

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB
Departamento de Computação - DECOM

Simulação de coleta de dados em redes de sensores sem fio por
robôs móveis utilizando a ferramenta Player/Stage

Aluno: Gabriel Angelo Nazário
Matrícula: 06.1.4057

Orientadora: Andrea Iabrudi Tavares

Ouro Preto
15 de setembro de 2011

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas - ICEB
Departamento de Computação - DECOM

Simulação de coleta de dados em redes de sensores sem fio por
robôs móveis utilizando a ferramenta Player/Stage

Proposta de monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a conclusão da disciplina Monografia II (BCC391).

Aluno: Gabriel Angelo Nazário
Matricula: 06.1.4057

Orientadora: Andrea Iabrudi Tavares

Ouro Preto
15 de setembro de 2011

Resumo

Em uma rede de sensores sem fio onde a coleta de dados será feita com o auxílio de robôs móveis, o planejamento das estratégias desse auxílio é uma tarefa complexa de se realizar. Um planejamento mal feito pode comprometer toda a coleta: podem ocorrer perda de dados, ou pode ser ineficiente (por exemplo, no caso de a coleta levar mais tempo que a forma multi-salto), o que leva a inviabilidade do uso dos robôs móveis.

A escolha correta de como será definida a rota do robô pela rede é influenciada por diferentes fatores, e por isso deve ser cuidadosamente estudada. A realização de testes é outro ponto importante desse planejamento: através dos testes os resultados são obtidos para que seja feita uma análise. Com esse estudo, pode-se escolher qual estratégia de roteamento será utilizada, levando em conta a otimização do tempo de vida dessa rede de sensores sem fio.

Palavras-chave: Coleta de dados. Redes de sensores sem fio. Robôs móveis. Estratégias de roteamento.

Sumário

1	Introdução	1
2	Justificativa	3
3	Objetivos	6
3.1	Objetivo geral	6
3.2	Objetivos específicos	6
4	Metodologia	7
5	Cronograma de atividades	9

Lista de Figuras

1	Capacidade de comunicação dos sensores	2
2	Envio dos dados dos sensores de forma multi-hop	3
3	Coleta dos dados com ajuda de robôs	4

Lista de Tabelas

1	Cronograma de Atividades.	9
---	-----------------------------------	---

1 Introdução

O uso de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) é algo relativamente novo. Esse novo tipo de tecnologia se fez possível graças ao avanço no desenvolvimento de circuitos integrados, micro-processadores e comunicação sem fio. Uma rede de sensores (não somente a *wireless*, mas também a cabeada) é constituída basicamente de:

- Fenômeno: aquilo que se deseja observar ou estudar.
- Observador: usuário final, grupo de usuários, ou até mesmo um sistema computacional (aplicação), que deseja obter respostas sobre o fenômeno monitorado através de seu estudo.
- Sensor: responsável pela monitoração do fenômeno (através de medidas), e por passar as informações ao observador, que depois irá estudá-las.

Cada nó da rede possui pelo menos um tipo de sensor, de acordo com o que se deseja observar. Existem sensores para medir temperatura, umidade, calor, acústica, infravermelho, entre outros. E cada sensor possui uma certa capacidade de armazenamento de dados, e um raio de comunicação, onde seu sinal pode ser alcançado, como ilustrado pela Figura 1.

As RSSFs podem ser usadas num amplo conjunto de áreas e aplicações onde se queira monitorar algo. Entre essas áreas, podem ser citadas como exemplo:

- Meio ambiente: monitoramento de variáveis ambientais (calor, umidade, temperatura, etc) em prédios, casas, florestas, oceanos, entre outros.
- Militar: monitoramento, rastreamento, segurança, principalmente em áreas perigosas e/ou de difícil acesso.
- Tráfego: monitoramento de vias, controle de tráfego.
- Industrial.

A forma mais comum de transmissão é a multi-salto, onde os dados trafegam pela rede passando de nó em nó, até o nó central. Uma consequência negativa desse processo é que ele leva a um gasto muito alto de energia, pois cada nó sensor deve receber os dados dos nós vizinhos e ainda retransmití-los a um outro nó. Os recursos gastos são determinantes no tempo de vida da rede. Economizar energia em uma rede de sensores sem fio (e consequentemente, aumentar seu tempo de vida) é um grande desafio.

Segundo [1], embora as redes de sensores sem fio tenham sido um grande avanço no campo do sensoriamento, alguns pontos importantes ainda devem ser levados em consideração, entre eles a capacidade de armazenamento de dados e consumo de energia. Esses são recursos preciosos e escassos nesse tipo de rede. Tanto o esgotamento da bateria quanto o estouro da memória disponível em um nó sensor devem ser evitados ao máximo, para que a rede tenha o maior tempo de vida possível.

Para tentar solucionar o desafio de reduzir os custos envolvidos no processamento dos dados coletados pela rede, uma possível alternativa pode ser o uso de robôs móveis. A idéia do auxílio dos robôs consiste em minimizar o gasto de recursos energéticos na transmissão dos dados até o nó central e evitar a perda de dados. Com os robôs

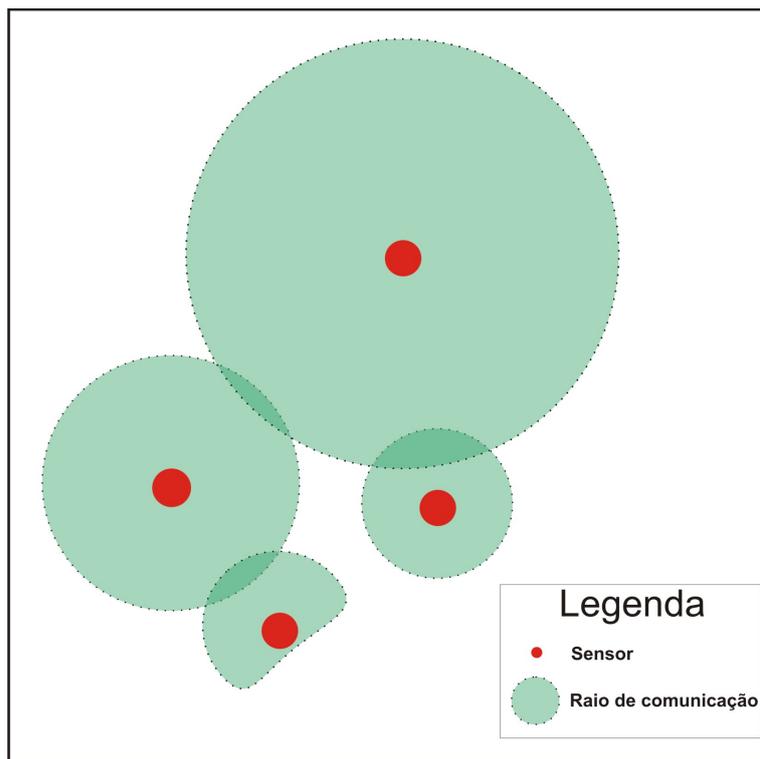


Figura 1: Capacidade de comunicação dos sensores

percorrendo o ambiente onde os sensores estão dispostos, a forma multi-salto é evitada. Assim, é possível que o consumo de energia pelos sensores seja menor.

Nesse trabalho, essa coleta auxiliada por robôs móveis será planejada e simulada explorando-se diferentes estratégias e abordagens, tendo como objetivo a diminuição na perda de dados.

2 Justificativa

No contexto das redes de sensores sem fio, o consumo de energia é um ponto muito importante e delicado. Muitas vezes, o processo de envio de dados dos sensores até o observador (ou nó central) se dá de forma multi-salto (Figura 2), ou seja, passando de um nó para o outro, o que leva a um grande consumo de energia. Nesse tipo de aplicação, o bom aproveitamento dos recursos energéticos é um ponto essencial. Deve-se ter em mente também que todos os dados armazenados em um nó sensor devem ser coletados, para serem processados na etapa posterior. Cada sensor pode ter sua própria taxa de operação, ou seja, pode coletar mais dados que outros dado um mesmo intervalo de tempo. Como a memória em um sensor é limitada, quanto maior essa frequência de operação, mais rapidamente esse *buffer* de memória irá esgotar sua capacidade de armazenamento. Além do esgotamento da bateria, esse é outro ponto que deve ser evitado.

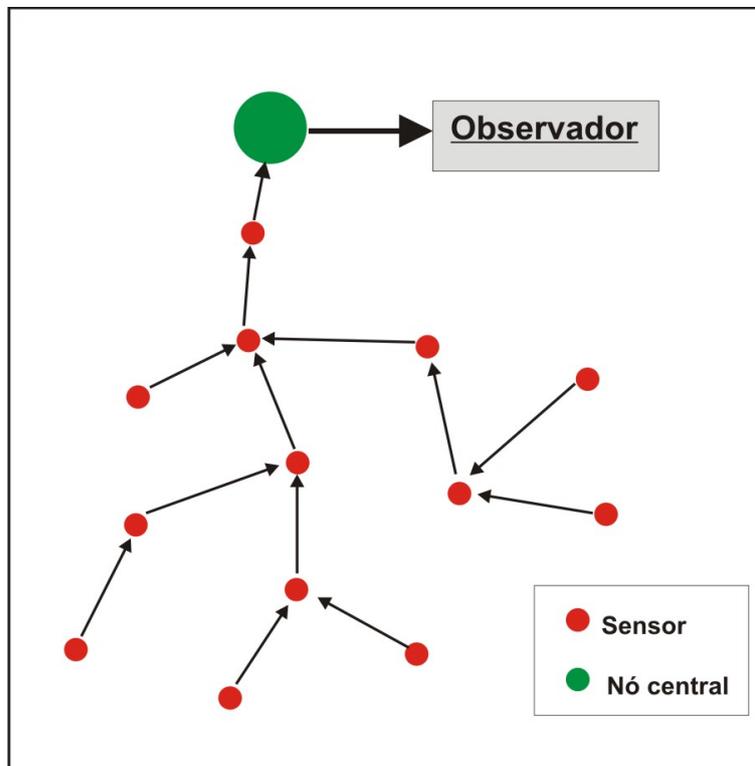


Figura 2: Envio dos dados dos sensores de forma multi-hop

Uma alternativa a esse tipo de coleta é a utilização de robôs móveis, como mostrado na Figura 3. Com isso, não há necessidade de transmissão dos dados de forma multi-salto, passando por todos os nós da rede até o nó central. Com a ajuda dos robôs, há economia da energia, tornando esse processo viável. Outra vantagem: pode-se alcançar ambientes de difícil acesso para seres humanos. A coleta dos dados armazenados nos nós sensores da rede se faz com os robôs percorrendo o ambiente onde estão localizados. Deve-se destacar que essa atividade geralmente se dá em um domínio estocástico, guiado por fatores não determinísticos. Por exemplo, um nó sensor pode estar numa posição diferente daquela que o robô procura (ou que ele esperava encontrá-lo). Estu-

dar esse problema levando em conta as suas características não determinísticas implica em um alto grau de complexidade computacional, devido à incerteza de suas ações, tomadas de decisão, aspectos físicos, entre outros. Assim, esse problema será tratado de forma simplificada, não considerando essas características estocásticas, pois tomariam um tempo muito maior que o disponível para a realização desse trabalho, além de ter uma complexidade muito grande.

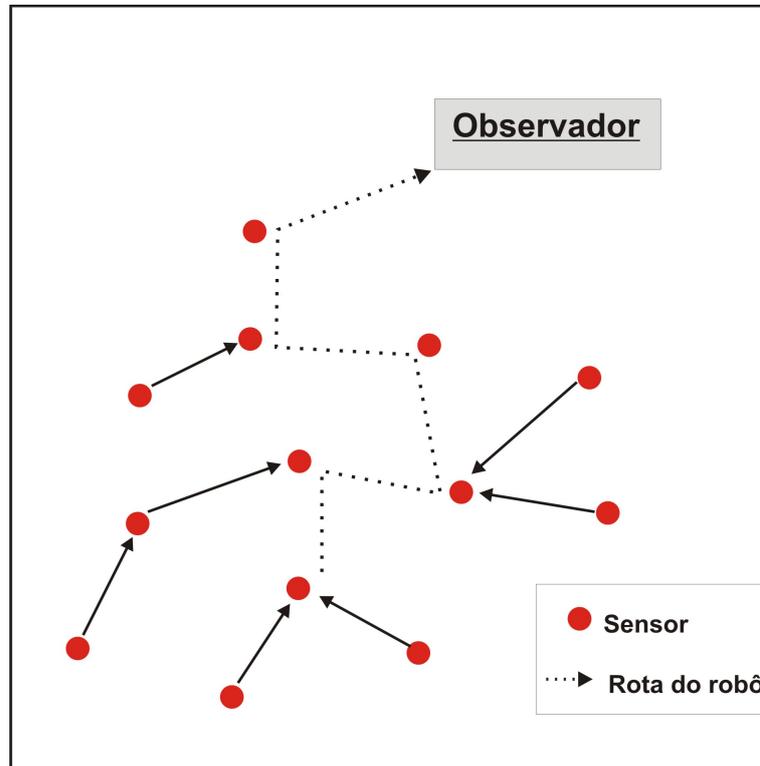


Figura 3: Coleta dos dados com ajuda de robôs

Ao percorrer o ambiente onde os nós sensores estão dispostos, o robô coleta os dados de cada um deles. Geralmente a posição desses sensores não formam um trajeto bem definido (como uma linha reta, por exemplo), mas estão espalhados pelo ambiente. Assim, é preciso definir uma rota a ser seguida. Para que a coleta seja viável, o caminho a ser seguido não pode ser definido aleatoriamente ou de forma ingênua, apenas informando aos robôs a localização dos sensores no ambiente. Todo o roteamento do robô, desde o primeiro nó até o último deve ser planejado. Uma má escolha desse roteamento pode levar a resultados que não minimizam os custos energéticos, ou que levem a perda de dados, o que pode ser catastrófico, dependendo da aplicação e da taxa de perda.

O estudo de estratégias de roteamento do robô durante a coleta é parte essencial desse trabalho. Diferentes formas de planejamento serão utilizadas, resultando em estratégias para testes e estudo. Nesse planejamento deve-se levar em consideração a quantidade de sensores que serão visitados (se serão todos, ou se alguns podem passar dados para outros), ordem das visitas, capacidade de armazenamento do nó sensor (evitando que sua capacidade se esgote antes que seja alcançado pelo robô e conseqüentemente, evitando perda de dados).

Mesmo com as simplificações citadas anteriormente, é preciso pensar com cuidado na maneira como se dará o caminhar desse robô no ambiente. Em [3], uma forma de caminhar dos robôs é apresentada usando-se campos potenciais, onde o robô é repellido de obstáculos, ao mesmo tempo que é “atraído” pelo nó sensor. Outras abordagens levam em conta a incerteza sobre a posição exata dos sensores, mas não leva em conta a questão da frequência de produção de dados de cada sensor. Ou seja, nessa abordagem a questão do esgotamento de memória dos sensores não é levada em conta, seja para avaliar o desempenho dos robôs durante a coleta, seja para planejar a rota a ser seguida durante a coleta. Segundo [1], esse problema pode ser classificado como uma variação do problema do Caixeiro Viajante, denominado ATSP-TW (Assymmetric Traveling Salesman Problem with Time-Windows). Cada sensor tem uma janela de tempo onde pode operar, pois sua capacidade de armazenamento não será ultrapassada. Após esse tempo, ocorre um estouro na memória do sensor, causando perda de dados. Logo, é importante considerar essa questão da janela de tempo em que cada sensor opera sem perda de dados, seja como forma de avaliação dos resultados, seja como parâmetro no momento do planejamento das estratégias.

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

O objetivo que deve ser alcançado por esse trabalho é o estudo da coleta de dados em redes de sensores sem fio auxiliada por robôs móveis. Mais detalhadamente, esse estudo vai avaliar se os resultados são impactados pelo uso das taxas de produção de dados na decisão da rota a ser seguida. Serão comparados os resultados onde essa taxa de produção são levadas em conta, e os resultados onde esse parâmetro não é considerado.

3.2 Objetivos específicos

Para o estudo da coleta dos dados auxiliada por robôs móveis, será necessário cumprir as seguintes etapas:

- Definição do modelo de coleta de dados com perda mínima.
- Propor uma abordagem heurística para a resolução desse problema.
- Comparar o desempenho das abordagens levando em conta a taxa de produção de dados e a minimização das perdas.

4 Metodologia

Como esse trabalho não vai ser realizado em um ambiente real, a alternativa encontrada foi a realização de simulações. Através de simulações, é possível estudar situações reais em um ambiente virtual. Além disso, não há perdas caso algo dê errado. Assim, com pouco ou quase nenhum custo, é possível explorar diferentes cenários e situações inúmeras vezes em um ambiente virtual.

Através da simulação, usa-se um modelo que captura os aspectos relevantes de uma situação real. Nesse trabalho, devido a limitações de tempo e complexidade, alguns detalhes foram simplificados. Não serão levadas em consideração todas as características que envolvem esse problema no mundo real. Em uma rede de sensores real, vários sensores estão espalhados pelo ambiente. Muitas vezes, esse ambiente sofre alterações que interferem na rede (por exemplo, muda a posição dos sensores). Um robô real deve saber lidar com essa incerteza para a tomada de decisões que levem ao resultado esperado. No problema simplificado, não haverão agentes externos que modifiquem a estrutura do ambiente.

Primeiramente, o ambiente onde os elementos (nós sensores, nó central, robô e obstáculos) se encontram será referenciado como mundo: um grid de tamanho fixo. O modelo que será usado nesse trabalho consiste de nós sensores espalhados pelo mundo, cada um em uma célula do grid. Ainda nesse grid, encontram-se alguns obstáculos, podendo ocupar uma ou mais células. Vale lembrar que esses elementos são estáticos, ou seja, não sofrem alterações tais como mudanças na posição. Sendo um ambiente estático, o robô deve percorrer o mundo, fazendo a coleta dos dados armazenados em cada sensor.

Duas estratégias serão utilizadas nesse trabalho. A primeira estratégia (como em [3]), o planejamento da rota a ser seguida pelo robô não leva em conta a taxa de produção de cada nó sensor. Assim, o robô irá resolver um problema de roteamento sem considerar que alguns nós podem estourar suas respectivas memórias de armazenamento de dados. A segunda estratégia (como em [1]) leva a um planejamento onde essas taxas de produção de dados são consideradas, ou seja, como já apresentado, é uma variação do problema do Caixeiro Viajante (ATSP). Nesse problema, além de se preocupar em visitar todos os nós com o menor caminho, o planejamento da rota deve também focar em não ultrapassar a janela de tempo de cada sensor. Com isso, é possível simular um problema que, apesar de simplificado, explora a heterogeneidade dos sensores que constituem uma rede de sensores sem fio, com diferentes taxas de produção de dados e capacidade e sensoriamento.

Como as estratégias já estão estabelecidas, o próximo passo a ser seguido é a definição dos cenários sobre os quais as rotas devem ser planejadas, usando-se as estratégias definidas. Nesses cenários é que será explorada a heterogeneidade dos sensores, onde cada um terá sua taxa de produção e capacidade de armazenamento, o que significa diferentes janelas de tempo para cada um.

Definidos os cenários, a próxima fase será a implementação das estratégias definidas. Primeiramente, a estratégia onde as taxas de produção de dados não é considerada será implementada, simulada e a perda de dados será avaliada. Em seguida, a estratégia onde se leva em conta as diferentes frequências de dados produzidas será também implementada, simulada e avaliada.

Com a realização das simulações das diferentes estratégias, os resultados serão com-

parados para que possa ser avaliado o impacto de se considerar as taxas de produção de cada nó sensor no momento de se planejar o roteamento do robô durante a coleta dos dados.

5 Cronograma de atividades

Na Tabela 1, é apresentado o cronograma de atividades para a conclusão do trabalho.

Atividades	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Estudos de estratégias de roteamento	X	X			
Definição dos cenários onde serão realizadas as simulações		X			
Implementação, simulação e avaliação da estratégia 1			X	X	
Implementação, simulação e avaliação da estratégia 2			X	X	
Estudo e comparação dos resultados				X	
Redigir a Monografia			X	X	X
Apresentação do Trabalho					X

Tabela 1: Cronograma de Atividades.

Referências

- [1] Timothy Black, Vicky Mak, Pubudu N. Pathirana, and Saeid Nahavandi. Using autonomous mobile agents for efficient data collection in sensor networks. *World Automation Congress (WAC), Budapest, Hungary, 2006*.
- [2] Leslie Pack Kaelbling, Michael L. Littman, and Anthony R. Cassandra. Planning and acting in partially observable stochastic domains. *ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1998*.
- [3] Marcelo Boghetti Soares. *Um arcabouço estocástico para coleta de dados em rssf utilizando um grupo de robôs móveis cooperativos*. PhD thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- [4] Marcelo Boghetti Soares and Mário Montenegro Campos. On robotic data collection strategies in wireless sensor networks: From deterministic to stochastic approaches.