

1 Introdução

Neste Capítulo são apresentadas as bases constitutivas desta dissertação. São abordos: a motivação para realização do trabalho, os objetivos e alguns trabalhos relacionados. Ao fim desta seção é apresentada a estrutura do trabalho desenvolvido.

1.1. Motivação e objetivo

Um dos maiores problemas na indústria e na tecnologia na atualidade é dar suporte a determinados processos no momento de realizar tarefas de operação, manutenção e reparo. A coleta de informações estatísticas de rendimento ou de monitoramento às vezes torna-se bastante difícil vez que alguns sistemas são de difícil acesso ou simplesmente porque o olho humano não consegue fazer as observações de certos tipos de fenômenos. No entanto, há alguns anos atrás, as redes de sensores chegaram para ser a solução deste tipo de problemas. Na atualidade os sensores podem ser encontrados em grande número de sistemas e dispositivos eletrônicos, sendo que a maior parte destes consegue processar e analisar os dados que são detectados para imediatamente depois enviar os mesmos para um processador central.

As redes de sensores sem fio (RSSF) representam hoje uma das áreas com maior expansão no mundo das telecomunicações. Isso se deve principalmente à infinidade de aplicações que podem ser realizadas com esta tecnologia introduzida pelos avanços nos sistemas eletromecânicos, na eletrônica digital e nas comunicações sem fio. Estas redes tem grande aplicação em locais de difícil acesso ou áreas perigosas, possibilitando, portanto que as pessoas consigam interagir remotamente com o mundo físico no dia a dia. Têm-se aplicações em diversas áreas, como: saúde, onde se destacam soluções para o monitoramento de pacientes [1,2], segurança, onde se tem soluções para detecção de intruso, e controles de movimento [3,4]. Há ainda a aplicação em sistemas para detecção de incêndios e monitoramento ambiental (medição de temperatura e pressão entre outros) [5], ambientes inteligentes, aplicações militares [6], luminosidade de ambientes e medidas de posição.

Uma rede de sensores é estabelecida através de dispositivos com capacidade de comunicação sem fio, um desenvolvimento bem similar a aquele das redes ad-hoc (*wireless ad hoc network*) já que também se caracterizam por ter terminais que se comunicam sem apoio de uma infraestrutura fixa.

As RSSF se caracterizam basicamente pela facilidade de desdobramento. Por serem autoconfiguráveis, qualquer nó pode se tornar em emissor ou receptor em qualquer instante do tempo. Com isso se conseguem oferecer serviços de encaminhamento sem precisar de visibilidade entre os terminais. Os nós (melhor conhecidos como sensores) geralmente são pequenos, de baixo custo e consumo. A alimentação destas redes vem a se constituir no maior fator limitante, vez que por possuir uma fonte de energia limitada (bateria), o tempo de vida dos sensores e da rede como um todo é afetado. A energia dos nós é consumida pelo processo de comunicação e pelo processamento dos dados, onde tal transmissão consome maior quantidade de energia que outros processos. A troca de baterias com regularidade não é uma solução viável, vez que os nós podem ser de difícil acesso. Sendo assim, o tema de eficiência energética tem atraído grande interesse de pesquisadores nos últimos três anos. Os preços da energia têm aumentado e o consumo global da energia pelo setor de ICT (*Information and Communications Technologies*) tem crescido vertiginosamente, devido ao aumento contínuo do número de clientes e da demanda por aplicações de maior complexidade.

Para propor uma solução ao tema das baterias, estão sendo estudados sistemas baseados em energias renováveis, como energia solar, energia baseada em vibrações e energia gerada através da geração de calor. Porém, fazer uso destas soluções significaria fazer uso de novos dispositivos compatíveis com a tecnologia escolhida, por isso são consideradas soluções pouco flexíveis.

Por todos os motivos acima descritos, têm sido desenvolvidas soluções que permitam fazer mudanças na configuração e montagem dos sistemas, algoritmos que permitam otimizar os recursos da rede sem esquecer aspectos fundamentais, tais como a conectividade e a qualidade do serviço.

É possível encontrar distintos tipos de técnicas que procuram ter eficiência energética. Um deles é aquele que trabalha com o já conhecido *sleep mode*, no qual se tem nós que são desligados. A possibilidade vem do fato de que o nível de bateria deles é baixo ou porque simplesmente aquele nó não está no

processo de troca de informações. Várias abordagens têm sido feitas para esta técnica usando todo tipo de métricas.

Tem-se outros procedimentos mais complexos que tentam otimizar as rotas para o envio de pacotes ou minimizar o número de conexões.

Uma técnica que tem sido foco de muitas pesquisas ao longo dos últimos anos é conhecida como controle de topologia (*topology control*), podendo ser definida como uma coordenação de decisões dos nós para definir a sua área de cobertura, permite prolongar a vida da rede, garante a conectividade, consegue reduzir interferências e ainda melhora a capacidade da rede. O TC (controle de topologia) se baseia no problema da criação da topologia para a troca de informações. Basicamente o que ela faz é modelar a rede como um grafo e fazer modificações na topologia para minimizar custos, neste caso energéticos. A construção e manutenção da topologia da rede é uma tarefa importante já que são fatores dos quais depende o desempenho da rede. Um dos objetivos deste tipo de abordagens é determinar as potências de transmissão colaborativamente ao invés das redes típicas nas quais se trabalha com potências máximas. A topologia desejada deve reduzir o consumo de energia, com a finalidade de prolongar o tempo de vida da rede.

O objetivo deste projeto é implementar algoritmos, que nos permitam criar uma topologia reduzida que consiga minimizar o consumo energético, e avaliar os mesmos num simulador de redes de sensores. A avaliação será feita mediante análise do comportamento dos algoritmos em distintas configurações, nas quais será avaliado o consumo energético no processo de transmissão. Se houver ganhos energéticos, os mesmos serão analisados. Outro objetivo desta dissertação é garantir a conectividade e a qualidade da rede. Por último, se fará uso de dois indicadores, que serão analisados com finalidade de adotar um critério que nos permita garantir a qualidade da rede.

1.2.

Trabalhos Relacionados

Nas redes de sensores, tal como nas redes *ad-hoc*, todos os nós contribuem para controlar as facilidades da rede. O tema consumo energético tem se convertido numa área de grande interesse para os pesquisadores prova disto é que se tem até *softwares* destinados a monitorar o consumo energético das redes [7]. Para atacar o problema da energia limitada nos sensores têm sido

propostos diversos algoritmos para reduzir o consumo de energia com distintos tipos de ajustes.

Em [8] Kim e Eom desenvolvem um protocolo para o controle de potência de transmissão. Propõem que um nó emissor precisa enxergar um número máximo de vizinhos com a menor potência possível. A solução baseia-se na escolha da potência de transmissão em relação à densidade dos nós receptores na sua área de transmissão. Outro tipo de enfoque é referenciado em [9], onde Ababneh apresenta o algoritmo OTC. Nele se escolhe um subconjunto de nós para preservar a conectividade da rede enquanto os outros são obrigados a dormir, só se mantém acordados aqueles que são essenciais para manter a conectividade da rede. Outro algoritmo que trabalha com subconjuntos, é apresentado em [10], onde se escolhe um pequeno subconjunto de nós, chamados de coordenadores, que atuam no processo de roteamento, enquanto os outros estão no modo conservação. Esses coordenadores estarão conectados e formarão um *backbone*.

Os algoritmos de controle de topologia, podem-se classificar da seguinte forma: controle por topologia orientada e algoritmos de transmissão orientada. Na primeira, se atribuem as potências de transmissão para todos os nós, de forma que a rede esteja conectada independentemente do processo de envio de mensagens. O critério para a otimização é minimizar a potência de transmissão total conforme um modelo de consumo de energia. Em [11] e [12] utiliza-se esse processo para o controle da topologia. Em [12] se propõe dois algoritmos: RNGF e o RNGFR. Tais códigos são baseados no RNG (*relative neighborhood graph*) e no *forbidden set*, o RNG é um grafo sem direção definido num conjunto de pontos no plano euclidiano, isto é, um tipo de topologia. Foi estudado em [13] e utilizado em diversos algoritmos para minimizar o consumo de energia e utilizada em diversos algoritmos para minimizar o consumo de energia como ser em [14], [15], [12] e [16], já o *forbiden set* é uma técnica de roteamento na qual a ideia principal é proibir aos nós com baixa bateria retransmitir uma mensagem.

Os algoritmos da família de transmissão orientada atingem os mesmos objetivos, porém consideram o processo de transmissão com um nó fonte. Alguns algoritmos dessa família são [14], [17] e [18]. Em [14] são propostos dois algoritmos o RTCP e o RBOP, o primeiro faz controle de topologia utilizando o RNG para a construção da tabela de vizinhança, e o segundo faz transmissão orientada. Na referencia [17] se mostra dois algoritmos clássicos (BIP e BLU)

para a construção de topologias para redes sem infraestrutura, que determinam o caminho que consome menor quantidade de energia.

Estes algoritmos aqui também podem ser classificados em locais e globais. Locais são aqueles que só precisam de informação local (sua posição e a de seus vizinhos a um salto de distância) para fazer o processo de roteamento. Um algoritmo “localizado” é mostrado em [16], onde se fazem combinações entre dois algoritmos para as topologias e três algoritmos para a coleta de dados, obtendo assim seis configurações diferentes.

Esta dissertação avalia o comportamento de algoritmos de eficiência energética em redes de sensores sem fio. Para tal finalidade nos baseamos em dois algoritmos propostos na literatura [19], o DTNBOR (*Determine the minimum Transmission power to reach each NeighBOR*) e o DTRNG (*Determine transmission power using RNG*), o primeiro procura encontrar a potência de transmissão mínima para enxergar seus vizinhos e o segundo busca determinar a potência de transmissão mas desta vez fazendo uso da técnica RNG [13], eles são apresentados em detalhe nas Seções 3.2.1 e 3.2.2. Se escolheu trabalhar com estes algoritmos por que eles não tem sido testados nem em um simulador nem em nós reais

Os trabalhos mencionados nesta seção mostram conceitos importantes sobre o gerenciamento energético e o controle de topologia, embora o objetivo principal de nosso trabalho seja muito similar a várias destas pesquisas, o enfoque para conseguir o objetivo é diferente.

1.3.

Contribuições

A solução proposta neste projeto é implementar algoritmos que escolham dinamicamente as potências de transmissão. Eis que esta é a primeira contribuição relevante: implementar os algoritmos DTNBOR e DTRNG na ferramenta escolhida. Para isto, foi necessário fazer algumas variações nos algoritmos para adequá-los ao entorno de simulação, estas são apresentadas ao longo do Capítulo 3. A ferramenta utilizada é o TinyOS [20], que é um sistema operativo desenhado para trabalhar com implementações para RSSF. Já para testar os algoritmos foi utilizado o simulador Avrora [21], que simula o comportamento real dos sensores incluindo o consumo de energia do processo de rádio.

Adicionalmente foi desenvolvido um protocolo de encaminhamento simples, apresentado na Seção 3.2.3, que nos permite emular uma aplicação de redes de sensores sem fio para com esta poder testar o desempenho dos algoritmos. Avaliamos o consumo energético dos nós na transmissão em distintos cenários e configurações, sempre considerando a conectividade da rede e sua qualidade. Para trabalhar com a qualidade da rede se uso duas métricas o RSSI (indicador da intensidade do sinal recebido) e o LQI (indicador de qualidade da conexão). O comportamento destes indicadores nos distintos cenários será avaliado.

A implementação dos algoritmos (o código e a experiência), o protocolo de roteamento e a análise dos indicadores de qualidade fornecem uma solução que pode se constituir numa ferramenta potencial para futuras pesquisas na área do gerenciamento energético e de controle de topologia.

1.4.

Estrutura da dissertação

O presente trabalho a ser descrito esta organizado da seguinte forma:

- No Capítulo 2 serão apresentadas uma série de conceitos básicos para a melhor compreensão do trabalho.
- No Capítulo 3 será justificada a escolha do simulador, serão apresentados os algoritmos e as modificações realizadas para adequá-los ao entorno de simulação
- No Capítulo 4 primeiramente são apresentados os esquemas utilizados para os testes para depois apresentar o análise dos resultados obtidos para os diferentes cenários.
- Finalmente no Capítulo 5 serão apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros a partir desta dissertação de mestrado.