

5 Conclusão

Neste trabalho foi apresentado um método de roteamento baseado em localização para redes móveis ad hoc. O objetivo do trabalho foi testar a viabilidade do uso desse protocolo para ser usado no canal de retorno dos sistemas de TV digital, quando as redes móveis ad hoc sem fio forem escolhidas para implementação desse canal. O protocolo de roteamento escolhido para estudo foi o protocolo desenvolvido pelo projeto Terminodes, pois este protocolo apresenta características que são interessantes para a implementação do canal de retorno. Uma das características principais é o funcionamento em redes ad hoc distribuídas sobre áreas geográficas extensas, visando a escalabilidade em termos de número de nós e cobertura da rede. Isso foi mostrado na primeira simulação realizada, onde o protocolo apresentou um desempenho superior aos protocolos AODV e LAR.

Para assegurar a robustez desse protocolo, e conseqüentemente sua viabilidade, foi simulado o funcionamento do protocolo de roteamento com a rede operando com algumas condições problemáticas que podem ser freqüentemente encontradas. Foram escolhidas duas situações de problemas de topologia para serem testadas: existência de áreas de exclusão de terminodes, e a existência de terminodes que se conectam e desconectam da rede com freqüência. Além disso, foi testada uma situação de limitação de um sistema auxiliar para funcionamento do protocolo, que é a existência de erros no sistema de localização de terminodes. Essas simulações consistiram de situações não encontradas na literatura utilizada neste trabalho e para realizá-las foi necessário desenvolver e implementar programas que foram adicionados ao simulador GloMoSim. Esses programas de simulação implementados incluem um novo modelo de mobilidade (demoninado *Deserts*), funções para ativação e desativação dos terminodes e funções para implementar um sistema de localização com precisão variável.

Os testes realizados gerando os problemas na topologia da rede mostram que o protocolo tem uma queda relativamente pequena de desempenho, quando submetido a essas condições. Isto permite concluir que o protocolo de roteamento possui boa capacidade de encontrar novas rotas. Essa afirmação pode ser justificada através dos dois testes realizados.

O primeiro teste de problemas de topologia trata da situação onde os terminodes se conectam e desconectam da rede com frequência. Dessa forma, quando um terminode se ativa ou desativa seu transmissor algumas rotas podem ser destruídas, pois:

- Quando um terminode se conecta a rede, a interferência em torno de seu raio de transmissão irá aumentar, podendo causar queda de qualidade de algumas rotas existentes.
- Quando um terminode se desliga da rede, muito provavelmente várias rotas deixarão de existir.

Os resultados desse teste mostraram que apenas com 80% dos terminodes comutando de estado ocorre uma queda significativa de desempenho. Com um número menor de terminodes comutando de estado, o protocolo de roteamento é capaz de manter a fração de entrega de pacotes. Porém, esse resultado mostra que se todos os terminodes da rede seguirem esse mesmo padrão, se desativando com frequência, a fração de pacotes entregues com sucesso ficará seriamente afetada. Por isso em redes ad hoc é necessário que os terminodes cooperem, permanecendo ativados durante a maior parte do tempo.

A simulação incluindo uma área de exclusão de terminodes mostrou que o protocolo é perfeitamente capaz de encontrar rotas que contornem essa área. Isso foi mostrado com um aumento na fração de pacotes entregues com sucesso. Este fato pode ser explicado pelo fato das áreas de exclusão aumentarem a concentração de terminodes ao redor delas, o que facilita a descoberta de rotas. Isso significa que uma densidade maior de terminodes melhora o desempenho do protocolo, mas esse aumento de densidade será limitado pelo aumento da interferência entre os terminodes.

O teste da situação onde ocorrem erros no sistema de localização de terminodes mostrou que o protocolo é robusto o suficiente para operar nessas condições. Erros de algumas dezenas de metros na localização de um terminode de destino não alteraram o desempenho do protocolo. Isso mostra a eficiência de se utilizar o protocolo TLR em complemento ao TRR. Além disso, permitiu determinar a distância máxima que um terminode pode percorrer sem atualizar sua localização, para que não ocorra queda significativa na fração de pacotes entregues.

Essa capacidade do protocolo de roteamento do projeto Terminode encontrar rotas em redes distribuídas sobre áreas extensas, e sua eficiência mesmo com um de seus sistemas auxiliares não funcionando de maneira ideal, mostram que seu uso deve ser considerado para algumas aplicações. Se o canal de retorno da TV digital for implementado utilizando redes ad hoc, o protocolo de roteamento Terminode é uma escolha interessante se comparado aos outros protocolos aqui testados, principalmente se for considerado o seu uso em um ambiente com mobilidade alta. Ou seja, o protocolo se mostra realmente interessante se considerar o uso difundido de aparelhos móveis de TV digital. Porém, a necessidade de implementar um sistema de posicionamento e um sistema de localização pode ser uma barreira para o uso de métodos de roteamento geográficos. Portanto, o uso do protocolo de roteamento Terminode vai depender da capacidade de se implementar esses sistemas nos nós da rede.

5.1. Trabalhos futuros

Um dos sistemas auxiliares principais para os protocolos de roteamento baseado em localização é o sistema de posicionamento. Neste trabalho, foi considerado um sistema sem erros de posicionamento, que poderia ser pensado como sendo o GPS. Porém, em redes onde os nós precisam ser de baixo custo ou onde o GPS não esteja disponível, algum outro sistema precisa ser utilizado, por

exemplo, o SPA descrito no capítulo 2. Portanto, uma medida de extrema importância é a tolerância do problema aos erros no sistema de posicionamento.

Alguns testes com áreas de exclusão de terminodes mais complexas, ou um maior número de áreas de exclusão, pode causar situações mais críticas na topologia da rede, permitindo testar o limite da capacidade do protocolo encontrar rotas e contornar essas áreas de problemas.

O funcionamento do protocolo de roteamento em conjunto alguma implementação para o sistema de localização e para o sistema de posicionamento deve ser realizado, pois permite encontrar novas medidas para o atraso de transmissão dos pacotes, e principalmente para o tráfego de pacotes de controle gerado na rede.

A densidade de nós na rede do canal de retorno da TV digital tende a ser estável, por isso utilizar o método *Geographical Map-Based Path Discovery* (GMPD) para o cálculo das âncoras pode levar a um desempenho melhor do roteamento. Por isso, essa avaliação é interessante de ser feita, especialmente possuindo dados de alguma área onde o canal de retorno será implementado.

Um método interessante a ser desenvolvido para o simulador é uma forma de criar barreiras para a transmissão do sinal, e não apenas barreiras de mobilidades para os nós como foi feito. Isso permitiria obter alguns resultados ainda mais próximos da situação real para redes sem fio.