

## Utilizando simulação para planejar a implantação de Redes *Ad Hoc*

Rafael Souza<sup>1</sup>, Ricardo Rodrigues<sup>1</sup>, Ahyalla Pereira<sup>1</sup>, Kádna Camboim<sup>1</sup>, Jean  
Texeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife – PE – Brasil

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária – 50.740-560 – Recife – PE-  
Brasil

{rrs4, rbr, carlp, kmac, jcta}@cin.ufpe.br

**Resumo.** *Este trabalho descreve a importância que os dispositivos móveis ganharam na atualidade no campo da Tecnologia da Informação. Com isso, surgiram novos tipos de tecnologia sem fio, para romper a necessidade de conexão por meio de cabos, permitindo que o usuário ganhe mais flexibilidade, entre outras vantagens. Utilizando o conceito de simulação para reproduzir um ambiente de redes Ad hoc e avaliar o desempenho de diferentes tipos de ambiente. Permitindo, assim, um melhor planejamento do ambiente de rede ad hoc.*

**Abstract.** *This paper describes the importance that mobile devices have gained today in the field of Information Technology. With this came new types of wireless technology, the need to break the connection through cables, allowing the user to gain more flexibility, among other benefits. Using the concept of simulation to reproduce an environment of Ad hoc networks and evaluate the performance of different types of environment. Thus allowing better planning of the ad hoc network environment.*

### 1. Introdução

Nos últimos anos ocorreu uma vasta proliferação de tecnologias de redes wireless WLAN (*Wireless Local Area Network*) tais como Bluetooth, WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), 3G (*Third Generation*), 4G (*Fourth Generation*). Todos esses equipamentos têm oferecido uma solução atraente aos usuários que pretendem obter uma instalação rápida, simples e sem os problemas associados ao cabeamento.

As redes ad hoc, são redes sem fio que não precisam de infraestrutura para se comunicar, permitindo que dispositivos portáteis possam se comunicar e interagir entre si de forma espontânea, prática, portátil e flexível (Perkins, 2008). Referem-se basicamente a uma rede de computadores em que não são necessários cabos, tendo como exemplos notebook, PDA (*Personal Digital Assistant*) e qualquer outro item do gênero, que utilizam a comunicação de redes sem fio, por meio de rádio frequência ou infravermelho. Fatores primordiais como topologia dinâmica, flexibilidade e mobilidade estão alimentando o crescimento do mercado de computação móvel.

Diante das inúmeras mudanças e adequações relacionadas às tecnologias de dispositivos portáteis, preocupar-se com as necessidades de soluções tecnológicas alternativas, vem se destacando como problema a ser solucionado buscando obter vantagens na utilização dessas alternativas. Estas soluções visam atender as regiões que apresentam ainda uma infraestrutura de comunicação precária. Impulsionando, assim, o surgimento de um novo paradigma computacional em que o sistema de redes de computadores é autônomo. Este tipo de sistema é capaz de operar independentemente de infraestrutura e é auto-organizável. Por sua vez, os dispositivos móveis passam a se referenciar como nós, onde pode se conectar espontaneamente com os demais dispositivos na rede, atuando como plataformas móveis portáteis, conhecidos por redes ad hoc (LAGO, 2008).

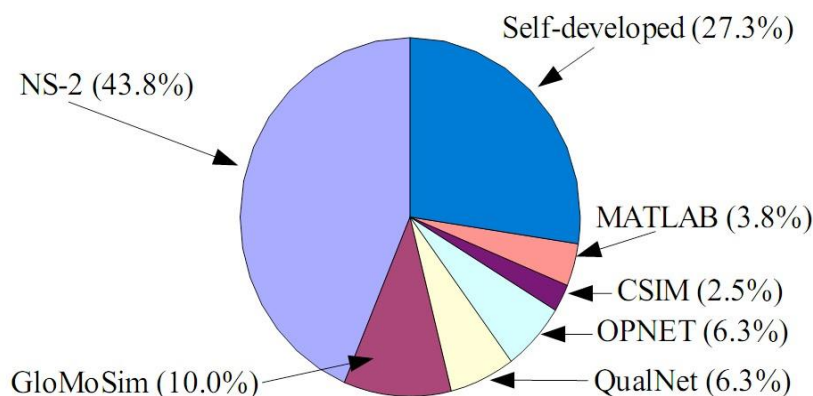
Um dos métodos de avaliar software, em redes ad hoc, é por simulação, apesar de existir outras formas, como método analítico ou algébrico, implicado em um denso conhecimento matemático. Dependendo do modelo matemático a resolução torna-se extenuante, o que obriga a simplificações do modelo, podendo resultar em imperfeições na representação do sistema.

Por outro lado, o método por simulação permite a confecção de modelos complexos e resolução destes com menor desenvolvimento matemático. Para isso, emprega-se o poder computacional para as iterações numéricas requeridas, sugerindo, a depender dos resultados desejados, grande consumo computacional.

## 1.2. Motivação

As MANET (*Mobile Ad hoc NETWORK*) têm despertado grande interesse nas universidades, nas empresas privadas e nas comunidades militares, onde são motivados tanto por aspectos da inviabilidade da instalação de redes com fio em certos lugares, como pelo barateamento dos equipamentos sem fio. Outros fatores relacionam-se com as facilidades de mobilidade, flexibilidade e a capacidade de serem auto configuráveis que a MANET oferece (PERKINS, 2008).

Um dos motivos que levaram o pesquisador a optar pelos softwares de simulação NS-2 (Network Simulator) e JiST/SWANTS (*Java in Simulation Time / Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator*), é por representarem um diferencial a respeito das simulações que foram executadas, pois a avaliação de simuladores tem como objetivo descobrir qual é o melhor, de acordo com os experimentos propostos. Os simuladores utilizados neste trabalho foram NS-2 (FALL, VARADHAN, 2002). De acordo com Kurkowski et al. (2005) o NS-2 é o mais utilizado em pesquisa sobre redes *ad hoc* sem fio, em que 43% dos pesquisadores utilizaram o NS2 como ferramenta de simulação. A Figura 1, ilustra a pesquisa sobre a utilização de simuladores, mostrando que o NS-2 é o mais utilizado na investigação MANET.



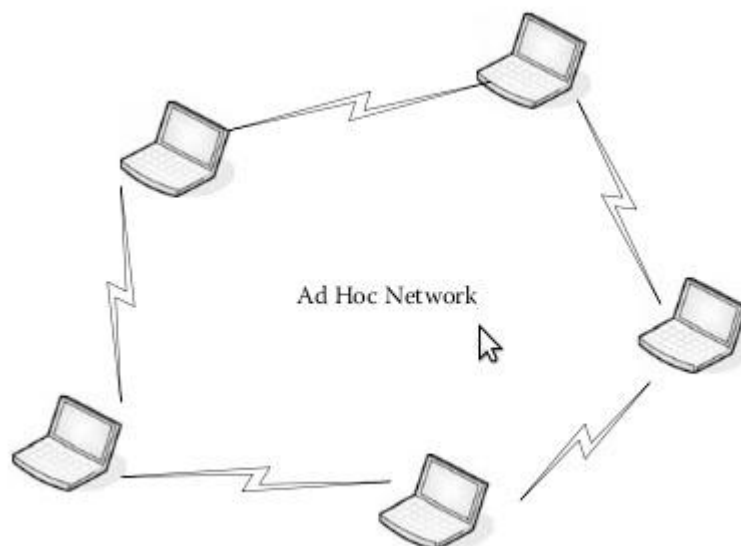
**Figura 1: Pesquisa sobre a utilização de simuladores. Fonte: (KURKOWSKI et al. 2005).**

Por outro lado a escolha do JiST/SWANS, teve como base de escolha os requisitos: i) software recente; ii) poucos trabalhos científicos relacionados; iii) desenvolvido em Java; e, iv) *open source*. De acordo com Barr (2006), há um grande desempenho em escalabilidade e poder computacional. Juntamente como os requisitos: i) uso da linguagem Java, amplamente conhecida e utilizada; ii) bom desempenho e um baixo consumo de memória nas simulações; iii) e a existência de toda a estrutura necessária para realizar a simulação de uma rede *ad hoc*.

Para a execução de uma simulação é necessário a escolha de um modelo de mobilidade que determinará seu padrão de movimentação e um protocolo de comunicação, sobre o qual eles vão se comunicar, o que o estudo em questão, teve como escolhido o AODV (*Ad hoc On-demand Distance Vector*) (JAYAKUMAR, 2008). O modelo de mobilidade escolhido para este trabalho foi o RWP (*Random WayPoint*) (YOON et al. 2003), que tem como base de escolha a grande utilização na comunidade científica até o momento (MORAES et al. 2009), sendo, sem dúvidas, o mais utilizado modelo de mobilidade na comunidade científica. Este modelo tornou-se, de fato, padrão de pesquisa em computação móvel. Por exemplo, nove em cada dez artigos publicados sobre redes *ad hoc*, no ACM MobiHoc 2002, usaram o Modelo *Random WayPoint*.

## 2. Redes Móveis *Ad hoc*

As redes *ad hoc* sem fio, referenciado pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) como MANET são redes móveis sem fio (ou roteadores), que formam, dinamicamente, uma rede temporária sem a utilização de qualquer infraestrutura de rede existente ou de administração centralizada e que podem comunicar-se, entre si, sem a necessidade de uma estação de suporte ou um ponto de acesso centralizado (PERKINS, 2008) como ilustra a Figura 2.



**Figura 2: Mobilidade de Redes *ad hoc*. Fonte: (PERKINS, 2008).**

De acordo com Chlamtac (2003), a rede *ad hoc* teve início na década de 70, quando uma entidade de pesquisa dos Estados Unidos começou a estudar como poderia ser a comunicação via rádio em um ambiente tático militar, ambiente em que há grande necessidade de mobilidade dos dispositivos que se comunicam através da rede e de facilidade na conexão de novos dispositivos.

Em 1972, o DoD (*Department Of Defense*) dos EUA, lançou um novo programa sobre PRNET (*Packet Radio NETworks*), com a intenção de criar tecnologias para o campo de batalha que não precisem de uma infraestrutura fixa já implantada, o programa fomenta a forma de comunicação dinâmica, mesmo quando alguns dos nós falham ou são destruídos. A primeira tecnologia de acesso ao meio utilizada, foi o protocolo alhora, desenvolvido na Universidade do Hawaii, por Norman Abramson (ZAKON, 2005). Assim, a primeira rede *ad hoc* já estava usando a tecnologia LAN (*Local Area Network*) sem fio, como o MAC (*Media Access Control*) subjacente e camadas PHY (*PHysical Layer*).

Posteriormente, no início de 1980, o DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) lançou o programa SURAN (*SURvivable Adaptive Network*) para expandir a tecnologia desenvolvida no projeto PRNE, nas áreas de escalabilidade na rede, segurança, capacidade de processamento e gerenciamento de energia. O principal objetivo desta iniciativa foi desenvolver algoritmos de redes de apoio às redes que podem escalar para milhares de nós e suportam ataques de biossegurança e, com isso, ter suporte a grandes redes e desenvolver protocolos de rede adaptativos, nos quais pudessem ajustar às rápidas mudanças de condições num ambiente tático (BASAGNI et al. 2008).

No início da década de 1990, o DARPA, para satisfazer os sistemas de informações da defesa, de forma que fossem robustos e rapidamente expansíveis, lançou o GloMo (*Global Mobile Information Systems*), que teve início em 1994. Enquanto as comunicações táticas militares permaneciam sendo a principal aplicação das redes *ad hoc*, havia um número crescente de aplicações não militares, por exemplo: vídeo conferência e suporte a salvamentos. Também na década de 1990 a computação móvel

tornou-se acessível para população, nas formas de laptops, notebooks e PDA. Ao mesmo tempo, hardware e software, especialmente software open-source, tornaram-se amplamente disponíveis para a interligação de computadores, sendo trivial à ligação à rede global emergente, a Internet (BASAGNI et al. 2008).

### 3. Simulação

O termo simulação é bem antigo, surgiu por volta da década de 1940, tendo como pioneiro John Von Neumann, que tinha como ideia a execução de múltiplas repetições de um determinado modelo (TANENBAUM, 2003).

A simulação é uma técnica que busca imitar uma sequência de processos, a qual pode testar o comportamento e reações de determinados sistemas em diversas situações de modo seguro e prático, oferecendo um baixo custo pela sua utilização, bem como, evita riscos que poderiam ocorrer em testes reais.

A simulação é considerada uma das mais poderosas ferramentas de análise de desempenho. Normalmente, é utilizada na realização desse tipo de experimento, complementando as ferramentas de análise. Não se pode imaginar a realização de um grande projeto, por exemplo, de engenharia, sem uma prévia simulação de seu comportamento, avaliando as respostas do sistema para os mais diversos valores de entrada.

Um modelo tem como finalidade retratar todas as circunstâncias de um determinado cenário, que tenta chegar o mais próximo possível da realidade. Atualmente, existe um número limitado de modelos, cuja simulação entende como um algoritmo na estrutura de um grafo, permitindo executar, modelar e avaliar o desempenho de sistemas (TANENBAUM, 2003).

Uma das vantagens da simulação é o custo e o benefício proporcionado por essa técnica. Geralmente, uma simulação tem um custo relativamente pequeno se comparando a uma implementação, além de auxiliar na obtenção de resultados num período de tempo menor relacionado ao tempo que seria necessário ser empregado na realização do experimento em um cenário real.

### 4. Simuladores de Redes *Ad hoc*

São ferramentas de simulação orientada a eventos, tem se revelado muito útil no estudo de natureza dinâmica para redes de *ad hoc*, bem como funções da MANET e seus protocolos (algoritmos de roteamento, TCP, UDP, etc), fornecendo aos usuários uma maneira de especificar os protocolos de rede, e simular os comportamentos correspondentes.

Nas subseções seguintes serão mostrados detalhamentos sobre os simuladores utilizados na pesquisa.

#### 4.1. JiST

O JiST é uma plataforma *open source*, desenvolvido em Java, para simulação de eventos discretos, sendo executado sobre uma máquina virtual Java. Desenvolvido por Rimon Barr, na Universidade de Cornell. Algumas características do seu projeto trouxeram os seguintes benefícios: i) Utilizar uma linguagem já conhecida para a

plataforma de simulação; ii) Não é necessário criar uma biblioteca de simulação; iii) Não desenvolver um novo kernel de sistemas para simulação.

A idéia principal, definida por Barr, é transformar uma máquina virtual Java em um escalonador de eventos, modificando a forma como as chamadas de métodos entre as entidades de simulação são conduzidas. Algumas das características de criação de sistemas com JiST, são: i) Eficiência (Sistemas de simulação altamente otimizados); ii) Transparência (Simulações são automaticamente transformadas para rodar com semânticas de tempo); iii) Padronização (Capacidade de escrever simulações com um sistema convencional de linguagem de programação).

Com base nas características e facilidades do simulador, foi escolhido o JiST/SWANTS. Hoje este projeto não é mais mantido pelo seu criador Rimon Barr. No entanto, um bom número de melhorias e aprimoramentos foi recentemente lançado pela Universität Ulm (BARR, 2006).

#### 4.2. SWANS

Construído sobre a plataforma JiST, o SWANS é concebido como independente e distinto, mas são módulos de software que podem ser combinados para formar uma rede sem fio (BARR et al. 2006).

JiST/SWANS é um software de simulação desenvolvido em Java, o que torna possível instalá-lo e executá-lo em diversas plataformas como Linux, Windows, Solaris, Mac, mas não se limitando a estas.

O SWANS é organizado em componentes independentes de software que podem ser compostos completando as configurações de uma rede sem fio ou rede de sensores, mostrando-se uma arquitetura bastante modular. Este simulador apresenta capacidades semelhantes às do NS-2, além de dar suporte à simulação de redes maiores, ou seja, com uma maior quantidade de estações. A comunidade acadêmica vem investindo muito nesse simulador (BARR, 2006b).

#### 4.3. NS-2

NS (versão 2), mais conhecido como NS2, é simplesmente uma ferramenta de simulação *open source*. Desenvolvido a partir do projeto VINT (Virtual InterNetwork Testbed) (KUMAR et al. 1997). Sua criação em 1989 tem vindo a ganhar enorme interesse da indústria, academia e governo. Sem dúvida, o NS-2 tornou-se um dos simuladores mais utilizados de rede de fonte aberta. É um software de simulação bastante difundido na academia, utilizado em muitas pesquisas e é muito estável (ISSARIYAKUL, HOSSAIN, 2009).

Este simulador é orientado a eventos e tem suporte para pilha de protocolos TCP/IP, que pode ser usado para redes LAN (Local Area Network), MAN (Metropolitan Area Network) e WAN (Wide Area Network). Outro fato atrativo da ferramenta NS-2 é que seu código-fonte é aberto e se encontra devidamente documentado.

Hoje em dia, o desenvolvimento do NS-2 é mantido pela DARPA e por colaboração de projetos como SAMAN (Simulation Augmented by Measurement and Analysis for Networks) (HEIDEMANN et al. 2001), CONSER (Collaborative Simulation for Education and Research) (CHEN, 2001), NSF (National Science Foundation, EUA). O

qual já recebe apoio de várias empresas como Lawrence Berkeley National Laboratory, do Xerox PARC

## 5. Conclusão

Este trabalho abordou simuladores de rede *ad hoc*, o poder computacional, escalabilidade de ambos e uma pesquisa sobre os protocolos de roteamento e modelo de mobilidade para serem utilizados na simulação. Ao final, para sedimentar esses conhecimentos, foram escolhidos os simuladores JiST/SWANS e NS2 utilizando o modelo de mobilidade *random waippon* e o protocolo aodv. Ambos os simuladores foram escolhidos para este trabalho, a fim de apresentar suas características e vantagens no planejamento de redes ad hoc, por meio de simulação. Portanto, pode-se concluir que simuladores são de grande relevância para o planejamento das infraestruturas de rede ad hoc.

## Referências

- BARR, Rimon. JiST- Java in Simulation Time User Guide, 2006 Cornell University. Disponível em: <[jist.ece.cornell.edu/docs.html](http://jist.ece.cornell.edu/docs.html)>. Acesso em: 13 maio de 2009.
- EUA
- BASAGNI, Stefano; CONTI, Marco; GIORDANO, Silvia; STOJMENOVIC, Ivan. MOBILE AD HOC NETWORKING. New York: editora IEEE Press Wiley, 2008.
- \_\_\_\_\_, SWANS- Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator User Guide. EUA: Cornell University, 2006. Disponível em: <[www.jist.com](http://www.jist.com)>. Acesso em: 13 mai de 2009.
- \_\_\_\_\_, HASS, Zygmunt, J; RENESSE, Robbert, Van, JiST: An efficient approach to simulation using virtual machines. Nova York, 2004. Disponível em: <[http://www.cs.uga.edu/~maria/pads/papers/jist-040827-jist-vmsim-spe .pdf](http://www.cs.uga.edu/~maria/pads/papers/jist-040827-jist-vmsim-spe.pdf)>, Acessado em 2 fev 2009.
- CHEN, Xuan. CONSER (Collaborative Simulation for Education and Research), 2001. Disponível < <http://www.isi.edu/conser/index.html>>. Acessado em 15 mai de 2009.
- CHLAMTAC, Imrich; CONTI, Marco; LIU, Jennifer J-N. Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges. Editora Elsevier. Texas. 2003. Disponível em: <<http://perso.ens-lyon.fr/isabelle.guerin-lassous/Enseignement/survey-adhoc.pdf>>. Acesso em 05 jan de 2010. Pag. 1
- FALL, Kevin; VARADHAN, Kannan. The ns Manual, A collaboration between researchers at UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, 2000. Disponível em: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>>. Acesso em 26 jun 2009.
- HEIDEMANN, John; Estrin, Deborah; Ramesh, Govindan; Goel, Ashish. SAMAN (Simulation Augmented by Measurement and Analysis for Networks). Disponível em: <<http://www.isi.edu/saman/index.html>>. Acesso em: 10 de maio 2009.
- ISSARIYAKUL, Teerawat; HOSSAIN, Ekram. Introduction to Network Simulator NS2, editora Springer, 2009

- JAYAKUMAR, Geetha; GOPINATH, G. Performance comparison of two on-demand routing protocols for ad-hoc networks based on random waypoint mobility model. Índia 2008. Disponível em: <[www.scipub.org/fulltext /ajas/ ajas56659-664.pdf](http://www.scipub.org/fulltext/ajas/ajas56659-664.pdf)>. Acesso em 10 set de 2008.
- KUMAR, Satish; HELMY, Ahmed. VINT (Virtual InterNetwork Testbed), 1997. Disponível em < <http://www.isi.edu/nsnam/vint/index.html>>. Acessado em 05 de mai de 2009.
- MORAES, Renato, M; ARAÚJO, Fagner. P; PONTES, Alisson. S, L; Uma proposta para estabilizar o modelo de mobilidade Random Waypoint em redes Ad hoc sem fio. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC), 2009, Recife-PE. Disponível em: < >. Acessado em 15 de set de 2008.
- PERANCONI, Daniela, Saccol; MUHAMMAD, Hisham, H; BARCELLOS, Marinho P. Modelo de arquitetura para simulação de redes moveis sem o ad hoc no Simmcast. Rio Grande do Sul, 2003. P. 1 - 2. Disponível em: < [wait4.org /~marinho/simmcast/pubs/errc200-daniela-hisham-marinho.pdf](http://wait4.org/~marinho/simmcast/pubs/errc200-daniela-hisham-marinho.pdf) >. Acesso em: 06 ago de 2009.
- PERKINS, Charles, E. Ad hoc Networking, Boston, USA, Pearson, 2008 . p 1-28.
- KURKOWSKI, Stuart; CAMP, Tracy; COLAGROSSO, Michael. MANET Simulation Studies: The Incredibles; MCS Department, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA. 19 ago 2005. Disponível em <[www.cl.cam.ac. uk/~sos22/p 50kurkowski.pdf](http://www.cl.cam.ac.uk/~sos22/p50kurkowski.pdf)>. Acesso em: 16 fev 2009. Pag 1-2
- YOON, Jungkeun; LIU, Mingyan; NOBLE, Brian. Random Waypoint Considered Harmful; Proceedings of IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM), San Francisco, USA, 2003. Disponível em:< <http://citeseerx.ist.psu.edu /viewdoc/summary?doi=10.1.1.12.1241>>. Acesso em: 26 de Nov de 2009.
- ZAKON, Robert H'obbes. Hobbes' Internet Timeline. 28 ago de 2005. Disponível em: <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>>. Acesso em: 02 fev 2009.