

Uma Ferramenta Didática para Aprendizagem de Redes Sem Fio

Leandro Fernandes da Silva, Carlos Henrique Nogueira R. Barbosa,
Alessandro Vivas Andrade, Cristiano Leite de Castro

Ciência da Computação – DCET - Centro Universitário de Belo Horizonte, MG

Av. Prof. Mário Werneck, 1685 – Bairro Estoril – Belo Horizonte – MG - Brasil

{leandroferns@bol.com.br, {cbarbosa,vivas,ccastro}@acad.unibh.br

Abstract. *The purpose of this work is to present a complementary resource to those who starts on study of structureless wireless networks. This tool was built in the Scilab environment and it is free of charge, following the open-source philosophy. Using API's (or functions) already present in the environment, the authors obtained an easy-to-use interface through known entities such as window, buttons and menus. The main idea is to provide a tool capable of demonstrates from the simplest concept in wireless network to typical problem associated with recent technology restraints.*

Resumo. *Redes sem fio são formadas por nós dotados de algum poder de processamento computacional, com liberdade para se movimentarem em direções arbitrárias e com a capacidade de estabelecerem conexões temporárias entre si para a transmissão de dados. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma ferramenta de código aberto, desenvolvida para propósitos de aprendizagem dos conceitos básicos relacionados às redes sem fio.*

1. Introdução

As redes móveis sem fio permitem aos usuários o acesso a serviços, compartilhamento de recursos e troca informações em uma modalidade independente de localização e tempo. A comunicação sem fio proporciona ao usuário uma mobilidade não possível em redes convencionais. As redes não-estruturadas podem ser consideradas como uma categoria de redes sem fio que não possuem uma topologia fixa e, portanto, são ideais para aplicações PAN (*Personal Area Network*), como redes de abrangência pessoal [Perkins 2001].

A constatação de literatura didática e softwares de aprendizagem não muito vasta sobre redes móveis, por se tratar de uma área de pesquisa em franca expansão, é o principal motivador da elaboração de uma ferramenta de código aberto a ser disponibilizada ao público interessado.

Ao ter sido detectada uma carência de material introdutório sobre o assunto, foi elaborada uma ferramenta gráfica que apresentasse os conceitos e terminologias associadas a redes móveis. A ferramenta foi desenvolvida no ambiente matemático *Scilab 2.7* [Pires 2001], executado em uma distribuição *Linux Red Hat 10* [Jiménez 2002].

2. Redes Móveis não-estruturadas

A tecnologia que possibilita a implementação de redes de comunicação entre dispositivos por rádio-freqüência vem sendo estudada desde a construção dos primeiros protótipos de redes de comutação de pacotes [Perkins 2001]. Entretanto, os primeiros modelos não suportavam uma funcionalidade de rede essencial à conectividade – a capacidade de encaminhar os pacotes de dados entre pares de dispositivos remetente e destinatário que não estivessem ao alcance um do outro. Recentemente, padrões têm sido buscados no sentido de viabilizar técnicas eficientes de roteamento, cujo comportamento seja ideal para um meio de transmissão com características tão variáveis como é o espaço livre. Outro ponto crítico é o uso racionalizado da quantidade limitada de energia armazenada nas baterias dos nodos. As atividades associadas ao protocolo de roteamento devem ser eficazes e simples, aumentando a autonomia dos nós e reduzindo o atraso na entrega dos dados entre um nó remetente e um nó destinatário. A alta freqüência na atualização das informações de controle pode garantir informações precisas a custo de maior uso de energia, reduzindo a autonomia dos nós. Esquemas cooperativos de gerência de energia em um conjunto de nós podem atuar no sentido de manter nós em estado emergencial de energia, transmitindo ou recebendo mensagens de alta prioridade e nós com maior autonomia assumindo todas as atividades de controle necessárias aos encaminhamentos de pacotes e às atualizações de rotas para esses encaminhamentos. Neste sentido, pesquisas têm sido direcionadas na elaboração de um protocolo de roteamento adaptativo, ou seja, híbrido capaz de implementar hierarquização entre grupos de nós [Royer 1999].

Diferentemente de redes móveis estruturadas que dependem de bases de comunicação fixas para encaminharem dados a outras bases e, conseqüentemente, a outros nós (ex. sistema de telefonia celular), as redes móveis não-estruturadas (Figura 1) são completamente autônomas e capazes de implementarem todas as funcionalidades necessárias para conectividade nos seus próprios nós.

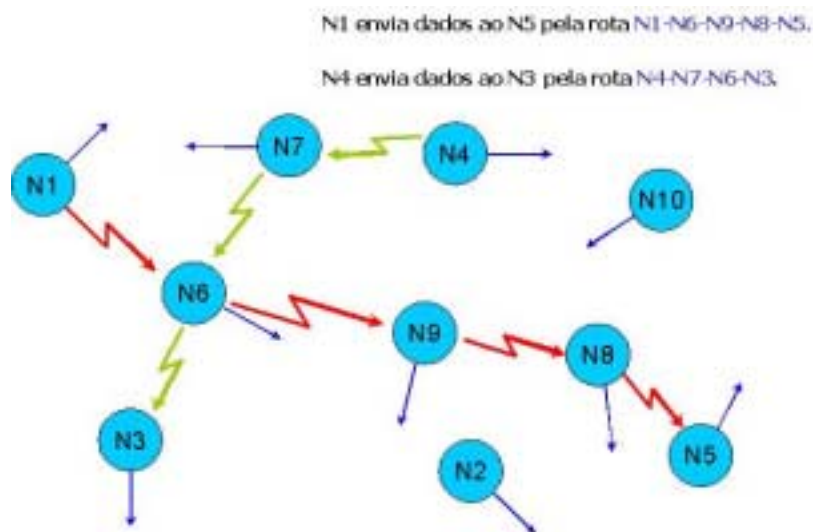


Figura 1. Rede móvel sem fio não-estruturada.

2.1. Aplicabilidade de Redes Móveis não-estruturadas

As redes móveis não-estruturadas possibilitam o pronto estabelecimento de uma topologia lógica de comunicação em praticamente qualquer cenário imaginável. A versatilidade é uma característica extremamente desejável em situações onde não seja viável a implantação de uma rede fixa convencional. Exemplos mais comuns referem-se ao estabelecimento de uma rede de comunicação e cooperação entre equipes de salvamento em cenário de desastre, a coordenação de atividades interdependentes realizadas por grupos em campo aberto e trocas de informações entre indivíduos que compartilham interesses em eventos como congressos ou reuniões de negócios [Perkins 2001]. Situações onde haja a necessidade da existência de uma rede de computadores, apesar da impossibilidade de modificações estruturais no local (ex. edificação histórica), podem requerer o uso de algum tipo de rede sem fio. Redes de sensores sem fio têm sido um dos principais tipos de aplicações para rede móveis não-estruturadas e de abrangência variada. Nesta categoria de rede, centenas ou milhares de nós podem integrar uma rede de topologia variável com o intuito de se monitorar algum evento como a temperatura ambiente, abalos sísmicos, umidade do ar ou a movimentação de tropas em uma dada região de cobertura. Redes de sensores podem ser extremamente úteis nos procedimentos de monitoração constante em sítios de acesso dificultado como a circunvizinhança de vulcões, regiões submarinas ou superfícies de planetas.

2.2. Fatores Limitantes do Uso de Redes Móveis não-estruturadas

As redes móveis sem fio não-estruturadas apresentam desafios, inerentes à sua própria natureza, ou seja, custos associados à obtenção de uma rede de comunicação extremamente versátil e adaptativa. O uso de baterias limita a autonomia dos nós em termos de energia, uma vez que o estado atual de desenvolvimento desses dispositivos de armazenamento não possibilita a atuação prolongada dos nós a taxas elevadas de processamento. Toda atividade realizada pelo nó deve ser crítica. A variabilidade das condições do meio de transmissão prejudica consideravelmente a qualidade dos enlaces estabelecidos, ou em última instância, a conectividade da rede. Os enlaces entre nós vizinhos são temporários e tais conexões podem ser unidirecionais ou bidirecionais, dependendo da demanda por largura de banda. A capacidade efetiva dos enlaces (largura de banda) ainda é baixa e extremamente sensível às variações do meio de transmissão, se comparada às taxas alcançadas em redes convencionais cabeadas. Normalmente, o roteamento em uma rede sem fio não-estruturada é distribuído, pois cada nó da rede deve atuar como roteador. A função de rotear pacotes em uma modalidade *multihop* também irá consumir energia e, portanto, deve ser cuidadosamente analisada. Para isso existem os protocolos reativos, pró-ativos e híbridos, sendo estes últimos uma combinação dos aspectos vantajosos de cada um [Royer 2000]. A dinâmica da topologia de uma rede não-estruturada traz novos problemas como a alteração constante do endereçamento dos nós. A determinação do posicionamento relativo entre os nós não pode ser feita de modo determinístico, uma vez que a movimentação dos mesmos é caótica. Uma modelagem que indicasse a provável localização de cada nó em um momento seguinte poderia tornar o processo de construção das tabelas de roteamento mais eficiente. Outro fator essencial é a abrangência da rede que depende diretamente do seu contexto de aplicação e do número de nós. Uma rede de sensores para monitoração externa, por exemplo, pode cobrir uma área de centenas ou milhares de metros

quadrados. Já uma rede sem fio local pode estar restrita ao espaço interior de uma edificação. Por não haver um confinamento do sinal transmitido, é extremamente recomendável que as redes mencionadas utilizem algum método criptográfico ou de embaralhamento do sinal portador da informação. A sondagem por sinais de intercomunicação entre nós de redes privadas tem se tornado uma prática cada vez mais comum. A comunicação por rádio-frequência possui outro inconveniente inevitável: interferência. Esse fenômeno pode se dar pela interação do sinal com outros sinais de frequências próximas (fontes eletromagnéticas, ruídos espúrios) ou com o próprio sinal defasado (multi-percurso), provocando o esvaecimento do mesmo e, conseqüentemente, reduzindo o seu raio de alcance. A solução adotada para tal problema, é a definição e uso multiplexado de um conjunto de canais no estabelecimento da comunicação entre o nó fonte e o nó destino. Os canais com altos índices de erro na transmissão dos pacotes de dados são colocados temporariamente em um estado inoperante. As técnicas DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) e FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) dividem a banda de comunicação disponível em canais, realizando a multiplexação temporal seqüencial ou aleatória entre aqueles disponíveis [Rappaport 1996, Stallings 2000]. Obstáculos em um cenário onde se pretende estabelecer a comunicação entre nós móveis são responsáveis pela degradação da qualidade dos enlaces. Contribuem para o enfraquecimento do sinal ao absorverem ou provocarem difrações. Muitas vezes, o sinal não atinge toda a área de cobertura que apresenta um relevo irregular e, desse modo, algumas regiões ficam sombreadas, isto é, o sinal no interior delas não tem potência suficiente para ser detectado pelos dispositivos.

2.3. Roteamento em Redes Móveis não-estruturadas

Grande parte dos protocolos de roteamento em uso nas redes móveis não-estruturadas se baseia no algoritmo vetor-distância (*Bellman-Ford*) ou no algoritmo estado de enlace [Perkins 2001]. Os protocolos de roteamento são categorizados conforme seus modos de atuação: reativos, pró-ativos e híbridos. Um protocolo reativo somente irá atuar quando um nó indicar a sua intenção de envio de dados a algum outro nó da rede que não possua ainda nenhuma rota pré-definida. Dentre os protocolos reativos mais conhecidos estão o *Dynamic Source Routing* (DSR), o *Ad Hoc On Demand Vector Routing* (AODV), o *Temporally Ordered Routing Algorithm* (TORA) e o *Associativity Based Routing Algorithm* (ABR) [Perkins 2001]. Já os protocolos pró-ativos garantirão a constante manutenção das rotas que contemplem caminhos para qualquer nó da rede. Como exemplos de protocolos pró-ativos, podem ser citados o *Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV), o *Optimised Link State Routing* (OLSR), o *Tailoring Distance Vector Protocol* (TDVP), o *Fisheye State Routing* (FSR) e o *Wireless Routing Protocol* (WRP) [Stallings 2002]. Em desenvolvimento, estão os protocolos híbridos, que adotam os aspectos positivos das duas categorias anteriormente mencionadas: baixa latência na definição de rota e propagação mínima de pacotes de sondagem. Protocolos híbridos como o *Cluster Based Routing Protocol* (CBRP) ou o *Zone Routing Protocol* (ZRP) combinam as vantagens identificadas [Perkins 2001]. Como será visto nas próximas seções, a ferramenta desenvolvida examina os principais protocolos em uso em redes móveis não-estruturadas.

3. A ferramenta

O *Scilab* (versão 2.7) [Pires 2001] foi o ambiente de desenvolvimento da ferramenta proposta neste trabalho. O *Scilab* é um ambiente matemático, utilizado no desenvolvimento de programas para resolução de problemas numéricos, assim como o *MatLab*TM. Criado por pesquisadores do INRIA (*Institut de Recherche en Informatique et en Automatique*), o *Scilab* é distribuído gratuitamente com seu código-fonte aberto [Jiménez 2002, Scilab Group 2000]. Por se tratar de uma ferramenta de fins didáticos e, portanto, para uso em instituições de ensino é importante que o custo da mesma seja nulo. Além disso, o código-fonte poderá sofrer modificações e melhorias não somente pelos autores como também por qualquer pessoa interessada na utilização da ferramenta. O *Scilab* apresenta recursos pertinentes à implementação de demonstrações de cenários com resultados quantitativos, tais como a aplicação ou modelagem do meio de transmissão, cálculo de eficiência de protocolos e latência na definição de rotas. Algumas *API's* já existentes no *Scilab*, desenvolvidas para a construção de polígonos e formatação de menus e janelas, foram utilizadas. Outras funcionalidades, como a elaboração de uma função de localização de objetos na tela, foram desenvolvidas pelos autores. A ferramenta foi desenvolvida com o intuito de apresentar alguns dos principais conceitos aplicados às redes móveis não-estruturadas. Para isso, dentre as funcionalidades da ferramenta estão contemplados alguns conceitos como: definição e tipo de redes móveis, aplicabilidade, princípios de roteamento em redes não-estruturadas, operacionalidade dos principais protocolos de roteamento, mecanismo de detecção e correção de erros em pacotes, mecanismos de adaptabilidade como endereçamento dinâmico e perda de conectividade devido a questões relacionadas à energia, somreamento ou interferências. A Figura 2 exibe a tela inicial da ferramenta. Ao usuário são disponibilizadas aulas, separadas por módulo, e exercícios para checagem dos conceitos assimilados.

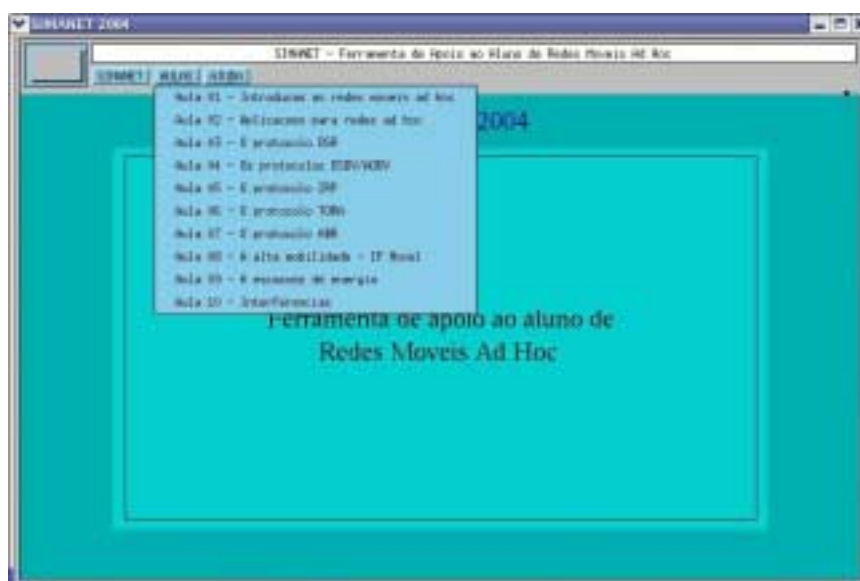


Figura 2. Tela principal da ferramenta.

A Figura 3 apresenta uma das primeiras animações disponibilizadas para o aluno que representa o funcionamento de uma rede estruturada (sistema de telefonia celular).

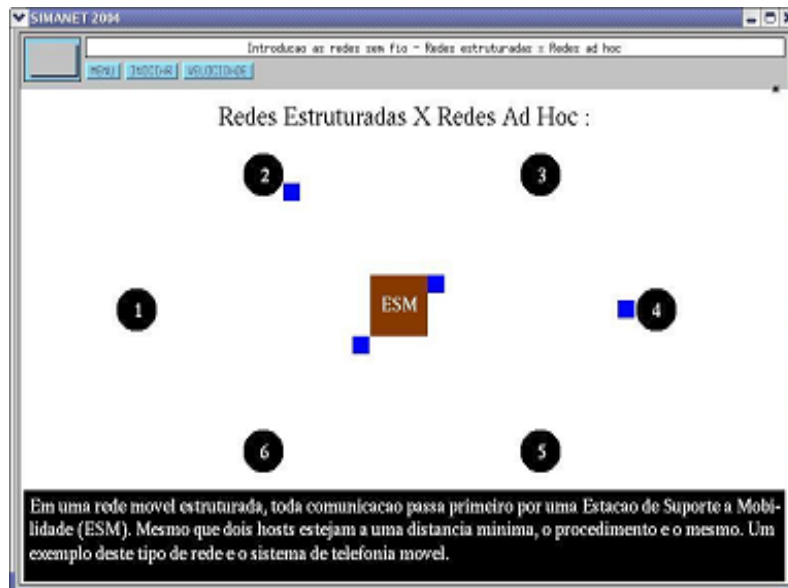


Figura 3. Operação de uma rede estruturada.

As Figuras 4 e 5 exibem algumas telas disponibilizadas nas demonstrações animadas do funcionamento básico de algoritmos de roteamento conhecidos como o *Destination Sequenced Distance Vector* e o *Zone Routing Protocol*.

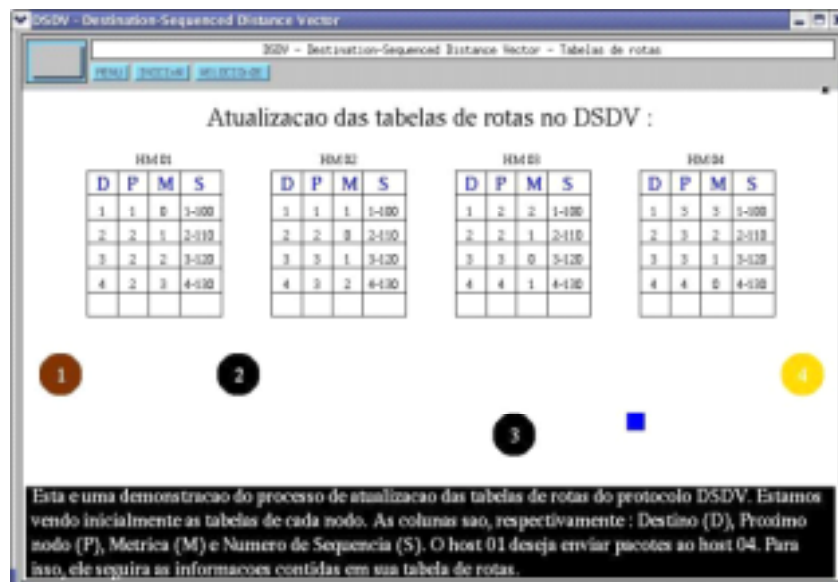


Figura 4. Exemplo de tabelas contendo métricas para um protocolo de roteamento pró-ativo (DSDV).

As atualizações das tabelas de roteamento são mostradas para o estabelecimento de uma rota particular. As principais diferenças entre protocolos reativos e pró-ativos são percebidas ao se fazer uma opção pela análise passo a passo das etapas necessárias à garantia da



Figura 5. Demonstração da operação do protocolo hierárquico de roteamento por zona (ZRP).

As demonstrações de funcionamento básico de protocolo de roteamento englobam DSR (Figura 6), DSDV (Figura 4), AODV, ZRP (Figura 5), TORA e ABR.



Figura 6 – Operação do protocolo DSR.

3.1. Modularidade da Ferramenta

Com o intuito de facilitar o aprendizado do conteúdo e melhorar a usabilidade da ferramenta, os tópicos foram organizados em módulos. Cada módulo possui uma demonstração passo a passo, uma animação, textos explicativos e alguns exercícios de revisão. Assuntos como os métodos de descoberta de rotas usados pelos principais protocolos de roteamento reativos e pró-ativos são abordados de maneira introdutória. Bibliotecas prontas com suporte à criação de objetos gráficos sobre uma estrutura básica de interface facilitaram a elaboração da ferramenta. Certas características peculiares às redes móveis sem fio, como a ocorrência de sombreamento do sinal ocasionado por obstáculos ou irregularidade do terreno, prejudicam a conectividade dos nós e foram contempladas nesta versão da ferramenta didática.

4. Conclusões

Redes móveis não-estruturadas, apesar de serem pesquisadas há mais de três décadas, vêm sendo abordadas recentemente nos cursos acadêmicos. O intuito deste trabalho foi o desenvolvimento de uma ferramenta didática, para livre distribuição e uso, que possa apresentar ao aluno, através de demonstrações visuais, os principais conceitos em redes móveis. A escassez de literatura especializada, por se tratar de uma área em franco desenvolvimento para aplicações cotidianas, motivou a elaboração da ferramenta de código aberto. Justifica-se a renovação de interesses em torno do assunto pela viabilidade atual da construção de tais redes, uma vez que o estado da arte da tecnologia vigente permite a redução de custos para que aplicações possam ser disseminadas [Forman 1994, Royer 1999].

5. Referências

Forman, G. & Zahorjan, J. “The Challenges of Mobile Computing”, IEEE Transactions on Computer, vol. 27, nº 4, abril, 1994, pp.38-47.

Jiménez, A. “Scilab: Computacion Numerica Bajo Linux y Windows.”, Universidad de Cádiz. 2002.

Perkins, C. “Ad Hoc Networking”, Pearson Education, Addison-Wesley, 2001.

Pires, P. “Introdução ao Scilab Versão 1.0” Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2001.

Rappaport, T. “Wireless Communications, Principles & Practice”. Prentice Hall PTR, New Jersey, 1996.

Royer, E.M. & Toh, C.K..”A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks”, IEEE Personal Communications, vol. 6, nº 2, abril 1999, pp. 46-55.

Scilab Group. “Introduction to Scilab: User Guide.”, Unité de Recherche de Rocquencourt, 2000, 125f.

Stallings, W. “Wireless Communications and Networking”, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2002, 1ª edição.