

Avaliação de Desempenho de Simuladores de Redes *Ad Hoc*

Rafael R. Souza¹, Ricardo B. Rodrigues¹, Jamilson R. Dantas¹, Kádna M. A. Camboim²

¹Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária – 50.740-560 – Recife – PE
– Brasil

²Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Av. Bom Pastor, s/n, Boa Vista – 55.292-270 – Garanhuns – PE – Brasil

{rafaelmarlin, ricardobatistarodrigues}@gmail.com, jrd@cin.ufpe.br,
kadna@uag.ufrpe.br

Resumo. Tradicionalmente, pesquisadores utilizam simulações para testar redes ad hoc. No entanto, a simulação de grandes redes ainda é uma tarefa muito tediosa que consome uma grande quantidade do poder computacional da ferramenta. A ferramenta de simulação a ser comparada é o JiST/SWANTS, que é relativamente nova e tem a promessa de fornecer importantes vantagens de desempenho em comparação a ferramenta mais utilizada, o NS-2. Este trabalho tem como objetivo principal, apresentar uma comparação entre os simuladores de redes ad hoc, utilizando o protocolo e o modelo de mobilidade implementados nos mesmo. Usando parâmetros idênticos de entrada, foram comparadas e analisadas as reais diferenças entre os simuladores.

Abstract. Traditionally, researchers use simulations to test ad hoc networks. However, the simulation of large networks is still a very tedious task that consumes a large amount of computational power of the tool. The tool to be purchased is the JiST/SWANTS, which is relatively new and has the promise of providing significant performance advantages in comparison to what already exists, as well-known NS-2. This work has as main objective, show a comparison between the simulation of ad hoc networks, using the protocol and the mobility model implemented in the same. Using identical parameters for entry, which is when the results are comparable and analyze their real differences. Ad hoc networks have attracted great interest in the academic, military and private companies. In this evaluation are used NS-2 and JIST/SWANTS.

1. Introdução

Atualmente, o mundo vem se deparando com grandes e rápidas transformações no campo da TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), passando a exigir uma maior desenvoltura dos sistemas e dos meios para operá-los. Há crescente demanda por dispositivos portáteis, como *notebook* e telefones celulares. Isso fez com que nos últimos anos ocorresse 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.

De acordo com [Perkins 2008] 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. 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 utiliza 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 explosivo do mercado de computação móvel.

Um dos métodos de avaliar os *softwares*, em redes *ad hoc*, é por simulação, mas existem outras formas, tais como método analítico ou algébrico, implicado num profundo conhecimento matemático. Dependendo do modelo matemático a resolução torna-se extenuante, o que obriga a simplificações do modelo, o que pode resultar em imperfeições na representação do sistema.

2. Fundamentação Teórica

2.1. 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 comunicarse, entre si, sem a necessidade de uma estação de suporte ou um ponto de acesso centralizado [Perkins 2008]. A Figura 1 mostra uma adaptação de mobilidade de redes *ad hoc*.

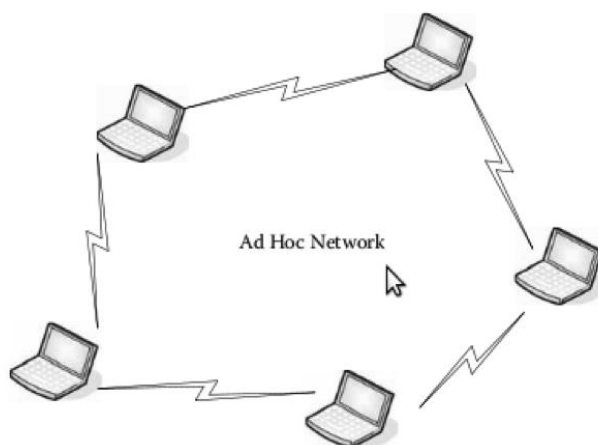


Figura 1. Mobilidade de Redes *ad hoc*. Adaptado de [Perkins 2008]

2.2. Protocolo de Roteamento

As características das redes *ad hoc* e os protocolos de roteamento atuam de duas formas para atender aos tipos de estrutura que são [Raju and Garcia-Luna-Aceves 2000]:

Pró-Ativo: nesse caso, o algoritmo está armazenando na sua tabela, em que todas as rotas estão inerentes ao nó de modo que, quando uma das rotas for requisitada, ela pode ser utilizada imediatamente. Uma das vantagens é o rápido acesso a uma rota conhecida, mas com isso ocorre um consumo maior de energia, por estar guardando as informações.

Reativo: nessa perspectiva de ação, o algoritmo não armazena continuamente as informações na tabela, mas espera que alguma rota seja requisitada, e então passar para um procedimento de busca. Com isso, o redirecionamento da rota fica mais lento, porém, ganha-se com a redução no consumo de energia.

O protocolo AODV [Perkins and Royer 1999], detém características como topologia dinâmica, que sofre mudanças constantes. É um protocolo reativo de formá a construir suas rotas só quando necessário. Assim sendo, acontece um processo que utiliza medidas como inundação para descobrir possíveis rotas de sua necessidade, mostrando, dessa forma, uma grande característica do protocolo que é tentar aumentar a largura de banda disponível, procurando minimizar o fluxo de mensagens emitidas para atualizar suas rotas.

Esta descoberta permite que cada *host* móvel na rede atue como um roteador especializado e as rotas são obtidas quando necessárias, tornando, assim, uma rede auto-partida. Cada nó na rede mantém uma tabela de roteamento com as entradas de informações de roteamento para os nós vizinho, onde só é guardado o próximo salto até o destino. A sua consulta por rota é feita pelo acesso à tabela de roteamento, característica herdada do protocolo DSDV (*Destination-Sequenced Distance - Vector*) [Perkins and Bhagwat 1994].

2.3. Modelo de Mobilidade

O modelo de mobilidade pode ser definido como um modelo matemático para tentar representar o comportamento da movimentação dos nós móveis dentro de uma rede *ad hoc*. Ele determina como os componentes vão se movimentar ou variar ao longo do tempo. Um papel muito importante do modelo de mobilidade é a determinação do desempenho no protocolo da MANET, que busca representar o comportamento de nós móveis, para determinar o impacto da mobilidade em sistemas de comunicação.

3. Simuladores de Redes Ad Hoc

São simplesmente ferramentas de simulação orientada a eventos que se tem revelado muito úteis no estudo de natureza dinâmica para redes de ad hoc, bem como funções da MANET e seus protocolos (por exemplo, algoritmos de roteamento, TCP, UDP), fornecendo aos usuários uma maneira de especificar os protocolos de rede, e simular os comportamentos correspondentes. Nas subseções seguintes serão mostrados detalhes sobre os simuladores.

3.1. JiST/SWANTS

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) utilização da linguagem de programação java para

a plataforma de simulação; (ii) grande número de bibliotecas de simulação; (iii) não sendo necessário desenvolver um novo *kernel* do sistemas para simulação [Barr 2004].

O SWANS é construído sobre a plataforma JIST de forma independente, permitindo, assim, a construção de simulação da 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 e Solaris, Mac, e etc, sendo este um acréscimo de grande vantagem.

O SWANS é organizado em componentes independentes de *software* que podem ser compostos de forma a completar 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 *et al.*].

3.2. NS-2

NS (versão 2), mais conhecido como NS2, é simplesmente uma ferramenta de simulação de *open source*. Desenvolvido a partir do projeto VINT (*Virtual InterNetwork Testbed*) [Bajaj et al. 1998]. Sua criação em 1989 tem vindo a ganhar enorme interesse da indústria, academia e governo. Sem dúvida, NS2 tornou-se um dos mais utilizados simuladores de rede de fonte aberta. É um *software* de simulação bastante difundido na academia, utilizado em muitas pesquisas e é muito estável [Issariyakul and Hossain 2008]).

Este simulador é orientado para 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.

4. Estudo de Caso

Qualquer sistema, independentemente da área em que estiver sendo realizado, deve ter seu desempenho avaliado. Para isso, vários métodos são encontrados e eles diferem na forma com que os resultados são gerados e avaliados. Este trabalho realizou as análises em três cenários, sendo executadas dez simulações em cada cenário para cada simulador, realizando sessenta simulações no total.

4.1. Comparação

Antes de comparar as simulações, queremos mostrar alguns aspectos diferentes entre o JiST/SWANTS e NS-2. Ambos fornecem pacotes de simulações usando uma abordagem baseada em eventos discretos. Esta semelhança nos permite concentrar-nos em apenas aspectos chaves desses dois simuladores.

As análises dos simuladores serão obtidas através de duas formas. Para JiST/SWANS será feito através da interface da aplicação, a qual mostra já os resultados, e para o NS-2 será feito através do *script genstats.awk*, desenvolvido para capturar automaticamente os processos de memória, tempo de execução e compara os resultados gerados pelo NS2. E, seguidamente, foram gerados os gráficos.

Nesta seção, serão apresentadas todas as simulações realizadas neste trabalho com seus respectivos resultados. As simulações foram conduzidas com a finalidade de avaliar o comportamento entre simuladores abordados anteriormente.

4.2. Qualidade da Comparação

Foram aplicados cenários como descrito anteriormente, tanto para JIST/SWANTS quanto para NS-2 e utilizado o protocolo de roteamento AODV e o modelo de mobilidade RWP, sendo os mais conhecidos e implementados por padrão em ambas as ferramentas para executar simulações de redes ad hoc. O requisito mais importante para uma comparação válida dos dois simuladores é uma definição concisa da configuração da simulação. Por exemplo, é vital assegurar que os dados e configurações foram gerados da mesma maneira.

4.3. Ambiente de Simulação

As simulações foram feitas por meio do NS-2 [Fall and Varadhan 2009]. A versão utilizada foi a 2.34. O outro simulador foi o JiST/SWANTS na versão utilizada foi a 1.0.6. Ambos foram simulados em um ambiente composto do sistema GNU/Linux e dos *softwares* JiST/SWANTS que utilizou a JVM versão 1.6.0 e o *Eclipse Ganymede* e o NS-2 foi executado direto no Ubuntu. As simulações realizadas durante o desenvolvimento deste trabalho foram feitas em uma máquina com processador Intel Core i5, 2,5Ghz, cada qual com frequência de *clock*, 4GB de memória RAM e 2GB de *swap*, disco rígido 500gb.

4.4. Configuração dos cenários

Esta seção detalha todos os parâmetros do ambiente de simulação das redes ad hoc. A princípio, para se realizar uma simulação, tem-se como necessidade a definição das seguintes etapas:

1. Planejando a Simulação;
2. Definindo os nós;
3. Definindo a movimentação;
4. Definindo o Tráfego;
5. Visualizando a Simulação;
6. Analisando o trace;
7. Gerar os gráficos.

Neste trabalho foi executada uma bateria de 90 simulações. É interessante ressaltar os padrões de cenários globais e as variantes. A bateria de simulação ocorrerá segundo as Tabelas 1 e 2:

Tabela 1. Canário globais.

N. de Simulações	N. de Execuções	Qtde de Nós	Área (m ²)
1	10	50	1500 × 500
2	10	500	1500 × 500
3	10	5000	1500 × 500

Tabela 2. Cenários Variantes.

Parâmetros	Dados
Tamanho dos pacotes	64bytes
Taxa de transmissão (pacotes UDP por segundo)	4 p/s
Protocolo enlace: CSMA/CA (802.11) alcance de transmissão	275m
Velocidade dos Nós	[0,20]m/s
Tempo de pausa	0,0
Tráfego	30 msn por segundo
Tempo de simulação	900s
Protocolo de roteamento	AODV
Modelo de Mobilidade	Randon Waippon

4.5. Resultados

Nesta sessão serão demonstrados os resultados gerados pelas simulações de interesse principal deste trabalho, os quais visam reproduzir o comportamento dos simuladores de redes *ad hoc* na medida em que estas redes escalonam com o aumento dos nós, ou seja, na medida em que aumentamos em grande escala a quantidade de nós presentes e proporcionalmente a quantidade de nós comunicantes.

Como a proposta deste trabalho é avaliar os simuladores utilizando um cenário específico, as variações dos parâmetros precisam obedecer às restrições impostas por este cenário. As métricas utilizadas para comparar a escalabilidade e o poder computacional de cada ferramenta foram: processamento; memória e tempo de execução. As variações dos parâmetros têm a finalidade de propiciar a avaliação do desempenho dos simuladores quando impostos às condições críticas ou buscar os melhores parâmetros para esse tipo de rede.

4.5.1. Simulação 50, 500, 5000 nós área 1500 x 500m²

Na Figura 2 ilustra-se a medida de tempo em relação à execução da simulação entre os simuladores. Através deste estudo, foi possível mostrar que o tempo de execução do JiST/SWANS foi menor em relação ao NS2 que se manteve crescente ao tempo de execução da simulação com o aumento dos nós na rede.

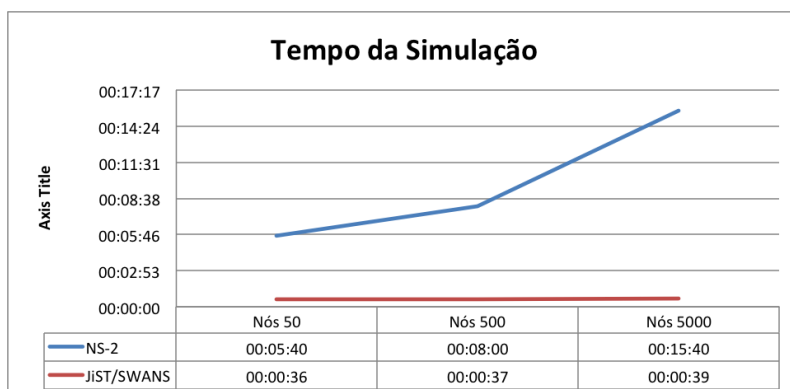


Figura 2. Resultado do Primeiro Cenário.

A Figura 3 ilustra a comparação entre os simuladores em relação ao consumo de processamento na execução da simulação. Vista a constância do JiST/SWANS e o alto crescimento do NS-2 com o aumento dos nós, nota-se uma melhor adoção à utilização do JiST/SWANS por manter uma constância no processamento ao aumento do número de nós na rede; dado o fato de que é em Java.

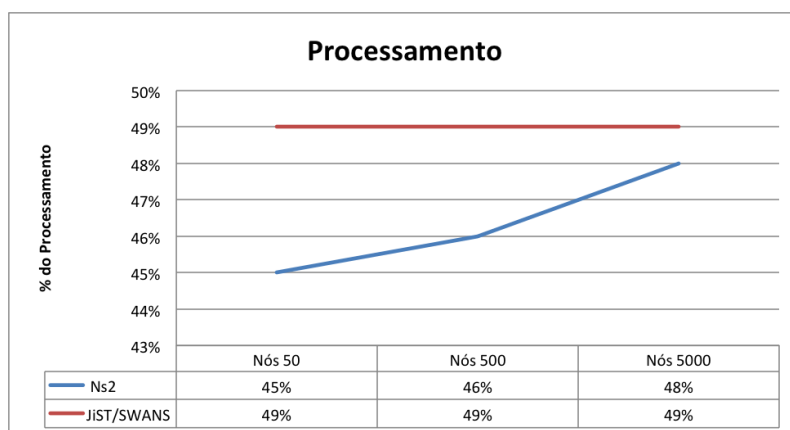


Figura 3. Resultado do Primeiro Cenário.

Outro importante recurso para medir a escalabilidade das ferramentas NS2 e JiST/SWANS é a memória. A Figura 4 na página seguinte, ilustra o consumo de memória ao longo das variações de nós nas simulações. O NS2 consome muitos recursos de memória do que o JiST/SWANS. Visto que, ao simular 5000 nós na rede, o NS2 precisou de 2 Gigabyte de memória enquanto o JiST/SWANS necessitou apenas de 58 Megabyte de memória mostrando, assim, uma melhor adequação do JiST/SWANS a uma rede com grandes cenários. Os requisitos de memória tendem a ser um fator limitante para a capacidade de grandes cenários.

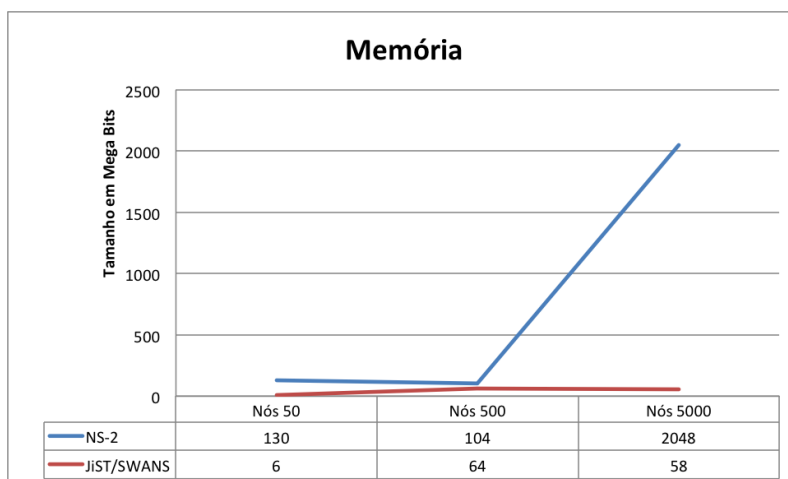


Figura 4. Resultado do Primeiro Cenário.

Esta seção apresentou os resultados de uma bateria de simulação entre os simuladores JiST/SWANS e NS2, utilizando 3 diferentes cenários. Cada simulador executou dez vezes em cada cenário. Sendo, um total de 60 simulações, com isso encontrou-se sua média ponderada e expressa através de gráficos e tabela e as vantagens e desvantagens de cada simulador, mostrando assim seu poder computacional, percentualmente ao aumento da quantidade de nós na rede ad hoc e sua usabilidade.

5. Conclusão

Este trabalho abrangeu um estudo de simuladores de rede *ad hoc* para avaliar seu poder computacional e escalabilidade de ambos e uma pesquisa sobre os protocolos de roteamento e modelo de mobilidade para ser utilizado 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 escolhidos através deste trabalho, para ser estudado e usado nos testes para avaliação dos simuladores. Pode-se concluir que esta pesquisa alcançou as metas projetadas e poderá servir em trabalhos futuros na área, sejam estes trabalhos com o simulador JiST ou trabalhos com NS2.

Referências

- Bajaj, S., Breslau, L., Estrin, D., Fall, K., Floyd, S., Haldar, P., Handley, M., Helmy, A., Heidemann, J., Huang, P., Kumar, S., McCanne, S., Rejaie, R., Yu, H., Xu, Y., and et al. (1998). Virtual internet network testbed: Status and research agenda. Technical report.
- Barr, R. (2004). Jist - java in simulation time users guide.
- Barr, R., Hass, Z. J., and van Renesse, R. JiST/SWANS: Java in Simulation Time / Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator. <http://jist.ece.cornell.edu/>.
- Fall, K. and Varadhan, K. (2009). *The ns Manual (formerly ns Notes and Documentation)*.
- Issariyakul, T. and Hossain, E. (2008). *Introduction to Network Simulator NS2*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1 edition.

- Perkins, C. and Royer, E. (1999). Ad-hoc on-demand distance vector routing. In *Mobile Computing Systems and Applications, 1999. Proceedings. WMCSA '99. Second IEEE Workshop on*, pages 90–100.
- Perkins, C. E. (2008). *Ad Hoc Networking*. Addison-Wesley Professional, 1 edition.
- Perkins, C. E. and Bhagwat, P. (1994). Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (dsv) for mobile computers. In *Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications, SIGCOMM '94*, pages 234–244, New York, NY, USA. ACM.
- Raju, J. and Garcia-Luna-Aceves, J. (2000). A comparison of on-demand and table driven routing for ad-hoc wireless networks. In *Communications, 2000. ICC 2000. 2000 IEEE International Conference on*, volume 3, pages 1702–1706 vol.3.