

Estudo de um Duopólio utilizando Sistemas Multiagentes

Viktor Santos Moitinho

Aluno do Curso Técnico em Informática para Internet
Bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica do IFSP (PIBIFSP)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Câmpus Guarulhos
viktor.santos@aluno.ifsp.edu.br

Rodrigo Campos Bortoletto

Professor do IFSP - Câmpus Guarulhos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Câmpus Guarulhos
bortoletto@ifsp.edu.br

Estudo de um Duopólio utilizando Sistemas Multiagentes

RESUMO: O crescimento do fluxo de dados e a mudança do comportamento dos usuários, que passaram a consumir cada vez mais banda, tem impacto direto nas operadoras de telecomunicações, que tem um crescimento da demanda de cerca de 100% ao ano. Sendo assim, o aumento do fluxo de dados em redes de telecomunicações, aliado à crescente concorrência entre as operadoras, demandam estudos sobre a influência do comportamento coletivo. Esse comportamento pode alterar de forma significativa os resultados financeiros das operadoras e a concorrência entre elas. Neste artigo serão analisados o comportamento de um duopólio que permite a comparação e a regulação dos modelos existentes em sistemas de telecomunicações, por meio de uma simulação utilizando sistemas multiagentes, que são ferramentas que permitem criar agentes que possuem comportamento autônomo e independente. Este artigo tem o objetivo de apresentar os resultados de simulação de um duopólio e validar seus resultados com o modelo analítico de um enlace avulso estudado na literatura. A validação dos resultados de simulação com os resultados analíticos permitirá a expansão dos estudos sobre a influência dos usuários em sistemas de telecomunicações.

PALAVRAS-CHAVE: duopólio; sistemas multiagentes; processo de Markov; telecomunicações; comportamento coletivo.

I - INTRODUÇÃO

O crescimento do fluxo de dados e a mudança do comportamento dos usuários, que passaram a consumir cada vez mais banda, tem impacto direto nas operadoras de telecomunicações, que apresentam um crescimento da demanda de cerca de 100% ao ano.

Os resultados financeiros das operadoras de telecomunicações podem ser influenciados pelo comportamento coletivo dos usuários e de suas operadoras. Na década de 90, com o surgimento das novas mídias eletrônicas, observou-se uma reformulação dos modelos de tráfego, demonstrando a influência do comportamento dos agentes em uma rede de telecomunicações (LAFFONT; TIROLE, 2001).

Sistemas Multiagentes (SMA) são ferramentas que permitem criar agentes que possuem comportamento autônomo e independente, além de interagir em um ambiente realizando ações e cumprindo objetivos (WOOLDRIDGE, 2009; FERNANDES; LUCENA, 2015).

Em SMA, o comportamento inteligente depende das interações entre os agentes, o que significa que, uma vez que cada agente é autônomo, um agente não pode forçar o outro a

realizar ações ou alterar seu estado interno diretamente. Caso deseje que outro agente realize determinada tarefa, é necessário que haja comunicação entre os agentes. A capacidade de cooperação é chave fundamental para que a interação ocorra com êxito (ALMEIDA, 2012; JUNIOR, 2013).

Este trabalho tem o objetivo de simular e validar de forma comparativa, por meio de um sistema multiagente, os resultados do comportamento analítico de um duopólio formado por duas operadoras de telecomunicações e seus usuários em um enlace avulso, que foi estudado em Waldman et al. (2010).

II - METODOLOGIA

A modelagem do simulador é baseada em um duopólio, um modelo específico de oligopólio, no qual um enlace avulso é ofertado por duas operadoras de telecomunicações, que competem pelos usuários presentes no ambiente de simulação.

Para o desenvolvimento da simulação utilizou-se o framework NetLogo, que permite a simulação e modelagem de sistemas complexos, por meio de uma plataforma aberta. A plataforma apresenta um conjunto de interfaces, guias de informações e monitoramento de agentes em tempo real, além de permitir a criação e manipulação de milhares de agentes operando de forma independente. Isso possibilita o estudo das conexões entre os microcomportamentos dos agentes e os padrões que emergem das interações (WILENSKY; RAND, 2015)

Na simulação cada operadora disponibiliza uma quantidade de canais, que serão alocados por um determinado tempo de vida, e as chegadas das requisições devem obedecer a uma distribuição de Poisson, permitindo assim, que a simulação replique os resultados analíticos obtidos anteriormente.

As requisições geradas pelos usuários são direcionadas pela simulação para uma das duas operadoras. Esse direcionamento é efetuado aleatoriamente por meio de um algoritmo do tipo roleta.

Cada operadora pode aceitar ou rejeitar a requisição, dependendo dos recursos disponíveis, caso aceite a requisição a operadora manterá um de seus canais ocupado por um tempo aleatório, respeitando uma distribuição de tempo Poissoniana; caso não aceite, a requisição será encaminhada para a segunda operadora que poderá aceitar ou rejeitar a requisição por um canal.

Caso a requisição seja aceita em sua rede primária, a mesma será contada como um a requisição aceita na operadora primária (req_{aceita}); caso ela seja bloqueada na rede primária,

mas aceita na rede secundária, a requisição será contada como um bloqueio na rede primária ($req_{bloqueada}$).

A probabilidade de bloqueio de cada operadora na simulação corresponde a Equação 1 abaixo:

$$Pb_{operadora\ i} = \frac{\sum req_{bloqueada}}{\sum req_{aceita} + \sum req_{bloqueada}} \quad (1)$$

III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos trabalhos desenvolvidos por Waldman et al. (2010), os resultados analíticos para um enlace avulso com a operadora 1 com 5 canais e a operadora 2 com 3 canais, alcançou-se o equilíbrio de Nash com uma probabilidade de 0,43, que corresponde ao ponto em que nenhum dos usuários busca mudar de operadora.

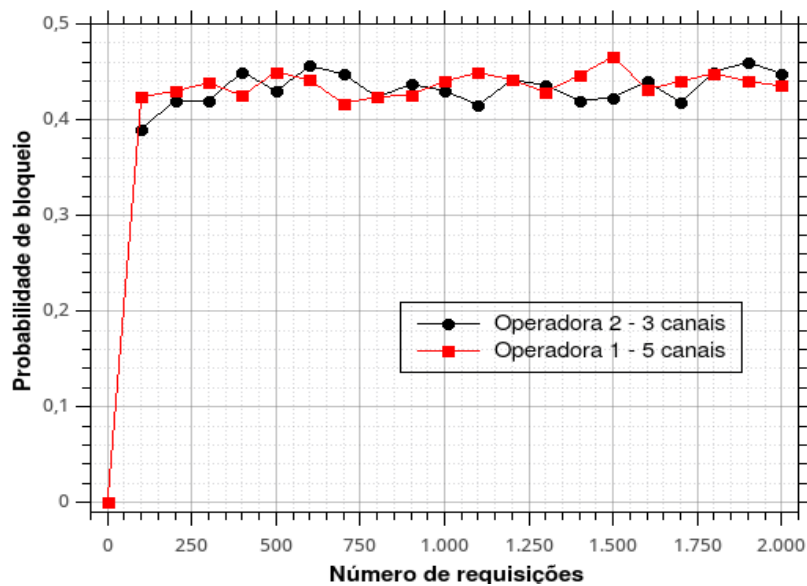


FIGURA 1 – Simulação do modelo de duopólio em equilíbrio de Nash

Na Figura 1, o equilíbrio de Nash foi obtido durante os momentos em que as probabilidades de bloqueio das duas operadoras ficaram próximas, essas probabilidades ficaram entorno de 0,44, próximos aos resultados obtidos em Waldman *et al.* (2010), que foi de 0,43.

Observa-se na Figura 1 que ocorreu equilíbrio de Nash de forma transitória em diversos pontos, representando pontos em que nenhum dos usuários na operadora 1 e na operadora 2 tem interesse de sair da operadora em que se encontram. Alguns desses pontos podem ser observados na Tabela 1 abaixo:

TABELA 1. Probabilidade de bloqueio obtido nos pontos em que se observa o equilíbrio de Nash

Número de Requisições	Probabilidade de bloqueio (Pb)
800	0,42
1200	0,44
1300	0,44
1600	0,43

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados de uma simulação utilizando sistemas multiagentes, com o objetivo de validar os resultados de simulação por meio da comparação com os resultados analíticos obtidos em outros trabalhos validados anteriormente.

Foi possível observar que apesar do equilíbrio de Nash surgir do comportamento dos usuários, ele foi transitório devido ao curto tempo de vida das requisições geradas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do projeto Fapesp Proc. 2015/24341-7, ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica do IFSP (PIBIFSP) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus Guarulhos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. L. de. **Erudio: sistema multiagente para assistência personalizada aos alunos do ava educline**. 2012. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2012.

FERNANDES, C. O.; LUCENA, C. J. P. Construindo Sistemas Multi-Agentes no Contexto de Internet das Coisas. In: IX WORKSHOP-ESCOLA DE SISTEMAS DE AGENTES, SEUS AMBIENTES E APLICAÇÕES – IX WESAAC, 9, 2015, Niterói, RJ. **Anais . . .** Niterói: UFF, 2015. p. 1-12.

JUNIOR, M. A. S. **Uma arquitetura de gerência autônoma de redes virtuais baseada em sistemas multiagentes**. 2013. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/275665>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

LAFFONT, Jean-Jacques; TIROLE, Jean. **Competition in telecommunications**. MIT press, 2001.

WALDMAN, Helio; BORTOLETTO, Rodrigo C.; PAVANI, Gustavo S. Um framework para dimensionamento de redes Óticas em ambientes competitivos”. **Proceedings 28º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)**, p. 841-854, 2010.

WILENSKY, Uri; RAND, William. **An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo**. MIT Press, 2015.

WOOLDRIDGE, Michael. **An introduction to multiagent systems**. John Wiley & Sons, 2009.