

# 1 Introdução

O uso de equipamentos portáteis, tais como, notebooks, celulares e PDAs, tem se tornado cada vez mais comum na vida das pessoas. Aliado a isso, ocorre o desenvolvimento das tecnologias de comunicação para redes sem fio, que estão sendo integradas na maior parte desses equipamentos portáteis. Isto permite adicionar capacidade de comunicação sem fio a outros dispositivos além dos aparelhos celulares. Dessa forma, a comunicação móvel sem fio vem se tornando cada vez mais popular, gerando um número cada vez maior de redes de comunicação, como as redes celulares e as WLANs [1].

## 1.1. Redes ad hoc

As redes de comunicação sem fio são utilizadas em várias aplicações, algumas delas aparecem em cenários em que a rede não pode depender de um controle centralizado, surgindo o conceito de redes móveis *ad hoc*, conhecidas como MANET (*Mobile Ad Hoc Networks*). Um exemplo dessa situação ocorre quando é necessário estabelecer comunicação eficiente para operações de emergência e redes militares.



Figura 1 – exemplos de aplicação de redes ad hoc

As redes móveis *ad hoc* são formadas sem a presença de uma administração central, composta por um conjunto de dispositivos móveis (chamados de nós) com

capacidade de comunicação entre si, através de um *link* sem fio de banda relativamente restrita. Como os nós são móveis, a topologia de rede pode mudar rapidamente com o tempo e de forma imprevisível. A rede é descentralizada, onde toda a atividade da rede incluindo a descoberta da topologia da rede e a entrega das mensagens deve ser executada pelos próprios nós, portanto eles têm que cooperar para se comunicar [1].

As redes móveis *ad hoc* requerem algoritmos eficientes para a determinação de sal organização e roteamento das mensagens. Nesse ambiente de controle descentralizado surge a necessidade de auto-organização da rede que deve ser baseada regras e políticas, para simplificar a sua operação da rede e assegurar que o sistema permaneça sob controle.

A auto-organização reduz o esforço de administração da rede. Para aplicá-la em um problema complexo de redes de comunicações, é necessário implementar regras e protocolos para as interações entre os nós. Redes móveis *ad hoc* auto-organizadas se distinguem de outras redes, devido as suas seguintes características [2]:

- São redes sem autoridade central, ou seja, elas podem atuar numa forma independente de qualquer provedor.
- São potencialmente grandes e irregularmente distribuídas.
- São altamente cooperativas, e qualquer operação é o resultado da cooperação de um grupo de nós.

## **1.2. Motivação**

A tecnologia de TV digital trará melhoria da qualidade de vídeo e de áudio para a transmissão dos sinais de TV. Um avanço importante neste setor consiste na possibilidade de interatividade com os usuários, que será feita por meio de um canal de retorno ou de interatividade. Isto cria uma grande possibilidade para novos serviços. No Brasil, pretende-se obter uma convergência entre a TV, o computador e a Internet, buscando facilitar a inclusão digital, isto é, um amplo acesso da comunidade brasileira à tecnologia do computador e da Internet.

Para garantir o sucesso da interatividade, o canal de retorno deve ser confiável, tanto do ponto de vista de segurança, quanto da manutenção da taxa de transmissão. A tecnologia e o meio de transmissão que serão utilizados criam restrições para o canal de retorno. Algumas possibilidades incluem o uso da linha telefônica, uso de telefonia celular, uso de comunicação em linhas de distribuição (*power line communications* - PLC), uso de redes *ad hoc*, uso de radiofrequência em faixa aberta ou na faixa reservada à transmissão de televisão [3].

Porém, essas tecnologias não podem implicar em um custo muito elevado, nem em complexidade excessiva. Além disso, a tecnologia do canal de retorno precisa oferecer a possibilidade de ser empregada em diversas áreas geográficas e idealmente de forma independente da sua infra-estrutura. Isso diminuiria o custo e aumentaria a velocidade de implantação de uma rede para este fim.

As redes *ad hoc* têm um grande potencial para atender esse tipo serviço. A rede *ad hoc* pode ser formada com a instalação de equipamento de rede nos televisores digitais, que funcionariam como os nós da rede. A questão a ser enfrentada é a montagem da rede, que dependeria da aquisição de aparelhos, de forma relativamente uniforme pela população, para que o sistema tenha uma rede amplamente distribuída [3].

A tecnologia de TV digital prevê também a possibilidade da recepção do sinal por estações móveis, como aparelhos em ônibus, táxis e até mesmo pequenos aparelhos pessoais. As redes móveis *ad hoc* auto-organizadas podem lidar com esses requisitos, se tornando interessante para a possibilidade da implementação do canal de retorno nessas condições.

O projeto Terminodes é um projeto de pesquisa de longo prazo (2000 - 2010) objetivando estudar e criar protótipos de redes *ad hoc* auto-organizáveis de larga escala. O nome terminode é resultado da combinação de *terminal* e *node*, pois os aparelhos atuam com terminais e nós ao mesmo tempo na rede. O projeto aborda todas as camadas, explorando as suas interações, incluindo desde a camada física até a camada de aplicação [2].

Uma das questões técnicas principais para o funcionamento de redes ad hoc é o desempenho do protocolo de roteamento. Esse projeto desenvolve um protocolo de roteamento baseado em informação da localização geográfica dos nós. Utilizar informação de localização para ajudar o roteamento é freqüentemente proposto como um meio para atingir escalabilidade em redes ad hoc distribuídas sobre áreas geográficas extensas. Contudo, roteamento baseado em localização é difícil quando há áreas de exclusão de nós na topologia da rede e os nós são móveis ou freqüentemente desconectados para economizar bateria [4]. As características do protocolo de roteamento terminode se mostram interessantes para lidar com essas situações. Nessas condições, os resultados encontrados na literatura [2, 4, 5 e 6] mostram que seu desempenho é superior aos protocolos tradicionais para redes ad hoc.

Portanto torna-se interessante o estudo do protocolo de roteamento terminode e as bases para seu funcionamento, avaliando seu desempenho em diversas condições operacionais. Isto permite investigar a viabilidade do uso desse protocolo em redes ad hoc em áreas geográficas extensas e com topologias irregulares, como é caso do canal de retorno da TV digital.

### **1.3. Objetivo**

Algumas situações que acontecem freqüentemente em redes distribuídas sobre uma área geográfica extensa precisam ser intensamente avaliadas para garantir a viabilidade do protocolo de roteamento terminode para redes ad hoc. Embora na literatura obtida sobre este protocolo [2, 4, 5 e 6], o seu desempenho tenha sido testado e comparado com protocolos tradicionais de roteamento para redes ad hoc, várias dessas situações não foram abordadas. Em especial, destacam-se as seguintes situações: nós se conectando e desconectando da rede em instantes aleatórios, áreas de exclusão de nós e erros de localização. Essas situações são detalhadamente descritas a seguir:

- Em uma rede auto-organizável freqüentemente são adicionados ou removidos alguns nós dessa rede. Esse procedimento ocorre de

modo não controlado, e o protocolo de roteamento deve estar preparado para lidar com isso. Essa situação também pode ser alternadamente vista como nós sendo desligados e religados em momentos aleatórios. Quando um nó se desliga (para economizar bateria, por exemplo), ele para de transmitir e receber qualquer sinal. Porém, o nó continuará se movendo. Os nós se desligam de forma independente e sem avisar aos outros nós. Isto causará problemas de roteamento, pois um terminode que se desliga possivelmente participa de algumas rotas. Logo, esse procedimento pode tornar alguns outros nós inatingíveis, ou diminuir o número ou qualidade das rotas até esses terminodes. Sendo esse um fato comum, é necessário avaliar como o protocolo de roteamento se comporta nessa situação.

- Um problema para redes distribuídas sobre uma área geográfica muito extensa é possibilidade da existência de áreas problemáticas, onde os nós sejam impedidos de circular. Essas áreas acontecem devido à existência de alguma barreira geográfica, por exemplo, uma lagoa, morro ou outro acidente geográfico. Isto causará “buracos” na topologia que podem dificultar a descoberta de rotas. Esses “buracos” forçados na topologia formam uma área de exclusão, que serão aqui chamadas de “desertos”. Dessa forma, é necessário contornar essas áreas para rotear os pacotes de forma adequada.
- Um efeito importante de ser avaliado é como a imprecisão no sistema de localização afeta o protocolo de roteamento. Essa avaliação é importante porque o protocolo depende fortemente da informação da posição para realizar o roteamento em longa distância.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e implementar programas de simulação, que permitam testar o protocolo de roteamento terminodes para essas situações descritas. Esses programas serão utilizados para avaliar os problemas gerados na operação da rede. Isto irá permitir avaliar os efeitos do protocolo de

roteamento, e analisar como ele reage a problemas específicos. Estes testes permitiram verificar a robustez do protocolo para esses casos que normalmente podem acontecer, quando são considerados cenários típicos da aplicação relativa ao canal de retorno de TV digital.

#### **1.4. Organização do trabalho**

No capítulo 2 é apresentada uma descrição do Projeto Terminode, abordando as áreas de interesse para este trabalho, que são: protocolo de roteamento, método de posicionamento, sistema de localização, e um método de incentivo para a cooperação entre os terminodes. O foco principal desse capítulo é a descrição detalhada do protocolo de roteamento, o que vai permitir uma análise mais precisa dos resultados dos testes realizados.

O capítulo 3 descreve os problemas que foram analisados durante a execução deste trabalho são mostrados os métodos desenvolvidos propostos para a simulação desses novos cenários de simulação.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos das simulações realizadas. O capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas sobre o desempenho do protocolo de roteamento terminode e uma lista de sugestões para trabalhos futuros.