

USP - Universidade de São Paulo
ICMC – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

**Avaliação de rotas e hábitos para otimizar a disseminação
de mensagens oportunísticas em VANETs**

**Plano de pesquisa encaminhado a
FAPESP - Fundação de Amparo à
Pesquisa do Estado de São Paulo.**

***Bolsista:* João Batista Ribeiro**

***Orientador:* Prof. Dr. Edson dos Santos Moreira**

**São Carlos - SP, Brasil
Junho/2014**

Resumo

Usuários móveis que precisam se comunicar experimentam momentos de ampla conectividade com a internet e momentos de nenhuma conexão. A PSN foi pensada para solucionar este problema, mediante a encontros oportunos (redes oportunistas) para transmitir os dados. Faz uso de contatos sociais humanos e dispositivos móveis em seus bolsos. Outro tipo de rede (em um contexto veicular) que faz uso dos contatos oportunos são as VANETs. Nelas, a comunicação pode ser feita entre veículos ou equipamentos fixos na margem da estrada. Neste projeto, esperamos analisar a possibilidade de utilização de modelos de encontros oportunistas desenvolvidos para PSN e sua adaptação para veículos, a fim de verificar se o padrão de encontros verificado em projetos PSN pode ser adaptado para ambientes de VANETs.

Palavras-chaves: Vehicular Ad hoc Networks, Pocket Switched Networks, Redes Oportunistas, Intelligent Transportation Systems.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	Objetivos	5
1.2	Justificava	5
2	FUNDAMENTOS	6
2.1	Delay tolerant network	6
2.2	Pocket switched network	7
2.3	Intelligent transportation systems	11
2.4	Vehicular ad hoc networks	11
2.5	Padrões de deslocamento humano	15
3	TRABALHOS RELACIONADOS	16
4	METODOLOGIA E CRONOGRAMA	17
	Referências	18

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ilustração do roteamento oportunístico	8
Figura 2 – Ilustração do algoritmo Bubble Rap	10
Figura 3 – VANET - modelo simplificado	12

Lista de tabelas

Tabela 1 – Cromograma do projeto dividido em faixas de tempo	17
--	----

1 Introdução

Usuários da rede mundial de computadores, com inclusão de dispositivos da computação ubíqua buscam estar conectados a todo momento. Em função da mobilidade, estes usuários experimentam momentos de falta de cobertura pelas redes. Deste modo a conexão em conjunto com a mobilidade é de suma importância para estes usuários. A intermitência da conexão é um problema que promoveu o aparecimento de soluções como a *Pocket Switched Networks* (PSN) (SASTRY; SOLLINS; CROWCROFT, 2009; SASTRY et al., 2011; HUI et al., 2005).

A PSN foi projetada como um meio de transportar dados através de contatos sociais humanos, trocando dados mediante conexões oportunas. Utiliza dos dispositivos móveis (em bolsos, os *pockets*) para a construção de um caminho de dados ou uma rede, onde os nós intermediários armazenam dados em nome do remetente a fim de chegar ao destino (SASTRY et al., 2011).

Outro cenário de redes que precisam lidar com o problema da conectividade, só que agora no contexto veicular é o da *Vehicle Area Network* (VAN). As VANs têm características limitantes, como o pouco tempo de contato entre veículos o que pode comprometer eficiência da comunicação (RUBINSTEIN et al., 2009).

Neste contexto surgiu a *Vehicular Ad hoc Network* (VANET), um tipo específico de rede *ad hoc* que tem por objetivo dar suporte ao motorista. Os veículos pertencentes a uma VANET podem se comunicar entre si ou com equipamentos na margem da estrada e assim trocar dados/informações (FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011).

A infraestrutura de transporte está saturada, devido ao crescente número de veículos, o que resulta em vários problemas (e.g., congestionamentos). Problemas que motivaram pesquisas na área de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS - *Intelligent Transportation Systems*) (BERSFORD; BACON, 2006; FIGUEIREDO et al., 2001). Os ITS fazem uso de comunicação, sistemas de informação, e várias tecnologias de modo a resolver problemas de transporte e assim aumentar a eficiência do tráfego (FIGUEIREDO et al., 2001).

Os usuários de dispositivos móveis e portáteis, através da mobilidade, se encontram oportunisticamente, fato explorado pela PSN. Os veículos pode carregar estes usuários, e também se

encontram oportunisticamente. Deste cenário surge questões sobre os padrões de deslocamento dos veículos e dos usuários. Este trabalho se propõe a examinar e analisar a possibilidade de utilização da PSN e seus algoritmos em contexto veicular (VANETs).

1.1 Objetivos

Neste projeto, esperamos analisar a possibilidade de utilização de modelos de encontros oportunistas desenvolvidos para *Pocket Switched Network* e sua adaptação para veículos. A ideia é verificar se o padrão de encontros (tempo de contato, quantidade e tipo de encontros, etc.) verificado em projetos PSN pode ser adaptado para ambientes de *Vehicular Ad hoc Networks*. Os principais resultados esperados deste projeto:

- estudo comparativo de encontros oportunistas entre pessoas e veículos;
- elaboração (adaptação) de algoritmos de troca de mensagens oportunistas para veículos;
- implementação de um servidor de processamento de rotas e hábitos e disponibilização para que aplicações genéricas possam compartilhá-los;
- criação de ambiente de testes para validação dos resultados.

1.2 Justificava

A partir do encontro oportunístico entre veículos e usuários de dispositivos móveis e portáteis (os *pockets*), surge o estudo sobre os padrões de deslocamento da mobilidade humana, enquanto usuários destes *pockets* e de veículos. Com estudo e a elaboração/adaptação de um algoritmo de roteamento de forma produtiva e eficiente, cria-se um novo cenário a ser explorado. Neste novo cenário um veículo é um nó na rede, assim como os dispositivos portados pelos usuários. Assim veículos e *pockets* trabalham em conjunto para rotear as mensagens até seu destino. Com os veículos como nós na rede tem-se algumas vantagens em relação aos *pockets*, que devem ser aproveitadas no roteamento, tais como a alta velocidade de deslocamento, maior capacidade de armazenamento, maior quantidade energia disponível, rotas ou áreas pré-definidas para deslo-

camento e uma ampla quantidade de encontro oportunos entre si (e.g., no trânsito, no estacionamento). Por outro lado os *pockets* também tem algumas vantagens em relação aos veículos, como, e.g., ir a locais (através da mobilidade humana) que os veículos não conseguem ir. Com um algoritmo para este cenário, levando em conta todas estas vantagens características de cada um, resulta em um roteamento eficiente e no aproveitamento de forma produtiva dos encontro oportunos entre veículos e usuários dos *pockets*. Assim esse roteamento pode ser utilizado para diversos fins, como segurança, entretenimento, comunicação e ofertas de vendas.

2 Fundamentos

2.1 Delay tolerant network

Em uma rede tolerante a atrasos (DTN - *Delay Tolerant Network*), os nós estão conectados intermitentemente e novos nós de conexão são, em sua maioria, desconhecidos. Um caminho conectando a origem ao destino (fim-a-fim) é pouco provável que exista. DTNs são redes sem fios, com alta mobilidade e baixa densidade de nós, o que torna o roteamento nestas redes um problema desafiador (JAIN; FALL; PATRA, 2004; BULUT; GEYIK; SZYMANSKI, 2010).

Com advento das DTNs, o paradigma *store-carry-forward* tem sido amplamente aplicado para roteamento. Nele o nó armazena uma mensagem que tiver em um *buffer* até encontrar um outro nó, assim avalia este nó e se for útil transfere a mensagem para ele. Deste modo a mensagem fica dependente do encaminhamento oportunista e dos encontros oportunos (BULUT; GEYIK; SZYMANSKI, 2010).

Em contatos oportunos, os dispositivos trocam dados utilizando protocolos de curto alcance a fim de alcançar o destino desejado. Assim, o caminho da origem ao destino é construído ao longo do tempo e consiste de uma cadeia de nós intermediários. Tais nós transportam altruisticamente dados/mensagens do remetente em vários momentos antes do destino recebê-los (SASTRY et al., 2011).

As Redes tolerante a atrasos são úteis no cenário de redes para dispositivos (móveis e por-

táteis) transportados pelos usuários. Neste cenário, os usuários movem-se entre ilhas de conectividade (e.g., *Wifi* em casa e no trabalho). Fora destas ilhas, a conectividade fim-a-fim se torna onerosa, lenta, ou simplesmente indisponível. Além disso, muitos serviços de comunicação dependem de acesso a recursos centralizados (e.g., DNS - *Domain Name System*). Isso impede, e.g., que dois usuários sentados um ao lado do outro de trocar dados facilmente (HUI et al., 2005).

2.2 Pocket switched network

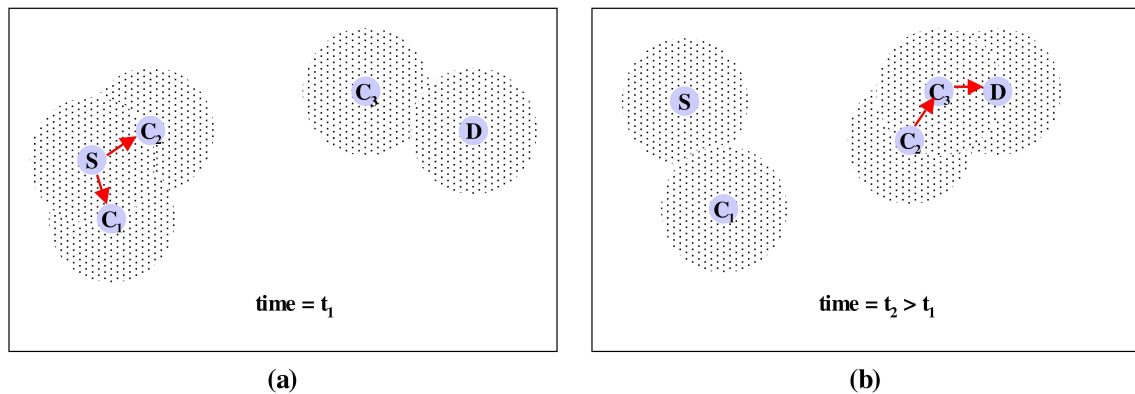
A computação ubíqua (e.g., *smartphones*, *tablets*) tem como objetivo final fornecer aos usuários uma maneira de computar, a qualquer hora e em qualquer lugar, de tal forma que pode-se utilizar sistemas computacionais sem sequer pensar sobre eles (WEISER, 1991). A computação ubíqua na rotina diária tem tornado os usuários cada vez mais dependente de acesso à rede mundial de computadores.

Os dispositivos (e.g., *smartphones*, *tablets*) possibilitam a mobilidade dos usuários. Tal mobilidade aliada a necessidade de estar conectado o tempo todo faz com que os usuários experimentem momentos de ampla conectividade com a internet até momentos de nenhuma conexão. A *Pocket Switched Network* (PSN) (HUI et al., 2005) surge como uma abordagem para solucionar este problema de conectividade. A PSN cai sob o espaço mais geral das redes tolerantes a atrasos (DTNs), que visam permitir a comunicação na ausência de conectividade fim-a-fim.

De modo a explorar a mobilidade humana e sua conectividade local/global a *Pocket Switched Network* foi projetada/pensada. Tem como objetivo transferir dados entre dispositivos móveis dos usuários em locais de falta de conexão (e.g., infraestrutura danificada ou indisponível). O paradigma foi proposto como um meio de transportar dados através de contatos sociais humanos. Partindo da ideia que a capacidade de armazenamento dos dispositivos móveis aumenta, e o suporte para protocolos de transferência de dados de curto alcance (e.g., *Bluetooth*) se tornam mais predominantes (HUI et al., 2005; CHAINTREAU et al., 2005). A PSN utiliza uma combinação de rede local sem fio e o uso da mobilidade humana para estender a funcionalidade da rede e assim incluir cenários onde a conexão à infraestrutura de acesso não está disponível.

A *Pocket Switched Network* trabalha de modo *store-carry-forward*. Assim os nós intermediários armazenam dados em nome do remetente e os levam para uma oportunidade de contato, de modo a alcançar seu destino final (SASTRY et al., 2011). A troca de dados na PSN é viabilizada mediante conexões oportunas (conceito de redes oportunistas) entre os dispositivos móveis portados pelos usuários. A rede ou caminho de dados é construído utilizando os dispositivos que usuários carregam em seus bolsos (*pockets*) (HUI et al., 2005; CHAINTREAU et al., 2005).

Figura 1 – Ilustração do roteamento oportunístico



Fonte: (VAHDAT; BECKER, 2000)

A Figura 1 ilustra o funcionamento do roteamento oportunístico. Na Figura 1 (a), uma fonte, S , deseja enviar uma mensagem para um destino, D , mas não existe nenhum caminho disponível (i.e., conectividade fim-a-fim de S para D). Assim S transmite sua mensagem para seus dois vizinhos, C_1 e C_2 , em área de comunicação direta. Algum tempo depois, como mostrado na Figura 1 (b), C_2 entra no alcance da comunicação direta com outro nó, C_3 , e transmite a mensagem para ele. Por fim, C_3 tem alcance direto com D e, finalmente, envia a mensagem para o seu destino.

A partir do paradigma da *Pocket Switched Network*, alguns algoritmos de roteamento foram desenvolvidos, *Epidemic* (VAHDAT; BECKER, 2000), *Bubble Rap* (HUI; CROWCROFT; YONEKI, 2008), *PeopleRank* (MTIBAA et al., 2010) e *Lobby Influence* (KHAN; MONDRAGON; TOKARCHUK, 2012).

O algoritmo *Epidemic* se baseia na distribuição transitiva de mensagens. Cada nó mantém um *buffer* consistente de mensagens próprias, bem como de outros nós. Uma tabela de *hash* é utilizada, com uma chave única para cada mensagem e um vetor de *bits* (*summary vector*)

indicando quais entradas na tabela estão ocupadas (VAHDAT; BECKER, 2000).

Quando dois nós entram em alcance de comunicação, o nó com menor identificador inicia uma sessão (*anti-entropy session*) com o outro nó. Nela os nós trocam seus *summary vector* para determinar quais mensagens armazenadas remotamente não foram vistas pelo nó local. Em seguida cada nó solicita cópias das mensagens que ainda não tinha visto. Ao receber as mensagens o nó tem total autonomia para decidir se aceita ou não a mensagem. O nó pode, por exemplo, recusar mensagens acima de determinado tamanho (VAHDAT; BECKER, 2000).

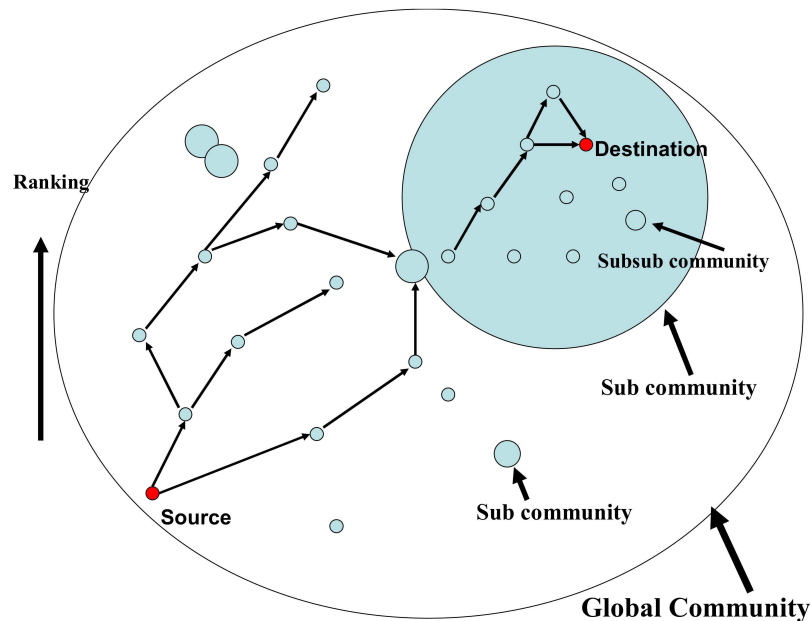
Para evitar conexões redundantes, cada nó mantém um *cache* de nós que teve contato recentemente. A *anti-entropy session* não é reiniciada com nós que foram contatados dentro um período de tempo determinado (VAHDAT; BECKER, 2000).

O algoritmo *Bubble Rap* utiliza conhecimento da estrutura da comunidade com o conhecimento do nó para tomar decisões sobre o encaminhamento/roteamento. Em primeiro lugar, as pessoas têm diferentes papéis/funções e popularidades na sociedade, que devem ser verdade também na rede. Cada nó pertence a pelo menos uma comunidade e tem um *ranking* global através de todo o sistema, e também um *ranking* local para cada comunidade que pertence. Como cada nó pode pertencer a várias comunidades, assim pode ter vários *rankings* locais (HUI; CROWCROFT; YONEKI, 2008).

A primeira parte da estratégia de encaminhamento é transmitir mensagens para os nós que são mais populares (maior *ranking*) do que o nó atual. Também leva em conta que as pessoas formam comunidades em suas vidas sociais. A segunda parte da estratégia de encaminhamento é identificar os membros das comunidades de destino, utilizando eles como *relays* (HUI; CROWCROFT; YONEKI, 2008).

A Figura 2 ilustra o encaminhamento feito pelo algoritmo *Bubble Rap* em uma comunidade plana. Um nó, *S*, tem uma mensagem destinada a outro nó, *D*. O nó *S* utiliza o *ranking* global para encaminhar a mensagem até chegar a um nó que pertença a mesma comunidade que o nó de destino. Em seguida, é utilizado o *ranking* local para encaminhar a mensagem até que o destino seja alcançado ou a mensagem expire. Este método não requer que cada nó saiba o *ranking* de todos os outros nós do sistema, mas apenas seja capaz de comparar o seu *ranking* com o do nó encontrado (HUI; CROWCROFT; YONEKI, 2008).

Figura 2 – Ilustração do algoritmo Bubble Rap



Fonte: (HUI; CROWCROFT; YONEKI, 2008)

Outro algoritmo, o *PeopleRank* tem por base que nós mais populares (em um contexto social) são mais adequados para encaminhar mensagens para um determinado destino, uma vez que nós populares são mais propensos a encontrar outros nós na rede. É utilizada uma técnica para classificar os nós com base em sua posição em um gráfico social. Este *ranking* é um guia para as decisões de encaminhamento (MTIBAA et al., 2010).

No algoritmo *PeopleRank* um nó u encaminha dados/mensagens para um nó v , se a classificação de v for melhor do que a de u . Para alcançar um equilíbrio entre o encaminhamento com base social e o encaminhamento oportunista, é utilizado um fator de amortecimento que decide o percentual sobre cada encaminhamento (MTIBAA et al., 2010; MTIBAA; MAY; AMMAR, 2012).

Por fim, O algoritmo *Lobby Influence*, que utiliza tanto a popularidade de um nó quanto a popularidade de seus vizinhos. Este baseia-se na observação de que aparentemente nós não populares poderiam ter um alto grau de vizinhos populares e são, portanto, bons candidatos para transmitir informações. Esses nós podem ajudar a entregar mensagens para os destinos pretendidos e reduzir a sobrecarga de comunicação (KHAN; MONDRAGON; TOKARCHUK, 2012).

A decisão de encaminhamento não depende apenas da popularidade do nó (como no *Bubble Rap*), mas também da força das relações de vizinhança. Assim o algoritmo permite que nós populares transmitir mensagens para nós menos populares, desde de que tal tenha uma forte relação de vizinhança na rede atual. Também ajuda a aliviar a pressão sobre os nós mais populares (KHAN; MONDRAGON; TOKARCHUK, 2012).

2.3 Intelligent transportation systems

Atualmente a infraestrutura de transporte está saturada, devido ao crescente número de veículos nas últimas cinco décadas, principalmente em áreas urbanas. Os resultados são congestionamentos, acidentes, atrasos no transporte e uma grande quantidade de emissões de poluentes. Estes problemas motivaram pesquisas na área de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS - *Intelligent Transportation Systems*) (BERESFORD; BACON, 2006; FIGUEIREDO et al., 2001; CASTEIGTS; NAYAK; STOJMENOVIC, 2011).

Os Sistemas de Transporte Inteligente fazem uso de comunicação, sistemas de informação, sensoriamento, processamento de sinais e tecnologias eletrônica de modo a resolver problemas de transporte (e.g., o congestionamento, a falta segurança, a pouco eficiência do transporte, conservação do meio ambiente). Assim tem por objetivo proporcionar segurança, conforto aos passageiros e aumentar a eficiência do tráfego (FIGUEIREDO et al., 2001).

2.4 Vehicular ad hoc networks

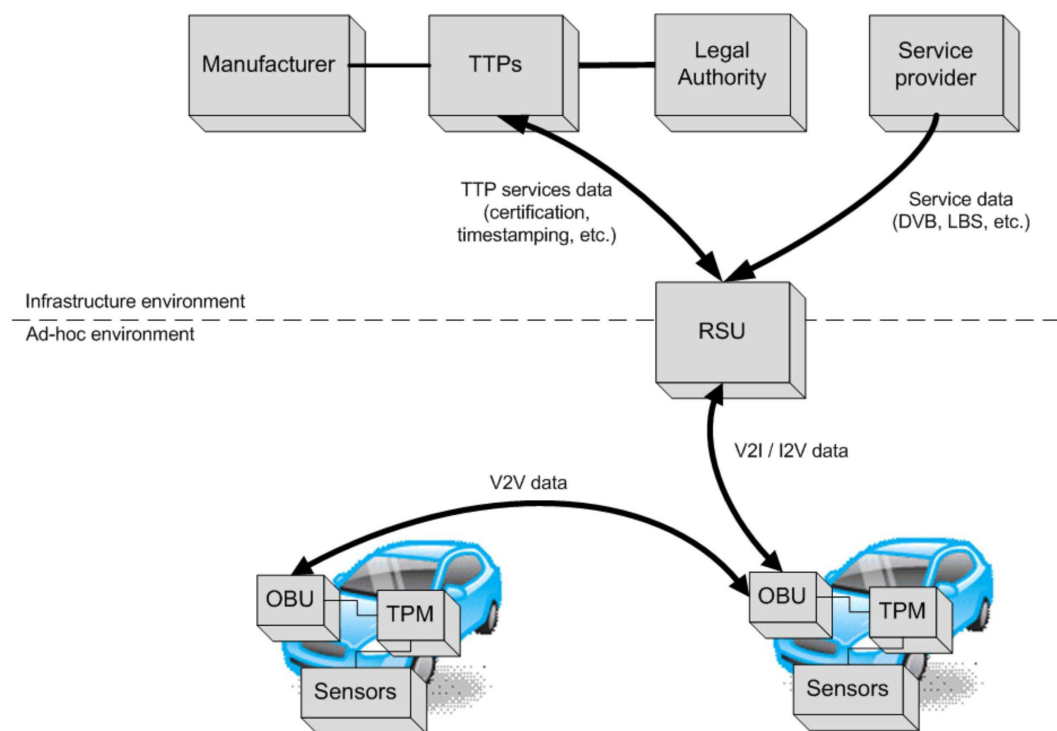
A incorporação de tecnologias ubíquas e interfaces de comunicação sem fio em veículos concedeu-lhes a capacidade de se comunicar entre si e com o ambiente em que estão inseridos, o que se convencionou chamar de *Vehicle Area Network* (VAN) (FAEZIPOUR et al., 2012). O alcance da comunicação de uma VAN está delimitado a uma distância em torno de um veículo que está em movimento. Os dispositivos que estão sobre a cobertura de uma VAN podem estabelecer uma comunicação a fim transmitir dados a qualquer outro dispositivo integrante da rede.

Neste contexto está inserido um tipo específico de rede *ad hoc* chamado *Vehicular Ad hoc NETWORK* (VANET), onde os veículos são nós móveis da rede. As VANETs, assim como na

PSN, trocam informação aproveitando contatos oportunos (redes oportunas), além de serem consideradas um tipos específico de rede *ad hoc*, a MANET (*Mobile Ad hoc NETwork*). O objetivo principal das VANETs é de apoiar os ITS, assim dar suporte/apoio ao motorista (FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011).

A Figura 3 mostra um esquema típico de VANETs. Veículos pertencentes a uma VANET podem se comunicar diretamente entre si, em um modelo veículo com veículo (V2V - *Vehicle-to-Vehicle*) ou com equipamentos fixos na margem da estrada (V2I - *Vehicle-to-Infrastructure*) para obter algum serviço. Esta infraestrutura é assumida a ser localizada ao longo das estradas. Promover uma comunicação sem fio eficiente para estes modelos é um desafio e uma questão essencial para com os sistemas de transporte inteligente (FAEZIPOUR et al., 2012; FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011).

Figura 3 – VANET - modelo simplificado



Fonte: (FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011)

Do ponto de vista de uma VANET, os veículos são equipados com três dispositivos diferentes. Em primeiro lugar são equipados com uma unidade de comunicação *On-Board Unit* (OBU), que permite comunicação V2V e V2I. Segundo, um conjunto de sensores (*sensors*) para medir o seu próprio estado (e.g., consumo de combustível) e o ambiente (e.g., estrada escorregadia). Es-

tes dados sensoriais podem ser compartilhados com outros veículos de modo aumentar a consciência na rodovia e assim melhorar a segurança no trânsito. E por fim, um *Trusted Platform Module* (TPM), dispositivo que oferece armazenamento e computação confiável (FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011).

Os fabricantes (*Manufacturers*) são considerados dentro do modelo VANET, por identificarem exclusivamente cada veículo. A autoridade legal (*Legal Authority*) é relacionada a duas tarefas principais, registo de veículos e relatórios de ofensa. Já o *Trusted Third Party* (TTP) oferecem diversos serviços como gerenciamento de credenciais e *timestamping*. Os fabricantes e as autoridades legais estão relacionados com TTP por eventualmente precisarem de seus serviços (e.g., para a emissão de credenciais eletrônicas). Os prestadores de serviços (*Service Providers*) oferecem serviços que podem ser acessados através da rede (e.g., serviços baseados em localização) (FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011).

A informação contextual, obtida através dos sensores, pode ser utilizada para melhorar a comunicação e, conseqüentemente, a qualidade da experiência que os utilizadores podem ter a partir da infraestrutura existente na *Next Generation Network* (NGN). Uma NGN é essencialmente uma rede baseada em IP que permite que qualquer categoria de clientes receba uma ampla gama de serviços, tais como voz, dados e vídeo através da mesma rede (DHARWADKAR; MASOOD, 2007).

O intercâmbio de dados contextual demonstra um alto potencial de tornar os sistemas de transporte mais seguro (e.g., um *driver*/motorista assistente que ajuda na prevenção de acidentes) e melhorar as possibilidades de entretenimento (e.g., receber ofertas de restaurantes que estão ao longo do caminho da viagem) (CONTI et al., 2010; MAPP et al., 2009).

Existem algumas questões relacionadas com a troca de dados em redes veiculares que ainda carecem de respostas. É necessário, e.g., investigar o que um veículo deve transmitir durante os encontros, como compartilhar informações de forma adaptativa e personalizada para usuários específicos, e como embalar os dados para promover a transmissão de forma eficiente, uma vez que os veículos têm um curto tempo de contato (FAEZIPOUR et al., 2012).

As *Vehicular Ad hoc Networks* tem outras características limitantes, como a velocidade de tráfego, bem como a forma de deslocamento dos veículos, o que pode comprometer a eficácia e

a eficiência da comunicação (RUBINSTEIN et al., 2009). Com tantos dados/informações sendo transmitidos pelas VANETs, também é necessário ter segurança e privacidade durante a comunicação, um cenário amplo de trabalho (FUENTES; GONZÁLEZ-TABLAS; RIBAGORDA, 2011).

Para um padrão de deslocamento em um contexto veicular é necessário analisar algumas questões, tais como o horário de pico, a mobilidade alcançada em um dia, o desempenho dos veículos na rodovia e a presença de veículos pesados/grandes na rodovia (RESENDE PAULO; SOUSA, 2009).

O movimento dos veículos é limitado pela estrutura rodoviária (delimita locais onde o veículo consegue se locomover), além de se movimentar em função dela (e.g., se tem boas pistas ou não, se tem uma pista ou duas, se tem muitos cruzamentos ou poucos) e das leis de trânsito (e.g., velocidade máxima permitida, regras de condução). Assim a mobilidade veicular está ligada diretamente com a roda. A velocidade de um veículo também é baseada em função da velocidade dos outros veículos na rodovia, podendo aumentar ou diminuir sua velocidade e também mudar de pista para evitar um congestionamento (MAHAJAN et al., 2006).

Em relação ao padrão de deslocamento ou mobilidade os tipos/perfis de carros diferem entre si. Pode-se caracterizar os veículos em alguns tipos básicos, táxi, ônibus, veículo particular ou de passeio e veículos pesados (caminhões) para transporte de carga. Os ônibus tem uma cobertura espacial e temporal limitada, ou seja, movem-se ao longo das rotas fixas durante um determinado período de tempo, o que implica e um forte padrão de mobilidade. O que pode ser muito útil para o roteamento, dado que a mobilidade dos ônibus (nós na rede) é de alguma forma previsível. Dada uma área de destino de uma mensagem, os ônibus cujas rotas cruzar com esta área deve ser preferido para roteamento da mensagem (ZHANG; YU; PAN, 2014; ZHANG et al., 2012).

O padrão de mobilidade dos táxis é mais diversificado que o dos ônibus, com uma maior cobertura espacial e temporal. A mobilidade de um táxi é afetada por dois fatores, as demandas dos clientes e os hábitos de condução do motorista. Se um táxi está ocupado por algum cliente, a mobilidade é determinada, principalmente, pelo destino do cliente. O motorista pode escolher o caminho mais curto ou um caminho com menos congestionamento. Se o táxi não está ocupado,

a mobilidade depende dos hábitos de condução do motorista e da preferência de busca por novos clientes (ZHANG; YU; PAN, 2014; ZHANG et al., 2012).

A mobilidade dos caminhões é determinada, principalmente, pelo destino da carga e pelas preferências de rotas do motorista. Para os veículos de passeio o padrão de mobilidade é bem diversificado, movendo-se para qualquer lugar que o motorista desejar, assim a mobilidade é determinada em função de onde o motorista deseja ir, seja para casa de um amigo ou para o trabalho. Os veículos de passeio tem algumas rotas com destino e horários pré-definidos (e.g., ir para o trabalho, levar as crianças para escola) e outras esporádicas (e.g., visitar um amigo, ir ao supermercado) (CUNHA et al., 2014).

2.5 Padrões de deslocamento humano

A mobilidade é espada de dois gumes, por um lado apresenta um problema desafiador em manutenção da conexão e por outro propicia os encontro oportunos que podem ser explorados por várias redes oportunísticas. A mobilidade humana é limitada geograficamente pela distância que pode-se viajar dentro de um dia. É moldada por relações sociais, por ser mais propenso visitar lugares onde amigos vivem ou pessoas semelhantes e lugares que já visitou no passado (CHO; MYERS; LESKOVEC, 2011; HUI et al., 2005).

As pessoas, geralmente, se movem periodicamente dentro de uma região limitada, mas, ocasionalmente, fazem viagens de longa distância. São mais propensas a visitar um lugar distante se está nas proximidades de um amigo existente. Assim a influência da amizade na mobilidade é mais forte do que a influência da mobilidade sobre a criação de novas amizades (CHO; MYERS; LESKOVEC, 2011).

As pessoas apresentam um forte comportamento periódico durante certos períodos do dia alternando entre locais primários (e.g., "casa") e secundários (e.g., "trabalho") nos dias de semana. Para os fins de semana os locais secundários são definidos pelos locais presentes na rede social da pessoa, e.g., um bar (CHO; MYERS; LESKOVEC, 2011).

3 Trabalhos relacionados

Hui et al. (2005) propõem a *Pocket Switched Network* e fizeram um experimento avaliando a mobilidade humana em uma conferência (*Infocom 2005*). Para coleta de dados utilizam o dispositivo *Intel imote*, configurados com *Bluetooth* que busca descobrir o endereço MAC dos nós ao seu alcance. Como resultado, alguns indivíduos são mais ativos que outros, e alguns pares encontram uns aos outros com mais frequência do que outros. Nós tem frequências de oportunidades de conexão muito diferentes com os outros do que com nós externos. Isto leva à noção de que a identificação de comunidades compartilhadas (neste caso, a conferência) pode ajudar muito ao encaminhar dados entre dois membros de tal comunidade.

Khan, Mondragon e Tokarchuk (2012) apresentam o algoritmo de roteamento para PSN, *Lobby Influence* e fazem uma comparação com dois algoritmos já existentes. Com resultados obtidos a partir de simulação, afirmam que o algoritmo de roteamento *Lobby Influence* superou o *Bubble Rap* e *Epidemic* em termos de mensagens entregues e de velocidade. O *Lobby Influence* tem um maior custo de comunicação em relação ao *Bubble Rap*, entretanto reduz a carga sobre os nós mais populares da rede.

Saha e Johnson (2004) afirma que a simulação é uma ferramenta eficaz para a avaliação de protocolos e arquiteturas em VANETs, mas é importante o uso de um modelo de mobilidade realista para que os resultados da avaliação indiquem corretamente o desempenho real do sistema. A simulação é um método muito mais barato e fácil de utilizar do que a execução dos experimentos no mundo real. Além da possibilidade de replicação dos experimentos de maneira mais fácil e ser possível isolar um parâmetro para análise.

Na literatura existem muitos trabalhos propondo algoritmos de roteamento para VANETs e para PSN. Além de vários trabalhos sobre padrões de deslocamento humano e veicular, entretanto não foi encontrado nenhum trabalho que propõe analisar o deslocamento humano e o veicular, com objetivo de elaborar/adaptar um algoritmo de PSN para o contexto veicular. Assim aproveitar ambos cenários e ter a proposta de fornecer um algoritmo de roteamento de

forma eficiente e produtiva, o que se resume este trabalho.

4 Metodologia e Cronograma

Este projeto deverá ser desenvolvido no Laboratório Intermídia do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC). Dados, experimentais utilizados em projetos anteriores (do Pan Hui e do Nishanth) ou resultados de simulação, serão utilizados.

As informações de mobilidades dos veículos (e.g., velocidade, direção, tipo do veículo) serão obtidas através de bases de dados veiculares (e.g., a base de dados TAPAS Cologne (TAPAS, 2014)), aliadas com a ferramentas de simulação (e.g., SUMO (SUMO, 2014)) para simular o ambiente e suas interações, assim executar os experimentos e obter os resultados.

Os algoritmos serão implementados em software livre e processados em ambiente Cloud-based do Cloud-USP ou Cloud-ICMC. Durante o projeto, estaremos trabalhando em cooperação com o grupo de Nishanth Sastry, do King's College, Londres.

O cronograma de atividades do projeto é apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Cronograma do projeto dividido em faixas de tempo

Atividade	2014				2015			
	2-6	7	8-11	12	1-4	5-7	8-10	11-12
A1	•		•					
A2	•	•	•					
A3	•	•	•					
A4		•						
A5			•					
A6				•				
A7					•	•		
A8						•	•	
A9								•
A10								•

As atividades são descritas abaixo:

A1. Assistir disciplinas definidas para o período e participar das reuniões do grupo.

A2. Pesquisa bibliográfica por meio de livros, artigos, anais de congressos e periódicos, como parte do processo contínuo de embasamento teórico.

- A3. Escrita da monografia para qualificação.
- A4. Estudo de alguns algoritmos de PSN existentes (*Bubble Rap*, *PeopleRank*, *Lobby Influence* e *Epidemic*) e implementar/adaptar um deles para o contexto veicular.
- A5. Estudo de padrões de deslocamento humano e veicular e o estudo da viabilidade de utilização de algoritmos oportunistas para usuários móveis e veículos móveis.
- A6. Defesa do Exame Geral de Qualificação.
- A7. Adaptação dos algoritmos e implementação.
- A8. Validação dos resultados e escrita da dissertação.
- A9. Publicação de resultados, por meio da redação de artigos para eventos e periódicos nacionais e/ou internacionais.
- A10. Finalização da dissertação e defesa.

Referências

- BERESFORD, A.; BACON, J. Intelligent transportation systems. v. 5, n. 4, p. 63–67, October 2006. ISSN 1536-1268. Citado nas páginas 4 e 11.
- BULUT, E.; GEYIK, S.; SZYMANSKI, B. Efficient routing in delay tolerant networks with correlated node mobility. In: *Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), 2010 IEEE 7th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 79–88. ISSN 2155-6806. Citado na página 6.
- CASTEIGTS, A.; NAYAK, A.; STOJMENOVIC, I. Communication protocols for vehicular ad hoc networks. *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, UK, v. 11, n. 5, p. 567–582, May 2011. ISSN 1530-8669. Citado na página 11.
- CHARENTREAU, A.; HUI, P.; CROWCROFT, J.; DIOT, C.; GASS, R.; SCOTT, J. *Pocket switched networks: Real-world mobility and its consequences for opportunistic forwarding*. United Kingdom: [s.n.], 2005. (Technical Report UCAM-CL-TR-617, University of Cambridge, Computer Laboratory). Citado nas páginas 7 e 8.
- CHO, E.; MYERS, S. A.; LESKOVEC, J. Friendship and mobility: User movement in location-based social networks. In: *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. New York, NY, USA: ACM, 2011. (KDD '11), p. 1082–1090. ISBN 978-1-4503-0813-7. Citado na página 15.

- CONTI, M.; GIORDANO, S.; MAY, M.; PASSARELLA, A. From opportunistic networks to opportunistic computing. v. 48, n. 9, p. 126–139, September 2010. ISSN 0163-6804. Citado na página 13.
- CUNHA, F.; VIANA, A. C.; MINI, R. A. F.; LOUREIRO, A. A. F. Is it possible to find social properties in vehicular networks? In: *Proceedings of ISCC 2014*. Madeira, Portugal: [s.n.], 2014. Citado na página 15.
- DHARWADKAR, S. N.; MASOOD, N. Next generation network. In: *Consumer Electronics, 2007. ISCE 2007. IEEE International Symposium on*. [S.l.: s.n.], 2007. p. 1–4. Citado na página 13.
- FAEZOPOUR, M.; NOURANI, M.; SAEED, A.; ADDEPALLI, S. Progress and challenges in intelligent vehicle area networks. ACM, New York, NY, USA, v. 55, n. 2, p. 90–100, February 2012. ISSN 0001-0782. Citado nas páginas 11, 12 e 13.
- FIGUEIREDO, L.; JESUS, I.; MACHADO, J.; FERREIRA, J.; CARVALHO, J. de. Towards the development of intelligent transportation systems. In: *Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2001. p. 1206–1211. Citado nas páginas 4 e 11.
- FUENTES, J. M. D.; GONZÁLEZ-TABLAS, A. I.; RIBAGORDA, A. Overview of security issues in vehicular ad-hoc networks. In: *In Handbook of Research on Mobility and Computing: Evolving Technologies and Ubiquitous Impacts*. Hershey, Pennsylvania, USA: IGI Global, 2011. p. 894–911. ISBN 978-1609600426. Citado nas páginas 4, 12, 13 e 14.
- HUI, P.; CHAINTREAU, A.; SCOTT, J.; GASS, R.; CROWCROFT, J.; DIOT, C. Pocket switched networks and human mobility in conference environments. In: *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM Workshop on Delay-tolerant Networking*. New York, NY, USA: ACM, 2005. (WDTN '05), p. 244–251. ISBN 1-59593-026-4. Citado nas páginas 4, 7, 8, 15 e 16.
- HUI, P.; CROWCROFT, J.; YONEKI, E. Bubble rap: Social-based forwarding in delay tolerant networks. In: *Proceedings of the 9th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*. New York, NY, USA: ACM, 2008. (MobiHoc '08), p. 241–250. ISBN 978-1-60558-073-9. Citado nas páginas 8, 9 e 10.
- JAIN, S.; FALL, K.; PATRA, R. Routing in a delay tolerant network. ACM, New York, NY, USA, v. 34, n. 4, p. 145–158, ago. 2004. ISSN 0146-4833. Citado na página 6.
- KHAN, S.; MONDRAGON, R.; TOKARCHUK, L. Lobby influence: Opportunistic forwarding algorithm based on human social relationship patterns. In: *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2012 IEEE International Conference on*. [S.l.: IEEE, 2012. p. 211–216. ISBN 978-1-4673-0905-9. Citado nas páginas 8, 10, 11 e 16.
- MAHAJAN, A.; POTNIS, N.; GOPALAN, K.; WANG, A.-I. A. Evaluation of mobility models for vehicular ad-hoc network simulations. In: *IEEE International Workshop on Next Generation Wireless Networks (WoNGeN 2006), Bangalore, India*. [S.l.: s.n.], 2006. Citado na página 14.
- MAPP, G.; SHAIKH, F.; AIASH, M.; VANNI, R.; AUGUSTO, M.; MOREIRA, E. Exploring efficient imperative handover mechanisms for heterogeneous wireless networks. In: *Network-Based Information Systems, 2009. NBIS '09. International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 286–291. Citado na página 13.

- MTIBAA, A.; MAY, M.; AMMAR, M. Social forwarding in mobile opportunistic networks: A case of peoplerank. In: THAI, M. T.; PARDALOS, P. M. (Ed.). *Handbook of Optimization in Complex Networks*. [S.l.]: Springer New York, 2012, (Springer Optimization and Its Applications). p. 387–425. ISBN 978-1-4614-0856-7. Citado na página 10.
- MTIBAA, A.; MAY, M.; DIOT, C.; AMMAR, M. Peoplerank: Social opportunistic forwarding. In: *Proceedings of the 29th Conference on Information Communications*. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2010. (INFOCOM'10), p. 111–115. ISBN 978-1-4244-5836-3. Citado nas páginas 8 e 10.
- RESENDE PAULO; SOUSA, P. R. d. Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: um estudo sobre os impactos do congestionamento. In: *Simpoi–Simpósio de administração da produção, logística e operações internacionais, FGV*. [S.l.: s.n.], 2009. Citado na página 14.
- RUBINSTEIN, M.; ABDESSLEM, F. B.; AMORIM, M. Dias de; CAVALCANTI, S.; ALVES, R. D. S.; COSTA, L.; DUARTE, O.; CAMPISTA, M. Measuring the capacity of in-car to in-car vehicular networks. v. 47, n. 11, p. 128–136, November 2009. ISSN 0163-6804. Citado nas páginas 4 e 14.
- SAHA, A. K.; JOHNSON, D. B. Modeling mobility for vehicular ad-hoc networks. In: *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks*. New York, NY, USA: ACM, 2004. (VANET '04), p. 91–92. ISBN 1-58113-922-5. Citado na página 16.
- SASTRY, N.; MANJUNATH, D.; SOLLINS, K.; CROWCROFT, J. Data delivery properties of human contact networks. v. 10, n. 6, p. 868–880, June 2011. ISSN 1536-1233. Citado nas páginas 4, 6 e 8.
- SASTRY, N.; SOLLINS, K.; CROWCROFT, J. Delivery properties of human social networks. In: *INFOCOM 2009, IEEE*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 2586–2590. ISSN 0743-166X. Citado na página 4.
- SUMO. *Simulation of Urban Mobility*. 2014. Disponível em: <<http://sumo-sim.org/>>. Acesso em: 06 junho 2014. Citado na página 17.
- TAPAS. *TAPAS Cologne*. 2014. Disponível em: <<http://sumo-sim.org/wiki/Data/Scenarios/TAPASCologne>>. Acesso em: 06 junho 2014. Citado na página 17.
- VAHDAT, A.; BECKER, D. *Epidemic Routing for Partially Connected Ad Hoc Networks*. [S.l.], 2000. (Duke University Technical Report CS-200006). Citado nas páginas 8 e 9.
- WEISER, M. The computer for the twenty-first century. v. 265, n. 3, p. 94–104, September 1991. ISSN 0036-8733. Citado na página 7.
- ZHANG, L.; YU, B.; PAN, J. Geomob: A mobility-aware geocast scheme in metropolitans via taxicabs and buses. In: *IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM'14)*. Toronto, Ontario, Canada: IEEE, 2014. Citado nas páginas 14 e 15.
- ZHANG, L.; ZHUANG, Y.; PAN, J.; LOVEREEN, K.; ZHU, H. Multi-modal message dissemination in vehicular ad-hoc networks. IEEE, Beijing, China, p. 670–675, August 2012. Citado nas páginas 14 e 15.