

Comunicação Peer-to-Peer aplicado a Redes Locais

Érico Santos Rocha¹, Daniel Stefani Marcon¹, Rafael Bohrer Ávila¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada — PIPCA
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) – São Leopoldo – RS – Brazil

{ericomsr,daniel.stefani}@gmail.com, rbavila@unisinos.br

Resumo. *Este artigo aborda a utilização do paradigma peer-to-peer no desenvolvimento de uma plataforma de comunicação distribuída para o compartilhamento de arquivos em redes locais. O Local Peer to Peer Protocol (LP2P), unifica conceitos da arquitetura P2P e das LANs para formar uma rede totalmente descentralizada, escalável e auto gerenciável. Visando observar as possibilidades deste modelo, um protótipo do LP2P foi implementado e seu desempenho comparado com o tradicional protocolo NFS (Network File System). Os resultados obtidos reforçam a possível gama de aplicações da comunicação P2P em redes locais onde os recursos disponíveis apresentam maior estabilidade.*

1. Introdução

Nos últimos anos, o constante crescimento da Internet e da quantidade de serviços oferecidos contribuíram para o surgimento de diversos tipos de arquiteturas destinadas a computação distribuída. Deste conjunto, a arquitetura *peer-to-peer* (P2P) vem despertando o interesse dos pesquisadores em decorrência de suas características que proporcionam a formação de redes descentralizadas para o compartilhamento de recursos computacionais entre seus participantes. Para isso, seus integrantes formam uma rede virtual, gerando uma topologia *overlay*, composta por todos os *hosts* participantes, que pode ou não estar em conformidade com as conexões físicas de seus componentes [Aberer and Hauswirth 2002].

Dentre os principais aspectos que diferenciam o P2P do modelo cliente-servidor bem como de outras arquiteturas distribuídas, estão o comportamento que cada integrante da rede exerce no decorrer de sua participação. Todo e qualquer *peer* possui a capacidade de solicitar e fornecer recursos, podendo atuar de forma simultânea como servidor e cliente, sendo denominado um *servent* [Buford et al. 2009].

Devido às suas características, essa arquitetura tem sido tema de diversas pesquisas. Contudo, ainda são pouco explorados modelos de comunicação P2P que utilizem todo o potencial de conectividade proporcionado pelas redes locais. Devido ao seu aspecto distribuído, as abordagens convencionais de redes *peer-to-peer* normalmente adotam como padrão uma rede geograficamente distribuída (MANs e WANs [Tanenbaum 2003]) para a formação da estrutura *overlay*. Estes fatores motivaram a proposta do LP2P - *Local Peer-to-Peer-Protocol*, uma plataforma de comunicação para ambientes distribuídos totalmente descentralizada, escalável e auto gerenciável empregada para o compartilhamento de arquivos em redes locais.

Esse sistema reúne características das atuais redes P2P com as vantagens da comunicação nos ambientes LAN, diferentemente de outras propostas que foram desen-

volvidas para as redes de longa distância. Para tal, além do conjunto de premissas necessárias para comunicação também define-se uma pilha de protocolos responsável pelo gerenciamento de mensagens, segurança, descoberta de serviços e mecanismos de recompensa.

2. Trabalhos Relacionados

As aplicações da arquitetura *peer-to-peer* representam um vasto campo de estudo que está em constante expansão. Cada vez mais esta arquitetura é empregada em redes *wireless*, sistemas de armazenamento distribuído, e compartilhamento de arquivos. Esta seção aborda algumas propostas para redes P2P.

No estudo de [Jia and Meng 2009], o modelo P2P é integrado às redes *ad hoc* para o compartilhamento de arquivos em ambientes ubíquos. Este compartilhamento visa fornecer um *cluster* de armazenamento distribuído levando em consideração a alta rotatividade dos *hosts* da rede. Em um contexto relacionado, a aplicação das redes *peer-to-peer* em sistemas móveis é o tema do trabalho de [Jia and Meng 2009]. Nessa abordagem, os autores avaliam as técnicas voltadas a redução do consumo de energia dentro de um cenário P2P *ad hoc*.

Os autores de [Huang et al. 2010] tratam das questões voltadas para à infraestrutura, abordando aspectos atuais das redes de alta velocidade e sua relação com o paradigma *peer-to-peer*. O objetivo é o desenvolvimento de um modelo que melhor aproveite as características desta arquitetura. A proposta faz uso de diversas transações presentes no sistema para capturar os acontecimentos mais importantes para construção da topologia de rede, tendo como diferencial o fato de considerar, além da remoção de um *peer*, a possibilidade de queda do mesmo devido a interrupções em sua conexão com a rede.

A importância do compartilhamento de arquivos via redes *peer-to-peer* é o ponto central de estudo abordado pelos autores de [Luo et al. 2009], enfatizando a gama de aplicações P2P destinadas a este propósito. Dessas, a plataforma BitTorrent [in Computer Science 2004] apresenta melhor eficiência, mas seu funcionamento exige a publicação de arquivo do tipo *torrent* na Internet, o que dificulta o uso deste protocolo. Para solucionar essa deficiência, o referido trabalho apresenta o protocolo *GnutellaBT*, que emprega a estrutura Gnutella [Ripeanu et al. 2002] para formar uma rede dedicada de índices, auxiliando na comunicação entre computadores que utilizam o protocolo BitTorrent. Dessa forma, a publicação de arquivos *torrent* pela Web é substituída pelo recurso de localização encontrado na rede Gnutella.

A pesquisa desenvolvida por [Zohar and Lerner 2009] culminou na proposta do protocolo *FairE9* que objetiva a distribuição justa de arquivos em redes P2P desestruturadas. A justiça do protocolo é aplicada ao balanceamento de carga e latência em cada *peer*. Para isso o modelo proposto emprega um novo algoritmo de decisão que auxilia no processo de escolha de cada parte do arquivo que se deseja obter, bem como o referido *peer* no qual será realizada a respectiva solicitação dessa parcela. Este método visa aumentar as chances de sucesso para o compartilhamento de arquivos no ambiente FairE9, reduzindo a sobrecarga da rede à medida que aumentam as chances de sucesso no atendimento das requisições.

Como pode ser observado, a arquitetura P2P pode ser aplicada em diversos cenários. Contudo, foram realizadas poucas pesquisas com o objetivo de inserir esse mo-

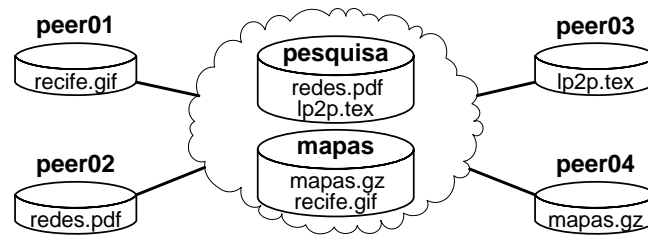


Figura 1. Funcionamento do LP2P.

delo em ambientes com maior controle e estabilidade quanto a permanência dos *peers* da rede. Tendo em vista estes aspectos, este trabalho apresenta o LP2P, cujo objetivo é aplicar esta tecnologia para distribuição de conteúdo em redes locais considerando as características específicas a estes ambientes, tratando de fatores não abordados por outras propostas como FairE9 e GnutellaBT, pelo fato destas serem focadas em redes geograficamente distribuídas.

3. LP2P

O protocolo LP2P destina-se ao compartilhamento de arquivos entre equipamentos conectados a infraestrutura de rede local. Em seu funcionamento, cada *hosts* que ingressa no ambiente LP2P está apto a compartilhar dados com os demais membros da rede. Cada membro divulga para os demais o conjunto de arquivos que esta disponibilizando em determinado compartilhamentos através de troca de mensagens.

O intercâmbio de informações gera uma base de conhecimento composta por compartilhamentos, *hosts* e dados compartilhados, que estão disponíveis para o uso de aplicações externas presentes em cada *peer* que se comunicam com a plataforma LP2P localmente. Dessa forma, as aplicações que utilizam as informações fornecidas pelo LP2P apresentam aos usuários a relação de arquivos disponíveis como uma pasta única porém distribuída. A Figura 1 exemplifica este funcionamento, onde *peer01* e *peer02* ingressam no compartilhamento **mapas**, *peer03* conecta-se à **pesquisa** e *peer04* ingressa em ambos mas apenas contribui com arquivos ao repositório **mapas**.

Para executar o processo descrito anteriormente, o LP2P conta com uma pilha de protocolos responsável pela comunicação entre *peers* e aplicações clientes, empregando uma abordagem escalável de conexões entre participantes da rede. Além disso o modelo apresenta conformidade com os princípios da arquitetura *peer-to-peer* descentralizada, onde o gerenciamento e transferência de dados necessitam do envolvimento de todos os *peers* para garantir a manutenção dos índices responsáveis pela localização dos arquivos disponíveis em cada compartilhamento. As seções subsequentes apresentam em maiores detalhes os componentes da arquitetura LP2P.

3.1. Arquitetura

Conforme ilustra a Figura 2, a arquitetura LP2P conta com uma pilha de protocolos que realiza a troca de informações entre os módulos do modelo utilizando um sistema padronizado de mensagens. Isto garante a comunicações entre *peers* bem como a resposta a solicitações decorrentes de aplicações clientes aos dados disponibilizados pelo LP2P.

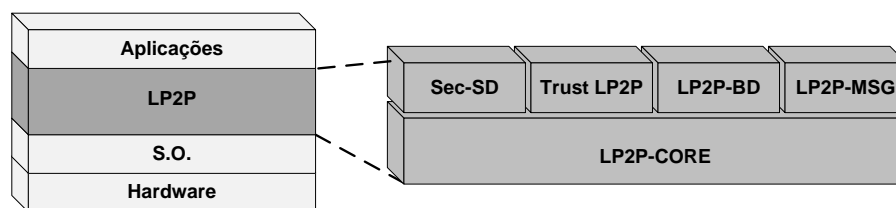


Figura 2. Arquitetura LP2P.

3.1.1. LP2P-CORE

Este módulo tem como função implementar a *interface* entre todos os componentes do protocolo, oferecendo uma camada de abstração entre plataforma de comunicação, descoberta de serviços, sistema de recompensa, interação com a base de conhecimento e aplicações externas. Seu comportamento dependerá do tipo de ação a ser executada, além dos aspectos de segurança empregados aos compartilhamentos da rede. Dessa forma, o LP2P-CORE desempenhará ações de *inicialização, atualização, estabelecimento de chaves de sessão, transferência de dados e comunicação interna*.

Na fase de inicialização, o LP2P-CORE verifica junto ao módulo de descoberta de serviços (SEC-SD) os compartilhamentos disponíveis, validando os mesmos com os parâmetros existentes localmente. Após, esse módulo coordena o gerenciador de mensagens para enviar solicitações via multicast visando obter a lista de recursos disponíveis na rede com sua devida localização.

Na ocorrência de compartilhamentos com acesso restrito, o LP2P-CORE recorre ao módulo Sec-SD para obtenção de uma chave de grupo. De posse dessa chave, o módulo LP2P-MSG inicia o envio de mensagens de atualização criptografadas, onde a chave de grupo obtida anteriormente é empregada para a cifragem dos dados. Em resposta a este procedimento, o solicitante recebe a listagem de dados existentes na rede mais uma chave de sessão para uso na comunicação ponto a ponto com o *peer* que emitiu essa resposta. Vale ressaltar que o regime de funcionamento do LP2P-CORE indifere se o *host* é um novo participante na rede. Contudo, a base de conhecimento gerenciada por LP2P-BD fornecerá os subsídios necessários para essa diferenciação de *peers*.

No decorrer da participação dos *peers* na rede, alterações no sistema de arquivos podem ocorrer a qualquer momento. Dessa forma, a fase de atualização visa garantir a consistência dos indexadores presentes em cada integrante. Por isso, o LP2P-CORE monitora o sistema de arquivos local, disparando duas ações em resposta as alterações detectadas. A primeira delas consiste na atualização de sua base local de conhecimento, onde ocorre a interação com o módulo LP2P-BD. Em seguida, o gerenciador de mensagens é acionado para notificar os demais integrantes da rede dessa modificação. Esse pacote é enviado via multicast e pode ou não ser criptografado, dependendo do compartilhamento em questão. Na outra extremidade da rede, em cada *host* LP2P que participa do compartilhamento, a mensagem é entregue a cada LP2P-CORE, que por sua vez faz a *interface* junto ao LP2P-BD para a respectiva atualização dos respectivos indexadores presentes em cada *peer*.

O estabelecimento de chaves de sessão é aplicado na comunicação entre *hosts*

LP2P que necessitam trocar dados pertencentes a compartilhamentos com acesso controlado. Para esse fim, o LP2P-CORE, ao identificar que necessita realizar uma comunicação criptografada, primeiramente verifica a existência de uma chave de sessão para o *peer* no qual a comunicação será realizada. Caso não exista, ocorre a negociação dessa chave entre as partes com auxílio da chave de grupo obtida previamente do módulo Sec-SD. Tendo recebido esta chave, ela passa a ser armazenada pelo LP2P-BD em sua base de conhecimento, possibilitando dessa forma o estabelecimento de uma conexão segura entre *peers*.

Na transferência de dados, o LP2P-CORE realiza uma consulta junto ao LP2P-BD, para verificar as possíveis fontes do recurso, e a reputação de cada detentor do arquivo. Com base nessas informações, é definido para qual *peer* será solicitado o recurso desejado fazendo o envio deste pacote através do módulo LP2P-MSG. Após a conclusão desta transferência, é inserido uma nova entrada na base de conhecimento, informando que o recurso em questão existe localmente. Toda e qualquer atividade entre LP2P-CORE e as respectivas aplicações clientes residentes no mesmo *peer* são classificadas como uma ação de comunicação interna que envolve mensagens específicas de solicitação e resposta entre LP2P-MSG e aplicações utilizadas pelo usuário, como por exemplo módulos para montagem de sistemas de arquivos ou softwares para transferência direta de conteúdo.

3.1.2. LP2P-MSG e LP2P-BD

Os módulos para gerenciamento de mensagens e base de conhecimento exercem função vital para o modelo proposto. Diferentemente dos módulos de descoberta de serviço e reputação, o LP2P não poderá funcionar sem seu conjunto de mensagens, tampouco será capaz de buscar arquivos na rede se não existir o registro dos mesmos. No que se refere à base de conhecimentos, ela faz uso de uma base de dados local que registra informações quanto a reputação, segurança, vizinhos e recursos locais e disponíveis na rede. Por intermédio da interação dos módulos LP2P-CORE e LP2P-BD, esta base é criada e populada visando oferecer ao *peer* conhecimento suficiente do ambiente bem como dos dados oferecidos por este.

O gerenciamento de mensagens tem sua estrutura básica ilustrada na Figura 3. O campo protocolo, composto por 4 bytes, identifica o protocolo tendo como valor padrão “LP2P”. A versão do LP2P ocupa o quinto byte do datagrama. As primitivas que objetivam agrupar de forma hierárquica o conjunto de operações estão localizadas no sexto byte da estrutura de mensagem do sistema. O bloco de primitivas é seguido pelo bloco de operações de mesmo tamanho, resultando desta forma um conjunto de 65536 operações que o sistema LP2P pode oferecer em caso de expansão das suas respectivas funcionalidades. Resumidamente, os 7 primeiros bytes são fixos dentro dos pacotes LP2P, enquanto o tamanho do *payload* restante dependerá do tipo de primitiva e operação em execução.

4. Avaliação do LP2P

Em sua fase de avaliação, um protótipo do modelo proposto foi implementado, sendo realizada análise comparativa de desempenho frente a um sistema representativo da atualidade, tendo sido escolhido o NFS. Esta avaliação levou em consideração um cenário real, para o qual várias trocas de arquivos entre *peers* LP2P foram executadas cada qual

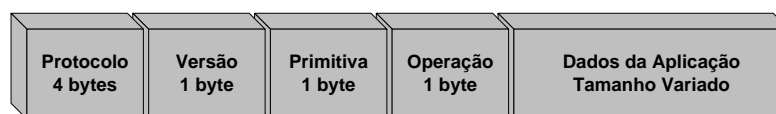


Figura 3. Formato geral do pacote LP2P.

contando com tamanhos variados de arquivos em seus compartilhamentos. O módulo LP2PFS foi agregado ao cenário de testes atuando como *front-end* entre usuário e a pilha de protocolos LP2P.

No que se refere ao desenvolvimento do protótipo, foi adotada a linguagem Java em decorrência de sua portabilidade, enquanto o módulo do *kernel* (LP2PFS) foi implementado na linguagem C. O LP2PFS realiza a função de aplicação cliente oferecendo ao usuário um ponto de montagem contendo todos os arquivos compartilhados na rede ocultando deste toda a troca de informações *peer-to-peer*. Os testes foram executados em ambiente composto por 18 estações Linux (distribuição Debian Lenny com *kernel* 2.6.26-2-686), com 4GB de memória RAM, 250GB de HD e processadores Intel Core2 Duo de 1.8GHZ. A estrutura de rede conta com tecnologia FastEthernet e switches 3COM 10/100, viabilizando a conexão dos *peers* a uma velocidade de 100Mbps.

As premissas para avaliação do desempenho do LP2P em relação ao NFS levaram em consideração a vazão máxima do NFS (12,5MB/s) - *valores teóricos para segmentos de 100Mbps* - em comparação a vazão individual e agregada, obtidos no decorrer dos testes do protótipo. Todos os valores apresentados são médias de 10 repetições do experimento que englobaram transferências de arquivos de 1MB, 4MB, e 16MB. Em virtude da adoção dos valores teóricos para a vazão do NFS, não foram executados testes do mesmo no cenário descrito anteriormente pois seus resultados seriam inferiores aos valores teóricos.

A sequência de testes automatizou respectivamente ativação do *daemon*, montagem do compartilhamento junto ao *filesystem* e cópia dos arquivos do ponto de montagem distribuído para o armazenamento local de cada *peer*. Para garantir o paralelismo destas ações, o processo de inicialização e tomada de tempos proporcionou em cada *host* a transferência de arquivos em ordem aleatória, evitando sobre-carga ou comportamento centralizado do ambiente.

4.1. Resultados Obtidos

A execução dos teste de comunicação, revelaram uma grande diferença no desempenho referente a vazão individual do sistema LP2P em relação a vazão teórica do NFS. A Figura 4 ilustra este resultado (em MB/s) obtido para cada um dos tamanhos de arquivos testados. Observa-se através desse gráfico que o desempenho deste protótipo foi em média 44,72% inferior ao valor teórico referente ao protocolo base dessa análise. Com a execução dos mesmos experimentos tendo como foco os resultados obtidos para a vazão agregada do sistema, o desempenho do LP2P foi muito superior ao valores teóricos do NFS. Basicamente este comportamento se deve às limitações do NFS que dispõem de 12,5MB/s de taxa máxima de transferência, aliado ao comportamento distribuído inerente à proposta do LP2P. Constata-se por meio do gráfico ilustrado na Figura 5 que o protótipo obteve em média vazão agregada de 103,66 MB/s.

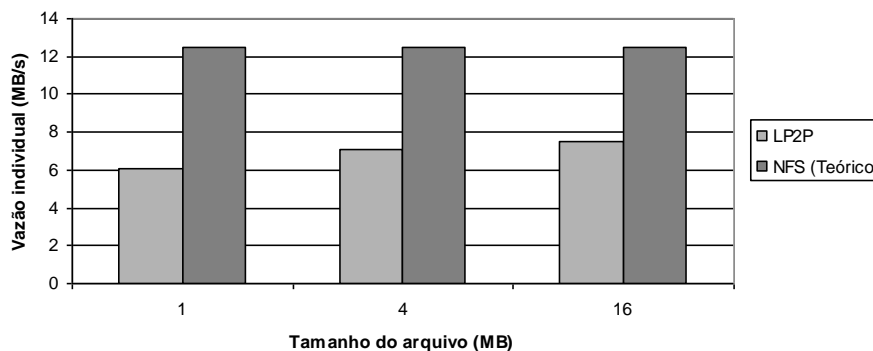


Figura 4. Vazão individual do LP2P em comparação ao NFS.

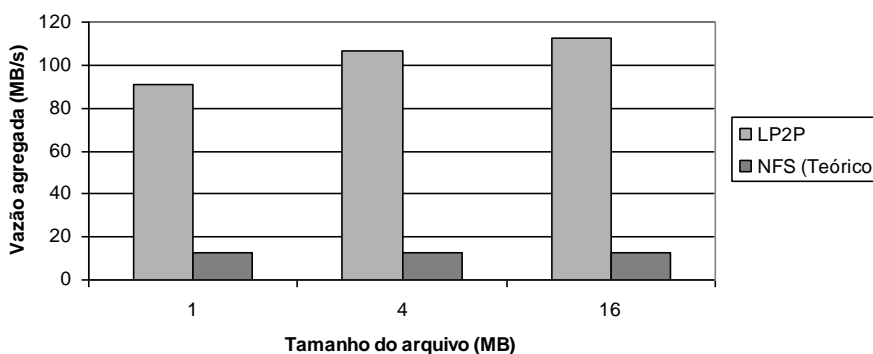


Figura 5. Vazão agregada do LP2P em comparação ao NFS.

Avaliando primeiramente o desempenho individual, os valores apresentados anteriormente estão basicamente relacionados com problemas de otimização do protótipo do LP2P, bem como do módulo LP2PFS, necessitando o devido aprimoramento. Contudo tais fatores não reduzem o mérito do sistema na distribuição de arquivos dentro do conceito das redes P2P totalmente descentralizadas. Quanto ao desempenho agregado, a natureza distribuída do LP2P foi um dos principais fatores que influenciaram nos resultados obtidos, diferentemente do comportamento de enxame (todos solicitam dados da mesma fonte simultaneamente) proveniente do NFS.

Além disso o protótipo proporcionou uso mais eficiente da banda em relação a outros sistemas que empregam a arquitetura *peer-to-peer* pois utiliza de forma mais otimizada os recursos da rede local. Logo os dados obtidos nesta sequência de experimentos fornecem os subsídios necessários para modificação e ampliação do protótipo visando sua aplicação em redes locais em diversos cenários possíveis. Desta forma, com os devidos aprimoramentos, o LP2P pode exercer funções relacionadas com a criação de áreas de armazenamento distribuído para uso eficiente do hardware ocioso em estações de trabalho. Adicionalmente esta área comum gerenciada pode atuar como *backup* descentralizado de baixo custo ou como repositório secundário de arquivos, servindo como estrutura de contingência aos servidores principais da rede e evitando gargalos no acesso a seus recursos

5. Considerações Finais

O LP2P é um modelo para compartilhamento de arquivos em redes locais utilizando uma estratégia P2P. As principais vantagens do LP2P são a descentralização e auto-organização do sistema, dispensando a necessidade de servidores dedicados e maiores investimentos para o provimento desse tipo de infraestrutura.

O desempenho apresentado pelo protótipo inicial do LP2P apresenta bons resultados relacionados a vazão total da rede comparado ao NFS, mas inferiores dentro da análise de desempenho individual de cada *peer*. Mesmo com esta não conformidade do ponto de vista do desempenho local, considerou-se relevante apresentá-los de forma a ilustrar o potencial uso da tecnologia *peer-to-peer* em redes locais. Não obstante, os experimentos comprovam a validade do método proposto pelo LP2P para compartilhamento de arquivos, bem como da implementação do sistema básico e do módulo desenvolvido para o *kernel* do Linux. As etapas seguintes no desenvolvimento do LP2P incluem, naturalmente, uma investigação pontual referentes a comunicação local, com o acompanhamento da evolução de seu desenvolvimento, e uma análise de possíveis benefícios e melhoramentos de sua implementação.

Referências

- Aberer, K. and Hauswirth, M. (2002). An Overview on Peer-to-Peer Information Systems. In *WDAS*, Paris, France. Carleton Scientific.
- Buford, J. F., Yu, H., and Lua, E. K. (2009). *P2P Networking and Applications*. Morgan Kaufmann Publishers Inc, San Francisco, CA, USA.
- Huang, J., Yin, B., Guo, D., Lu, S., and Wu, X. (2010). An evolution model for p2p file-sharing networks. In *Proc. of Proceedings of the 2010 Second International Conference on Computer Modeling and Simulation. ICCMS '10*, pages 361–365, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- in Computer Science, L. N. (2004). *Dissecting BitTorrent: Five Months in a Torrent's Lifetime*, volume 3015/2004. Springer Berlin / Heidelberg.
- Jia, J. and Meng, C. (2009). A cluster-based peer-to-peer file sharing protocol for mobile ad hoc networks. In *Proc. of The 1st International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology. CNMT.*, pages 1–4, Wuhan, China.
- Luo, X., Liu, Y., Wang, Y., and Qin, Z. (2009). An interest-based P2P file sharing system. In *Proc. of Communications and Networking in China, 2009. ChinaCOM 2009. Fourth International Conference. CHINACOM*, pages 1–5, Xian, NJ, USA. IEEE Press.
- Ripeanu, M., Foster, I., and Iamnitchi, A. (2002). Mapping the gnutella network: Properties of large-scale peer-to-peer systems and implications for system. *IEEE Internet Computing Journal*, 6:2002.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Computadores*. Campus, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 4th edition.
- Zohar, E. and Lerner, A. (2009). FairE9: Fair File Distribution over Mesh-Only Peer-to-Peer. In *Proc. of Global Telecommunications Conference. GLOBECOM.*, pages 1–8, Honolulu, HI. IEEE.