

Comunicação inter e intra veicular

Nathan Cirillo e Silva

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
nathan_cirillo@hotmail.com

Antonio César Galhardi

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
prof.galhardi@fatecjd.edu.br

Resumo - Os dispositivos embarcados, pela sua própria natureza, operam em tempo real, e, além disso, trabalham sob várias restrições de recursos do tipo: falta de espaço, peso, energia e limitações de custo impostas pela aplicação específica. Assim, métodos e ferramentas inovadoras são necessários para a análise em nível de sistema e modelagem não só para a previsibilidade e modularidade ao particionar funções ponto a ponto em tempo de design (e mais tarde, no tempo de integração de sistemas), mas também para fornecer orientação e apoio para o designer em um estágio mais cedo, onde os eletrônicos e as arquiteturas de software das linhas de produto são avaliados e selecionados. A avaliação crítica da arquitetura e a fase de seleção do processo de design, afeta profundamente o custo da linha do produto, desempenho e qualidade. O objetivo deste artigo é apresentar as características das principais aplicações de computação embarcada automotiva, os problemas das abordagens atuais e discute as novas tendências.

Palavras-chave: Computação embarcada automotiva, Redes de comunicação, Veículos Inteligentes.

Abstract - The embedded devices, by their nature, operate in real time, and furthermore, work under several resource constraints such as: lack of space, weight, power and cost constraints imposed by the specific application. Thus, innovative methods and tools are required for system-level analysis and modeling not only to predictability and modularity when partitioning point-to-point functions at design time (and later, in the time of system integration), but also to provide guidance and support to the designer at one stage earlier, where electronic and software architectures of product lines are evaluated and selected. A critical evaluation of the architecture and the selection phase of the design process, profoundly affects the cost of the product line, performance and quality. The purpose of this article is to present the main characteristics of automotive embedded computing applications, the problems of current approaches and discusses new trends.

Keywords: Automotive embedded computing, Communication networks, Smart Vehicles.

1. Introdução

A miniaturização dos computadores e os avanços da Tecnologia da Informação e Comunicação fez emergir uma gama de novas aplicações que envolvem a computação embarcada automotiva. Esses aplicativos tornaram-se acessíveis pela chegada recente de plataformas de propósito geral. A maioria dessas aplicações envolve a coleta, o processamento e a distribuição de dados através de sensores em um grande número de veículos. Nas últimas décadas, a computação tem impactado em muitas áreas da sociedade, e têm trazido aumento de eficiência, produtividade, segurança e muitos outros benefícios. Os veículos têm desfrutado de muitos aspectos dessa revolução, com inovações que vão desde o Controle Eletrônico de Estabilidade – ESC, nos veículos até o sistema de Controle e Gerenciamento de Tráfego Urbano - UTMC e o sistema de coleta de pedágio eletrônico na rede rodoviária. As recentes tendências em TIC apontam que um grande número de aplicações se tornarão viáveis em um futuro próximo. Em particular, aplicações que envolvem a comunicação entre veículos ao longo de uma rodovia. Então, o foco primário deste artigo é mostrar como essas tendências podem ser aplicadas no futuro.

2. Referencial Teórico

Para Weiser (1991) o termo computação ubíqua foi cunhado como uma área de pesquisa da Ciência da Computação, onde os computadores são usados em todo o ambiente, no cotidiano do homem. Outros termos relacionados têm sido empregados, como: computação sensível, computação pervasiva, computação ambiente, etc. Isso indica que à medida que os computadores reduzem de tamanho, são cada vez mais incorporados no ambiente. Desde então se observa que esta permeando cada vez mais com dispositivos inteligentes: construções inteligentes, carteiras inteligentes, além de outros dispositivos inteligentes que estão se tornando uma realidade. Do ponto de vista da computação ubíqua, todos os veículos, todos os semáforos, todas as pistas da estrada e todos os sinais de trânsito acabarão por se tornar nós endereçáveis na internet.

Um veículo moderno contém muitos microprocessadores que regulam vários aspectos do funcionamento do veículo, desde o sistema de trava antibloqueio até a unidade de CD. A unidade de gerenciamento do motor de um veículo (EMU) é responsável por monitorar dados de sensores ligados aos componentes do motor e por controlar atuadores como os que controlam a bomba de combustível. Alguns sistemas instalados pelos fabricantes utilizam CPUs de propósito geral para executar sistemas operacionais. Por exemplo: o sistema iDrive da BMW, uma interface de software que permite que o condutor interaja com o veículo, e para isso utiliza o VxWorks, um sistema operacional em tempo real.

Para Litman (2012) as unidades de navegação disponíveis no mercado estão se tornando cada vez mais populares, empregam tecnologia similar ao “*pay-as-you-drive*”, está sendo utilizada pelas seguradoras, que foi criada pela União Norwich, no Reino Unido e envolve uma “caixa preta” no interior do veículo que registra os parâmetros relacionados com a localização do veículo, esses parâmetros são enviados através de uma rede celular para a seguradora, de modo que o prêmio possa ser estabelecido, em função dos hábitos de percurso do veículo. Além disso, vários dispositivos vêm sendo propostos para a implementação de cobrança de usuários nas estradas, como o esquema de pedágio (HGV) na Alemanha (JUNG, 2005).

É concebível que, no futuro, os fabricantes de veículos construam veículos equipados com processadores de propósito gerais que possam ser compartilhados por todas essas aplicações, ao invés de CPUs exclusivas. De qualquer forma, no futuro, a

computação embarcada em veículos vai se tornar cada vez mais viável se a Lei de Moore (MOORE, 1965) continuar a funcionar.

As aplicações que poderiam compartilhar hardware comum hoje são geralmente implantadas isoladamente uma das outras, como por exemplo: as unidades de GPS que são utilizadas com uma gama de dispositivos de bordo: unidades de navegação, dispositivos de caixas-pretas usadas em seguros “*pay-as-you-drive*” e em certas implementações de cobrança dos usuários na estrada.

Os veículos modernos contêm uma vasta gama de sensores podem variar muito em termos de frequência de amostragem e na quantidade de dados que produzem. Alguns monitoram vários aspectos do funcionamento do motor, tais como termômetros e sensores de vazão de combustível. Outros participam em aplicações em nível dos motoristas, como sensores que detectam se uma porta está fechada, e sensores, que detectam a distância até o objeto mais próximo atrás do veículo.

No passado, cada sensor era conectado por meio de um cabo elétrico individual, isso deixava os veículos mais pesados, ocupando espaço e com padrões de difícil confiabilidade. Isto levou à adoção de uma abordagem baseada em barramentos (BUS), com a fiação compartilhada entre os sensores. Em meados dos anos 1980, o Controller Area Network (CAN) foi desenvolvido, derivado dos quais ainda estão em uso generalizado em veículos atuais (LEEN e HEFFERNAN, 2002). Os veículos podem conter múltiplos barramentos: talvez um barramento de baixa velocidade para a eletrônica de conforto e um barramento de alta velocidade para sistemas de tempo real que envolve, por exemplo, a gestão do motor.

Uma variedade de aplicações, algumas das quais já estão surgindo (DAVIES, BERESFORD e HOPPER, 2006):

- Rastreamento de ativos, uma entrega ou veículo de transporte pode ser rastreado e indicar sua posição geográfica e de estoque.
- Serviços baseados em localização podem incluir condições meteorológicas locais ou dados de tráfego, ou anúncios de empresas locais.
- Clima em tempo real. Da mesma forma, os veículos podem baixar observações meteorológicas e previsões atuais para a região local. Além disso, a rede pode reunir dados de veículos que contêm sensores meteorológicos e redistribuir os dados agregados de volta aos veículos interessados.
- Aplicações operação remota envolvem o funcionamento de dispositivos em um local remoto, como ligar o aquecedor antes de chegar a casa.
- Notificação de acidentes. Sistemas de bordo que detectam colisões e automaticamente notificam os serviços de emergência local, informam também a natureza da colisão, o que possibilita respostas mais rápidas.
- Agendamento de Jornadas. Um dispositivo pessoal que poderia sugerir de forma proativa não somente as rotas pelas quais poderíamos viajar, mas também os meios de transporte a utilizar. Estas recomendações podem ser derivadas da informação agregada que recebe de um tempo de viagem e do horário desses serviços.

A Automotive Multimedia Interface Collaboration (AMI-C, 2003) publicou normas para interfaces automotivas, o que permite uma grande variedade de aplicações que são principalmente orientadas para o entretenimento, tais aplicações tem se expandido para além de ouvir música e assistir filmes.

Varshney (2004) apresenta aplicações de comércio móvel, que envolve a compra de produtos e realiza outras transações comerciais, enquanto em movimento.

Day, Wu e Poulton (2006) apontam que uma unidade de navegação no veículo poderia receber uma transmissão das condições de tráfego atuais determinadas, por exemplo, através da agregação de dados do sensor recolhidos a partir de sensores do

veículo em estrada. Além disso, a unidade de navegação pode consultar de forma proativa um serviço de informações de congestionamento remoto sobre as estradas que considera incorporar em uma rota. Esse serviço pode coletar dados de veículos, e depois de processado para fornecer estimativas precisas de tempo de viagem em estradas particulares.

Gruteser e Grunwald (2003) demonstraram que perigos potenciais nas estradas poderiam ser detectados se os dados dos sistemas de frenagem de muitos veículos forem recolhidos. Quando um número substancial de veículos encontram-se freando bruscamente em um determinado local, este pode ser marcado como um perigo potencial.

Para Davies, Beresford e Hopper (2006), os históricos de localização de um grande número de veículos poderiam ser combinados e agregados para fornecer atualizações de mapas de estradas digitais em tempo real. Por exemplo, aberturas ou fechamento de estradas poderiam ser detectados e as informações entregues de volta para os veículos.

Papageorgiou e Kotsialos (2002) mencionam sistemas que coordenam o fluxo eficiente do tráfego através de um host da Internet conhecido, que denominaram como “*Slot Booking*”.

Para Mansley et al.(2004) os ocupantes dos veículos podem jogar games com os ocupantes de outros veículos ou participantes não móveis.

Para Harle e Beresford (2005) muitas implementações sugeridas para cobrança eletrônica de pedágios, taxas de congestionamento e precificação dinâmica, requerem que uma unidade no veículo mantenha o controle dos preços correntes, além de ser capaz de pagar em nome do condutor. Alternativamente, propõem uma implementação de “*peer-to-peer*” de taxas de congestionamento, envolvendo a comunicação entre veículos que preserve a privacidade dos usuários.

A “*Intersection Collision Avoidance*” é uma classe de aplicações de segurança que envolve a organização e a coordenação do movimento de tráfego, como a negociação entre os veículos que se aproximam de uma junção de estradas (DÖTZER et al., 2005).

Para compartilhar dados (processados ou não) com outros veículos, e obter dados de outros nós na Internet (que podem ser dos próprios veículos), comunicações sem fio extra-veiculares são obrigatórios.

Usando redes celulares quase onipresentes, como GSM, GPRS e UMTS, os veículos são capazes de se conectar a Internet, da mesma forma como os telefones móveis. Recentemente, com sistemas como o OnStar da General Motors, a comunicação bidirecional de e para veículos tornou-se disponível. O OnStar fornece a facilidade da porta de desbloqueio remoto e um sistema de detecção automática de acidentes que informa aos serviços de emergência a localização do veículo. As redes veiculares têm características específicas que as distinguem de outras classes de rede (NEKOVEE, 2005) e (LIU et al., 2004).

- Apesar das altas velocidades dos veículos, seus movimentos são limitados e sua mobilidade é, portanto, um pouco previsível. Os veículos apenas podem usar as estradas, que ocupam uma proporção relativamente pequena da superfície da Terra.

- Devido à mobilidade dos nós, os recursos energéticos são necessariamente limitados. No entanto, a energia é uma oferta mais abundante do que dispositivos alimentados por bateria. Veículos têm uma oferta abundante de combustível, e o consumo de energia devido à computação e equipamentos de comunicação tende a ser significativamente menor do que a energia consumida como resultado de outras operações dos veículos.

- Os veículos podem assumir ter um conhecimento exato da sua posição, por meio de um sistema de posicionamento global, ao ar livre, tal como o GPS, e também pode possuir um mapa rodoviário da área local.

Para Nadeem et al. (2004), as características das redes veiculares descritas anteriormente têm implicações importantes para as Vanets (uma classe particular de Manets onde os nós móveis são os veículos em circulação, nas estradas):

- As redes são altamente dinâmicas devido à mobilidade dos veículos. Os veículos que passam em uma autoestrada só podem estar dentro do alcance de comunicação durante segundos, e é por este motivo que os links de comunicação entre veículos são frequentemente estabelecidos e interrompidos.
- A densidade do tráfego nas estradas varia significativamente ao longo do dia, às vezes em algumas ordens de grandeza. Assim, em horários diferentes dos de pico, os veículos podem ser desconectados de outros veículos, se nenhum deles está dentro do alcance.

Blum, Eskandarian e Hoffman (2004) tentaram quantificar as diferenças na mobilidade em Vanets, em comparação com as Manets em geral, através de simulação. Eles estabeleceram que as redes veiculares experimentassem mudanças muito rápidas na topologia devido à velocidade elevada dos veículos.

A comunicação ponto-a-ponto é necessária em aplicações que envolvem a colaboração entre os veículos que não são necessariamente co-instalados. Houve muitos protocolos sugeridos para o encaminhamento de mensagens entre os nós em Manets. Eles podem ser classificados em três categorias: protocolos proativos, protocolos reativos e protocolos baseados em posição: os protocolos de roteamento proativos empregam estratégias clássicas, como o vetor de distância de roteamento ou o roteamento link-state. Estes protocolos são insatisfatórios para uso em Vanets uma vez que mantem o estado sobre os caminhos, esperando essa informação para permanecer relativamente constante ao longo do tempo, o que, em uma rede veicular não pode ser acontecer (FÜBLER et al., 2002).

Os protocolos reativos criam novas rotas para cada mensagem enviada, por isso não precisa armazenar o estado sobre os caminhos que não estão atualmente em uso. *Dynamic Source Routing* (DSR) é um protocolo de roteamento de origem, em que uma mensagem remetente especifica o caminho completo para o destino da mensagem (JOHNSON e MALTZ, 1996). Em contraste, as redes ad-hoc sob a demanda do algoritmo de vetor de distância (AODV) é um exemplo de roteamento de destino, que adota uma abordagem *hop-by-hop* (PERKINS e ROYER, 1999). Nós intermediários usam uma tabela look-up local para determinar qual nó deve transmitir uma mensagem. Em uma rede veicular, a abordagem de roteamento de destino é provável que se saia melhor do que o roteamento de origem, visto que a natureza dinâmica dos links de comunicação pode tornar um caminho especificado inválido antes que a mensagem chegue ao seu destino (WU et al., 2004).

Os protocolos baseados em posição consideram que os nós tem conhecimento sobre as suas localizações, que são periodicamente transmitidas para os nós vizinhos e registradas como um serviço local centralizado (FÜBLER et al., 2002). O roteamento pode ser realizado exclusivamente com base no deslocamento posicional dos vizinhos em relação ao nó de destino cuja localização foi observada no serviço de localização. Um exemplo bem conhecido de um protocolo baseado em posição é o *Greedy Perimeter Stateless Routing* – GPSR (KARP e KUNG, 2000). Este protocolo tenta mover uma mensagem de adiverz para com o seu destino. Quando um roteamento avido pode obter uma mensagem mais longe, ele é encaminhado ao redor do perímetro da região entre esse ponto e o destino.

A maioria dos protocolos de roteamento é comumente avaliada contra um modelo *random-waypoint*. No entanto, este não é apropriado para Vanets onde a mobilidade é muito mais fortemente restringida. (FÜBLER et al., 2002), pelo contrário, em

comparação ao DSR e GPSR simulou os movimentos dos veículos em um simulador de tráfego. Os seus resultados mostram que a abordagem baseada em posição executa melhor as comunicações que envolvem pouca distância.

Uma das hipóteses sobre as Vanets mencionadas anteriormente é que os veículos podem saber suas localizações e a topologia da estrada local; isso faz com que os protocolos baseados em posição sejam mais promissores para o roteamento em Vanets. Isto deu origem a uma série de variantes de protocolos de roteamento baseado em posição e adaptados especificamente para as características das redes veiculares.

Várias pesquisas sobre a comunicação veículo-estrada e veículo-veículo foram realizadas, embora haja poucos exemplos de implementações destes sistemas em escala significativa. Muitos dos principais fabricantes de veículos estão criando protótipos de veículos equipados com Wi-Fi (802.11a/b/g) e DSRC (dedicado a comunicações de curto alcance). Estas tecnologias são características esperadas na produção de veículos dentro de alguns anos. O DSRC é uma banda de rádio 5.9GHz que foi reservada especificamente para a comunicação inter-veicular. Isto vai de encontro com a norma 802.11p do IEEE para acesso sem fio em ambientes veiculares (onda). Esta tecnologia é considerada adequada para o uso em aplicações de segurança crítica (YIN et al., 2003).

O projeto de internet chamado Drive-Thru mostrou que o acesso à Internet de alta velocidade para os veículos na estrada via pontos de acesso 802.11b é viável (OTT e KUTSCHER, 2004). Um sistema semelhante chamado Mocca alcançou conquistas semelhantes (YIN et al., 2003). No entanto, Bergamo et al. (2003) apontam que o desempenho cai rapidamente na ausência de comunicação de linha de visão.

Murphy, Welsh e Frantz (2002) testaram a viabilidade do uso de Bluetooth para transferir dados entre veículos e pontos de acesso fixos. As suas conclusões são de que os veículos que circulam a 100 km/h podem se comunicar com o ponto de acesso por 18 segundos. Eles também propuseram alterações no protocolo Bluetooth para melhorar a sua aptidão para este tipo de aplicação.

Um sistema empregando ondas de rádio milimétricas tem sido sugerido por Kim et al. (2005). No entanto, como as frequências são elevadas, as distâncias de propagação são muito baixas em comparação com outras tecnologias de rádio, deste modo seriam necessárias estações de base nas estradas a cada 100 metros. Além do custo da implantação de um sistema desse tipo, há o desafio técnico de lidar de forma eficiente com o controle frequente que um veículo em movimento rápido exigiria.

Ribeiro (2005) comparou o uso de Wi-Fi, Wimax, mbwa e a tecnologia de comunicação 3G para verificar qual se mais adequava para criar uma rede veicular sem fio que se inclui estações bases. A diferença mais significativa entre Wi-Fi e Wimax foi encontrada na abrangência da área de cobertura, onde o Wimax possuía uma maior abrangência, visto que o Wi-Fi foi originalmente concebido apenas para uso interno. Além disso, as estações de base de Wi-Fi são mais restritas em termos do número de utilizadores que podem ser suportadas em um determinado momento. O Mbwa foi encontrado por ser muito semelhante ao Wimax, embora tenha sido projetado especificamente para uso móvel. Ainda Ribeiro sugere que o Wimax acabará substituindo a tecnologia celular 3G.

3. Método

O presente artigo pode ser classificado de acordo com a sua natureza, como uma pesquisa aplicada. Conforme a abordagem do problema caracteriza-se como Qualitativa. Por ter o objetivo de descrever as características de uma população ou fenômeno, ou estabelecer o relacionamento entre variáveis, caracteriza-se como descritiva. E de acordo com os seus procedimentos metodológicos caracteriza-se por: Pesquisa Bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica é uma etapa fundamental em todo trabalho científico que influenciará todas as etapas de uma pesquisa, na medida em que dá o embasamento teórico em que se baseará o trabalho. Consistem no levantamento, seleção, fichamento e arquivamento de informações relacionadas à pesquisa. É imprescindível para todo e qualquer trabalho científico. A pesquisa bibliográfica tem os seguintes objetivos: Fazer um histórico sobre o tema, atualizar-se sobre o tema escolhido, encontrar respostas aos problemas formulados, levantar contradições sobre o tema e evitar repetição de trabalhos já realizados.

4. Considerações finais

Algumas das aplicações descritas anteriormente envolvem a coordenação da computação para processar os dados dos sensores entre um grande número de veículos. Isso pode trazer novas concepções de aplicações desafiadoras. Especificamente, existem quatro desafios a serem enfrentados pelos designers de aplicativos:

1. Os veículos precisam de um meio de comunicação sem fio com outros veículos e com a Internet.
2. A mobilidade dos veículos significa que as características das ligações de comunicação irão variar ao longo do tempo. As aplicações devem ser capazes de se adaptar às mudanças na conectividade.
3. As aplicações terão metas que dizem respeito a toda a rede, em vez de veículos individuais específicos. Isto significa que o conjunto de veículos participantes não irá necessariamente ser conhecido antes da aplicação ser executada. As aplicações devem, portanto, ser capazes de se adaptar a qualquer recurso computacional disponível para executá-las em tempo de execução.
4. Uma rede, incluindo os computadores de bordo nos veículos será heterogênea. Os computadores participantes diferirão em termos de seus níveis de recursos computacionais, armazenamento, energia e comunicação. As aplicações devem fazer o uso mais eficiente possível desses recursos.

Os avanços tecnológicos em computação e comunicação significa que uma nova gama de aplicações que envolve a computação em veículos se tornarão viáveis. No futuro, a implementação dessas aplicações poderá ser estimulada pela existência de plataformas de computação de propósito geral em veículos. Essas plataformas podem ser fornecidas por fabricantes de veículos, a fim de evitar a redundância causada por aplicações isoladas, ou dispositivos que poderiam compartilhar o mesmo software ou hardware. Como alternativa, os fornecedores de dispositivos para veículos poderiam colaborar para fornecer interfaces entre seus dispositivos, que lhes permitam interagir. Em qualquer cenário, muitas novas aplicações tornam-se possíveis. Destas aplicações, as mais promissoras e ainda as mais difíceis de implementar são aquelas que envolvem a coleta, o processamento e a distribuição dos dados do sensor originários em veículos.

Nestas aplicações, os veículos se tornam plataformas de sensores e nós em uma rede de sensores sem fio em larga escala. Além disso, os diferentes sensores requerem uma variedade de tratamentos em termos de amostragem, de comunicações e armazenamento. Talvez o maior desafio envolvido na implementação de aplicações que fazem uso de dados do sensor veicular é projetá-los para operar de uma forma escalável. Aplicações deste tipo são geralmente mais eficazes quando usam dados de muitos veículos. Por exemplo, se os veículos operam em diferentes regiões geográficas, em seguida, a produção torna-se mais completa.

Além disso, usando mais veículos significa que mais dados estarão disponíveis, de modo que os erros aleatórios tornam-se menos significativos, podendo levar a uma maior precisão dos resultados. Assim, as aplicações devem ser capazes de lidar

simultaneamente com um grande número, talvez milhões, de veículos, a fim de maximizar a utilidade.

Uma aplicação que faz uso de dados do sensor veicular é o de geração automática de mapas de estrada, o qual envolve o uso de algoritmos de processamento de imagem e teoria dos grafos para processar conjuntos de traços localização em um mapa da rede rodoviária. Gerando rotas dessa maneira tem algumas vantagens sobre as técnicas de cartografia tradicionais. Por exemplo, a abertura de novas estradas e ao encerramento de estradas existentes podem ser refletidas no mapa em tempo real.

Embora esta aplicação envolva o processamento de um tipo particular de dados do sensor, a localização histórica, diferentes aplicações irão fazer uso de outros tipos de dados. Esses aplicativos também vão inferir informações de nível superior a partir de dados brutos de baixo nível. Aplicações mais complexas, tais como um sistema de gestão do tráfego urbano que aperfeiçoa a circulação de veículos de acordo com o tempo de viagem, os níveis de poluição e de congestionamento, poderiam ser implementadas ao longo de linhas similares.

A exigência para a escalabilidade desses aplicativos leva à questão de como organizar a coleta e o processamento de dados de sensores veiculares de uma maneira mais eficiente. Uma opção é um modelo centralizado, no qual todos os veículos transmitem os seus dados para um servidor fixo que realiza o processamento. No entanto, este sofre com problemas de um gargalo de comunicação e a presença de um único ponto de falha. Além disso, pode ser difícil para os veículos conseguirem comunicar os seus dados para um servidor central de forma barata e em tempo hábil. Em vez disso, uma abordagem de sistemas de distribuição que envolve menos comunicação pode ser preferível.

A abordagem tradicional de redes de sensores sem fio de programação espera que o programador decida qual processador deve executar o cálculo. Além disso, os recursos computacionais específicos e a infraestrutura de comunicação disponíveis na rede não podem ser conhecidos até em tempo de execução. Existem várias propostas de melhoria das técnicas de programação para redes de sensores sem fio. No entanto, estas abordagens são demasiadamente inflexíveis ou não suficientemente abstratas longe do conhecimento da rede em que a aplicação é para executar, por isso não são adequadas. Um país ou até mesmo uma rede do tamanho do planeta irá conter grandes quantidades de recursos computacionais, constituídos a partir de vários dispositivos individuais com características diferentes, e haverá muitos meios de comunicação a partir de um nó para outro. A seleção criteriosa de processadores e links de comunicação para usar é fundamental neste tipo de rede, pois o processamento pode ser muito caro em alguns processadores, e a transferência de dados pode ser muito cara em alguns links de comunicação. Este é um caso particular do problema geral de fazer uso eficiente dos recursos disponíveis.

Referências

AMI-C. (2003) AMI-C use cases. Disponível em: <http://www.ami-c.org/>. Acesso em: Janeiro de 2013.

BERGAMO, P. et al. IEEE802.11 wireless network under aggressive mobility scenarios. In: INTERNATIONAL TELEMETRY CONFERENCE ITC/USA, 2003, Las Vegas, NV, USA.

BLUM, J; ESKANDARIAN, A; HOFFMAN, L. Challenges of intervehicle *Ad Hoc* networks. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v.5, n.4, p.347-351, 2004.

DAVIES, J; BERESFORD, A; HOPPER, A. Scalable, distributed, real-time map generation. **IEEE Pervasive Computing**, v.5, n.4, p.47-54, 2006.

DAY, P; WU, J; POULTON, N. Beyond real time. **ITS International**, v.12, n.6, p.55-56, 2006.

DÖTZER, F. et al. Secure communication for intersection assistance. In: PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL WORKSHOP ON INTELLIGENT TRANSPORTATION, 2005, Hamburg, Alemanha.

FÜßLER, H. et al. A comparison of routing strategies for vehicular ad hoc networks. Technical Report TR-02-003, Department of Computer Science, University of Mannheim, 2002.

GRUTESER, M; GRUNWALD, D. Anonymous usage of location-based services through spatial and temporal cloaking. In: PROCEEDINGS OF 1ST ACM/USENIX INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE SYSTEMS, APPLICATIONS AND SERVICES (MOBISYS), 2003, San Francisco, CA, USA.

HARLE, R; BERESFORD, A. Keeping big brother off the road. **IEE Review**, v.51, n.10, p.34-37, 2005.

JOHNSON, D; MALTZ, D. **Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks**, v.353, p.153-181, Springer, US, 1996.

JUNG, S. HGV tolls in Germany: Innovative, environmentally friendly and fair. In: THE IEE ROAD TRANSPORT SYMPOSIUM, 2005.

KARP, B; KUNG, H. GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks. In: PROCEEDINGS OF THE 6TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMPUTING AND NETWORKING (MOBICOM '00), 2000, p.243-254, Boston, MA, USA.

KIM, H. et al. A radio over fiber network architecture for road vehicle communication systems. In: PROCEEDINGS OF THE 61ST IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE (VTC), 2005, v.5, p.2920-2924, 2005.

LEEN, G; HEFFERNAN, D. Expanding automotive electronic systems. **IEEE Computer**, v.35, n.1, p.88-93, 2002.

LITMAN, T. (2012) Distance-based vehicle insurance as a TDM strategy. Disponível em: <http://www.vtpi.org/dbvi.pdf>. Acesso em: Julho de 2014.

LIU, G. et al. A routing strategy for metropolis vehicular communications. In: PROCEEDINGS OF THE 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION NETWORKING, 2004, p.134-143, Springer.

MANSLEY, K. et al. Feedback, latency, accuracy: Exploring tradeoffs in location-aware gaming. In: SIGCOMM 2004 WORKSHOPS: PROCEEDINGS OF ACM SIGCOMM 2004 WORKSHOPS ON NETGAMES'04, 2004, p.93-97, Portland, Oregon, USA.

MOORE, G. Cramming more components onto integrated circuits. **Electronics**, v.38, n.8, p.114-117, 1965.

MURPHY, P; WELSH, E; FRANTZ, J. Using Bluetooth for short-term ad hoc connections between moving vehicles: A feasibility study. In: PROCEEDINGS OF THE 55TH IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE (VTC), 2002, v.1, p.414-418.

NADEEM, T. et al. Traffic View: Traffic data dissemination using car-to-car communication. **Mobile Computing and Communications Review**, v.8, n.3, p.6-19, 2004.

NEKOVEE, M. Sensor networks on the road: The promises and challenges of vehicular ad hoc networks and grids. In: WORKSHOP ON UBIQUITOUS COMPUTING AND E-RESEARCH, 2005, Edinburgh, Scotland.

OTT, J; KUTSCHER, D. Drive-Thru Internet: IEEE 802.11b for "automobile" users. In: PROCEEDINGS OF THE 23RD ANNUAL JOINT CONFERENCE OF THE IEEE COMPUTER AND COMMUNICATION SOCIETIES (INFOCOM), 2004, v.1.

PAPAGEORGIOU, M; KOTSIALOS, A. Freeway ramp metering: An overview. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v.3, n.4, p.271-281, 2002.

PERKINS, C; ROYER, E. Ad-hoc on-demand distance vector routing. In: PROCEEDINGS OF THE 2ND IEEE WORKSHOP ON MOBILE COMPUTING SYSTEMS AND APPLICATIONS (WMCSA '99), 1999, p.90-100, New Orleans, LA, USA.

RIBEIRO, C. Bringing wireless access to the automobile: A comparison of Wi-Fi, WiMAX, MBWA and 3G. In: PROCEEDINGS OF THE 21ST ANNUAL RENSSELAER AT HARTFORD COMPUTER SCIENCE CONFERENCE, 2005.

VARSHNEY, U. Vehicular mobile commerce. **IEEE Computer**, v.37, n.12, p.116-118, 2004.

WEISER, M. The computer for the twenty-first century. **Scientific American**, v.265, n.3, p.94-104, 1991.

WU, H. et al. MDDV: A mobility-centric data dissemination algorithm for vehicular networks. In: PROCEEDINGS OF THE 1ST ACM INTERNATIONAL WORKSHOP ON VEHICULAR AD HOC NETWORKS (VANET'04), 2004, p.47-56, Philadelphia, PA, USA.

YIN, J. et al. Mobile internet access in FleetNet. In: 13. FACHTAGUNG KOMMUNIKATION IN VERTEILTEN SYSTEMEN: KURZBEITRÄGE, PRAXISBERICHTE UND WORKSHOP E-LEARNING, 2003, p.107-118, Leipzig, Germany.