

Módulo 5: Transporte Pessoal

Escrito por **Alex Skabardonis**, engenheiro de Pesquisas, Kittelson & Associates, Inc., Oakland, Califórnia, EUA / professor da Universidade da Califórnia em Berkeley, Berkeley, Califórnia, EUA

Propósito

Transporte pessoal diz respeito às viagens que as pessoas fazem por meio de todos os modos de transporte, bem como às finalidades das viagens. As tecnologias de sistema de transporte inteligente (ITS) oferecem um conjunto de aplicações e aprimoramentos para transporte pessoal, desde informações em tempo real para sistemas de segurança e conveniências para motoristas.

O objetivo deste módulo é descrever as tecnologias ITS atuais e emergentes que aprimora a experiência do viajante em termos de eficiência, conveniência, segurança e proteção.

Objetivos

Os objetivos deste módulo são os seguintes:

- Saber mais sobre as capacidades, recursos e limitações das tecnologias ITS para o transporte pessoal.
- Compreender como as aplicações de transporte pessoal ITS afetam o usuário e o sistema de transporte em termos de mobilidade e acessibilidade.
- Compreender as oportunidades de implantação e restrições das tecnologias ITS para o transporte pessoal.
- Compreender tendências emergentes e futuras das tecnologias ITS para o transporte pessoal.

Introdução

Este módulo descreve os sistemas de informação sobre viagens em tempo real para usuários de automóveis e de transportes coletivos em todas as etapas de uma viagem. Sistemas auxiliares para melhorar a segurança são apresentados com aplicações ITS para aprimorar a comodidade do viajante. Este módulo também discute alternativas energéticas para veículos particulares e conceitos alternativos para o transporte de massa, além de descrever as tecnologias ITS emergentes para o transporte pessoal.

Informações de viagem em tempo real

Informações para o viajante formam um dos conceitos fundamentais do ITS. Viajantes

valorizam informações de alta qualidade sobre tempos previstos de viagem, confiabilidade de tempos de viagem e facilidade e oportunidade de acesso a essas informações através de uma interface de usuário de alta qualidade e, de preferência, com pouco ou nenhum custo. A procura dos consumidores por informações para viajantes se dá em função das características e do

nível de congestionamento na rede de transporte, da disponibilidade de alternativas de rotas e modos de viagens individuais e das características de informações para viajantes em termos de qualidade da informação e interface do usuário.

Aplicações ITS que oferecem informações para viajantes podem ser úteis antes da viagem ou durante ela. Para ajudar os usuários a tomar decisões mais informadas sobre partida para viagem, seleção de rota e modo de viagem, as informações pré-viagem consistem em informações sobre tráfego, meteorologia, transportes coletivos, incidentes e áreas em obras, divulgadas pela internet, televisão, por rádio, telefones celulares, telefones fixos ou quiosques. Informações durante viagem disponíveis em sinalizadores de mensagens em acostamentos ou terminais, em dispositivos veiculares, dispositivos sem fio e serviços de telefonia permitem que usuários tomem decisões informadas sobre rotas alternativas e horários previstos de chegada.

Antes da década de 1990, a disseminação de informações para viajantes estava normalmente limitada aos meios de comunicação existentes, como televisão, rádio e jornais, além de dispositivos de campo, como painéis de mensagens variáveis, ou CMS (Changeable Message Signs), quadros de mensagens e rádio de consulta rodoviária, ou HAR (Highway Advisory Radio). Embora as primeiras tentativas de se comunicar com viajantes tenham sido um sucesso (como o sistema experimental de orientação de rota em Washington, DC, no final da década de 1960, e a experiência Pathfinder em Los Angeles, CA, em meados da década de 1980), produtos ou sistemas comerciais disponíveis para viajantes eram limitados. Na Europa e no Japão, sistemas de orientação e informação rodoviária também foram testados com exibidores de informações em tempo real em dispositivos a bordo dos veículos. Tecnologias semelhantes foram testadas nos Estados Unidos e se mostraram eficazes. No entanto, produtos comerciais não chegavam ao mercado. Havia uma variedade de sistemas de telefonia para fornecer informações regionais ou locais sobre viagens. Embora já fosse possível disseminar informações de viagem usando sistemas telefônicos, não havia a promoção em larga escala de um número de telefone geral e somente uma pequena parte da população sabia sobre os sistemas.

A introdução da Internet e da Web para a população em geral no início e meados da década de 1990 permitiu que organismos públicos criassem sites para divulgar velocidades de viagem em tempo real pela rede, além de imagens de câmeras de vigilância de pontos críticos na malha de transporte, para qualquer pessoa com acesso à internet. A Web também permitiu que prestadores de serviços de informação do setor privado criassem sistemas de informação para viajantes locais, regionais ou nacionais.

A designação feita pela Comissão Federal de Comunicações dos EUA, ou FCC (Federal Communications Commission), do código de discagem de três dígitos, 5-1-1, como número nacional de telefone para informações ao viajante e o apoio financeiro do USDOT ao lançamento dos sistemas telefônicos 5-1-1 em todo o país foram um sucesso. Sistemas 5-1-1 de informações para o viajante agora são oferecidos para metade da população nos Estados Unidos.

A operação desses sistemas de divulgação de informações para viajantes pode ser feita por instituições públicas ou privadas. Hoje, viajantes contam com várias fontes onde buscar informações sobre viagem, incluindo:1,2,3,4

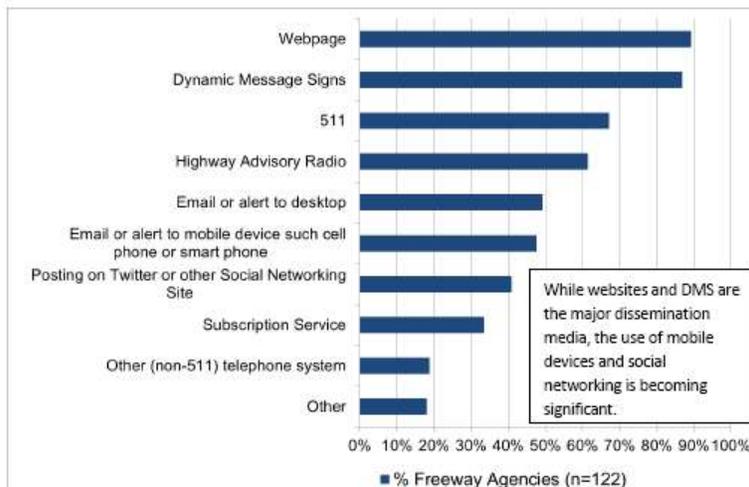
- Sistemas telefônicos 5-1-1 públicos estão disponíveis para qualquer um com acesso a um telefone. Hoje, existem sistemas telefônicos 5-1-1 em 41 estados americanos, oferecendo cobertura para 128 milhões de pessoas (47% da população).
- Sites públicos com informações para viajantes são oferecidos sem custo para os usuários. Cada um dos 50 estados americanos oferece algum tipo de site com informações para viajantes.
- Dispositivos de campo, como painéis de mensagens variáveis, ou CMS (Changeable Message Signs), oferece informações para os motoristas sobre estimativas de tempo de viagem para determinados destinos e alertas sobre incidentes, intempéries e outros eventos. Os CMS são geralmente instalados em rodovias, normalmente perto dos principais acessos e cruzamentos, para permitir a seleção de rotas alternativas. CMS portáteis também são usados para oferecer informações sobre grandes incidentes, trechos em obras ou eventos especiais. O vídeo no link a seguir mostra como o Centro de Operações de Tráfego de Michigan Oeste, ou WMTOC (West Michigan Traffic Operations Center), usa dados de escoamento de tráfego em para mostrar, em tempo real, a duração de percursos nos CMS por toda a Grande Região do Departamento de Transporte de Michigan, ou MDOT (Department of Transportation) e no site Mi Drive. Visite www.youtube.com/watch?v=tUNgPSx0rxk.
Os CMS também são usados para exibir mensagens sobre situações de emergência. Exemplos incluem os alertas do sistema de alertas AMBER (America's Missing: Broadcast Emergency Response), que emite avisos para motoristas sobre sequestros de crianças; o sistema de alertas LEO (Law Enforcement Officer), que emite alertas para motoristas que possam ter informações valiosas sobre um policial ferido; e o sistema de aviso SILVER,⁵ que pode ser usado para ajudar no resgate de pessoas com deficiência cognitiva que se percam enquanto dirigem ou se deslocam a pé.
- Unidades HAR permitem que viajantes ouçam relatórios sobre condições de tráfego em suas vizinhanças por rádio AM ou FM comum.
- Fornecedores privados de informações para viajantes oferecem produtos para a Web, telefone ou dispositivos especiais (como sistemas de navegação de bordo ou dispositivos portáteis) principalmente em áreas metropolitanas, sendo que alguns produtos foram ampliados para uso em áreas rurais.
- Centros particulares de noticiário e mídia divulgam informações sobre tráfego, meteorologia e eventos por rádio e televisão, sendo a maioria das informações sobre tráfego e eventos em áreas metropolitanas.

Divulgação

Dados recentes da pesquisa Deployment Tracking Survey (Figura 1) indicam que a Internet é o meio mais comum de divulgação de informações para viajantes, sendo usado por quase 89% dos organismos de administração de rodoviária, 40% das repartições auxiliares e 85% das repartições de transportes coletivos. E-mail e mensagens de texto também são métodos comuns de distribuição de informações tanto

antes da viagem (alertas para serviços de computador e por assinatura) e quanto durante a viagem (alertas para dispositivos móveis). A segunda tecnologia mais popular de informações para viajantes inclui sistemas 5-1-1 e unidades HAR, usados por aproximadamente 60% das repartições. Pouco mais de 40% das agências relataram o uso de mídias sociais e sites de relacionamento, como o Twitter, para divulgar informações para viajantes.

Figura 1. Métodos de divulgação de informações para viajantes



Fonte: USDOT, *Fonte de consulta de benefícios, custos, usos e lições aprendidas do ITS*, atualização 2011.

Existem várias diferenças entre email e mensagens de texto. Mensagens de texto são geralmente curtas (algumas operadoras limitam textos a 160 caracteres), enquanto mensagens de email não têm um limite de extensão. As mensagens de texto são apenas texto e não incluem gráficos, anexos ou formatação, enquanto as mensagens de email podem ser formatadas em "rich text" e incluem diferentes fontes, estilos, e tamanhos, além de imagens embutidas. No que tange a custos para o usuário, mensagens de texto estão frequentemente sujeitas a taxas das operadoras de telefonia celular, que variam entre 5 a 10 centavos de dólar (nos EUA) por mensagem, com planos oferecendo descontos por volume e mensagens de texto ilimitadas. Custos de email são agrupados a todas as outras taxas gerais de uso de dados na Internet e só são cobrados indiretamente através dos planos de uso de dados do cliente. Em termos de compatibilidade e disponibilidade, mensagens de texto são compatíveis com quase todos os dispositivos oferecidos por empresas de telefonia celular, sendo que mensagens de texto são enviadas em um tipo separado de conexão, especificamente para elas. Mensagens de emails, contudo, só podem ser lidas em smartphones e outros aparelhos conectados à Internet com planos de dados, já que são transmitidas por conexão com a Internet. Além disso, no que diz respeito a prazos de entrega, mensagens de texto normalmente operam em um sistema "push", em que a mensagem é entregue ao usuário o mais depressa possível depois de enviada (se o telefone do destinatário tiver serviço de celular), enquanto mensagens de email são geralmente entregues em um sistema "pull", em que o telefone segue um cronograma definido pelo usuário para verificação de novas mensagens (normalmente a cada 2 a 10 minutos).

O aumento da conectividade através das mídias sociais, o email e o uso de mensagens de texto são considerados alguns dos principais motivos para as pessoas mais jovens estarem adiando a obtenção de suas carteiras de motorista, conforme estudos recentes da Universidade do Instituto de Pesquisa de Transporte de Michigan,

Universidade de Michigan, e outras organizações. A maioria vem usando transportes coletivos, bicicletas, ou caminhando a pé para o trabalho, havendo menos necessidade de viagens sociais por causa da interação social virtual.⁶

Um estudo recente ⁷ também informou que sites de redes sociais, como o WAZE,

um aplicativo móvel de planejamento de viagens para motoristas, enriquece a experiência do viajante. Motoristas compartilham sua experiência enquanto usam as rotas de tráfego. Quando há um congestionamento, o aplicativo calcula rotas alternativas com base em informações compartilhadas e informa os motoristas, conectando pessoas por rotas de tráfego compartilhadas. Mais informações sobre o WAZE e aplicativos voltados para a comunidade de motoristas são apresentadas no Módulo 14 ("Oportunidades e desafios do ITS").

Uma consideração importante no fornecimento de informações para o motorista é o potencial de distração. Motoristas distraídos causam até 30% dos 6 milhões de acidentes automobilísticos nos Estados Unidos.⁸ Conforme controles, telas, dispositivos de comunicação e sistemas de entretenimento, todos mais complexos, aparecem nos automóveis, o nível de distração do motorista deve aumentar. Informações em tempo durante o percurso, em mensagens de texto ou através de sistemas de navegação do veículo, poderiam aumentar ainda mais a distração e sobrecarga de informações do motorista.

Pesquisas e esforços de desenvolvimento contínuos se voltam para sistemas que integrem dados das tecnologias a bordo do veículo e controlem o fluxo de informações para o motorista através de uma interface adaptativa entre motorista e veículo. O objetivo é reduzir a frequência de ocupação do motorista com diferentes tarefas, reduzir sua exposição ao risco, reduzir a complexidade das tarefas e gerenciar opções de tarefas, para que o motorista evite uma sobrecarga de informações.

Fonte de dados:

Fontes de dados para sistemas de informações para viajantes incluem:

- Sensores fixos normalmente instalados ao longo de cada faixa de rodagem, em intervalos de aproximadamente 800 metros. Esses sensores geram informações sobre volume e velocidade do tráfego a cada 30 segundos. Os dados são enviados para centros de gerenciamento de transportes (TMCs), onde são verificados e agregados normalmente em intervalos de 5 minutos. Os dados são usados para produzir mapas de velocidade com códigos de cores e tempos estimados de viagem para determinadas origens e destinos. Sensores fixos ficam instalados no calçamento (detectores de circuito ou magnetômetros) ou, sendo não intrusivos, são montados suspensos ou em acostamentos. Exemplos incluem detectores de radar de microondas, vídeo, laser e tecnologia ultrassônica. O módulo 9, "Compatibilidade com tecnologias ITS", oferece uma cobertura detalhada da detecção de veículos.
- Informações sobre incidentes e outros eventos podem ser obtidas das patrulhas policiais e das equipes de gerenciamento de incidentes. Informações sobre incidentes também podem ser obtidas de circuitos fechados de TV (CFTV), se houver, e de chamadas por celular relatando eventos testemunhados no percurso. Muitas vezes, para uma equipe de TMC, as

- câmeras de CFTV são a principal fonte de detecção e verificação de incidentes.
- Dados de sondagem podem ser obtidos de transponders de pedágios e telefones celulares.

Esses dados podem ser usados para estimar tempos de percurso entre diversos pontos na rede. Leitores de bluetooth também podem ser usados para obtenção de tempos de viagem entre pontos fixos,

assim como sistemas de navegação de veículos pessoais e comerciais (como caminhões de entrega). O uso generalizado de smartphones equipados com sistemas de posicionamento global (GPS) tem aumentado significativamente a cobertura e precisão dos dados fornecidos por fontes móveis. Um número cada vez maior de fornecedores privados bem trabalhando na aquisição e comercialização de dados por meio de sondas de telefonia móvel.

Benefícios

Uma avaliação dos serviços de informações para viajantes indica que esses sistemas são bem recebidos pelos usuários. Os benefícios envolvem maior confiabilidade em horários, melhor planejamento da viagem e menos chegadas adiantadas ou atrasadas. O número total de pessoas que usam informações para viajantes todos os dias representa uma parte relativamente pequena dos viajantes em uma região. No entanto, a demanda pode ser extremamente elevada durante períodos de intempéries, emergências ou eventos especiais. Sistemas de informações para viajantes durante esses períodos registraram um uso extremamente elevado. Estudos recentes indicam que informações para viajantes podem ser muito eficazes durante períodos de congestionamento não recorrentes, causados por eventos e incidentes inesperados. Embora os impactos estimados das informações para usuários de transportes coletivos sejam menores em comparação com informações para usuários de rodovias, modelos simulados indicam que até 4% dos viajantes migrarão para transportes coletivos quando houver informações adequadas disponíveis. A confiabilidade dos dados, no entanto, é essencial. Para conquistar e manter a confiança do público, informações para viajantes devem ser exatas. A USDOT FHWA recomendou que informações para viajantes, como dados de tempo de viagem, sejam pelo menos de 80 a 90% exatas.^{9,10}

A Figura 2 mostra que sistemas de informações para viajantes têm impacto positivo principalmente na satisfação do cliente, com base em avaliações anteriores. Os viajantes percebem a eficácia desses sistemas de forma positiva em termos de mobilidade, eficiência e satisfação do cliente, mesmo nos casos em que é pequena a quantidade absoluta do tempo de viagem economizado. Novos aplicativos para fornecimento de informações a viajantes através da Internet móvel e a integração efetiva dessas informações com o gerenciamento de transporte de rede em rodovias e sistemas arteriais aumentará os benefícios de informações oportunas e precisas para viajantes.

Figura 2. Benefícios dos sistemas de informações para viajantes

Traveler Information Benefits Summary						
	Safety	Mobility	Efficiency	Productivity	Energy and Environment	Customer Satisfaction
Pre-Trip Information		●	●		●	●
En-Route Information		●		●	●	●
Tourism and Events						●
● – substantial positive impacts		● – positive impacts				
○ – negligible impacts		†† – mixed results				
✘ – negative impacts		(blank) – not enough data				

Fonte: USDOT, *Fonte de consulta de benefícios, custos, usos e lições aprendidas do ITS*, atualização 2011.

Transportes coletivos

Sistemas de informações específicas para usuários de transportes coletivos são operados por diversos prestadores de serviços públicos e privados. Sistemas de informações para usuários de transportes coletivos vão desde sistemas telefônicos operados por pessoas até complexos sistemas de rastreamento de veículos conectados a sistemas automatizados de telefonia e internet.¹¹ Os principais elementos de tecnologias e aplicativos de sistemas de informações para transportes coletivos incluem conteúdo de informação (localização de paradas de ônibus), formato de informação (tabelas, mapas ou texto) e mídia de fornecimento (impressa, online, painéis de mensagens e dispositivos móveis). A tabela 1, adaptada de um estudo recente do Volpe Transportation Center,¹² mostra um resumo de sistemas de informação para transportes coletivos, usos, estratégias e níveis tecnológicos. Também são mostradas etapas da viagem para as quais cada elemento é adequado, ou seja, antes da viagem, ou PT (PreTrip); durante percurso, ou ER (En Route); no terminal ou parada, ou AS (At Stop); e todos, ou ALL.

Tabela 1. Tecnologia de sistemas de informações de trânsito**A. Meios de fornecimento de informações**

Usos	Básico	Condição da prática	Condição da tecnologia
Sinalização	Sinalização – Sinalização fixa estática (ER, AS)	Sinalização – Sinalização dinâmica e móvel (ER,	Sinalização acústica infravermelha remota
Comunicação pública	Voz ao vivo (ER, AS)	Voz gravada (ER, AS)	Automatizado – leitura de texto por computador (ER,
Telefone	Linha fixa para central de atendimento do cliente	Acesso por celular a central automatizada e ao vivo de atendimento ao	Resposta de voz interativa (IVR) (ALL)
Assistência humana	Assistência humana (ER, AS)		
Computador pessoal	Em rede – fixo (PT)		Em rede – móvel (ALL)
Dispositivo móvel		Fora de rede (ALL)	Em rede – centralizado (ALL) Códigos de resposta rápida, ou QR (Quick Response)
Televisão de trânsito		Transit TV (ER, AS)	
Quiosque		Fora de rede (AS)	Em rede – interativo (AS)

B. Conteúdo da informação

Usos	Básico	Condição da prática	Condição da tecnologia
Rotas	Rotas (ALL)	(PT)	Informações de rota em tempo
Terminais/paradas	Terminais/paradas (ALL)	Acesso a terminais (ALL)	
Tarifa	Horários (ALL)	Opções de modos de viagem e tarifa/custo do percurso – Comparações financeiras	Comparações financeiras (PT)
Alertas de serviço	Acesso a terminais por elevador/escada rolante	Alertas de serviço (ALL)	Alertas de serviço personalizados
Localização em tempo		Própria (ER, AS)	Veículos de transporte coletivo
Destinos	Nomes de terminais/paradas (ALL)	Marcos não integrados, pontos de interesse (PT)	Integrados (ALL)
Carga de passageiros	Pesquisas sazonais (PT)	Uso de APC para	

C. Formato da informação

Usos	Básico	Condição da prática	Condição da tecnologia
Mapa	Mapa impresso (ALL)	Personalizadas: Baseadas na Web	Personalizadas: Dispositivo móvel (ALL)
Tabela	Tabela (ALL)		Tabela dinâmica (ALL)
Texto	Texto (ALL)		Texto dinâmico (ALL)
Áudio	Centro de atendimento ao cliente (PT) Comunicação pública de operador/terminal (ER, AS)	Site compatível com a Seção 508 e software de leitura (PT) Avisos de parada nos veículos e nas paradas conforme a ADA (ER, AS)	Orientações de terminal por sinalização acústica infravermelha remota (RIAS)
Site	Site – informações estáticas (PT)	Site – informações dinâmicas (PT)	Site – atualizações frequentes
Planejador de viagens		Modo simples – estático, em tempo não real	Multimodal e/ou em tempo real
Mensagens eletrônicas		E-mail (PT) Distribuição simples real (RSS) (PT) SMS (ALL)	E-mail (ALL) Distribuição simples real (RSS) (ALL)

Etapas de viagem: antes da viagem, ou PT (PreTrip); durante percurso, ou ER (En Route); no terminal ou parada, ou (At Stop); e todos, ou ALL.

Fonte: USDOT, *Sistemas de informações para viajantes e tecnologias de localização em sistemas de transportes coletivos*

Um exemplo de serviço de transportes coletivos é o Tri-County Metropolitan Transportation District (Tri-Met), do Oregon (EUA). O Tri-Met opera um sistema de informação para viajantes em tempo real para usuários do transporte coletivo. O

sistema Tri-Met inclui um planejador online para deslocamentos em transportes coletivos que oferece serviços de

planejamento de viagens cobrindo todo o estado. O Tri-Met acompanha os veículos de transporte coletivo usando localização automatizada de veículos, ou AVL (Automated Vehicle Location), oferecendo horários atualizados de chegada e partida tanto por site quanto por sistema telefônico de informações. Essas atualizações permitem que viajantes liguem para um número telefônico ou visitem o site para consultar o horário real de chegada de seu ônibus. Um exemplo de sistema privado de planejamento de viagem por transportes coletivos é um sistema operado pela Google. A Google oferece serviços de planejamento de viagem por transportes coletivos em muitas cidades e áreas metropolitanas nos Estados Unidos (por exemplo, na área metropolitana de Portland, no Oregon), oferecendo aos viajantes vários pontos públicos e privados de divulgação de informações sobre transportes coletivos.

O fornecimento de informações de fácil acesso e em tempo real a viajantes, seja para serviços de automóveis ou de transportes coletivos, é fundamental para que viajantes saibam quais são suas opções de viagem. Antes de 2006, a maioria das repartições de transportes coletivos haviam implementado seus próprios sistemas e software pela web personalizados para planejamento de viagens. Com o lançamento do Google Transit, a especificação geral para dados de transportes coletivos, ou GTFS (General Transit Feed Specification), e outras plataformas de fonte aberta, com o OpenTripPlanner, houve uma grande mudança no nível de esforços e custos necessários para a implementação de planejadores de transportes coletivos e multimodais para viagens, tanto por parte das grandes quanto das pequenas repartições. O sistema multimodal de planejamento de viagens, ou MTPS (Multi-Modal Trip Planning System), baseado na Web, implementado no nordeste de Illinois, patrocinado pela Federal Transit Administration (FTA) e ativo de 2004 a 2010, demonstra essa mudança. O MMTPS visava integrar itinerários para motoristas, planejadores de viagens de transportes coletivos e sistemas de monitoramento em tempo integral, visando oferecer comparações lado a lado de itinerários usando informações de trânsito, condução de veículos, ou qualquer combinação de modos não motorizados, incluindo deslocamentos de bicicleta ou a pé. O objetivo era criar uma ferramenta abrangente para decisões na seleção de opções de viagem e que incluísse comodidade, eficiência e custo de um ponto de vista do viajante. O custo do MMTPS e seu desenvolvimento como aplicativo personalizado ficou logo acima dos US\$ 4 milhões. As repartições de transportes coletivos, hoje, contam com ferramentas que oferecem muitos dos mesmos recursos, convertendo informações sobre horários e rotas para o GTFS e oferecendo-as a provedores de serviços de Internet por uma fração do preço de um sistema personalizado. O sistema inclui tudo, desde 12 horas a meses de trabalho de duas pessoas e aproximadamente 2 horas por alteração de horários.¹³

Informações sobre estacionamento

Tradicionalmente, informações sobre estacionamento consistiam em mapas das instalações de estacionamento disponíveis. Atualmente, a maioria das cidades dos Estados Unidos oferece informações antes da viagem sobre estacionamentos através da Internet.¹⁴

Sites oferecem mapas com a localização de estacionamentos e outras informações,

incluindo endereço das instalações, capacidade, horário de operação, custos e formas de pagamento.

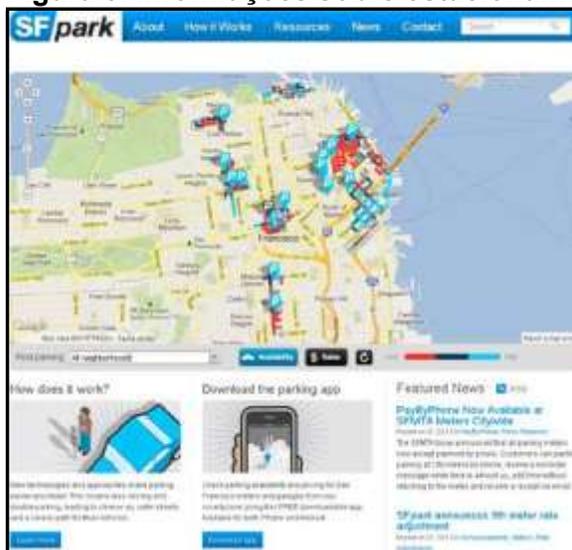
Sistemas específicos para estacionamentos empregam sinalização dinâmica de mensagens para oferecer informações sobre disponibilidade de espaço. Sistemas mais sofisticados de informações sobre estacionamentos contam com sinalização em cada piso de garagem, no início de cada corredor e, algumas vezes, em frente de cada vaga.

As tecnologias básicas empregadas consistem em contadores de entrada e saída e sensores de ocupação de espaço. Circuitos indutivos, sensores ultrassônicos e vídeo são tecnologias de vigilância típicas. A comunicação é feita por linhas de fibra óptica e identificação por radiofrequência, ou RFID (Radio Frequency Identification), na maioria dos estacionamentos.

Atualmente, diversos fornecedores privados de serviços (como Streetline, ParkMe, Park Assist ParkingCarma, ParkMobile, e Parking Panda) já desenvolveram aplicativos pela Web ou para dispositivos móveis para mostrar a disponibilidade de estacionamento em tempo real, fazer reservas online e viabilizar pagamentos eletrônicos. Esses fornecedores obtêm informações em tempo real de sensores de ocupação de vagas ou, quando esses dados não estão disponíveis, através de uma estimativa da ocupação do estacionamento com base em informações anteriores.

Um exemplo de um sistema avançado de informações e gerenciamento de estacionamento é o SFpark, implementado pela cidade de São Francisco, na Califórnia. A disponibilidade de estacionamento é divulgada pela Web e em smartphones, por meio de aplicativos móveis personalizados (Figura 5). A ocupação de vagas é obtida por sensores sem fio em cada local de estacionamento. Preços de estacionamento em ruas e garagens variam de acordo com a hora do dia e o dia da semana, para maximizar o uso. O preço é determinado de forma a manter a ocupação do estacionamento em até 85%.¹⁵

Figura 3. Informações sobre estacionamento em tempo real



Fonte: <http://sfpark.org>, SFMTA.

A disponibilidade de dados de estacionamento em tempo real em terminais de transportes coletivos e sistemas de reservas online possibilita a conexão de modalidades de viagem e permite que viajantes alternem entre elas no percurso. O CSM exibe para o motorista informações sobre condições de tráfego (acidentes e atrasos), disponibilidade de vagas em estacionamentos e horários de partida da próxima composição. Motoristas podem optar por deixar o carro estacionado e usar o

transporte coletivo se o tempo estimado até o destino for menor do que o tempo dirigindo. Um teste piloto (estacionamento inteligente), patrocinado pelo Departamento de Transportes da Califórnia (Caltrans) em colaboração com a Bay Area

Rapid Transit (BART), demonstrou a viabilidade do sistema.

Pesquisadores da Universidade da Califórnia, em Berkeley, realizaram um teste piloto patrocinado pela Caltrans para determinar se a exibição em tempo real nos acostamentos de informações sobre duração de viagem para modalidades de rodovia e transportes coletivos para um mesmo destino em Bay Area influenciaria a opção das pessoas por um modo de transporte. O teste consistiu em três CMS implantados antes das saídas para dos grandes terminais de transporte coletivo (Millbrae e Redwood City). O CMS mostrava três itens (Figura 4): tempo de percurso em rodovia, tempo de percurso por baldeação em serviço ferroviário expresso e horário de saída da próxima composição. Os resultados indicaram que cerca de 2% dos motoristas escolheram o transporte coletivo quando o tempo de viagem economizado foi de 15 minutos ou menos, enquanto 8% escolheram o transporte coletivo quando a economia de tempo foi de mais de 20 minutos.¹⁶

Figura 4. Exibição de informações sobre viagem multimodal em CMS.



Fonte: *Avaliação da exibição de informações de viagem em CMS*, UC Berkeley Report CWP-2009-2.

Sistemas de auxílio ao motorista

Esta seção enfoca tecnologias e sistemas concebidos principalmente para aumentar a segurança do motorista. As tecnologias ITS para conforto e comodidade do viajante são descritas na próxima seção.

As tecnologias ITS para aprimorar a segurança do motorista incluem:

- Sistemas de aviso de colisão em cruzamento, ou CWS (Intersection Collision Warning Systems) detectam e avisam motoristas sobre a aproximação de tráfego e possíveis infrações de direito de preferência em cruzamentos.

- Sistemas de detecção de obstáculos, incluindo sistemas de detecção de objetos nas laterais, empregam sensores montados nos veículos para detectar obstruções, como outros veículos, detritos na estrada ou animais, seja no caminho do veículo ou na rota planejada, alertando o motorista.
- Sistemas de detecção e informação sobre pontos cegos, ou BLIS (Blind-spot Detection/Information Systems), alertam o motorista para a presença de outros veículos em seu ponto cego.

- Sistemas de aviso de mudança de faixa alertam motoristas sobre a presença de veículos ou outras obstruções em faixas adjacentes quando o motorista se prepara para mudar de faixa.
- Sistemas de aviso do tipo Rollover informam os motoristas quando se aproximam de uma curva em excesso de velocidade, consideradas as características de operação do veículo.
- Sistemas de aviso de saída de estrada avisam os motoristas quando seu veículo está prestes a sair da estrada, seja porque se aproximam rápido demais de uma curva ou por deslocamento não intencional para fora da faixa.
- Sistemas de aviso de colisão dianteira, ou FCW (Forward Collision Warning), também conhecidos como sistemas de prevenção de colisão em traseiras, avisam os motoristas de que se aproximam com perigo de um veículo à frente. Esse perigo pode surgir porque o veículo à frente está parado, reduzindo, ou se deslocando em velocidade constante.
- Sistemas de aviso de impacto traseiro avisam o motorista de que um veículo se aproxima com perigo pela traseira. O aviso pode ser apresentado pelo veículo que está à frente ou transmitido pelo veículo que vem atrás para um sistema de aviso a bordo do veículo que vai à frente.
- Aperfeiçoamentos de visão a bordo do veículo melhora as condições de visibilidade para o motorista, no que tange a redução de distâncias visíveis durante a noite, iluminação inadequada, nevoeiro, faixa escorregadia, ou outras condições de intempéries.
- Sistemas de aviso de sonolência avisam o motorista sobre fadiga, que pode fazer com que o veículo saia da faixa ou da estrada.

A maioria dos sistemas descritos acima foram desenvolvidos ou testados no âmbito da iniciativa do USDOT para sistemas integrados de segurança para veículos, ou IVBSS (Integrated Vehicle-Based Safety Systems), voltados para aumentar a segurança de veículos leves e caminhões pesados.¹⁷

O vídeo no link abaixo mostra um sistema avançado de auxílio ao motorista, desenvolvido pelo Programa PATH da Universidade da Califórnia, em Berkeley. Este sistema integra GPS, mapas digitais, sensores a bordo, e comunicação sem fio para executar várias funções de auxílio ao motorista, como a sinalização de bordo, aviso de velocidade, aviso de aproximação de curva em excesso velocidade, aviso de deslocamento para fora da faixa e aviso de contramão.

O sistema permite acessar informações em tempo real sobre a estrada e atualizações de mapas através de comunicação sem fio com a infraestrutura de veículos, posicionamento de veículos robusto e de alta precisão através da fusão de sensores de GPS e DR e dados de mapeamento digital. Oferece, ainda, vários meios de aviso, como acústicos, visuais e falados, através de interfaces selecionadas com o motorista (como painéis ou telefones celulares com bluetooth).

Visite www.youtube.com/watch?v=5vuKvW_5QVM.

Controle de velocidade de cruzeiro

Sistemas de controle de cruzeiro, ou ACC (Adaptive Cruise Control), atualmente disponíveis na maioria dos automóveis de última geração, consistem em sistema de controle de cruzeiro combinados com sensores de radar para medir a distância até o veículo da frente e ajustar a velocidade de acordo

(mínimo de 1 segundo de diferença). Os controles de intervalo, aceleração e freio são configurados para proporcionar uma sensação de naturalidade, similar à condução pelo próprio motorista. O comportamento de um veículo equipado com ACC no tráfego é semelhante ao de um veículo em controle manual com um motorista cauteloso. Veículos equipados com ACC apresentam efeitos ínfimos nas capacidades das faixas rodoviárias.

Sistemas ACC cooperativos, ou CACC (Cooperative ACC), consistem em sistemas ACC e de comunicação de dados sem fio entre veículos. Permitem um intervalo menor entre veículos e maior estabilidade de filas de tráfego. Testes com motoristas em campo, feitos pelo Programa PATH da Universidade da Califórnia, demonstraram que o intervalo médio entre veículos é de aproximadamente 1,5 segundos para veículos ACC e 0,72 segundo para veículos CACC. Resultados de simulação indicam que taxas de penetração de 70% para veículos CACC podem aumentar as capacidades de faixa em aproximadamente 50% (3.000 veículos por hora/faixa), sendo que uma taxa de penetração de 100% CACC pode dobrar a capacidade da faixa.

18

Docagem de precisão

Sistemas de docagem de precisão automatizam o posicionamento de veículos em áreas de carga e descarga. Essa tecnologia é especialmente útil para o transporte coletivo em ônibus, pois permite um rápido embarque e desembarque de passageiros com necessidades especiais, reduzindo, assim, o tempo de espera e aumentando a facilidade de acesso para todos. Tecnologias de docagem de precisão e auxílio para transportes coletivos em faixas de rodagem contribuem muito para o sucesso dos sistemas de ônibus de trânsito rápido, ou BRT (Bus Rapid Transit), que visam proporcionar o conforto e a confiabilidade das ferrovias empregando ônibus convencionais operando em faixas exclusivas.

As tecnologias de docagem de precisão e auxílio no tráfego em faixas incluem sistemas de orientação magnética que consistem em ímãs embutidos nos centros das faixas de rodagem, sistemas de GPS e sistemas de visualização automáticos empregando imagens de vídeo. A docagem com precisão de um ônibus articulado de aproximadamente 18 metros foi demonstrado com sucesso pelo Programa PATH em condições de uso real em Oakland, Califórnia.¹⁹

O link de vídeo a seguir mostra a preparação e execução do teste de campo do sistema de docagem de precisão e auxílio no tráfego em faixas feito pelo Programa PATH, da Universidade da Califórnia, em Berkeley, Oakland, Califórnia.

Visite www.youtube.com/watch?v=JvXLdifNfmq.

Monitoramento a bordo

Aplicativos para monitoramento de bordo detectam e relatam condições de carga,

segurança e proteção, além das condições mecânicas de veículos equipados com diagnóstico de bordo. Registradores de dados de bordo, ou IVDR (In-Vehicle Data Recorders) coletam dados sobre o comportamento na direção e dão feedback aos motoristas, seja em tempo real ou por relatórios posteriores. Em caso de acidente ou quase acidente, um IVDR pode registrar dados de desempenho do veículo e outros dados de câmeras de vídeo ou sensores de radar para aprimorar o processamento de dados após uma colisão.

Sistemas de monitoramento de bordo são usados para relatar a quilometragem percorrida e outros padrões de uso do veículo para a seguradora do veículo, em troca de um desconto no prêmio do seguro. Mais informações podem ser encontradas no Módulo 14, "Oportunidades e desafios do ITS". A interface de unidades de monitoramento de bordo com sistemas de navegação veicular equipados com GPS permite a implementação de esquemas de preço por distância percorrida, hora do dia e localização. Informações adicionais podem ser encontradas no Módulo 8, "Pedágio eletrônico e precificação".

A maioria dos sistemas de monitoramento de segurança a bordo estão voltados para em veículos comerciais.²⁰ Os resultados de vários estudos de avaliação indicam que esses sistemas são eficazes na redução de acidentes ou para aprimorar o comportamento do condutor no que tange à segurança. Há relatos de uma redução de 30% em eventos relacionados à segurança. Contudo, outros estudos provam que os efeitos da intervenção não são mantidos indefinidamente: as taxas voltam aos níveis anteriores ao uso desses sistemas após um determinado período, que vai de 4 a 10 meses nos estudos relatados.²¹ Portanto, tem sido sugerido que estratégias para promover o envolvimento contínuo com o processo devem fazer parte de qualquer implementação.

Conforto e comodidade do viajante

Esta seção descreve as tecnologias ITS para aprimorar a experiência da viagem. Para os motoristas, essas tecnologias incluem sistemas de navegação, pagamento eletrônico e auxílio de estacionamento. Para os usuários dos transportes coletivos, a inovação tecnológica é o sistema de pagamento eletrônico.

Sistemas de bordo para navegação e percurso com tecnologia GPS oferecem orientação por etapas, ajudando o motorista a chegar ao destino e, assim, reduzindo o percurso de distâncias desnecessárias. Normalmente, esses sistemas incluem informações adicionais sobre empresas locais (páginas amarelas eletrônicas) e disponibilidade de estacionamento. Esses sistemas podem ser autônomos ou fornecidos por fabricantes de automóveis como serviço de assinatura mensal (por exemplo, o sistema OnStar, da General Motors).

A coleta eletrônica de pedágio, ou ETC (Electronic Toll Collection), facilita o pagamento em postos de pedágio. O motorista faz o pagamento através de um transponder instalado no veículo, sem parar na praça de pedágio. Sistemas ETC operam como sistemas integrados entre diversos estados, como o sistema E-ZPass, ou como sistemas para apenas um estado ou uma praça de pedágio, como o sistema FasTrack, da Califórnia. O Módulo 8, "Informações adicionais podem ser encontradas no Módulo 8, "Pedágio eletrônico e precificação", apresenta informações adicionais sobre características, tipos e benefícios dos sistemas ETC.

Um sistema ETC aumenta a capacidade de faixas de pedágio em até quatro vezes e em até cinco vezes quando operando em modo de pedágio aberto, ou ORT (Open Road Tolling). O modo de pedágio aberto não emprega cabines de pedágio e os motoristas passam pelas praças de pedágio em velocidades normais. Sistemas ETC em modo de estrada aberta também podem usar tecnologia de reconhecimento de placas veiculares para cobrar dos motoristas que não têm transponders. Como os motoristas não precisam para nas praças de pedágio, o modo ORT pode reduzir o consumo e as emissões do combustível nas praças de pedágio,

minimizando demoras, filas e tempos ociosos. Transponders de ETC também podem ser usados no pagamento de estacionamento em aeroportos e outras instalações.

Instalações de ORT apresentam vantagens significativas para a segurança. Um estudo recente na Garden Expressway, em Nova Jersey, indica que as colisões em locais onde sistemas ORT foram implantados diminuíram em aproximadamente 24% após a implantação.²² Dados recentes da Turnpike Enterprise, concessionária da via expressa entre Orlando e Orange County, na Flórida, e da Texas Turnpike Authority, divisão do Departamento de Trânsito do Texas (TxDOT), mostram que a conversão para ORT reduz acidentes em praças de pedágio em mais de 60%.^{23,24}

A tecnologia de ETC é essencial para a implementação de sistemas de pedágio urbano que estão sendo cada vez mais implementadas em instalações rodoviárias já existentes, como em faixas expressas e na conversão de faixas de veículo de alta ocupação, ou HOV (High Occupancy Vehicle) em faixas de pedágio de alta ocupação, ou HOT (High Occupancy Toll). Os motoristas devem ter transponders ETC para usar essas instalações. A tecnologia de ETC é geralmente diferente da coleta de pedágio tradicional, uma vez que os preços variam conforme as condições predominantes do tráfego, de forma a manter um nível predeterminado de serviço e os níveis de ocupação de passageiros.

Sistemas eletrônicos para pagamento de tarifas de transportes coletivos podem proporcionar maior comodidade aos usuários e gerar uma economia de custos significativa para as repartições de transporte, reduzindo os custos envolvidos nas operações de manuseio de dinheiro. Usuários de transportes coletivos podem usar cartões de tarja magnética (somente leitura ou leitura e gravação), cartões inteligentes com diferentes níveis de memória e potência de computação, cartões de crédito ou telefones celulares para pagar por serviços de transporte. Máquinas de transações tarifárias leem e gravam em diversos tipos de mídias e produtos tarifários, enquanto centros regionais de processamento consolidam informações financeiras e compartilham o gerenciamento de transações tarifárias entre diferentes repartições de transportes coletivos.

A conectividade generalizada, disponível graças a smartphones e aplicativos, aprimora muito a experiência do viajante, especialmente no uso de táxis e de sistemas de compartilhamento de automóveis em grandes áreas metropolitanas.

Diversos aplicativos de smartphones empregam o sinal de GPS do telefone para chamar táxis. Esses serviços permitem que o passageiro use um cartão de crédito para pagamento, o que elimina a inconveniência de usar dinheiro ou pedir recibo para reembolso. Além disso, geralmente os passageiros podem avaliar os motoristas e vice-versa. Popular em Londres, na Inglaterra, e Dublin, na Irlanda, o aplicativo Hailo mostra a localização de todos os táxis disponíveis perto do telefone e permite que o viajante os chame eletronicamente, sem ir até a rua. O aplicativo Hailo também está disponível em várias cidades dos Estados Unidos (Chicago, Nova York e Washington, DC). Outro pioneiro líder de mercado nos Estados Unidos é o Uber, que permite ao usuário

escolher um veículo particular licenciado ou uma limusine em vez de um táxi (Figura 5).

Figura 5. Aplicativo Uber



Fonte: Uber Technologies, Inc. (<https://www.uber.com/>).

O compartilhamento de automóveis é uma forma de aluguel de automóveis por períodos curtos. O compartilhamento de automóveis foi concebido para usuários que precisam de acesso ocasional a um veículo particular. Serviços de compartilhamento de automóveis estão disponíveis na maioria das áreas metropolitanas em todo o mundo e são oferecidos por empresas privadas (como Zipcar e Citycarshare), locadoras tradicionais (como Hertz on Demand), fabricantes de automóveis, (como Daimler car2go e BMW DriveNow) e repartições públicas (como o serviço de compartilhamento de veículos elétricos Autolib, de Paris). Aplicativos para dispositivos móveis permitem que usuários localizem e reservem veículos. Os clientes podem ver o combustível (em veículos a gasolina) ou a carga de bateria (em veículos elétricos) e reservar o estacionamento no destino. As vantagens do compartilhamento de automóveis incluem redução na posse de automóveis, aumento no número de passageiros em transportes coletivos e reduções no consumo de combustível e emissões.

Desde outubro de 2012, o compartilhamento de automóveis vem sendo feito em 27 países, com aproximadamente 1.788.000 pessoas compartilhando mais de 43.550 veículos. Nos Estados Unidos, 806.332 pessoas compartilham 12.634 veículos entre 26 operadores. Além do uso de compartilhamento de automóveis convencional, vários serviços, incluindo car2go e DriveNow, oferecem compartilhamento de automóveis "one-way" (ou ponto a ponto), que permitem pegar um veículo em um local e deixá-lo em outro.²⁵

Veículos elétricos

Os consumidores estão cada vez mais interessados em veículos elétricos, ou EV (Electric Vehicles), e a maioria dos fabricantes de veículos está interessada em aumentar a oferta de modelos elétricos. Esse interesse é induzido por preocupações com o aumento de custos e a disponibilidade de combustíveis fósseis, questões de

saúde do meio ambiente (especialmente no que tange a emissões de gases e sonoras) e desenvolvimentos recentes no setor de baterias e células de combustível. Veículos elétricos empregam diversas tecnologias de fontes de energia, incluindo veículos somente a bateria, híbridos e híbridos com conexão elétrica.²⁶

EVs alimentados por bateria usam um motor elétrico para propulsão, com baterias para armazenamento de energia elétrica. A energia das baterias fornece toda a potência motriz e auxiliar a bordo do veículo. As baterias são recarregadas pela rede de energia elétrica e pela recuperação da energia de frenagem, além de possíveis fontes fora da rede elétrica, como painéis fotovoltaicos em centros de recarga.

EVs oferecem a perspectiva de zero emissões veiculares de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos, bem como níveis muito baixos de ruído.

Vantagens importantes dos EVs em relação aos veículos convencionais com motor de combustão interna, ou ICE (Internal Combustion Engine), são a elevada eficiência e o custo relativamente baixo do motor elétrico. A principal desvantagem é sua dependência de baterias que, atualmente, têm densidade de energia e potência muito baixa em comparação aos combustíveis líquidos. Embora hoje existam muito poucos automóveis elétricos para estradas em produção (provavelmente apenas alguns milhares de unidades por ano em todo o mundo), muitos fabricantes já anunciaram planos de iniciar uma produção substancial nos próximos 2 a 3 anos.

Veículos elétricos híbridos, ou VHE (Hybrid Electric Vehicles), usam tanto motor e quanto máquina motriz, com capacidade de carga suficiente (normalmente de 1 a 2 kWh) para armazenar a eletricidade gerada pelo motor ou pela recuperação da energia de frenagem. As baterias alimentam o motor quando necessário para proporcionar força motriz auxiliar, ou permitir que o motor seja desligado, como em baixas velocidades.²⁷ Durante a última década, mais de 1,5 milhão de veículos híbridos foram vendidos em todo o mundo e sua penetração no mercado se aproxima dos 3% nos Estados Unidos.²⁸ Nenhum dos veículos híbridos de hoje conta com armazenamento de energia suficiente para garantir uma recarga pela rede de eletricidade, nem a arquitetura do trem de força permite que os veículos cubram toda a faixa de desempenho com o acionamento elétrico.

No entanto, uma nova geração de veículos híbridos conectáveis, ou PHEV (Plug-In Hybrid Vehicles), está sendo projetada para fazer as duas coisas, principalmente pela adição de uma capacidade significativamente maior de armazenamento de energia para o sistema híbrido. Os PHEVs combinam as vantagens de eficiência da hibridização do veículo com a oportunidade de viajar parte do tempo movido a eletricidade fornecida pela rede elétrica, em vez de contar apenas com o sistema interno de recarga do veículo. PHEVs podem rodar com eletricidade por uma certa distância após cada recarga, dependendo da capacidade de armazenamento de energia da bateria, estimada como sendo normalmente de 21 a 80 quilômetros. Isso significa que uma parte significativa de nosso deslocamento diário pode ser feita com PHEVs totalmente carregados. Por exemplo, na Europa, 80% dos deslocamentos se estendem por menos de 21 quilômetros. Nos Estados Unidos, cerca de 60% dos veículos circulam por menos de 48 quilômetros e cerca de 85% se deslocam por menos de 96 quilômetros. ²⁹O mercado de PHEVs

tem crescido rapidamente nos últimos dois anos, atingindo mais de 120.000 unidades vendidas em todo o mundo em 2012.

2012. As previsões indicam que HEVs e PHEVs combinados representarão 3,1% das vendas de automóveis em todo o mundo e 5,1% do total das vendas de veículos nos EUA até o ano de 2017.³⁰

Transporte rápido pessoal, ou PRT (Personal Rapid Transit)

Sistemas PRT consistem em veículos pequenos e sem condutor, que se deslocam com eficiência por uma rede de trilhos de interconexão. Suas principais características operacionais incluem estações off-line, operação por demanda, viagens ponto a ponto e o conforto e a comodidade de um táxi. Sistemas PRT podem ser usados como alimentadores dos sistemas de transporte existentes ou como sistemas autônomos prestando serviços diretamente em centros urbanos, aeroportos, atrações, campi, parques e hospitais.

O conceito de PRT foi desenvolvido originalmente no final da década de 1950 como um modo de transporte público alternativo em áreas onde a densidade populacional era muito baixa para justificar a construção de um sistema de metrô convencional. Sua condução automatizada permite um curto intervalo entre veículos, na ordem de alguns segundos, o que aumenta a capacidade de percurso e permite que os veículos sejam muito menores, sem deixar de transportar o mesmo número de passageiros num determinado momento. Veículos menores, por sua vez, exigem guias fixas mais simples e terminais menores, gerando menores custos.

Inúmeros sistemas PRT foram projetados na década de 1960 e no início da década de 1970, a maioria deles consistindo em pequenos veículos de quatro a seis passageiros, que acabaram se tornando maiores com o tempo. No entanto, nenhum desses sistemas foi implantado, por causa dos custos elevados e de outros fatores. O único sistema PRT instalado é o Morgantown PRT, em Morgantown, West Virginia (Figura 6), que conecta os três campi em da Universidade de West Virginia em Morgantown (WVU) à área do centro da cidade, com extensão total de 14 quilômetros e cinco estações. O sistema entrou em operação em 1975 e tem operado continuamente com 98,5% de confiabilidade por mais de 30 anos. O sistema PRT de Morgantown inclui 73 veículos com aproximadamente 15 metros de comprimento e capacidade para 20 passageiros. Os veículos têm portas automáticas em ambos os lados e que se abrem para a plataforma, sendo acessíveis para deficientes.

31

O controle do sistema de Morgantown é automatizado e opera em três modos: "demanda", "programação" e "circulação". O modo "demanda" opera durante o horário fora do pico e reage de forma dinâmica aos passageiros, que pressionam um botão para solicitar o serviço. Um veículo é ativado para atender a chamada de passageiros após um tempo predeterminado (normalmente 5 minutos), mesmo que nenhum outro passageiro tenha solicitado o mesmo destino. Além disso, se o número de passageiros



aguardando para viajar para o mesmo destino exceder um limite predeterminado, geralmente de 15 passageiros, um veículo é imediatamente despachado.

Figura 6. Sistema PRT de Morgantown

Fonte: WVU Photographic Services
(<http://transportation.wvu.edu/prt>).

Durante o horário de pico, o sistema muda para o modo "programação", que opera os veículos em rotas fixas de demanda conhecida para reduzir o tempo de espera por um veículo para um determinado destino. Durante períodos de baixa demanda, o sistema muda para o modo "circulação", operando um pequeno número de veículos que param em todas as estações, reduzindo o número total de veículos que circulam na rede.

Uma análise das características operacionais das tecnologias PRT existentes e propostas indicou que a capacidade dos veículos variava de 1 a 15 pessoas, sendo 4 a média. A velocidade na linha variou de 21 a 241 km/h, com velocidade média de 48 km/h. Apenas três sistemas alegaram velocidades de linha de 104 km/h ou mais, com o resto dos sistemas operando de forma mais conservadora entre 21 e 61 km/h. Os intervalos mínimos variaram de 0,5 a 4 segundos. Intervalos curtos proporcionam maior rendimento para acomodar uma elevada demanda dos passageiros. No entanto, o intervalo mínimo selecionado deve permitir que o veículo seguinte pare sem fazer com que um veículo imediatamente à frente pare subitamente (intervalo do tipo "paredão"). O intervalo mínimo varia conforme a velocidade e a capacidade do sistema, sendo geralmente de 1,5 a 2 segundos.

32

O transporte leve urbano, ou ULTra (Urban Light Transit), é um sistema desenvolvido pela ULTra PRT e opera no aeroporto de Heathrow, em Londres, desde maio de 2011 (Figura 7). O sistema de transporte coletivo circula entre o Terminal 5 do aeroporto e seu estacionamento comercial, com 3,8 quilômetros de trilhos e 21 veículos. Estatísticas operacionais de maio de 2012 mostram mais de 99% de confiabilidade no sistema e um tempo médio de espera por parte do passageiro de 10 segundos durante o período de um ano. O sistema 2getthere, na cidade de Masdar, em Abu Dhabi, é composto por cinco estações ao longo de 1,7 quilômetro de trilhos, com 13 veículos para seis passageiros cada. O sistema está em funcionamento há mais de 15 meses, com 3.000 viagens por dia. 33

Figura 7. O sistema PRT ULTra



Fonte: Ultra Global PRT 2013 (www.ultraglobalprt.com/).

Dois sistemas PRT estão atualmente em construção nas cidades de Suncheon, Coreia do Sul, e Amritsar, na Índia. O sistema PRT em Suncheon consiste em 3 quilômetros de trilhos e duas estações que ligam o centro da cidade de Suncheon a

um centro de exposições. O sistema Amritzar, na cidade de Amritzar, será o primeiro sistema PRT urbano, com sete

estações e 5 quilômetros de trilhos. Quando entrar em funcionamento em 2014, o sistema transportará até 100 mil passageiros por dia, com 200 veículos.³⁴

Após a implementação do sistema ULTra, foram feitos vários estudos de viabilidade para a implementação de sistemas PRT como solução de "trecho final", conectando destinos de baixa densidade (residências e locais de trabalho) com sistemas de transporte coletivo convencionais. Exemplos incluem desenvolvimentos voltados para transportes coletivos e parques comerciais do Vale do Silício e de Pleasanton, no norte da Califórnia.³⁵

Veículos, Internet, telefones e o futuro

As tecnologias emergentes para veículos incluem sistemas cooperativos de infraestruturas veiculares e tecnologias de condução automatizadas, concebidos para aumentar a segurança e a mobilidade e reduzir o excesso de consumo e emissões de combustíveis. Sistemas cooperativos de infraestruturas veiculares ou veículos conectados, ou CV (Connected Vehicles), consistem em comunicações de veículo para veículo, ou V2V; veículo para infraestrutura, ou V2I; e infraestrutura para veículo, ou I2V. O módulo 13 aborda a situação e potenciais aplicações de CVs, enquanto o módulo 14 discute tendências emergentes das tecnologias ITS.

De acordo com o USDOT, a visão V2V dita que, com o tempo, cada veículo na estrada (incluindo automóveis, caminhões, ônibus e motocicletas) será capaz de se comunicar com outros veículos.³⁶ A troca dinâmica sem fio de dados entre veículos próximos pode ser feita através de dispositivos exclusivos para comunicação de curta distância, ou DSRC (Dedicated Short-Range Communication), e dispositivos móveis, como smartphones ou computadores portáteis.

Através da troca de dados veiculares anônimos sobre posição, velocidade e localização (no mínimo), a comunicação V2V permite que um veículo detecte, em 360°, ameaças e perigos representados pela posição de outros veículos, calcule riscos, avise o motorista sobre o problema e faça sugestões ou tome medidas preventivas para evitar e reduzir as chances de acidentes. Um aplicativo básico é a mensagem de dados Here I Am (aqui estou), que pode ser derivada por intermédio de tecnologias não baseadas em veículos, como GPS, para identificar a localização e velocidade de um veículo, ou de dados de sensor baseado em veículo, quando dados de localização e velocidade são derivados do computador do veículo e combinados com outros dados, como latitude, longitude ou ângulo, para produzir uma percepção situacional mais rica e detalhada da posição de outros veículos. A comunicação V2V permitirá que sistemas de segurança ativa ajudem motoristas na prevenção de 76% dos acidentes em estradas.

A comunicação de segurança V2I é a troca sem fio de dados críticos de segurança e operação entre veículos e infraestruturas rodoviárias, destinada principalmente a evitar ou reduzir colisões de veículos e viabilizar uma ampla variedade de outras aplicações de segurança, mobilidade e ambientais. Um exemplo é a capacidade dos sistemas de sinalização de trânsito existentes de transmitir informações sobre fase e tempo de sinal,

ou SPaT (Signal Phase and Timing), para o veículo, como forma de ajudar no fornecimento de sugestões e avisos para o motorista, conforme mostra a Figura 8. A comunicação V2I

tem o potencial de lidar com outros 12% de tipos de colisão não abordados por comunicações V2V.^{37,38}

Figura 8. Comunicação V2I – Mensagem SPaT

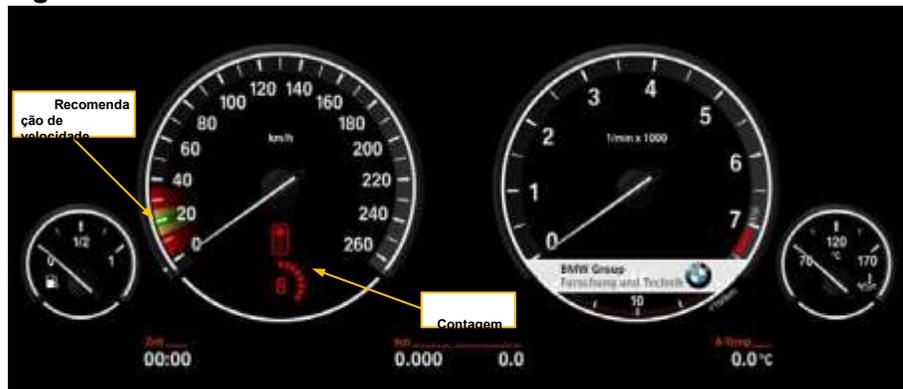


Fonte: www.its.dot.gov/strategic_plan2010_2014/.

A disponibilidade de dados CV oferecerá oportunidade para uma ampla variedade de aplicações dinâmicas e multimodais de gerenciamento de sistemas de transporte, visando um desempenho ideal.³⁹ Exemplos incluem um controle adaptativo de sinais, informações precisas e oportunas para viajantes, estratégias para redução do impacto de incidentes e maior confiabilidade de tempo de viagem na movimentação de transportes de passageiros e cargas. A implantação dessas estratégias depende da taxa de penetração no mercado dos veículos equipados com CV.

Dados V2I CV também podem reduzir de forma significativa os impactos ambientais de cada viagem. Viajantes informados podem decidir por rotas ecológicas para economizar tempo e custo de combustível. A disponibilidade de dados do veículo (localização e velocidade) e informações SPaT provenientes do sistema de sinalização são usadas para criar sugestões de velocidade que minimizem o consumo e as emissões de combustível. Um sistema experimental desenvolvido pela BMW como parte de um projeto de pesquisa exploratória avançada do USDOT oferece sugestões de velocidade a bordo, em tempo real, com base em informações SPaT provenientes dos sinais de tráfego. Uma interface do motorista exibe a condição do sinal de tráfego e a velocidade recomendada para um consumo mínimo de combustível (Figura 9).⁴⁰

Figura 9. Consultor de velocidade de bordo da BMW



Fonte: BMW, *Controle avançado de sinalização de tráfego*, Relatório final, preparado pelo Projeto de pesquisa exploratória avançada da FHWA.

Referências

1. Deeter, D., "Real Time Traveler Information Systems [Sistemas de informações em tempo real para viajantes], NCHRP Synthesis Report 399, Transportation Research Board, Washington DC, 2009.
2. FHWA, "What Have We Learned about Intelligent Transportation Systems [O que aprendemos sobre sistemas de transporte inteligentes]: Capítulo 4: ATIS," Washington, DC, 2000.
3. USDOT RITA, "Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, Deployment, and Lessons Learned Desk Reference" [Fonte de consulta de benefícios, custos, usos e lições aprendidas do ITS]: atualização 2011, relatório final FHWA-JPO-11-140, setembro de 2011.
4. USDOT RITA, "Deployment of ITS: A Summary of the 2010 National Survey Results" [Implantação do ITS: resumo dos resultados do levantamento nacional de 2010], relatório final, preparado pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, agosto de 2011.
5. SILVER Alert: <http://nationalsilveralert.org/silveralert.htm>
6. Sivak, M. e B. Schottle, "Recent Changes in the Age Composition of U.S. Drivers: Implications for the Extent, Safety and Environment Consequences of Personal Transportation" [Alterações recentes na faixa etária dos motoristas nos EUA: implicações de extensão, segurança e consequências ambientais do transporte pessoal], relatório UMTRI-2011-23, Universidade de Michigan, junho de 2011.
7. Fundação New Cities, "Connected Commuting: Research and Analysis on the New Cities Foundation Task Force in San Jose" [Passageiros conectados: pesquisa e análise da força-tarefa da Fundação New Cities], www.newcitiesfoundation.org/wp-content/uploads/New-Cities-Foundation-Connected-Commuting-Full-Report.pdf, 2012.
8. GHSA, "Distracted Driving: GHSA, "Distracted Driving: What Research Shows and What States Can Do" [Distrações na direção: o que a pesquisa mostra e o que os estados podem fazer], Washington, DC, 2011.
9. Deeter 2009.
10. FHWA 2000.
11. Rahman, M., S. C. Wirasinghe, e L. Kattan, "Users' Views on Current and Future Real-Time Bus Information Systems" [Visão dos usuários dos sistemas de informações em tempo real sobre ônibus, atuais e futuros], *Journal of Advanced Transportation*, 2012.
12. USDOT RITA, "Traveler Information Systems and Wayfinding Technologies in Transit

Systems" [Sistemas de informações para viajantes e tecnologias de localização], relatório FTA-MA-26-7998-2011.1, maio de 2011.

13. Ibid.

14. FHWA, "Advanced Parking Management Systems: FHWA, "Advanced Parking Management Systems: A Cross-Cutting Study" [Sistemas avançados de gerenciamento de estacionamentos: um estudo analítico], relatório FHWA-JPO-

07-011, janeiro de 2007.

15. Shoup, D., "The High Cost of Free Parking" [O alto custo do estacionamento gratuito], edição atualizada, American Planning

Association, Chicago, IL, 2011.

16. Mortazavi, A. et al., "Evaluation of Displaying Transit Information on Changeable Message Signs" [Avaliação da exibição de informações sobre trânsito em sinalizações de mensagens variáveis], relatório de pesquisa UCB-ITS-CWP-2009-2, Universidade da Califórnia, Berkeley, setembro de 2009.

17. ITS JPO Connected vehicle initiative:
www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicle.htm.
18. Nowakowski, C., et al., "Cooperative Adaptive Cruise Control: Testing Drivers' Choices of Following Distance" [Controle de velocidade de cruzeiro: teste da distância entre veículos selecionada por motoristas], Relatório de pesquisa do Programa PATH, da Califórnia, UCB-ITS-PRR-2010-39, UC Berkeley, novembro de 2010.
19. Tan H-S, et al, "Field Demonstration and Tests of Lane Assist/Guidance and Precision Docking Technology" [Demonstração de campo e testes de auxílio do tráfego em faixas/Orientação e precisão], Relatório de pesquisa do Programa PATH, da Califórnia, UCB-ITS-PRR-2009-12, janeiro de 2009.
20. Misener, J. A., et al., "Onboard Monitoring and Reporting for Commercial Motor Vehicle Safety" [Monitoramento e relatório de bordo para segurança de veículos motorizados comerciais], Relatório nº FMCSA-RRT-07-030, Federal Motor Carrier Safety Administration, Washington, DC, 2007.
21. Horrey, W. J., et al., "On-Board Safety Monitoring Systems for Driving: Review, Knowledge Gaps, and Framework" [Sistemas de bordo para monitoramento da segurança: análise, lacunas de conhecimento e âmbito], *Journal of Safety Research*, Volume 43 (1), pp 49–58, fevereiro de 2012.
22. Yang, H., K. Ozbay, e B. Bartin, "Effects of Open Road Tolling on Safety Performance on Freeway Mainline Toll Plazas" [Efeitos do pedágio do tipo estrada aberta no desempenho de segurança em praças de pedágio de faixas rodoviárias principais], 91ª Reunião Anual do TRB, Washington, DC, janeiro de 2012.
23. Gordin, E., J. Klodzinski, e C. Dos Santos, "Safety Benefits from Deployment of Open Road Tolling for Main-Line Toll Plazas in Florida" [Benefícios para a segurança oriundos da implementação do pedágio do tipo estrada aberta nas praças de pedágio de faixas de rodagem principais na Flórida], *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, nº 2229, Washington, DC, 2011.
24. PBS&J, "Removing Tollbooths Produces Major Safety Improvements" [A remoção de cabines de pedágio incrementa de forma significativa a segurança] *AASHTO Journal*, dezembro de 2009 www.aashtojournal.org/Pages/121109ortsafety.aspx
25. Shaheen 2012.
26. Shaheen, S. e A. Cohen, "Innovative Mobility Carsharing Outlook Carsharing Market Overview, Analysis, and Trends" [Inovação em mobilidade, um panorama do compartilhamento de veículos: mercado, análise e tendências], Transportation Sustainability Research Center, Universidade da Califórnia, Berkeley, 2012.
27. Larminie, J. e J. Lowry, "Electric Vehicle Technology Explained" [A tecnologia dos veículos elétricos explicada] Wiley, 2003.
28. International Energy Agency, "Technology Roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles" [Roteiro de tecnologia: veículos elétricos de conexão e híbridos], Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2009.
29. Agência Internacional de Energia, 2007.
30. Ibid.
31. Panorama dos sistemas PRT e links para sites sobre PRT. Mantido por J. B. Schneider. <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/prtquick.htm>. Acessado em dezembro de 2012.
32. Cottrell, W.D. e O. Mikosza, "New-Generation Personal Rapid Transit Technologies: Overview and Comparison" [Tecnologias de transporte rápido pessoal de nova geração], *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, nº 2042, Washington D.C., 2008, pp. 101–108.

33. Sistema PRT Mazdar www.2getthere.eu/
34. Ultra Global PRT, "*World's First and Largest Urban PRT System Announced*" [Anunciado o primeiro e maior sistema PRT urbano do mundo] Bristol, Reino Unido, dezembro de 2011.
35. Raney, S., J. Paxson, e D. Maymudes, "Design of Personal Rapid Transit Circulator for Major Activity Center:Hacienda Business Park, Pleasanton, California" [Projeto de circulação de transporte rápido pessoal para centros de grande atividade: Hacienda Business Park, Pleasanton, Califórnia], *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, nº 2006, Washington, DC, 2007.
36. ITS JPO, Sistemas de Segurança Integrada para Veículos www.its.dot.gov/ivbss
37. ITS JPO Connected Vehicle Initiative.
38. USDOT RITA, "*AASHTO Connected Vehicle Infrastructure Deployment Analysis*"[Análise da implementação da infraestrutura veicular conectada AASHTO], Relatório final FHWA-JPO-11-090, Washington, DC, junho de 2011.
39. Programa PATH da Califórnia, "*Investigating the Potential Benefits of Broadcasted Signal Phase and Timing (SPaT) Data under IntelliDrive*" [Investigação dos benefícios potenciais da divulgação de dados de fase e tempo de sinais de trânsito (SPaT) no âmbito do IntelliDrive], Relatório final, IntelliDrive Pooled Fund Study, Universidade da Virgínia, maio de 2011.

40. BMW of North America, "*Advanced Traffic Signal Control*" [Controle avançado da sinalização de tráfego], Relatório final, preparado pelo Projeto de pesquisa exploratória avançada da FHWA, julho de 2012.

Lista de siglas

ACC	Controle de velocidade de cruzeiro
Alerta AMBER	Desaparecidos nos EUA: Alerta de Transmissão para
AVL	Localização Automática de Veículos [Automatic Vehicle
APC	Contadores Automáticos de Passageiros [Automatic
BLIS	Sistema de Informação de Ponto Cego [Blind Spot
BRT	Ônibus de Trânsito Rápido [Bus Rapid Transit]
CACC	Controle Cooperativo de Velocidade de Cruzeiro
CCTV	Circuito Fechado de Televisão [Closed Circuit Television]
CMS	Placa de Mensagem Eletrônica [Changeable Message
CV	Veículos Conectados [Connected Vehicles]
DMS	Placa de Mensagem Dinâmica [Dynamic Message Sign]
DSRC	Comunicação Dedicada de Curto Alcance [Dedicated
ETC	Recebimento eletrônico de pedágio
EV	Veículo Elétrico
FCC	Comissão Federal de Comunicações [Federal
FTA	Administração Federal de Trânsito
FMCSA	Administração Federal de Segurança de
Sistema de	Sistema de Posicionamento Global [Global Positioning
HEVs	Veículos Híbridos Elétricos [Hybrid Electric Vehicles]
HOV	(Faixa para) Veículo de Alta Ocupação [High Occupancy
HOT	(Faixa para) Pedágio de Alta Ocupação [High
IVBSS	Sistema de Segurança Integrada para Veículos
MVDS	Sistema de Detecção por Microondas para Veículos
Alerta LEO	Alerta de baixo nível para agente da lei [Low
ORT	Pedágio do tipo estrada aberta [Open Road Tolling]
PHEVs	Veículos Híbridos Elétricos com Tomada [Plug-In Hybrid
PRT	Transporte Rápido Pessoal [Personal Rapid Transit]
RFID	Identificação de Frequência de Rádio [Radio Frequency
SMS	Serviço de Mensagens Curtas [Short Message Service]
TMC	Central de Gestão de Transporte
VAA	Assistência e Automação Veicular [Vehicle Assist and
V2I	Comunicação de Veículo para Infraestrutura [Vehicle to
V2V	Comunicação de Veículo para Veículo [Vehicle to