

TrustLP2P: Um Sistema de Reputação aplicado a rede local

Daniel Dalalana Bertoglio¹, Rafael Bohrer Ávila¹

¹Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

`dalalana@gmail.com, rbavila@unisinis.br`

Resumo. Atualmente, a atribuição de novas tecnologias aliadas à computação distribuída tem crescido exponencialmente devido a necessidade de otimização dos recursos em uma rede. Em um ambiente distribuído, a relação dos nós que fazem parte da rede apresenta variações devido ao comportamento dinâmico dos mesmos, o que indica problemas relacionados a segurança, entre outros aspectos. Um sistema de reputação e confiança é um meio de se questionar a autenticidade e confidencialidade dos arquivos compartilhados e dos nós participantes. Neste trabalho é apresentado o TrustLP2P, um sistema de reputação aplicado a uma rede local, que visa adequar as características desse ambiente ao mesmo tempo em que atribui conceitos baseados em outros conhecidos modelos de reputação.

1. Introdução

Em temas de pesquisas atuais, nos últimos anos, é perceptível a preocupação cada vez maior de otimizar os recursos de rede disponíveis. O uso de sistemas distribuídos é uma alternativa que tem se disseminado rapidamente, como é possível verificar de acordo com o grande uso de aplicações P2P, que são um exemplo dessa arquitetura. As aplicações precursoras dos sistemas par-a-par se tornaram mundialmente conhecidas pelo compartilhamento de arquivos de músicas, que até hoje corresponde a boa parte da atividade na Internet. Em uma mesma atuação, sistemas como Gnutella [Adar and Huberman 2000] e BitTorrent [Cohen 2003] são exemplos referenciados para ambientes P2P.

Analisando o contexto de um ambiente descentralizado, fica evidente uma série de problemas relacionados às redes P2P. Existem diversos tipos de ataques específicos para esse tipo de arquitetura, como por exemplo, o ataque *Sybil*, que consiste na falsificação de múltiplas identidades, e também o ataque *Man-in-the-Middle*, onde um nó malicioso entra em meio a comunicação de outros dois nós e passa a responder determinadas mensagens como um desses [Zhu et al. 2006].

Com a notável percepção de que os ataques a redes P2P, que visam compartilhamento de conteúdo, trazem diversos problemas ao funcionamento dos sistemas devido a sua efetividade, é notoriamente importante tratar a ocorrência dos mesmos de forma a garantir um ambiente adequado para determinado sistema P2P [Marti and Garcia-Molina 2006]. Dentre os vários mecanismos de segurança existentes, um sistema de reputação e confiança é um meio de se questionar a autenticidade, integridade e confidencialidade dos arquivos compartilhados e dos nós participantes. Através da opinião dos participantes da rede, formam-se cadeias que resultam em um valor de reputação, o qual mensura diversas métricas visando confirmar a qualidade tanto do funcionamento como do serviço geral de um modelo P2P.

O presente trabalho apresenta o TrustLP2P, um sistema de reputação desenvolvido exclusivamente para a plataforma LP2P que detém características específicas para o tratar o comportamento dos nós participantes da rede no ambiente P2P. A existência dos valores de reputação e de confiança fornecem uma idéia mais adequada para as relações entre esses nós quando da execução das operações de busca e requisição de arquivos.

2. Trabalhos Relacionados

Existem diversos trabalhos e estudos sobre sistemas de reputação em geral, assim como sobre sistemas de reputação voltados exclusivamente para ambientes distribuídos. Os modelos que são aplicados a redes P2P também são de grande foco em pesquisas, e entre esses pode-se citar principalmente o modelo de Marti e Garcia-Molina [Marti and Garcia-Molina 2004] e o P2PRep [Cornelli et al. 2002], que são descritos a seguir.

2.1. Marti e Garcia-Molina

O sistema de reputação proposto por Marti e Garcia-Molina (2004) tem por objetivo principal combater nós de rede maliciosos. As interações entre os nós são realizadas de maneira criteriosa, uma vez que antes de se iniciar uma determinada transação, cada nó analisa as opiniões sobre aquele com quem irá interagir. As opiniões são armazenadas em cada nó, sendo essas apenas sobre os nós com quem o mesmo interagiu. Para padronizar as medidas de comparação entre os participantes, a métrica utilizada é a taxa de arquivos autênticos que cada nó forneceu sobre o número total de arquivos. A partir dessa padronização da métrica, Marti e Garcia-Molina (2004) definem que a seleção dos nós pode ser feita de duas formas: pelo método *Select Best* que define o nó com a maior avaliação como o escolhido e o método *Weighted Select Best* o qual define que cada nó que possui o arquivo desejado possui uma probabilidade de ser escolhido, sendo essa relacionada de maneira proporcional ao seu valor de reputação.

2.2. P2PRep

O esquema de reputação P2PRep é um sistema também desenvolvido para funcionar em redes Gnutella. O objetivo do P2PRep é diminuir o número de *downloads* de arquivos corrompidos, o que é notável pelo seu modo de funcionamento. Uma especificação primordial é o fato de cada nó armazenar as suas opiniões sobre os nós com quem interagiu, já que esse armazenamento o diferencia de grande parte dos demais esquemas de reputação.

No modelo, para a identificação dos nós, o P2PRep utiliza o *hash* da chave pública desse nó, e este é chamado de *servent_id*. De maneira geral, exemplificando, o sistema visa permitir que um nó p , antes de decidir de onde fazer o *download* do recurso, saiba sobre a reputação dos demais participantes através do voto dos seus nós. São apresentadas duas soluções para a tomada de decisão: na primeira, denotada de Pesquisa Básica, os servidores que respondem a pesquisa não fornecem seus *servent_id*. A segunda solução, a Pesquisa Avançada, os votantes também declaram seu *servent_id*, que pode ser levado em conta por p pesando os votos recebidos, ou seja, p pode julgar alguns votantes como elementos de mais confiança do que outros.

3. LP2P

O LP2P (Local P2P) é uma plataforma de compartilhamento de arquivos para ambientes distribuídos, que além de descentralizada, é escalável e auto-gerenciável. Basicamente

o LP2P é um protocolo específico atribuído a tecnologia P2P, porém direcionado a ser aplicado em uma rede local. A idéia tem como intuito o melhor aproveitamento dos aspectos que correspondem a este tipo de rede, como a baixa latência de comunicação e taxas elevadas de transmissão (*throughput*), aliados as características da arquitetura.

Assim como outros sistemas P2P conhecidos, o LP2P tem como finalidade o compartilhamento de arquivos de maneira geral, e por consequência, a estruturação do protocolo passa por uma percepção mais ampla de acordo com o objetivo do sistema. Ele difere das demais sistemas por ser um *middleware* com interface de uso e acesso juntamente ao sistema operacional. Isso significa que o LP2P dispõe de forma mais clara e coesa as informações, como se uma unidade de rede fosse montada dentro desse sistema operacional, porém de maneira distribuída. Para a definição do protocolo foram estipulados aspectos como: o formato das mensagens a serem utilizadas, o protocolo de transporte para a comunicação, tamanho dos blocos de dados e também o conjunto inicial de primitivas.

Os grupos de primitivas são dois, as de manipulação de arquivos e as de notificações. As primitivas de manipulação de arquivos compreendem as operações de:

- Listagem de Arquivos (*list*): Operação para a listagem de conteúdo de um compartilhamento, o qual envia para os demais participantes uma requisição desse conteúdo;
- Envio de Listagem (*sendl*): Operação em resposta a solicitação *list*, no qual é uma mensagem que contém toda a lista de recursos locais em um compartilhamento do nó que recebeu a primeira mensagem;
- Cópia de Arquivos (*get*): Operação que solicita o envio de um arquivo ou de uma parte deste para o nó solicitante;
- Envio de Arquivos (*sendf*): Assim como o *sendl*, porém em resposta a solicitação *get*, *sendf* envia o arquivo ou o trecho de arquivo para o nó que fez a requisição.

Já as primitivas de notificação do sistema são apenas duas: a de adição de arquivos, que envia uma notificação para os demais nós da rede quando um participante adiciona novos arquivos no compartilhamento, e a de exclusão de arquivos, quando o participante exclui um arquivo, este envia aos demais um mensagem de exclusão com o intuito de que todos atualizem sua base de dados local.

4. TrustLP2P

O TrustLP2P é um sistema de reputação que tem por objetivo recompensar os nós participantes de acordo com o seu comportamento, de forma a incentivar esses nós a colaborarem com o funcionamento da rede. A grande maioria dos sistemas de reputação existentes têm por objetivo principal o combate a nós maliciosos, ou para outros demais tipos ataques a redes P2P. Isso delimita uma linha de análise mais em torno de estatísticas de desempenho de rede, ou também de estratégias específicas de prevenção às ações maliciosas efetuadas no sistema.

A necessidade de um sistema de reputação P2P em uma rede local, mais precisamente para o LP2P, é perceptível tanto por questões de segurança como por questões de desempenho. No aspecto segurança, um exemplo seria o compartilhamento de arquivos de atualização de um sistema operacional, onde um nó então poderia fornecer um desses arquivos maliciosamente ou até mesmo um arquivo corrompido. Assim, é importante

que esse nó seja penalizado em virtude dessa possível ação. Já no critério desempenho pode-se analisar que um nó malicioso que faz uso incessante da rede, sem contribuir com a mesma, gera um tráfego desnecessário para o sistema, o que pode ser controlado através do uso da reputação.

Para definir as formas de classificação de reputação e de confiança, é necessário especificar como essas informações devem ser relacionadas. Para o modelo, o valor de reputação é definido na forma de número, em um intervalo de 0 a 1, com 1 representando a reputação máxima. Já as informações sobre a confiança são classificadas em três níveis: Baixo, Médio e Alto.

Com tantas informações envolvidas no funcionamento do sistema, é importante ressaltar que o armazenamento das mesmas é feito de maneira local, ou seja, cada nó armazena em uma base de reputação própria a opinião sobre outros nós. Essa base de reputação detém as seguintes informações: *PeerID*, que armazena a identificação do nó no sistema, *Reputação* que armazena a média da reputação de determinado nó e *Confiança*, que armazena o nível de confiança de determinado nó.

Para essa estrutura na base, cada participante tem suas informações armazenadas em uma única linha. Isso é ressaltado devido ao fato de que um nó recebe as opiniões durante o tráfego de mensagens *list*, o que significa que podem existir diversos valores de reputação. Justamente por essa razão que os campos armazenam a média ponderada desses valores, e a cada nova entrada de uma opinião, a média é recalculada utilizando a seguinte fórmula:

$$Rep_{no} = Rep_{no} + \Delta$$

$$\Delta = \frac{Rep_{remota} - Rep_{no}}{2}$$

Onde Rep_{no} é o valor atual de reputação e o fator Rep_{remota} representa a nova entrada de uma opinião fornecida por outro nó.

A especificação da recompensa, visando o objetivo do TrustLP2P, ficou definida na operação que envolve a solicitação de informações sobre algum compartilhamento. Quando o nó deseja solicitar uma listagem de arquivos, ele envia via *multicast* uma mensagem *list*, visando obter as informações sobre compartilhamentos específicos. Em virtude do envio dessa mensagem *list*, a resposta através de uma mensagem *sendl* é enviada pelos nós em uma probabilidade Rep_{no}/n , onde n é o número de nós participantes da rede e Rep_{no} é a reputação do nó em questão. Assim, nota-se naturalmente que quanto maior a reputação do nó, maior a probabilidade e vice-versa.

O funcionamento geral do TrustLP2P se dá essencialmente por dois processos: a determinação do valor de reputação e a atualização das tabelas de reputação. No primeiro processo, o qual define o valor de reputação, um nó após receber a resposta de sua operação *list* e verificar todos os arquivos contidos nessa resposta, estipula a reputação de um determinado nó de acordo com a proporção entre a quantidade de arquivos o qual ele tem interesse e a quantidade total de arquivos desse outro nó. Essa proporção é dividida em intervalos, delimitada pelos percentuais, que são obtidos através do cálculo:

$$Proporcao = \frac{QtdArqInt * 100}{QtdTotal}$$

Onde $QtdArqInt$ representa a quantidade de arquivos interessantes de um determinado nó e $QtdTotal$ é o número total de arquivos que esse nó compartilha.

Obtida a proporção relatando o percentual de arquivos interessantes em relação ao total de arquivos, é consultada a tabela com as faixas das proporções para que seja devidamente associado ao cálculo da reputação o valor correspondente, penalizando ou recompensando o nó.

Tabela 1. Atribuição das faixas de proporção

Faixas	Valores
0% a 20%	-0,04
21% a 40%	-0,02
41% a 60%	+0,02
61% a 80%	+0,04
81% a 100%	+0,06

Assim, dada que a reputação inicial dos nós é 1, caso a proporção seja de 15%, o valor de reputação atual diminuirá 0,04 e passará a ser 0,96. Basicamente o cálculo de reputação feito por um nó é descrito por:

$$Rep_{A:B} = Rep_{A:B} + ValorProporcao$$

Onde $Rep_{A:B}$ é o valor de reputação que o nó A atribui para o nó B e $ValorProporcao$ é o valor consultado da tabela disposta acima. É importante ressaltar que a cada operação para obter um arquivo feita por um nó, através do envio da mensagem *get*, o interesse então será incrementado e por consequência a proporção será maior. Dessa forma, após as operações *get* os valores de reputação são atualizados.

O processo de atualização das tabelas de reputação é outra forma onde o valor de reputação é alterado, uma vez que essa tarefa envolve a operação *list* e as informações trafegam junto com as mensagens dessa operação. Quando um nó recebe as respostas do *list* que contém as informações sobre o compartilhamento e sobre os arquivos e seus respectivos proprietários, cada nó que enviou essa resposta anexa juntamente os valores de reputação que contém em sua tabela local, disseminando assim sua opinião sobre outros nós. O nó que recebe esses dados adiciona então essas opiniões em sua tabela, através do cálculo comentado anteriormente.

5. Análise de Cenários

Com a devida estruturação do modelo TrustLP2P, levando em conta as necessidades adequadas as operações de listagem e solicitação de arquivos, é possível avaliar as formas de variação do valor de reputação atribuído de um nó a outro em um certo instante de tempo, assim como a probabilidade desse nó receber as respostas de uma mensagem *list*.

Para isso, são especificados diferentes cenários com definições variadas com o intuito de ilustrar o funcionamento do TrustLP2P em função dessas operações realizadas.

Como parâmetros para os cenários, podem ser determinadas quatro variáveis: a quantidade de arquivos de um nó, a porcentagem de arquivos interessantes que um nó compartilha, a quantidade de operações *list* feitas por hora e a quantidade de nós na rede. Contudo, para a avaliação mais geral do valor de reputação, apenas os dois primeiros parâmetros são critérios determinantes para a análise.

As simulações dos cenários dispostos apresentam valores obtidos através dos cálculos que fazem parte do modelo, considerando variáveis determinadas para cada gráfico. Dessa forma, subentende-se que esses cenários tem o intuito de ilustrar possíveis alterações de reputação mediante a ações e processos ocorridos no decorrer do funcionamento da rede.

5.1. Cenário 1

O cenário 1 descreve a variação tanto do valor de reputação como da probabilidade através da mudança envolvendo a porcentagem de arquivos interessantes de um nó. Os parâmetros definidos são:

- Quantidade de nós na rede: 5;
- Quantidade de arquivos que o nó compartilha: 300;
- Quantidade de mensagens *list*: 2.

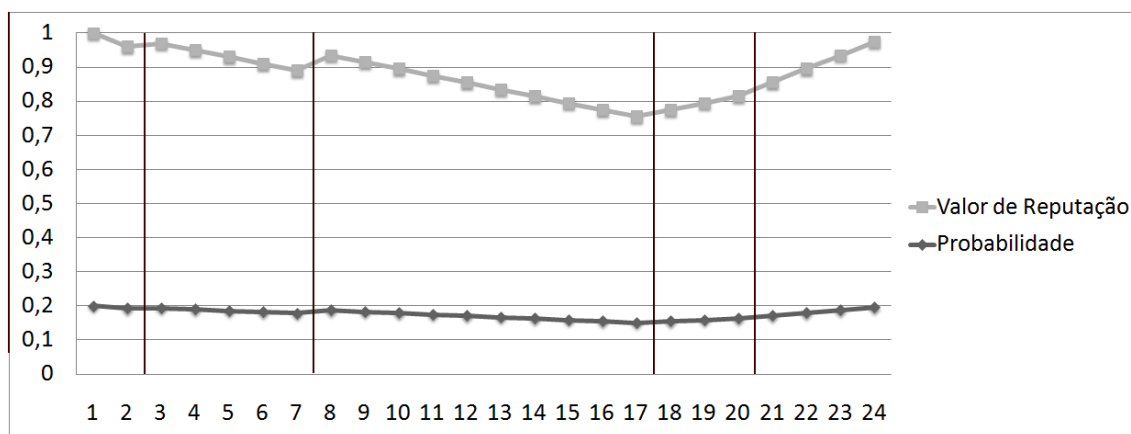


Figura 1. Gráfico do cenário 1

Conforme é ilustrado no gráfico da Figura 1, quando o nó ingressa na rede, ou seja, no primeiro instante de tempo, o valor de reputação é 1. Com o passar do tempo esse valor passa a diminuir de maneira gradual, o que é justificado pelo fato de que o interesse nos arquivos desse nó inicia sendo baixo e vai crescendo conforme as operações *get* são feitas. A medida que o interesse vai aumentando o valor de reputação vai deixando de diminuir e passa a aumentar, se possível até chegar novamente em 1.

Há quatro pontos centrais de mudança no gráfico, representados pelos traços que cruzam a figura. Como é possível perceber, o valor de reputação inicia diminuindo e logo no instante de tempo entre 2 e 3 o nó faz uma operação *list* e consequentemente atualiza em sua tabela o novo valor calculado através da fórmula de entradas remotas

de opinião, já descrita anteriormente. O valor então, após aumentar devido ao cálculo, começa novamente a ser diminuído por 0,02, uma vez que a porcentagem de interesse é de 25%. No instante de tempo localizado entre 7 e 8, mais uma operação *list* é realizada e o valor novamente aumenta. Mais uma vez o valor de reputação torna a diminuir até o momento disposto entre o 17 e 18, quando a porcentagem de interesse passa a ser 45% e então esse valor passa a aumentar em 0,02 a cada instante. A última alteração do gráfico se dá entre o tempo 20 e 21, quando a porcentagem volta a aumentar e passa a ser 65%, e assim o valor de reputação passa ser incrementado mais rapidamente, em 0,04 a cada vez.

5.2. Cenário 2

O cenário 2 ilustra a variação do valor de reputação e da probabilidade através da mudança envolvendo a quantidade de arquivos que um nó compartilha. Os parâmetros definidos são:

- Quantidade de nós na rede: 5;
- Quantidade de arquivos que o nó compartilha: 300;
- Quantidade de mensagens *list*: 2.

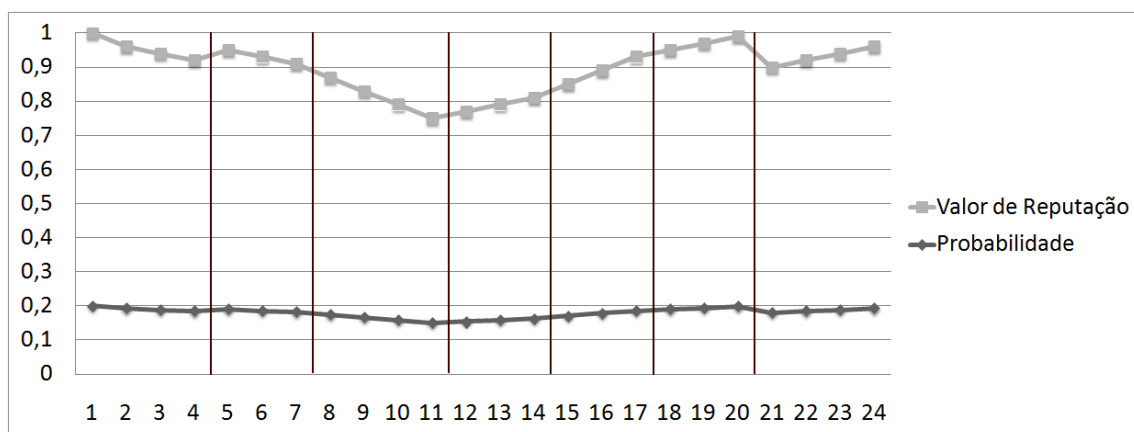


Figura 2. Gráfico do cenário 2

No gráfico da Figura 2, há seis pontos centrais de alteração enumerados abaixo:

1. Ponto entre 4 e 5: Uma operação *list* é realizada e entram novas opiniões de reputação que são calculadas. O valor de reputação aumenta.
2. Ponto entre 7 e 8: O nó passa a compartilhar 500 arquivos, fazendo com que a porcentagem de interesse inicialmente seja de 15%, porém empregando uma tendência de que essa aumente, em virtude da maior possibilidade de arquivos disponíveis.
3. Ponto entre 11 e 12: A porcentagem de interesse logo aumenta devido ao aumento de arquivos compartilhados, passa a ser de 45%.
4. Ponto entre 14 e 15: Novamente aumento da porcentagem de interesse que passa a ser de 65%.
5. Ponto entre 17 e 18: O nó passa a compartilhar 700 arquivos, a porcentagem cai para 46% e o valor volta a ser incrementado por 0,02 a cada vez.
6. Ponto entre 20 e 21: Uma operação *list* é realizada e entram novas opiniões de reputação que são calculadas. O valor de reputação diminui.

Dessa forma, percebe-se que o aumento de arquivos compartilhados é uma ação que a longo prazo tende a fazer com que o valor de reputação cresça mais rapidamente. Tal comportamento condiz com o esperado, analisando que esse aumento substancial fornece certo incentivo para os participantes que desejam ser recompensados e então participar mais ativamente da rede. De imediato as variações descrevem que a porcentagem de interesse aumenta substancialmente conforme essa quantidade de arquivos, tendo em vista que são maiores as possibilidades de fornecimento de um conteúdo com mais importância para os demais nós.

6. Considerações Finais

O TrustLP2P é um sistema de reputação que visa recompensar os nós por compartilharem arquivos, auxiliando a rede através de seus bons comportamentos. Adequar essa recompensa com algum processo, de maneira eficaz, é o principal objetivo do sistema para estabelecer uma justificativa interessante para seu desenvolvimento. Levando em conta que a probabilidade de respostas para respectivas consultas afeta diretamente a percepção do usuário, a atribuição da reputação com esse aspecto torna-se devidamente notável.

Analisar o comportamento das variações do valor de reputação juntamente com a probabilidade descreve bem a forma como o sistema funciona. Através dos cenários é possível perceber, por exemplo, que um nó que compartilha mais arquivos terá certamente maior chance de que sua reputação aumente mais rápido, uma vez que o interesse dos demais nós tende a crescer devido as diversas opções de arquivos compartilhados. Já a variação da quantidade de mensagens *list* implica de maneira mais funcional na estrutura do sistema, pois é um critério que determina a rapidez com que as informações de reputação são disseminadas pela rede. Assim, mostra-se importante a utilização do TrustLP2P dentro do devido ambiente P2P, de forma a incentivar a participação dos nós constantemente e fazer com que todo o funcionamento seja devidamente controlado em diversos aspectos de segurança.

Referências

- Adar, E. and Huberman, B. A. (2000). Free riding on gnutella. *First Monday*, 5(10).
- Cohen, B. (2003). Incentives build robustness in bittorrent. In *Proc. of First Workshop on Economics of Peer-to-Peer Systems*, New York, NY, USA.
- Cornelli, F., Damiani, E., di Vimercati, S. D. C., Paraboschi, S., and Samarati, P. (2002). Choosing reputable servents in a p2p network. In *WWW '02: Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web*, pages 376–386, New York, NY, USA. ACM.
- Marti, S. and Garcia-Molina, H. (2004). Limited reputation sharing in p2p systems. In *EC '04: Proceedings of the 5th ACM conference on Electronic commerce*, pages 91–101, New York, NY, USA. ACM.
- Marti, S. and Garcia-Molina, H. (2006). Taxonomy of trust: categorizing p2p reputation systems. *Comput. Netw.*, 50(4):472–484.
- Zhu, B., Jajodia, S., and Kankanhalli, M. S. (2006). Building trust in peer to peer systems: a review. *Int. J. Secur. Netw.*, 1(1/2):103–112.