

Modelo de arquitetura para simulação de redes móveis sem fio ad hoc no Simmcast

Daniela Saccol Peranconi, Hisham H. Muhammad, Marinho P. Barcellos

¹PIPCA- Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Unisinos - Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Av. Unisinos, 950 - São Leopoldo, RS - CEP93022-000

{danielap,hisham,marinho}@exatas.unisinos.br

Abstract. *Research in ad hoc mobile wireless networking presents a series of challenges, caused by factors such as mobility, restrictions imposed by portability, vulnerability and wireless instability and security. Simulation is an important tool in this area. This paper describes the main mobile wireless network simulators and their uses, and based on them, proposes an architectural model for simulation of ad hoc networks for the Simmcast simulation framework.*

Resumo. *A pesquisa na área de redes móveis ad hoc sem fio apresenta uma série de desafios, causada por fatores como mobilidade, restrições impostas pela portabilidade, a vulnerabilidade e instabilidade do meio e segurança. Simulação é uma importante ferramenta nesta área. O presente artigo traça um panorama dos principais simuladores de redes móveis sem fio e seus usos, e a partir destes, propõe um modelo de arquitetura de simulação de redes ad hoc para o framework de simulação Simmcast.*

1 Introdução

A popularização de dispositivos portáteis, tais como telefones celulares e palmtops, e a ascensão das telecomunicações, principalmente de redes celulares, foram alguns dos motivos que alavancaram o crescimento da utilização de redes sem fio. Neste tipo de rede não há ligação física entre os dispositivos envolvidos na comunicação, a qual é feita através de ondas eletromagnéticas que trafegam pelo espaço [16].

As redes sem fio podem ser classificadas em redes com ou sem infra-estrutura. Em redes infra-estruturadas a comunicação dos dispositivos móveis é realizada com um ou mais equipamentos centralizadores (pontos de acesso), não havendo comunicação direta entre dois dispositivos, sempre usando-se um ponto de acesso como intermediário [1]. Por outro lado, as redes sem infra-estrutura, também denominadas redes *ad hoc*, são formadas por dispositivos que formam uma rede de forma cooperativa, sendo capazes de estabelecer uma comunicação direta com os dispositivos que estiverem ao seu alcance [1]. Neste tipo de rede não há uma administração centralizada e cada dispositivo pode tanto funcionar como estação ou roteador [6].

Apesar das vantagens de se utilizar comunicação sem fio, existem desafios intrínsecos a este tipo de ambiente que propiciam um vasto campo para pesquisa. Diferentemente do que ocorre em redes fixas, fatores como mobilidade, portabilidade e comunicação sem fio [7] influenciam no projeto de redes móveis sem fio *ad hoc*.

A habilidade dos dispositivos trocarem sua localização enquanto estão conectados à rede aumenta a volatilidade de algumas informações. Uma rede *ad hoc* é dinâmica, uma

vez que tanto sua topologia quanto os membros que a compõem mudam com frequência [19]. Quando dispositivos deixam a rede ou passam a fazer parte dela, novas rotas devem ser encontradas para que a comunicação entre os dispositivos seja mantida [20]. Além disso, com a mobilidade dos dispositivos, a disponibilidade de serviços não pode ser garantida [7].

A portabilidade traz consigo limitações quanto à capacidade de armazenamento dos dispositivos e, principalmente, quanto ao consumo de energia. O consumo de energia em um ambiente de computação sem fio ocorre não somente enquanto o dispositivo está enviando ou recebendo dados, mas também enquanto este encontra-se inativo, havendo necessidade de boas políticas de gerenciamento do consumo de energia por parte destes dispositivos [7].

Em relação às características dos meios de comunicação sem fio, os maiores desafios encontram-se no gerenciamento de banda. Além da disponibilidade de largura de banda já ser baixa, ainda há necessidade de compartilhamento entre os dispositivos móveis, os quais podem entrar ou sair de uma rede a qualquer momento, fazendo com que ocorra alta variação na largura de banda disponível [7]. As desconexões ocorrem mais frequentemente do que em redes fixas, pois barreiras naturais, como construções ou acidentes geográficos, podem interferir na transmissão do sinal. Isso faz com que dispositivos deixem a rede a qualquer instante, sendo necessária uma reparação de rotas para manutenção da comunicação [20].

Talvez a questão mais problemática em redes móveis sem fio *ad hoc* seja a de segurança. A ausência de entidades centralizadoras, as características dos enlaces sem fio, a natureza volátil de tais redes que podem se dividir em um instante e se agrupar novamente de modo imprevisível e o fato de não se ter como prever o tamanho de uma rede *ad hoc* são algumas considerações a serem destacadas no que se refere a segurança em redes *ad hoc* [8].

Devido a este panorama, a área de redes móveis sem fio *ad hoc* apresenta-se como um desafiador campo de pesquisa, e o uso de simulação mostra-se como uma ferramenta especialmente eficaz, pois apresenta vantagens como facilidade no controle de detalhes e fornece a possibilidade de realização de experimentos com hardware e/ou software que ainda não estão disponíveis [20], além do desenvolvimento de cenários que seriam excessivamente complexos para avaliações experimentais.

Este artigo discute as características mais relevantes no desenvolvimento de simuladores de redes móveis sem fio *ad hoc*, a partir de um estudo sobre alguns simuladores de redes móveis sem fio (Seção 2), destacando as métricas e premissas assumidas (Seção 3). A partir destas características, um modelo de arquitetura para simulação de redes móveis sem fio *ad hoc* é proposto, utilizando o framework de simulação Simmcast (Seção 4).

2 Principais simuladores de redes móveis sem fio

Apesar dos avanços atingidos na área de redes móveis sem fio *ad hoc* nos últimos anos, a maior parte das pesquisas em simulações de rede ainda concentra-se em redes fixas. Alguns dos simuladores de ambientes de computação móvel mais utilizados são ns, GloMoSim e MobiCS. Além destes simuladores, existem alguns ambientes de testes, tais como WiPPET [10] e SWiMNet [3], que podem ser citados.

Ns [4] é um simulador de protocolos de rede que suporta simulações de protocolos organizados em camadas, que tem por objetivo o estudo de escala e interação de protocolos. O simulador ns foi usado originalmente para o estudo do desempenho do protocolo

TCP, e desde então tem sido estendido de modo a suportar trabalhos em várias áreas. Em [5] são descritas as extensões adicionadas ao ns para comunicação sem fio.

GloMoSim [17] (Global Mobile System Simulator) é um simulador paralelo para redes móveis baseado em uma biblioteca modular, implementada usando a linguagem de simulação PARSEC. GloMoSim é um simulador específico para a simulação de redes de computação móvel de larga escala.

MobiCS [14, 13] (Mobile Computing Simulator) é um simulador distribuído de eventos discretos para computação móvel. Dois modos de simulação são disponibilizados ao usuário: modo determinístico e modo estocástico. No modo determinístico o MobiCS atua como uma ferramenta para teste e avaliação da correção de protocolos distribuídos. Já no modo estocástico, um protocolo distribuído é submetido a contínuas simulações, objetivando avaliar o desempenho do protocolo em um cenário mais realístico. Neste modo, o comportamento dos elementos da rede é randômico ou baseado em parâmetros probabilísticos que definem o cenário de simulação.

3 Exemplos de uso de simuladores – métricas e premissas

Extensiva pesquisa tem sido realizada acerca de protocolos na área de redes móveis sem fio *ad hoc*, abordando questões relacionadas à segurança, ao consumo de energia, ao roteamento de mensagens entre os dispositivos formadores da rede, entre outras. Nesta seção, alguns destes estudos serão apresentados, de modo a analisar as métricas e premissas empregadas.

Em [15], é proposto um protocolo de roteamento seguro para redes *ad hoc* (ARAN, Authenticated Routing for Ad hoc Networks). Para comparar o desempenho de ARAN com o protocolo de roteamento AODV [11] e validar o protocolo proposto, os autores realizaram avaliações de ambos protocolos utilizando GloMoSim. O seguinte modelo de mobilidade foi aplicado: as posições iniciais dos dispositivos eram aleatórias, e periodicamente, os dispositivos moviam-se para locais selecionados randomicamente com velocidades e tempos de paradas configurados. As métricas de desempenho avaliadas foram (a) fração de pacotes de dados gerados pelos transmissores e entregues aos devidos destinos, (b) tamanho médio do caminho entre um transmissor e um receptor, (c) atraso médio entre o envio de um pacote de dados e o recebimento do mesmo, (d) atraso médio entre o envio de um pacote de descoberta de rota e o recebimento da primeira resposta correspondente a rota e (e) carga de roteamento, tanto em bytes quanto em número de pacotes.

Outro desafio na área de redes móveis sem fio é o desenvolvimento de políticas de gerenciamento de consumo de energia, uma vez que esta deve ser realizada de forma distribuída e cooperativa. Um framework para gerenciamento de energia sob demanda para redes *ad hoc* é proposto em [18]. Para avaliar a eficiência do framework, um protótipo do mesmo foi implementado no simulador ns e diversas simulações foram conduzidas. A eficiência pode ser avaliada levando-se em conta o tempo durante o qual a rede permaneceu operacional e as transmissões de dados, que deveriam ter poucas perdas e baixa latência. As premissas assumidas foram: os dispositivos estavam randomicamente distribuídos no plano de análise, a rede nunca era particionada, não existiam perdas induzidas por erros, a energia consumida para trocar entre os estados de conservação de energia e ativo não era considerada e todos os pacotes de dados eram do mesmo tamanho.

Outro caso que ilustra a utilização de simuladores pode ser encontrado em [12]. Este artigo propõe um protocolo para multicast atômico entre dispositivos móveis como suporte para comunicação em grupo denominado AM²C (Atomic Multicast Protocol for

Mobile Computing). Para prototipar e simular o AM²C foi utilizado o ambiente MobiCS e algumas premissas foram definidas, sendo elas: a comunicação entre quaisquer duas estações de serviços móveis (MSS) é confiável; as mensagens são entregues na ordem em que são enviadas; as MSSs não falham; a qualquer momento, cada dispositivo móvel no sistema está associado com exatamente uma MSS; se um dispositivo móvel está ativo, ele deve enviar uma confirmação para todas as mensagens recebidas da MSS e enquanto estiver inativo, ele não deve responder qualquer mensagem e um dispositivo móvel somente pode deixar o sistema após enviar todas as confirmações de mensagens que estão pendentes. Foram medidas a percentagem de multicasts cancelados, a duração média de um multicast, o número médio de mensagens por multicast e por dispositivo móvel e o número de mensagens de confirmação adicionais geradas na fase em que todos os dispositivos móveis são informados sobre o estado final do multicast.

4 Simulação de redes *ad hoc* no Simmcast

Simmcast [2] é um framework orientado a objetos de simulação discreta baseado na linguagem de programação Java, construído sobre uma *engine* de simulação de eventos discretos baseada em processos. A interface do framework é definida como uma API que oferece ao usuário tanto operações típicas de comunicação e controle de tempo, quanto um modelo de *threads* cooperativo [9].

Simulações com o Simmcast são desenvolvidas através da extensão das classes do framework por herança, adicionando-se a lógica de protocolo desejada. A configuração de rede a ser avaliada é descrita por um arquivo processado em tempo de execução, sem recompilação. A arquitetura do Simmcast constitui-se de uma série de blocos básicos que descrevem as entidades da simulação: subclasses de *Node* representam os diversos tipos de nodos: estações, roteadores (*HostNode*, *RouterNode*...); objetos da classe *Path* representam fluxos de pacotes entre nodos, tipicamente links de rede. Simmcast oferece ainda primitivas de multicast (classe *Group*) e pacotes de geração de topologias (*TopologyGenerator*), de tráfego (*TrafficGenerator*) e de traços (*TraceGenerator*).

A estrutura modular do Simmcast torna-o propício para uma extensão para pesquisa em redes móveis sem fio *ad hoc*. Para tal, três aspectos devem ser abordados: modelagem da mobilidade, da transmissão sem fio, e de gerenciamento de roteamento descentralizado.

Um framework extensível como o Simmcast deve suportar os diferentes modelos de mobilidade empregados em pesquisa de redes móveis. Entre estes modelos estão o baseado em funções randômicas de localização e mobilidade, e a partir de um modelo geográfico bi- ou tri-dimensional. Isto envolve criar uma nova classe de nodos, *MobileNodes*, que sejam capazes de registrar sua localização no simulador (a fim de cômputo de latências a partir de distâncias) e a variação desta em função do tempo, isto é, sua movimentação.

O modelo abstrato de representação de fluxos de dados (onde links são um caso específico de *Path*) e o suporte nativo de comunicação 1-para-n (através de classes *Group*), permitem a modelagem da transmissão sem fio como uma forma de broadcast, onde um grupo corresponde a uma faixa de frequência. Caminhos no Simmcast têm, por definição, latência dinâmica, definida através de uma classe de geração de números. Esta classe, embora normalmente utilizada para definição de distribuições estatísticas, pode ser utilizada para estimação da latência da transmissão de rádio em função da localização dos nodos.

O gerenciamento de roteamento descentralizado pode ser representado no Simmcast de uma forma bastante realística, através da separação dos protocolos de roteamento e aplicação em diferentes *threads* conectadas aos nodos em tempo de execução, permitindo execuções de um experimento com diferentes protocolos de roteamento *ad hoc*, definindo em *MobileNode* a mesma flexibilidade que hoje ocorre com protocolos de roteamento convencionais em *RouterNode*, onde diferentes subclasses de *RoutingAlgorithmStrategy* podem ser conectadas.

5 Considerações finais

Este artigo apresentou um modelo de arquitetura de suporte a simulações de redes móveis sem fio *ad hoc* para o Simmcast, a partir da análise de requisitos dos trabalhos de verificação e validação de resultados de protocolos em redes móveis sem fio *ad hoc* e dos principais simuladores usados nesta área.

A área de redes móveis sem fio *ad hoc*, apesar dos avanços atingidos nos últimos anos, ainda requer muita pesquisa. Questões como o desenvolvimento de protocolos de roteamento seguros, políticas de gerenciamento eficientes para o controle do consumo de energia dos dispositivos móveis, mecanismos eficientes para descoberta de rotas, dentre outras, ainda representam desafios aos pesquisadores em redes móveis sem fio *ad hoc*.

A partir do momento que uma nova proposta para resolução ou minimização de tais desafios é apresentada, a simulação surge como técnica auxiliar para comprovar a eficiência e desempenho destas propostas. No entanto, nem todos os detalhes relacionados ao contexto real que se deseja simular podem ser assumidos. Se isso ocorresse, os modelos se tornariam tão complexos quanto os sistemas reais. É preciso, ao projetar uma ferramenta para estudo de redes móveis sem fio *ad hoc*, conhecer as premissas utilizadas com o intuito de simplificar a simulação, mas sempre buscando manter o modelo o mais próximo possível da realidade. Este trabalho, assim, combinou um estudo dos trabalhos da área, onde exemplos significativos foram apresentados com maior detalhe, com uma contextualização destas premissas e métricas ao simulador Simmcast, apontando claramente como trabalho futuro a implementação desta arquitetura proposta.

Referências

- [1] Anton, E. R. and Duarte, O. C. M. B. (2002) "Segurança em Redes Sem Fio Ad Hoc: Gerenciamento de Chave de Grupo", XIV Congresso Brasileiro de Automática, Natal, RN, Setembro.
- [2] Barcellos, M., Muhammad, H. and Detsch, A. (2001) "Simmcast: a Simulation Tool for Multicast Protocol Evaluation", XIX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2001), Maio.
- [3] Boukerche, A., Das, S. K. and Fabbri, A. (2001) "SwiMNet: A Scalable Parallel Simulation Testbed for Wireless and Mobile Networks", *Wireless Networks*, v. 7, pp. 467-486.
- [4] Breslau, L., Estrin, D., Fall, K., Floyd, S., Heidemann, J., Helmy, A., Huang, P., McCanne, S., Varadhan, K., Xu, Y. and Yu, H. (2000) "Advances in Network Simulation", *IEEE Computer*, vol. 33, p. 59-67, Maio.
- [5] The CMU Monarch Project. (1998) "The CMU Monarch Project's Wireless and Mobility Extensions to NS," Agosto. Disponível em <http://www.monarch.cs.cmu.edu/>.
- [6] Cunha, D. de O., Costa, L. H. M. K. and Duarte, O. C. M. B. (2003) "Um Mecanismo de Roteamento para o Consumo Balanceado de Energia em Redes Móveis Ad Hoc", XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2003), Natal, RN, Maio.

- [7] Forman, G. H. and Zahorjan, J. (1994) "The Challenges of Mobile Computing", IEEE Computer, vol. 27, No. 4, p. 38-47, April.
- [8] Martucci, L. A., Carvalho, T. C. M. B. and Ruggiero, W. V. (2003) "Domínios Virtuais para Redes Móveis Ad Hoc", XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2003), Natal, RN, p. 599-614, Maio.
- [9] Muhammad, H. H. and Barcellos, M. P. (2002) "Simulation Group Communication Protocols Through an Object-Oriented Framework", in Proceedings 35th SCS Annual Simulation Symposium, San Diego, April.
- [10] Panchal, J., Kelly, O., Lai, J., Mandayam, N., Ogielski, A. T. and Yates, R. (1998) "WiPPET, A Virtual Testbed for Parallel Simulations of Wireless Networks", 12th Workshop on Parallel and Distributed Simulation (PADS'98), Canadá, p. 162-169, May.
- [11] Perkins, C. E. and Royer, E. M. (1999) "Ad hoc on-demand distance vector routing", 2th IEEE Workshop on Mobile Computer Systems and Applications, New Orleans, February.
- [12] Ribeiro, M. de F., Endler, M. (2002) "Design and Evaluation of a Protocol for Atomic Multicast Wireless Mobile Hosts", IV Workshop de Comunicação sem Fio e Computação Móvel (WCSF2002), São Paulo, p.3-14, Outubro.
- [13] Rocha, R. C. A. da and Endler, M. (2001) "MobiCS: An Environment for Prototyping and Simulating Distributed Protocols for Mobile Networks", 3rd. IEEE International Conference in Mobile and Wireless Communications Networks (MWCN'2001), Recife, Brasil, p. 44-51, August.
- [14] Rocha, R. C. A. da and Endler, M. (2000) "Flexible Simulation of Distributed Protocols for Mobile Computing", 3rd. Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWIM), Boston, p. 123-126, August.
- [15] Sansgiri, K., Dahill, B., Lavine, B. N., Shields, C. and Royer, E. M. B. (2002) "A Secure Routing Protocol for Ad Hoc Networks", 10th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP'02), Paris, November.
- [16] Santos, A. S. (2003) "Estratégias de Hand-off com Balanceamento de Carga para Computação Móvel", Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática e Estatística, Março.
- [17] Zeng, X., Bagrodia, R. and Gerla, M. (1998) "GloMoSim: A Library for parallel simulation of large-scale wireless networks", In Proceedings of the 12th Workshop on Parallel and Distributed Simulation (PADS - 98), p. 154-161, May.
- [18] Zheng, R. and Kravets, R. (2003) "On-demand Power Management for Ad Hoc Networks", In Proceedings IEEE INFOCOM 2003, June.
- [19] Zhou, L. and Haas, Z. J. (1999) "Securing Ad Hoc Networks", IEEE Networks Special Issue on Network Security, November/December.
- [20] Westin, O. (2003) "Performance issues in ad hoc networks", <http://www.nada.kth.se/~owe/exjobb/littstudy.pdf>, Agosto.