

Pedro Olmo Stancioli Vaz de Melo

## Teoria dos Jogos na Comunicação de Dados em Redes de Sensores Sem Fio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

Belo Horizonte, 2007

### Resumo

Um importante desafio no projeto de redes de sensores sem fio é desenvolver técnicas que façam uso eficiente da sua energia e, assim, estendam o seu tempo de vida. Reduzir a comunicação entre nós é uma maneira de se atingir esse objetivo, uma vez que a comunicação é o principal responsável pelo consumo da energia da rede. Uma técnica interessante para evitar comunicações é construir um modelo que use a informação local do nó sensor nas decisões dos mesmos. Uma vez que a teoria dos jogos lida com a otimização de um resultado global a partir de decisões locais, ela se torna uma ferramenta apropriada para desenvolver esse modelo. Este trabalho propõe e avalia um modelo baseado na teoria dos jogos para construir um mapa de energia para ser usado por protocolos de roteamento em redes de sensores sem fio. O mapa de energia é a informação sobre a energia residual em cada parte da rede e é atualizado por pacotes enviados pelos nós sensores. Uma solução para construir um mapa de energia precisa enviar um número reduzido de pacotes, pois, caso contrário, a rede gastaria muita energia na comunicação desses pacotes e, provavelmente, a utilidade da informação contida no mapa de energia não compensaria o custo para construí-lo. O modelo proposto neste trabalho considera que uma atividade de comunicação de dados deve ser realizada apenas se esta for trazer benefícios para o nó sensor que a executa, ou seja, se for economizar a sua energia. O modelo faz um nó sensor enviar um pacote de atualização do mapa de energia somente se isso for retirá-lo do processo de roteamento, uma vez que o gasto de energia com o roteamento é maior que o gasto com o envio do pacote de atualização. Assim, um nó sensor que está economizando a sua energia também está contribuindo para estender o tempo de vida da rede. Resultados de simulação revelam que o uso do modelo baseado na teoria dos jogos reduz significativamente a quantidade de pacotes requeridos para construir o mapa de energia, economizando a energia da rede. Além disso, verifica-se que o mapa construído por esse modelo é capaz de fornecer informações suficientes para a geração de rotas eficientes em energia.

## Abstract

An important issue in the design of a wireless sensor network is to devise techniques to make efficient use of its energy, and thus, extend its lifetime. Reduction in the communication among nodes is one way to achieve this goal, once communication is the main responsible for network energy consumption. An interesting technique to avoid communication is to build a model that uses the sensor node local information in its decisions. Once game theory deals with the optimization of a global result from local decisions, it becomes an appropriate tool to develop this model. This work proposes and evaluates a game theoretic model to build an energy map to be used by routing protocols in wireless sensor networks. The energy map is the information about the amount of available energy at each part of the network and it is updated by packets sent by sensor nodes. A solution to build this map should send a reduced number of packets, otherwise, it would spend so much energy due to communication that probably the utility of the energy information would not compensate the amount of energy spent in this process. The proposed model considers that a communication activity should be performed only if it will bring benefits to sensor nodes that execute it, that is, if it saves their energies. In this model, a sensor node sends an energy map update packet only if it will remove it from the routing process, once the energy spent in routing is higher than the energy spent by sending an update packet. Thus, a sensor node that is saving its energy is also contributing to extend the lifetime of the network. Simulation results reveal that the use of this model reduces significantly the number of packets required to build the energy map, saving network energy. Moreover, it is verified that the map built by this model is able to provide sufficient information for the generation of energy efficient routes.