



Algoritmos para Construção de Redes de Sensores Conexas com Maximização do Tempo de Vida

Autores:

Bruno Machado do Amaral – bm.amaral@gmail.com

Prof. Dr. Eduardo Candido Xavier – ecx@ic.unicamp.br



Instituto de Computação – IC – Unicamp

PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

ABSTRACT

In this project we are interested in investigating problems of building data communications networks. The study is focused on stationary sensor networks with restrictions on the use of energy. The problem is to build a network such that all network nodes are able to exchange information, so a connected network, in which the node energy node time duration is maximized. Each node in the network is a sensor that can communicate with neighboring nodes using a wireless device. The sensor has its lifetime limited by the energy remaining in its battery. A sensor can define the outreach of information it provides, but the larger the radius, the more energy is consumed for each message sent. Therefore, the construction of a connected network with a life span maximized requires the establishment of working radii for each node. Some variations of the problem are NP-hard and our interest is to investigate efficient algorithms (with polynomial time complexity) that generate good practical solutions to the problem. Some algorithms selected for case studies were detailed and analyzed throughout the study period, with their implementations, it was possible to apply them and compare them individually and collectively.

Introdução

Redes sensores são formadas por pequenos equipamentos autônomos de comunicação que devem se comunicar de forma cooperativa para atingir um resultado global de uma tarefa. Com o desenvolvimento de equipamentos de hardware cada vez menores e a preços acessíveis, muitas aplicações para redes sensores sem fio tornaram-se economicamente viáveis. Milhares de sensores podem ser lançados em zonas inóspitas para avaliação ou estabelecimento de algum objetivo, possuindo equipamentos sem fio usados para troca de informações entre si e com uma estação central.

Redes sensores possuem aplicações em diversas áreas, desde o monitoramento ambiental, tais como temperatura, velocidade dos ventos de uma região, qualidade da água, até aplicações militares na análise de tropas, recursos e de regiões de interesse. Geralmente são redes Ad Hoc, onde os nós são lançados não havendo topologia pré-determinada, nem controle centralizado, necessitando de um estabelecimento cooperativo de comunicação de dados.

Os equipamentos sem fio de comunicação dos sensores devem ter estabelecido um raio de alcance de comunicação, porém quanto maior o raio mais energia é utilizada para a transmissão de dados. Portanto um aspecto importante é a duração da rede até que haja problemas de término de bateria.

O problema que nos interessa, e que analisamos, é a construção de uma rede eficiente de comunicação de dados, na qual cada nó deve estabelecer o seu raio de comunicação (seus vizinhos), de tal maneira que tenhamos uma rede conexa. Além disso, queremos maximizar o tempo de duração de tal rede, isto é, até que aconteça a primeira falha de comunicação entre dois ou mais nós.

Redes sem fio apresentam severas atenuações na potência de um sinal recebido devido a características de dissipação do canal sem fio. Dessa forma, o remetente do sinal deve garantir que o nível de potência do sinal transmitido é forte o suficiente para decodificação no receptor final. Com isso, se faz fundamental o desenvolvimento de algoritmos eficientes e de protocolos que podem [e devem] ser otimizados para minimizar o consumo de energia na manipulação dos dados transmitidos, fazendo com que a rede sensor apresente um maior tempo de vida.



METODOLOGIA

Durante o período de execução do projeto de pesquisa, foram analisados artigos e textos que possibilitassem uma maior compreensão do problema. Foram vistos artigos que traziam possíveis soluções para o problema de maximização do tempo de vida de redes sensores particido, basicamente, de duas heurísticas: MinTotal, que no nosso caso visam minimizar a potência total de transmissão da rede; e MinMax, que procura minimizar a ligação de maior peso da rede, na qual o peso é uma métrica estabelecida para análise do caso (por exemplo, potência de transmissão da ligação/energia do nó transmissor).

Os algoritmos, estudados, foram: Broadcast Incremental Power (BIP), Largest Expanding Sweep Search (LESS) e Maximum Static Network Lifetime (MSNL). Este utiliza heurística MinMax e aquelas, MinTotal.

Com as análises dos algoritmos, tendo os compreendido e implementado, Randomicamente, foram gerados pares (x,y), tais que $x,y < 20$. Para que os algoritmos possam ser aplicados a essas instâncias, as potências de transmissão foram calculadas proporcionalmente à distância entre os nós, compondo matrizes de potência de transmissão, utilizadas como entradas dos algoritmos.

Resultados e Discussões

Algoritmos Estudados:

Algoritmo	Heurística	Complexidade
BIP	MinTotal	$O(E \log(V))$
LESS	MinTotal	$O(N^2V)$
MSNL	MinMax	$O(E \log(V))$



Objetivo
Esse é um algoritmo que busca determinar uma árvore geradora com mínima potência, encaixada em um nó fonte, de modo que todos os outros nós – sensores – estejam dentro da rede.

O objetivo deste algoritmo é minimizar a energia total na rede definida pela soma dos raios de alcance dos nós.

Esse algoritmo busca maximizar o tempo de vida de uma rede, trazendo uma abordagem diferente dos algoritmos LESS e BIP, que procuram minimizar a potência total de transmissão da rede

Testes Executados:

Os gráficos ilustram os resultados obtidos com os três algoritmos considerando a potência total de transmissão (eixo y do gráfico da Figura 1) e o tempo de vida (eixo y do gráfico da Figura 2) das redes montadas pelos três algoritmos para cada uma das instâncias (eixo x dos dois gráficos) utilizadas.

Observando os resultados, podemos notar que MSNL apresenta melhor resultado, em geral, no quesito do tempo máximo de vida da rede e BIP e LESS apresentam melhores resultados para potências totais de transmissão de uma rede. Isso não é de surpreender, uma vez que MSNL busca maximizar o tempo de vida da rede, aplicando uma abordagem sobre o grafo de entrada que considera as energias dos nós e as potências de transmissão. BIP e LESS, com uma abordagem sobre o grafo de entrada que considera apenas as potências de transmissão dos nós, também apresentaram resultados que se esperavam deles, com menores potências de transmissão nas redes broadcast formadas.

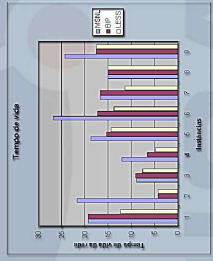
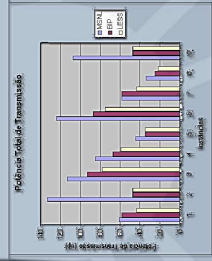
Também é importante observar que, como em função da distribuição de energias iniciais dos sensores, é possível obter uma rede com tempo de vida máximo através de BIP e de LESS, já que essas energias influenciam na criação da estrutura formada por MSNL. O algoritmo MSNL não consegue garantir potência total de transmissão mínima, uma vez que essa não é sua abordagem.

Conclusão

É possível concluir que LESS e BIP podem apresentar performances muito superiores quando o objetivo é minimizar a potência total da rede [vide Referências 1 e 2]. No caso de iguais distribuições de energia iniciais para os nós, LESS e BIP podem fornecer solução ótima para maximizar o tempo de vida.

Também podemos observar que a árvore de roteamento broadcast ótima para o problema de maximização do tempo de vida é dada pelo algoritmo MSNL com custo nas arestas igual ao inverso da longevidade de ligação entre os nós, mesmo não apresentando a menor potência total de transmissão.

Concluímos que um desafio maior, e um tópico de contínua pesquisa, é o desenvolvimento de algoritmos que forneçam benefícios de maximização de tempo de vida de redes sensores.



Referências

[1] KANG, L., POOVENDRAN, R.; Broadcast with Heterogeneous Node Capability, IEEE Global Telecommunications Conference (Globecom), pp. 4414-4419, Dallas, Texas, Nov. 29-Dec. 03, 2004.
 [2] WISELTHIER, J.E., NGUYEN, G.D., EPHREMIDES, A.; On the Construction of Energy-Efficient Broadcast and Multicast Trees in Wireless Networks, In: Proc. IEEE INFOCOM (200) pp. 586-594.
 [3] KANG, L., POOVENDRAN, R.; Maximizing Static Network Lifetime of Broadcasting Over Wireless Stationary Ad Hoc Networks, In: Journal Mobile Networks and Applications, v.10, pp. 879-896, Oct. 2005.
 [4] KANG, L., POOVENDRAN, R.; Maximizing Static Network Lifetime of Wireless Broadcast Adhoc Networks, In: IEEE International Conference on Communications (ICC), vol.3, pp.2256- 2261, 2003 (Anchorage, Alaska, May 11-15, 2003).
 [5] WIKIPEDIA, A ENCLCLOPÉ DIA LIVRE: http://en.wikipedia.org/wiki/Omnidirectional_antenna, Omnidirectional antenna - Wikipedia.
 [6] CAGALI, M., HUBAUX, J.P., ENZ, C.; Minimum-Energy Broadcast in Ad-Hoc Wireless Networks: NP-completeness and Distribution Issues, In: MOBICOM'02, pp. 172-182 (Atlanta, Georgia, USA, Sept. 2002).