

1 Introdução

Com o recente amadurecimento e proliferação das tecnologias para comunicação sem fio e de dispositivos móveis com diferentes capacidades de processamento e comunicação de dados, aumentou também o interesse por protocolos, serviços e aplicações para redes móveis. Redes móveis são comumente classificadas como infra-estruturadas ou ad hoc. Enquanto que as primeiras já existem há vários anos na forma de tecnologias de redes celulares com capacidade de transmissão de dados, como por exemplo o HSCSD, o GPRS, o CDMA2000 e mais recentemente o UMTS, as redes ad hoc vêm ganhando uma atenção cada vez maior através da popularização de padrões de protocolos como o IEEE 802.11 (Crow et al, 1997) e o Bluetooth (Bluetooth, 2002).

Estes padrões possibilitam uma comunicação espontânea entre dispositivos, seja para o compartilhamento de recursos, ou para a interação e colaboração espontânea entre usuários. Por exemplo, através do Bluetooth, dispositivos distintos, tais como um telefone celular, um PDA (*Personal Digital Assistant*), um relógio equipado com um sensor GPS (*Global Positioning System*), e uma câmera digital podem formar uma rede de alcance restrito (PAN¹ – *Personal Area Network*) e executar um serviço que necessite dos recursos disponíveis em cada um dos dispositivos, como por exemplo a transferência de uma fotografia através do celular e seu armazenamento no PDA com a indicação da localização exata e que a foto foi feita. Mas também na disciplina de sistemas de suporte à colaboração (CSCW), cada vez mais estuda-se mecanismos que dêem apoio para uma colaboração espontânea entre usuários (*Spontaneous Collaboration*), tais como a troca de dados, como mapas, textos, dados públicos, entre usuários que se encontram em determinado local.

¹ *Personal Area Network* é uma rede de curto alcance, restrita a uma pequena área, onde os nós estão geralmente associados a uma determinada pessoa.

As redes ad hoc são principalmente indicadas para situações onde não é possível, ou não faz sentido, instalar uma infra-estrutura de rede. Como por exemplo: trabalhos colaborativos fora do escritório; aplicações de gerenciamento de crises (resultado de desastres naturais ou de guerras); operações de emergência de busca e salvamento; PAN; redes de sensores²; e aplicações militares (na verdade as redes móveis ad hoc foram inicialmente desenvolvidas para uso militar). Ou seja, as redes ad hoc são úteis onde for necessário montar uma rede de forma rápida para troca de informação, sem a necessidade da presença de estações de base fixas e administradores de redes.

1.1. Redes Móveis Ad Hoc

Redes móveis ad hoc (MANET – *Mobile Ad hoc Network*) consistem de nós (dispositivos móveis) com uma interface para comunicação sem fio, que se movem de forma aleatória variando dinamicamente o sub-conjunto dos demais nós com os quais um nó pode se comunicar. Este sub-conjunto depende de vários fatores tais como a tecnologia de comunicação sem fio utilizada, o protocolo de controle de acesso ao meio, o nível de energia disponível no nó, a potência de transmissão, a concentração de nós mutuamente alcançável, o padrão de movimentação do nó, entre outros.

Devido a todos estes fatores, redes ad hoc tendem a ser muito dinâmicas e instáveis, demandando o projeto de novos protocolos adequados para estes tipos de redes. Estes protocolos podem se prestar a uma série de diferentes tarefas, tais como, encaminhamento de dados, anúncio e descoberta de recursos remotos, difusão e gerenciamento das informações dinâmicas sobre os recursos e serviços disponíveis na rede, entre outros.

Esta demanda pelo desenvolvimento de novos protocolos específicos para redes ad hoc por sua vez requer a existência de ferramentas adequadas para a prototipação, a depuração e a análise destes protocolos em um ambiente simulado.

² Uma coleção de pequenos dispositivos (sensores), de baixo custo, com pouca ou nenhuma mobilidade, que são capazes de monitorar o ambiente onde estão localizados, de se comunicarem entre si e de transmitirem os dados coletados para uma determinada estação base, através da rede ad hoc.

E devido à diversidade de tecnologias de comunicação sem fio e dispositivos móveis por um lado, e dos protocolos a serem desenvolvidos por outro lado, torna-se imperativo que estas ferramentas sejam suficientemente flexíveis para que possam ser adaptadas às necessidades e ao grau de abstração desejado por cada usuário. Além disto, o uso de tal ferramenta deve ser simples e de rápido aprendizado, de forma que a mesma possa ser utilizada para fins didáticos e para a pesquisa.

1.2. Objetivos

Tendo em vista os requisitos mencionados anteriormente, o objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um framework para a prototipação e simulação de protocolos para redes móveis ad hoc. Além de prover um arcabouço bem estruturado e flexível para a criação de ambientes de simulação de protocolos com os mais diferentes níveis de detalhes, foram também fornecidas implementações de alguns *hot-spots* (pontos de flexibilização) que servem de exemplo e base para extensões e customizações do framework.

1.3. Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 descreve os principais trabalhos relacionados com o tema desta dissertação. O capítulo 3 apresenta o framework desenvolvido, mostrando cada um dos seus pacotes e suas funcionalidades. O capítulo 4 apresenta o modelo de programação de protocolos do framework. Este capítulo discute a implementação de protocolos da camada física, da subcamada MAC e da camada de rede. O capítulo 5 apresenta a implementação de um protocolo de roteamento e de uma simulação no framework. No capítulo 6 são apresentadas algumas conclusões e propostas de trabalhos futuros. E para complementar este trabalho, no apêndice é mostrado um estudo de alguns dos protocolos de roteamento para redes móveis ad hoc.

Gostaríamos de ressaltar que no desenvolvimento deste framework foi utilizada a linguagem de modelagem UML (*Unified Modeling Language*), e também foram utilizados vários padrões de projeto (*Design Patterns*). Todos os

padrões de projeto utilizados neste trabalho se basearam na referência Gamma et al (2000).