de comportamento do motorista
    - escolha de rota
    - velocidade escolhida para tráfego
    - troca de pistas

# Integrando Usuário ao ATIS

- integrando o motorista
  - necessário estabelecer relação entre o modelo de comportamento proposto para um motorista e o modelo computacional
    - sistemas multiagente
      - arquitetura de cada agente: camadas
        - nível reativo (tático operacional)
        - nível BDI (estratégico)



# Integrando Usuário ao ATIS





# Integrando Usuário ao ATIS

- camada tática
  - decisões de curto prazo
    - direção (aceleração, desaceleração, velocidade, ultrapassagens, etc.)
  - exemplo de implementação
    - modelo autômato celular
    - simulação baseada em agentes reativos

# Integrando Usuário ao ATIS

- camada estratégica
  - tarefas
    - assimilação da informação
    - decisão: escolha de rota
  - problemas:
    - considerar e raciocinar sobre outros usuários
    - dilema social: não há solução ótima

# Integrando Usuário ao ATIS

- camada estratégica: exemplo
  - *commuting scenario*: 2 rotas
    - R (mais curta)
    - A
    - atualmente: R tem uma obra  
    - qual rota usar?? e os demais usuários???
  - solução:
    - simulação baseada em agentes (simples)

# Integrando Usuário ao ATIS

- modelo BDI para escolha de rota
  - comportamento do motorista: pode ser descrito e explicado através de um modelo do estado mental (por exemplo as crenças, intenções e desejos do motorista) usando lógica BDI (Beliefs, Desires, Intentions)

# Integrando Usuário ao ATIS

- modelo BDI para escolha de rota
  - exemplo:
    - desejos:
      - chegar pontualmente para uma reunião
      - devolver um DVD no Blockbuster
    - intenção: participar da reunião
    - crença: rota R congestionada
    - planos: *plan1, plan2, ...*

# Integrando Usuário ao ATIS

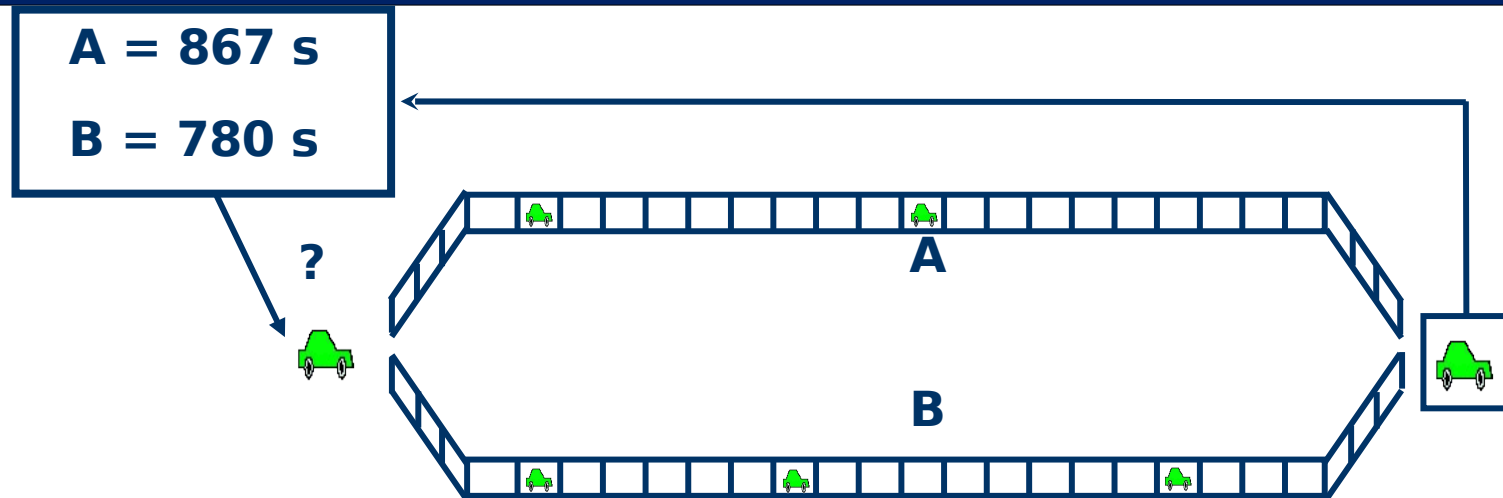
- modelo BDI para escolha de rota
  - problemas:
    - devo modelar os demais usuários / motoristas também?
    - muito complexo
    - alternativa:
      - estudar reação dos usuários à informação
        - via teoria da utilidade (aprendizado após escolha iterada de rota)

# Does Information Destroy Traffic Patterns?

- Oversaturation:
  - Road user has limited capabilities
  - Drivers: too much information!
- Overreaction:
  - Reasoning about other players
  - Non co-operative strategies
- Concentration:
  - Everybody follows recommendation
  - Natural equilibrium is lost



# Integrando Usuário ao ATIS



- escolha iterada de rota (IRC)
  - 2 rotas A e B
  - FC transmitem tempos de viagem
  - motoristas:
    - sem informação: escolha aleatória
    - informados: escolhem menor tempo

# Integrando Usuário ao ATIS

- escolha iterada de rota (IRC)
  - resultados:
    - quantidade FC: qualidade da mensagem
    - dependendo da porcentagem de motoristas informados:
      - equilíbrio natural se perde
      - equivalente a *minority game*

# Integrando Usuário ao ATIS

- minority game iterado
  - objeto do projeto SURVIVE
    - UFRGS
    - Univ. Duisburg
    - Univ. Bonn
  - experimentos (escolha de rota) com cobaias
  - estudar como pessoas escolhem / decidem
  - incorporar processo decisório na simulação (IRC)

# Integrando Usuário ao ATIS

- escolha iterada de rota (IRC)
  - cenário:
    - 2 rotas
    - N motoristas
    - ganho: inversamente proporcional número de motorista na rota
    - equilíbrio:  $2/3$  motorista na rota A

# Integrando Usuário ao ATIS

- escolha iterada de rota (IRC)
  - motorista:
    - conjunto de ações  $A_i = (a_1, \dots, a_m)$
    - aprendizado: calcula probabilidades  $P = (p_{i,1,t}, \dots, p_{i,m,t})$  de escolher rota  $i$  em função do ganho passado (tempo de viagem)

# Integrando Usuário ao ATIS

- Resultados

Adaptation frequency	Average of final heuristic	Stability: Route Changes
1	$0.677 \pm 0.228$	$70 \pm 27$
5	$0.676 \pm 0.322$	$51 \pm 39$
10	$0.679 \pm 0.285$	$60 \pm 36$
20	$0.688 \pm 0.285$	$60 \pm 38$
50	$0.715 \pm 0.191$	$72 \pm 29$

# Integrando Usuário ao ATIS

- escolha iterada de rota (IRC) com forecast
  - agente escolhe rota
  - informa central
  - recebe um forecast (tempo de viagem)
  - confirma ou não escolha
  - agentes podem ou não ter informação de forecast

- **Simulation of Traffic Agents**  
Scenario 2 with forecast (not of real people)
  - 3 new aspects:
    - generation of the reference value: mean value of all previous feedback
    - evaluation of the reference value: tolerance (previous successes that determined the reference value can be observed by the driver again)
    - reconsideration: different possibilities
      - driver simply selects the other route -> perturbations
      - driver ignores first decision and randomly selects a route with equal probability



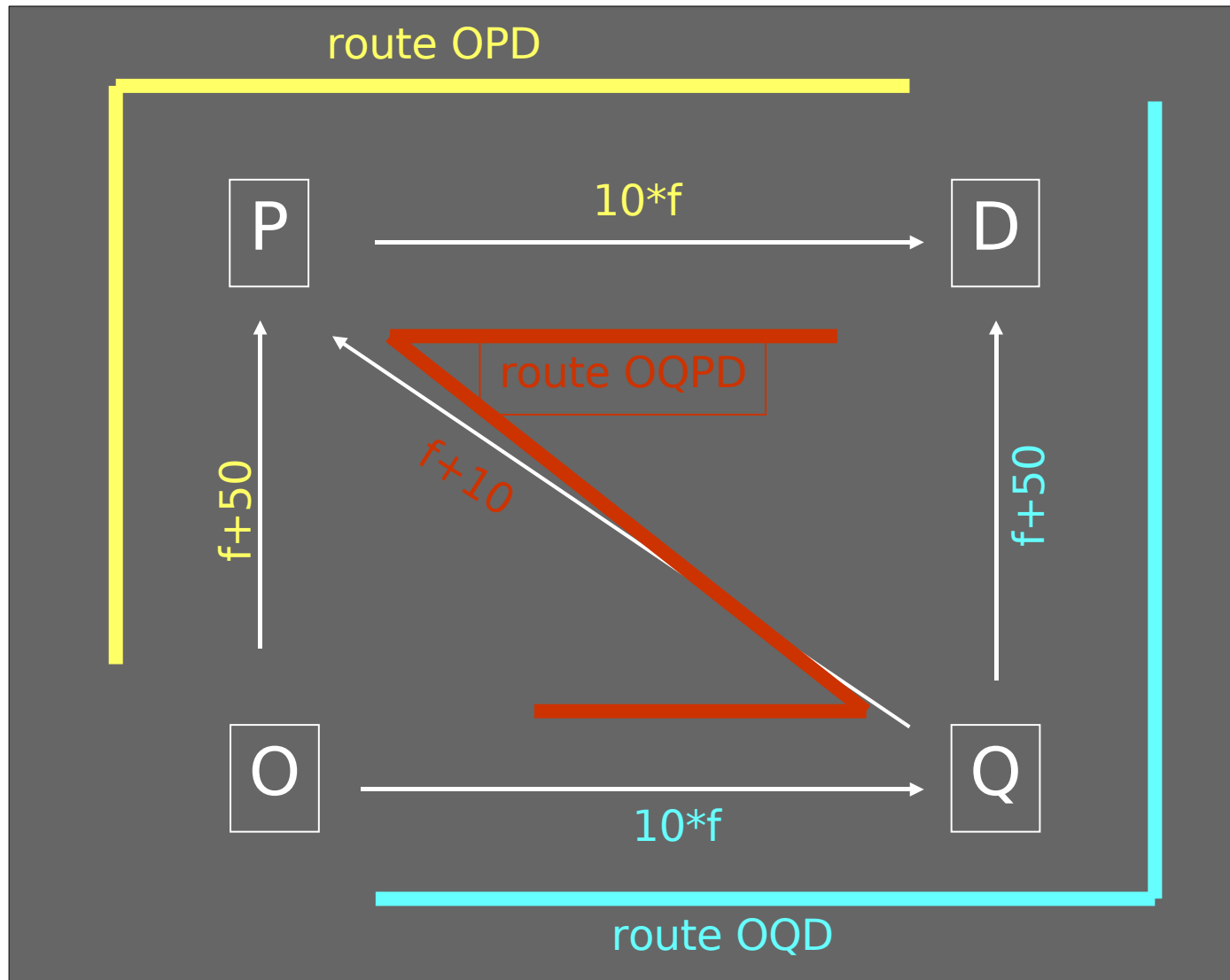
# Integrando Usuário ao ATIS

- escolha iterada de rota (IRC) com forecast
  - resultados
    - todos informados: sub-ótimo
    - 75% desinformados é o melhor

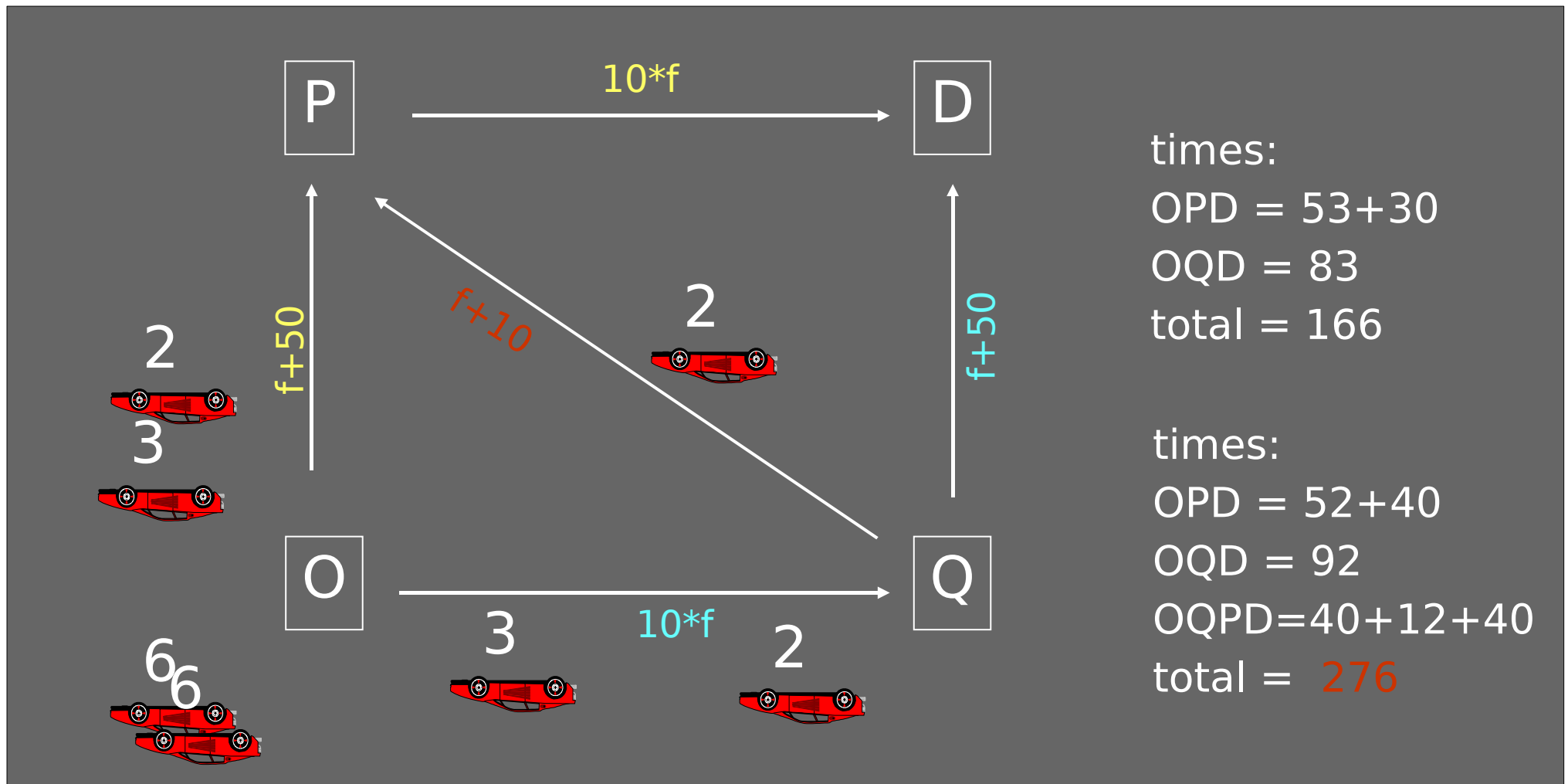
# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess
  - adding a new road to a traffic network may not reduce the total travel time in it (Braess, 1968)
  - tempo pode aumentar (e com isto os custos para os usuários)

# Integrando Usuário ao ATIS



# Integrando Usuário ao ATIS



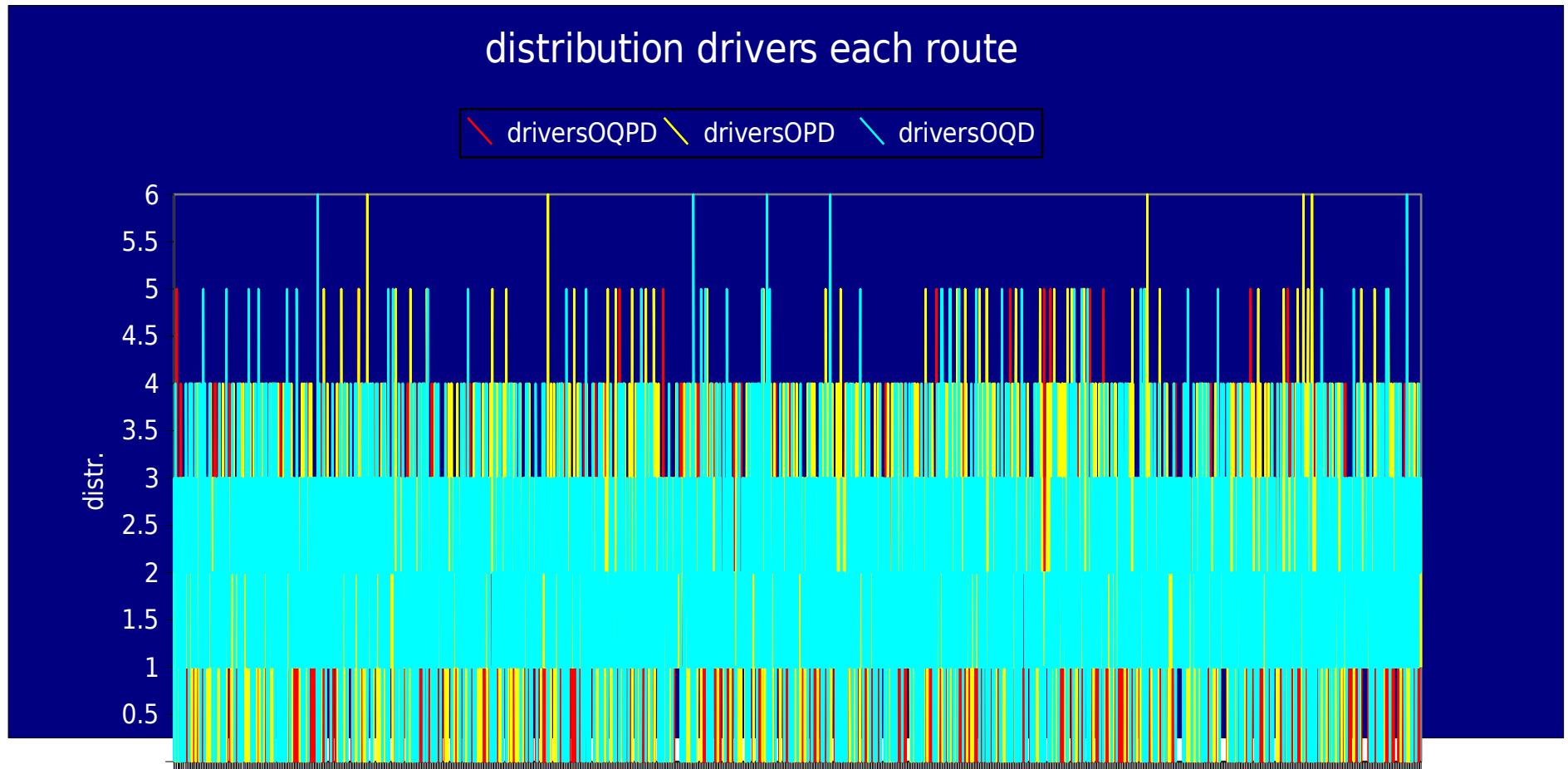
# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess
  - cenário iterado
    - usuários viajam todos os dias
    - razoável esperar que se adaptem às condições de tráfego
    - mas: custos sociais das suas ações tornam problema não trivial
  - é possível evitar o paradoxo de Braess no cenário iterado?

# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess:  
experimentos
  - 6 motoristas
  - 1000 motoristas
    - métricas
      - probabilidade selecionar cada rota
      - distribuição veículos cada rota

# Integrando Usuário ao ATIS



# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess: resultados
  - mess!
  - impossível distinguir padrões de comportamento dos agentes
  - alguns agentes aprendem a escolher uma rota com probabilidade 1
  - final simulação: agentes ainda selecionam OQPD :-(



# Integrando Usuário ao ATIS

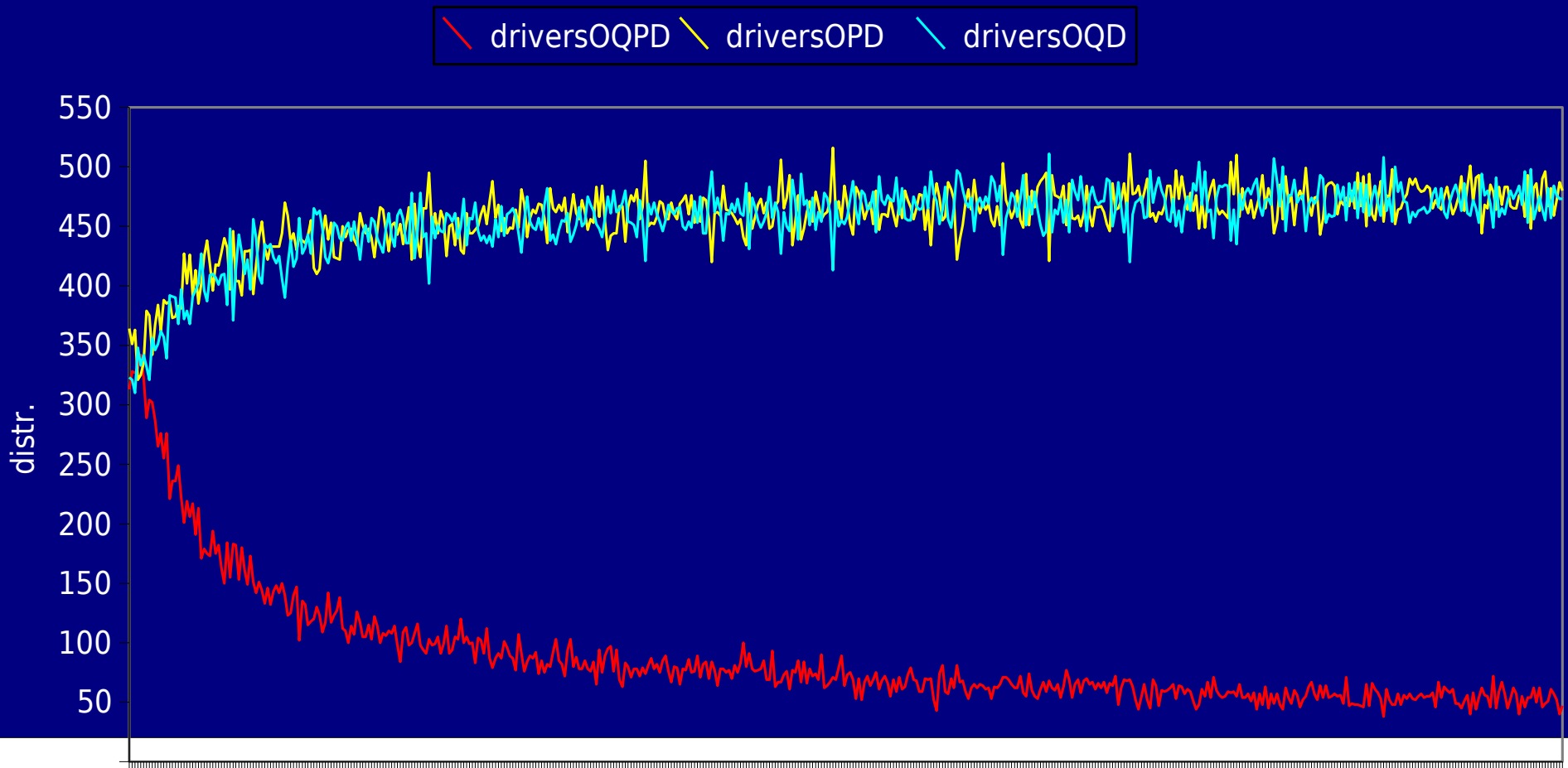
- paradoxo de Braess: resultados
  - explicação:
    - poucos agentes
    - efeito de cada agente (no ganho dos demais) é enorme
    - sistema tende a flutuar muito porque os agentes não aprendem nada :-(
    - agentes tentam se adaptar levando em conta os ganhos sem discriminar o que é uma boa estratégia

# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess: 1000 agentes
  - outras funções de custo são necessárias
  - Arnott and Small:
    - OP and QD :  $T_{OP} = T_{QD} = f+15$
    - OQ and PD :  $T_{OQ} = T_{PD} = 0.01*f$
    - QP :  $T_{QP} = 7.5$
  - mas: custo QP independente de fluxo!!!

# Integrando Usuário ao ATIS

distribution drivers each route



# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess: 1000 agentes
  - espera-se: menor influência de um agente
  - maioria dos agentes tendem a evitar rota OQPD
  - distribuição dos agentes entre as demais rotas tende a ser uniforme

# Integrando Usuário ao ATIS

- paradoxo de Braess: conclusão
  - cenário interessante para estudo de aprendizado em SMA via heurística que minimiza custo global e local
  - melhora desempenho porque inclui fatores globais nos desempenho individual
  - agentes evitam uso da rota OQPD (exceto quando há poucos agentes)

# Roteiro (cont.)

- Sistemas de Informação ao Usuário
- Integrando o Motorista ao Sistema de Informação
- **Desafios e Novas Tecnologias**
- Simulação de Pedestres
- Conclusão