

# Emprego de Abordagens Peer-to-Peer Para Redução de Dissipação de Energia em Redes de Dispositivos Móveis e Redes de Sensores Sem Fio

Lucas Dutra Fonseca<sup>1\*</sup>, Maurício Lima Pilla<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bacharelado em Ciência da Computação  
Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

<sup>2</sup>Centro de Desenvolvimento Tecnológico/UFPel

{ldfonseca, pilla}@inf.ufpel.edu.br

## 1. Introdução

A área de Redes de Computadores sofreu uma grande evolução impulsionada pelo desenvolvimento de novas tecnologias de redes sem fio, como o *Bluetooth* e a família de protocolos IEEE 802.11 [Tanenbaum 2003]. Este fato, seguido pela crescente evolução dos dispositivos móveis e embarcados nos últimos anos, permite cada vez mais a integração de equipamentos computacionais em nosso dia-a-dia. Este novo cenário previsto por Mark Weiser [Weiser 1991] propicia o surgimento de uma área chamada por ele de Computação Pervasiva.

A **Computação Pervasiva** é a integração de dispositivos computacionais ao ambiente de forma transparente, com o intuito de auxiliar o usuário nas tarefas cotidianas sem que haja grandes mudanças na forma como tais tarefas são realizadas. Para isso é necessário que tais dispositivos estejam interligados através de uma rede, para troca de informações.

Os primeiros estudos na área tiveram grande ênfase na evolução da Computação em Grade onde era necessário o desenvolvimento de *middlewares* que possibilitassem a comunicação de forma transparente entre os diversos tipos de dispositivos presentes na rede. Concluída esta etapa, já era possível gerenciar o ambiente monitorado com o fim de entender os requisitos deste.

Atualmente, o principal fator que impede avanços maiores na área é a dificuldade de utilizar corretamente os dispositivos móveis e embarcados que formam a rede que monitora o ambiente pervasivo. Tais dispositivos ainda apresentam grande escassez de recursos, como memória, processamento e energia e, portanto, há a preocupação de como otimizar a utilização destes recursos mantendo a funcionalidade do sistema. Ao utilizar redes para prover comunicação entre estes dispositivos um dos fatores críticos é a energia dissipada na organização da rede.

Neste sentido, este trabalho propõe o desenvolvimento de alternativas, por meio de uma abordagem *peer-to-peer* (P2P), que reduzam e distribuam de forma eficiente o consumo de energia em redes de dispositivos embarcados e redes de sensores sem fio (RSSF).

---

\*Bolsista IC CNPq

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta as características dos modelos cliente-servidor e P2P. A seção 3 introduz conceitos de protocolos P2P baseados em tabela *hash* distribuída e explica brevemente o protocolo Chord. A seção 4 mostra e discute os resultados obtidos com os experimentos realizados. Por fim, a seção 5 conclui o trabalho e apresenta ideias para trabalhos futuros.

## 2. Modelo Cliente-Servidor vs. Modelo Peer-to-Peer

Na atual fase de desenvolvimento da Computação Pervasiva, uma grande barreira que impede o avanço da área é a restrição de recursos dos sensores e dispositivos móveis usados nas redes que monitoram e interagem com o ambiente do usuário. Para otimizar a utilização destes recursos é necessário encontrar uma maneira de distribuir de modo uniforme a carga computacional da rede entre os vários nós desta de forma a minimizar a energia e o tempo de processamento gastos em cada nó.

Uma abordagem válida na organização da rede é a utilização de uma arquitetura Cliente-Servidor [Tanenbaum 2003]. Nesta arquitetura há vários nós da rede, chamados de clientes, conectados a um nó central, chamado de servidor. Quando os clientes desejam algum recurso da rede realizam requisições ao servidor. O servidor, por sua vez, atende e processa as requisições de todos seus clientes. Devido a essas propriedades, o modelo cliente-servidor não apresenta uma boa eficiência energética no sentido de distribuição da energia dissipada, já que o nó servidor sofrerá grande parte da carga da rede enquanto os nós clientes serão subutilizados.

Em contraponto a essa abordagem, existem as arquiteturas *Peer-to-Peer*. As Redes P2P são redes de computadores onde todos os nós da rede possuem funcionalidades equivalentes sem uma hierarquia, diferentemente do modelo cliente-servidor [Kurose and Ross 2006]. Em um dado instante, os nodos podem fazer o papel de clientes, servidores ou ambos. Sendo assim, este modelo tende a realizar uma distribuição mais uniforme da carga computacional da rede e, consequentemente da energia consumida.

Para viabilizar a pesquisa nesse contexto, existem diversas ferramentas em software que permitem simular redes. Estas ferramentas de simulação permitem avaliar diferentes configurações para uma determinada rede antes que sua implementação física seja realizada, evitando a onerosidade da implementação desta. Este trabalho faz uso da ferramenta SimGrid [Casanova et al. 2008]. Esta possui serviços de benchmark que calculam a energia gasta por cada nó da rede.

O SimGrid é um conjunto estruturado de serviços que disponibiliza quatro interfaces de programação para o usuário, a serem usadas de acordo com o objetivo de simulação. Este trabalho faz uso da interface MSG (*Meta SimGrid*) utilizada para simulações simples em nível de aplicação.

## 3. Protocolos Peer-to-Peer Baseados em Tabela Hash Distribuída

Em sistemas baseados em Tabela *Hash* Distribuída (*Distributed Hash Table* - DHT), os nós e recursos da rede recebem uma chave identificadora de um espaço de identificadores, geralmente um identificador de 128 ou 160 bits. Usualmente se utiliza funções de *hash* consistente para gerar as chaves [Silva et al. 2005], como, por exemplo, as funções criptográficas da família SHA (*Secure Hash Algorithm*). A partir disso, é possível retornar o

endereço de rede do nodo responsável pelo item desejado, que pode ser contatado diretamente.

### 3.1. Protocolo Chord

No protocolo Chord, a cada nó é atribuída uma chave de  $m$  bits, portanto o número máximo de nós na rede será de  $2^m$ . Os nós são ordenados de forma crescente de acordo com suas identificações em um círculo de identificadores, onde cada nó conhece o seu sucessor, criando assim uma topologia virtual em anel. Os recursos também terão chaves identificadoras e serão armazenados na rede de acordo com estas. O nó sucessor no anel de uma dada chave que identifica um recurso será responsável por este.

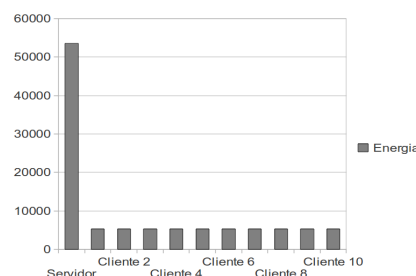
Com o intuito de minimizar a troca de pacotes o protocolo Chord faz com que cada nó conheça alguns outros nós da rede, que não são necessariamente seus sucessores imediatos [Stoica et al. 2002]. Cada um mantém uma tabela com o endereço de  $O(\log n)$  outros nós, onde  $n$  é o número de nós presente na rede. Neste caso o nó  $i$  conhece os nós  $i + 2^{(k-1)} \bmod m$ , onde  $1 < k < m$ .

## 4. Resultados Obtidos

Para realizar comparações entre as abordagens cliente-servidor e P2P foi criado um cenário onde há uma rede com dez nós e um arquivo a ser distribuído. Há três tipos de mensagens que serão utilizadas: as mensagens de requisição, utilizadas por um nó que deseja receber o arquivo, a mensagem que encapsula o arquivo, e, por fim, a mensagem de confirmação de recebimento do arquivo. Mensagens de requisição têm 160 bytes de tamanho, mensagens de confirmação têm 32 bytes e a mensagem do arquivo tem um megabyte. O tamanho das mensagens de requisição e de confirmação foram escolhidos baseados no protocolo TFTP [Sollins 1992]. O tamanho do arquivo foi escolhido com o objetivo de produzir uma carga significativa na rede, sem que houvesse sobrecarga desta.

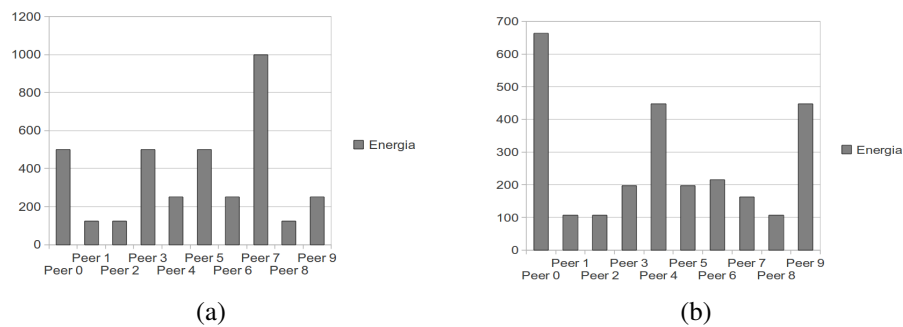
Na arquitetura cliente-servidor existem dez nós clientes conectados a um nó servidor central que possui o arquivo a ser distribuído. Os nós fazem requisições diretamente ao servidor. Na arquitetura P2P um dos nós da rede possui o arquivo. O restante dos nós realiza requisições através do protocolo Chord.

Na Figura 1 pode ser observado o gasto de energia de todos os nós da rede utilizando o modelo cliente-servidor. Pode-se observar que quase metade da carga total da rede fica sobre o nó servidor nesta abordagem.



**Figura 1. Gasto de energia de cada nó na distribuição de um arquivo utilizando a abordagem Cliente-Servidor**

A Figura 2 ilustra o gasto de energia utilizando o protocolo Chord em dois momentos: durante a organização do anel Chord e durante a distribuição do arquivo.



**Figura 2. Gasto de energia de cada nó durante (a) organização do anel Chord e (b) distribuição do arquivo**

Na abordagem P2P, apesar de haver um gasto adicional de energia durante a organização da rede, o gasto total é equivalente ao da arquitetura cliente-servidor, mas a dissipação de energia é mais uniformemente distribuída entre os nós da rede. Devido a este fato a vida útil da rede é maior nesta abordagem.

## 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Com os dados apresentados conclui-se, com um certo grau de confiança, que o emprego de arquiteturas P2P mostra-se mais interessante que a abordagem cliente-servidor no sentido de eficiência na distribuição da dissipação de energia da rede dentro do cenário proposto.

Em trabalhos futuros espera-se implementar outras simulações com diferentes protocolos P2P baseados em tabela *hash* distribuída com o objetivo de analisar qual protocolo apresenta os melhores resultados em termos de redução e melhor distribuição do consumo de energia.

## Referências

- Casanova, H., Legrand, A., and Quinson, M. (2008). Simgrid: a generic framework for large-scale distributed experiments. In *10th IEEE International Conference on Computer Modeling and Simulation*.
- Kurose, J. F. and Ross, K. W. (2006). *Redes de Computadores e a Internet*. Pearson Addison-Wesley, São Paulo, 3 edition.
- Silva, A. R., Almeida, H. M. P., Macambira, T., Guedes, D. O., Meira, W., and Ferreira, R. A. C. (2005). Hash consistente como uma ferramenta para distribuição de tarefas em sistemas distribuídos reconfiguráveis. In *WSCAD 2005: Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho*, pages 169–176, Rio de Janeiro.
- Sollins, K. R. (1992). The tftp protocol (revision 2). Technical report, MIT.
- Stoica, I., Morris, R., Liben-Nowell, D., Karger, D., Kaashoek, M. F., Dabek, F., and Balakrishnan, H. (2002). Chord: A scalable peer-to-peer lookup protocol for internet applications. In *Proc. of IEEE/ACM Trans. on Networking*.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Computadores*. Campus, 3 edition.
- Weiser, M. (1991). The computer of the 21st century. *Scientific American*, 9.