

# Ambiente de simulação para DTN's

Universidade de São Paulo  
Instituto de Matemática e Estatística  
Computação Móvel

José Teodoro da Silva, Thiago Furtado de Mendonça

## Fase 1

### O ambiente

O ambiente simula a troca de mensagens entre pessoas das cidades de Santa Bárbara D'Oeste e Americana por um período de 24 horas. Neste troca de mensagens levou-se em consideração diferentes comportamentos de pessoas e veículos:

- pessoas que permanecem na cidade durante todo o período de simulação;
- pessoas que vão de uma cidade para outra;
- carros e ônibus que circulam nas cidades e nas rodovias.

O modelo de movimento utilizado foi o modelo *WorkingDayMovement*. Ele permite a simulação da movimentação de pessoas em um dia de trabalho. O período de simulação foi adotado para acomodar o comportamento dos *hosts* durante um dia inteiro. Esse período permite que as pessoas possam se levantar, executar suas tarefas, voltar para casa ou ir para algum ponto de encontro antes de voltarem para casa. Também foi considerado uma probabilidade de pessoas irem ao *shopping* de 0.5. Os trajetos que as pessoas fazem durante a simulação estão baseados no modelo de movimento *MapBasedMovement*. Para o funcionamento do modelo foram adicionados os mapas das duas cidades, bem como as rodovias que interligam estas cidades. Para determinar os diferentes comportamentos foram definidos oito grupos que trafegam sobre o mapa com o modelo de movimento. Foram adicionados nestes mapas 494 Offices Points e 331 Meeting Spots para simular o período de trabalho e pontos de encontros das pessoas.

### Hosts do ambiente

Foram definidos oito grupos entre pessoas, carros e ônibus. Todos estes grupos contam com interfaces de rede. E estas interfaces foram definidas do seguinte modo:

- para as pessoas foram configuradas duas interfaces, uma com alcance de 100 metros com uma taxa de transferência de 24Mbps (interface Bluetooth v3.0) e uma com alcance de 500 metros e taxa de transferência de 54Mbps (interface 802.11g/n);
- para os carros foram definidas interfaces com alcance de 600 metros com taxa de transferência de 54Mbps (interface 802.11g/n);
- para os ônibus foram definidas interfaces com alcance de 1km e taxa de transferência de até 100Mbps.

Para os grupos de pessoas foram levados em consideração alguns aspectos do cotidiano. No período de simulação pode ocorrer que pessoas passem o dia na cidade onde não possui residência ou mesmo de irem até pontos de encontros existentes na cidade vizinha e existem ainda pessoas que nunca deixam sua cidade de residência. Cabe ressaltar que, no

modelo utilizado, as pessoas podem se locomover a pé, de carro ou mesmo de ônibus. Deste modo os grupos de pessoas foram definidos como:

- o grupo 1 conta com 500 pessoas que viajam entre as cidades;
- o grupo 7 conta com 1000 pessoas que passam o dia todo em Americana sem deixar a cidade;
- o grupo 8 conta com 1000 pessoas que passam o dia todo em Santa Bárbara sem deixar a cidade;

Para os grupos dos carros tomou-se por host dois comportamentos. Existem carros que trafegam livres pelo mapa e carros que trafegam apenas nas rodovias entre as duas cidades. Estes grupos estão dispostos da seguinte maneira:

- grupo 2 com 300 carros que trafegam sobre todo o mapa. Eles simulam os carros que passam por qualquer parte das duas cidades e que podem andar por qualquer parte do mapa;
- grupo 6 com 100 carros que trafegam apenas nas rodovias e que simulam conexões eventuais entre carros que não entrarão nas cidades;

Para definição dos grupos dos ônibus tomou-se por comportamento as circulares urbanas de cada uma das cidades e os ônibus que trafegam entre as cidades pela rodovia:

- grupo 3 com 50 ônibus que apenas passam nas rodovias;
- grupo 4 com 50 ônibus andam sobre rotas pré-definidas que simula os circulares de Americana;
- grupo 4 com 50 ônibus andam sobre rotas pré-definidas que simula os circulares de Santa Barbara.

## **Idéia inicial**

A idéia inicial para o ambiente foi simular a troca de mensagens por caminhoneiros nas principais rodovias de São Paulo. A primeira dificuldade encontrada foi que para usar as rodovias do estado era preciso usar o mapa rodoviário estadual completo, uma mapa denso e com área de abrangência muito grande. Na tentativa de transformar o arquivo para o formato *wkt* (*Well Know Format*) a ferramenta proposta para a conversão entre os tipo armazenava a estrutura do arquivo *osm* (*OpenStreetMap*) em memória, gerando *exception* por falta de memória.

A ferramenta de conversão foi modificada para corrigir a falha e foi gerado o mapa em formato *wkt*, mas haviam muitos nós no grafo para que o TheONE [1] montasse o cenário de simulação. Após redução do escopo de simulação para o cenário de duas empresas com Centros de distribuição no estado de São Paulo e lojas em várias cidades do estado onde caminhões fariam retirada e entregue produtos. A idéia era mostrar o cenário de mensagens que saem dos CD's com baixa prioridade e que poderiam ser entregues se eventualmente dois caminhões se encontrassem. Novamente o TheONE não suportou pois o tamanho do mapa em m<sup>2</sup> requeria muita memória.

Na terceira tentativa foi decidido continuar a simulação de troca de mensagens em mais de uma cidade, diminuindo o escopo para duas cidades. Dessa forma foi mantida a idéia de redes DTN em um cenário grande.

## **Fase 2**

## Algoritmos Implementados

O algoritmo escolhido para implementação, dentre os propostos na lista disponibilizada, foi o FRESH [2]. A principal característica deste algoritmo de roteamento é propagar as mensagens para os hosts que encontraram o host de destino mais recentemente.

A implementação do FRESH partiu da extensão da classe ActiveRouter já existente no ONE e opera sobre listas de vizinhanças do roteador. Cada roteador possui uma lista que contém o endereço e o instante de tempo quando foi realizada alguma conexão. Essa lista é atualizada a cada conexão do host para possibilitar o processo de roteamento para encaminhamento das mensagens até o host de destino.

As dificuldades encontradas durante a implementação se referem, principalmente, à arquitetura. Antes de iniciar a codificação foi necessária a compreensão da estrutura e do funcionamento do simulador.

No decorrer da implementação do FRESH surgiram idéias para elaboração de um novo algoritmo. Batizou-se esse algoritmo de MOP (Memories of Position). Ele utiliza posicionamento geográfico aliado com a característica existente no FRESH de optar pelos vizinhos que encontraram o destino mais recentemente. Neste novo método um roteador propaga a mensagem aos seus vizinhos baseado em informações adicionadas na mensagem e no histórico de conexões do host. Cada mensagem possui as seguintes informações:

- a posição geográfica do último hop que encaminhou a mensagem;
- a posição geográfica do destino (posição mais recente que é conhecida);
- o instante em que a posição geográfica do destino foi adquirida;
- o número de saltos máximos sem que ninguém conheça o destino.

Esses valores são adicionados no momento em que um host já tenha realizado alguma conexão com destino e conheça uma posição geográfica em que este destino estava num dado instante. Além disso, esses valores serão atualizados a cada vez que um host possuir informações geográficas mais atualizadas sobre o destino.

Cada host conta com um histórico de suas conexões. O número de registros desse histórico é limitado e cada entrada contém os seguintes dados:

- o instante em que a conexão foi feita;
- a posição geográfica do host no momento do encontro;
- o endereço do vizinho com quem se deu a conexão.

Mediante essas informações, cada host pode propagar as mensagens reduzindo a área de inundação na rede. Durante o roteamento das mensagens uma mensagem é propagada para seus vizinhos em apenas três situações:

1 - se, na mensagem não forem encontrados dados sobre a posição geográfica anterior. Isso significa que a mensagem ainda não passou por nenhum host que possua histórico de conexões com o destino. Neste caso a mensagem é simplesmente propagada até que um limite de propagação de busca seja atingido. Essa propagação se dá apenas uma vez em cada host, por isso um mesmo host não propagará mais de uma vez uma dada mensagem que já foi propagada nessa situação;

2 - se existe uma informação de posição geográfica sobre o destino e o host que recebe a mensagem possui uma posição mais recente do destino. Neste caso, o host atualiza as informações de posição do último hop, posição geográfica do destino e instante referente à posição atualizada antes de enviar a mensagem. Essa mensagem é então propagada para os vizinhos do host;

3 - se existe uma informação de posição geográfica sobre o destino na mensagem e a

posição do host que recebeu a mensagem é mais próxima do destino que a posição do último hop que encaminhou a mensagem. Neste caso o host atualiza apenas a posição do último hop da mensagem e encaminha a mensagem para seus vizinhos.

É preciso atentar para o fato de que esse protocolo é dependente da movimentação dos hosts e que um valor muito pequeno para o limite de propagação no caso 1 pode comprometer a probabilidade de entrega.

Um possível adendo ao protocolo é a atualização da posição conhecida no host durante os casos 2 e 3. Tal modificação pode possibilitar uma melhor propagação das rotas mais utilizadas e pode ampliar a probabilidade de entrega das mensagens.

## Simulação e Resultados

Foram executados 2 protocolos (FRESH e MOP) sobre os cenários enviados pelos alunos. Os cenários escolhidos para a simulação dos protocolos foram:

- André\_Mesquita
- Cassio\_Patricia\_Roberto
- Damian\_Guilherme
- Everton\_Almir
- Frank\_Aguilar
- Piassi\_Bodo
- Serafim\_Vieira
- Tasso\_Tania
- Thiago\_José

Os resultados detalhados se encontram em anexo e a tabela abaixo apresenta o resumo de alguns resultados da simulação dos cenários. Estes resultados foram retirados do relatório Message Status Report gerado pelo simulador The ONE. Alguns cenários não constam na tabela porque não geram este tipo de relatório:

	FRESH		MOP	
	deliv	overhead	deliv	overhead
Cenário				
André_Mesquita	0,20570	39,00300	0,43400	6,77010
Cassio_Patricia_Roberto	0,27550	57,52820	0,27550	59,14480
Damian_Guilherme	0,09180	25,91170	0,13320	17,99850
Everton_Almir	0,00320	303,50000	0,00320	236,50000
Frank_Aguilar	0,01910	231,42860	0,10660	80,74360
Piassi_Bodo	0,70000	5.539,4286	0,93330	212,10710
Serafim_Vieira	-	-	-	-

Tasso_Tania	-	-	-	-
Thiago_José	0,14270	4.865,77680	0,50640	462,61860

Legendas: deliv = Delivery Probabilty; overhead = Overhead ratio.

## Referências

[1] Ari Keränen and Jörg Ott and Teemu Kärkkäinen. The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. SIMUTools '09: Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques (2009).

[2] Henri Dubois-Ferriere, Matthias Grossglauser, and Martin Vetterli. 2003. Age matters: efficient route discovery in mobile ad hoc networks using encounter ages. In Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing (MobiHoc '03). ACM, New York, NY, USA, 257-266. DOI=10.1145/778415.778446 <http://doi.acm.org/10.1145/778415.778446>