

Integração entre sistemas multiagentes e plataforma de nuvem

Carla S. G. Pires¹, Marilton S. de Aguiar¹, Diana F. Adamatti²

¹Centro de Desenvolvimento Tecnológico – Universidade Federal de Pelotas - UFPel
Pelotas – RS, Brasil

²Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Rio Grande – RS, Brasil.

{cpires,marilton}@inf.ufpel.edu.br, dianaada@gmail.com

Abstract. *This work is an overview of the state of the art of integrating multi agent systems (MAS) and cloud computing. Cloud computing is a paradigm that favors the sharing of resources, such as configurable and elastic applications and services, making the development of these applications a challenge. Therefore, nowadays the MAS and cloud computing platform integration is more appropriate to run elastic, configurable and scalable applications. Thence, there is demand for development environments that aim to facilitate the development of multi agent applications to run in cloud environment.*

Resumo. *Este trabalho traz uma visão geral do estado da arte no escopo de sistemas multiagentes (SMA) integrados à computação em nuvem. A computação em nuvem é um paradigma que favorece o compartilhamento de recursos como aplicações e serviços configuráveis e elásticos, tornando o desenvolvimento de aplicações que aproveitem estas características um desafio. A integração de SMA com plataforma de computação em nuvem é atualmente o que se conhece de mais apropriado para rodar aplicações elásticas, configuráveis e escaláveis. Neste contexto, observa-se a demanda crescente por ambientes de desenvolvimento que tenham como objetivo facilitar o desenvolvimento de aplicações multiagentes que executem em ambiente de nuvem.*

1. Introdução

Com o sucesso da internet, o estilo da computação vem mudando nas últimas décadas. Os recursos computacionais deixam de ser disponíveis apenas em computadores pessoais, e passam a fazer parte de ambientes remotos, disponíveis como serviços na internet. Este tipo de computação está sendo considerada a quinta utilidade, após eletricidade, água, telefone e gás [Bhargava 2015]. O mais recente paradigma de computação que apresenta esta ideia é a computação em nuvem, que surge como oportunidade para usuários de recursos de tecnologia da informação (TI) aumentarem a eficiência computacional sem aumento de custo [Bahrami and Singhal 2015].

O paradigma de computação em nuvem tem como objetivo oferecer para usuários serviços de maneira prática e transparente. Suas características essenciais são descentralização e compartilhamento de recursos, disponibilizando acesso sob demanda aos recursos computacionais como redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços de forma configurável. A característica principal da computação em nuvem,

é o acesso a redes e serviços fornecidos sob demanda, independente da localização do recurso, de forma rápida e elástica [Honarvar 2013].

Por esta razão, a computação em nuvem está sendo considerada como um novo conceito, chamado de computação útil, que pode ser disponibilizada de três formas distintas como mostra a Figura 1: (1) como provedor de infraestrutura, que é responsável pela disponibilização de recursos sob demanda usando tecnologias de virtualização (IaaS); (2) como fornecedor de Plataforma para desenvolvimento de aplicações (PaaS); e (3) como fornecedor de aplicações, que são disponibilizadas na infraestrutura de nuvem e podem ser acessadas por vários usuários (SaaS) [Lopez-Rodriguez and Hernandez-Tejera 2011].

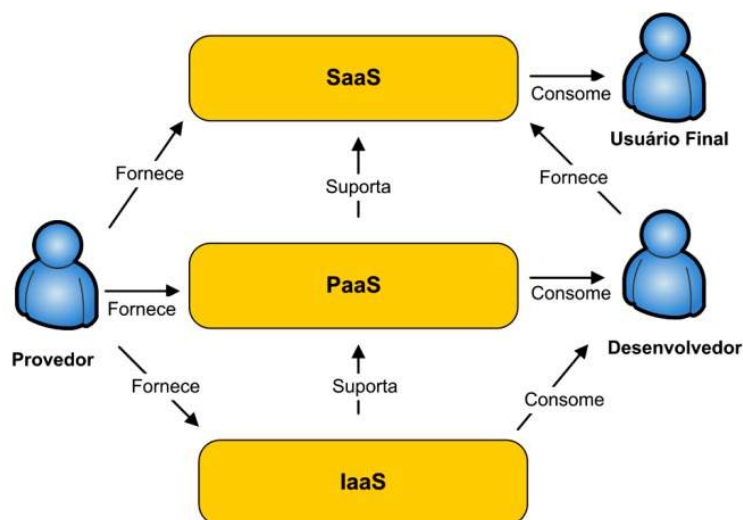


Figura 1. Os Papéis na computação em nuvem [Fraga 2015]

Atualmente a computação em nuvem é principalmente utilizada para computação com grande carga de trabalho e para armazenamento de grande quantidade de dados, ou seja, IaaS pois fornece infraestrutura de larga escala para computação de alto desempenho que se adapta dinamicamente as necessidades do usuários e da aplicação [Gutierrez-Garcia and Sim 2015]. Observa-se neste cenário, uma demanda crescente pela disponibilização de softwares como serviço (SaaS), disponibilizando aplicações que sejam adaptáveis e escaláveis de acordo com as necessidades do usuário, em ambiente dinâmico.

No mesmo sentido, SMA representam um paradigma de computação distribuída, baseado na interação entre agente distribuídos, levando-os a um comportamento inteligente. SMA são utilizados para resolver problemas complexos de forma descentralizada através da cooperação entre os agentes. Esta cooperação entre agentes pode ser executada de forma paralela ou distribuída, para conseguir alta performance na resolução de problemas complexos [Rodríguez et al. 2010].

Deste modo, com a utilização de SMA, diversos problemas podem ser resolvidos e muitos benefícios podem ser obtidos com a integração de computação em nuvem com SMA [Garcia-Fornes et al. 2011], pois estes são conhecidamente apropriados para executar em plataforma de nuvem, em virtude do alto desempenho que se alcança usando agentes executando em nuvens [Honarvar 2013].

Neste sentido, este trabalho pretende abordar aspectos que estão sendo explorados na fronteira entre estas duas importantes áreas da computação, com o objetivo de levantar questões no que tange ao desenvolvimento de sistemas multiagentes na nuvem. A ideia é buscar subsídios e para justificar o desenvolvimento de um framework para o desenvolvimento de aplicações multiagentes em ambiente de nuvens.

2. Integrando computação em nuvem e sistemas multiagente

A integração de SMA e plataforma de nuvem tem sido reconhecida na literatura como uma tendência em termos de aplicações elásticas e alta performance. Muitos trabalhos focam em nuvem usando SMA, onde soluções baseadas em agentes são utilizadas para melhorar o gerenciamento dos recursos e serviços da nuvem. Outro foco interessante é SMA usando nuvem, fornecendo soluções baseadas em agentes focadas no projeto e desenvolvimento de softwares que demandem computação de alta performance e armazenamento de grandes volumes de dados [Bhargava 2015].

Considerando ambos os paradigmas, e a demanda por aplicações que sejam elásticas e escaláveis, que se adaptem as necessidades tanto de usuário quanto de infraestrutura, são necessários modelos, *frameworks* e métodos para a construção de aplicações para esta nova geração de computação. Estes aplicativos devem possuir características específicas, tais como, autonomia, interação, mobilidade, escalabilidade, mecanismos de segurança, entre outras características que o tornam uma aplicação elástica e confiável [Honarvar 2013].

Na literatura são encontradas diversas arquiteturas, *frameworks* e linguagens que visam apoiar o desenvolvimento de aplicações multiagentes. Muitas dessas abordagens compartilham conceitos em comum, porém, em nenhum caso são voltadas para aplicações em ambiente de nuvem ([Devasena and Valarmathi 2012]; [Murray-Rust et al. 2014]; [Hu et al. 2011]). Foi observado ainda que sistemas multiagentes são bastante utilizados para desenvolvimento de serviços de suporte a nuvens, como máquinas de busca por recursos em nuvens e serviços de negociação entre usuários e provedores de nuvens [Bhargava 2015]. Porém, não são encontrados *frameworks* para desenvolvimento de aplicações multiagentes para nuvens.

2.1. Nuvens usando agentes

A computação em nuvem vem avançando muito ultimamente, principalmente pela demanda crescente por infraestrutura e virtualização, motivada pela busca por infraestrutura de computação escalável. Assim, é importante dedicar esforços ao desenvolvimento de soluções que agreguem inteligência aos serviços de nuvem, através de SMA, construindo um cenário onde os agentes trabalhem no lado do usuário e suas aplicações fornecendo serviços de acesso aos dados e monitoramento, melhorando o gerenciamento de recursos e serviços. A ideia é oferecer serviços e funcionalidades inteligentes [Lopez-Rodriguez and Hernandez-Tejera 2011].

Um exemplo deste serviço pode ser encontrado em [Honarvar 2013], que utiliza SMA para controlar a elasticidade negociando recursos entre as aplicações, e para fazer a distribuição ou replicação dos recursos sobre a nuvem. Neste trabalho, são implementadas 2 categorias de agentes, um agente que monitora a aplicação para prover elasticidade, com base nos objetivos tanto da aplicação como dos provedores, e um agente contratante, com

a finalidade de estabelecer relação com os provedores de recursos na nuvem, provendo configuração dinâmica e automática do comportamento dos clientes (aplicações) e dos provedores.

Na mesma direção, [Bhargava 2015] propõe uma arquitetura que utiliza SMA focados na negociação de preço entre usuários e provedores de nuvens focado no mercado de computação em nuvem (CCM). Este sistema utiliza SMA para interagir com o CCM em nome do usuário de nuvem, para obter a lista de provedores que satisfaça as suas necessidades, ele é baseado na cooperação e colaboração entre agentes, que são gerenciados de forma centralizada. Este sistema foi projetado e desenvolvido utilizando o framework JADE.

Já em [Kang and Sim 2010] é apresentado um protocolo de descoberta de serviços em nuvem baseado em SMA. Ele utiliza ontologias para a descrição dos recursos disponíveis e SMA para avaliar e comparar os requisitos de serviço dos usuários e as especificações de serviço dos provedores. O sistema é composto de agentes de usuários, agentes provedores e agentes intermediário. Onde o agente usuário fornecem a interface ao usuário e se comunicam através de troca de mensagens. O agente provedor tem funcionalidades semelhantes ao agente usuário, mas agem em nome de provedores, e o agente intermediário tem a função de conectar agentes usuário de provedores.

Desta forma, pode-se dizer que computação em nuvem utilizando agentes é centrada basicamente no desenvolvimento de agentes de software que melhorem os serviços da nuvem, tais como descoberta, negociação e composição, para automatizar de forma inteligente a disponibilização e compartilhamento de recursos em ambiente de nuvem [Sim 2012].

2.2. Agentes usando nuvens

Aplicações e simulações de SMA geralmente demandam sistemas de computação de alto desempenho, e a estrutura de nuvem oferece um ambiente bastante previsível, escalável e confiável para SMA, além de oferecer quantidade de armazenamento e poder de processamento, tornando-as mais poderosas. O ambiente de nuvem favorece a execução de algoritmos mais complexos, com maior demanda computacional, trazendo novas oportunidades para a área de agentes. Além disso, os usuários podem explorar o mecanismo de virtualização que a infraestrutura de computação em nuvem oferece, executando agentes concorrentes em grande escala [Talia 2012].

A convergência dos interesses entre SMA, que demandam infraestrutura distribuída confiável, e computação em nuvem, que necessita softwares inteligentes com comportamento inteligente, autônomo e flexível, conduz ao desenvolvimento de softwares e aplicações inteligentes, distribuídas e escaláveis, fornecidas como serviços nas nuvens, dentro do modelo SaaS.

Atualmente as aplicações desenvolvidas para nuvem são baseadas no modelo SaaS, ou seja, aplicações que são desenvolvidas como serviços para suprir as necessidades dos clientes da nuvem, neste sentido, [Zhang et al. 2014] propuseram um sistema no modelo SaaS, baseado em SMA para monitoramento de equipamentos em ambiente de nuvem 3D. A arquitetura do sistema proposto é composta de 3 níveis que são: nível de serviço de nuvem, baseado na infraestrutura, o nível de sistema de nuvem, camada onde

todos os agentes habitam, e o nível do usuário, que descreve as funções dos diferentes atores do sistema.

Já em [Lopez-Rodriguez and Hernandez-Tejera 2011], mostra que provedores de nuvem podem oferecer serviços baseados em agentes para executar tarefas de mineração de dados, pesquisa, busca e filtros em grandes volumes de dados. Neste trabalho, foi desenvolvido um modelo de serviço onde os agentes figuram como um novo serviço de computação em nuvem que representa clientes em ambientes virtuais. Foi mostrado que agentes de software podem ser oferecidos como serviço de CN e assim herdar todas as virtudes deste paradigma. Neste trabalho, o modelo de Serviços de Agência pode ser implantado usando tecnologias amplamente conhecidas e comprovadas.

[Hsu and Cheng 2015] propuseram um modelo de serviço para nuvens (SAaaS), que foi desenvolvido usando UML (*Unified Modeling Language*). Para demonstrar a eficiência deste modelo, desenvolveram uma aplicação inteligente para computação em nuvem, faz gestão de projetos, de acordo com as necessidades de cada membro do projeto. Desta forma, foi possível mostrar que SAaaS pode ser usado como um modelo de computação em nuvem. Para localizar e representar modelos de serviços relevantes de computação em nuvem, este trabalho apresenta uma estrutura de framework de pilha, com uma arquitetura orientada a serviços que está associada a vários participantes da nuvem e a diferentes modelos de serviços de computação em nuvem.

No contexto de agentes usando nuvens, as pesquisas ainda são pouco exploradas, porém, é observada uma demanda crescente para este tipo de serviço, onde softwares multiagente são oferecidos como serviço, no modelo SaaS [Talia 2012].

3. Conclusão

Baseado nas pesquisas realizadas sobre a integração de SMA e computação em nuvem, pode ser formada conclusão de que a união entre SMA e ambiente de nuvem pode ser conveniente para ambas as partes, pois há convergência de interesses entre elas, visto que SMA necessitam infraestrutura distribuída confiável, e computação em nuvem necessita softwares inteligentes, dinâmicos, flexíveis e autônomos. Muito foi visto sobre utilização de SMA para dar suporte a aplicações, provedores e usuários em ambiente de nuvem. Porém, pouco se tem avançado no que diz respeito a desenvolvimento de aplicações multiagentes para executar em nuvem. Neste sentido, é importante focar estudos no desenvolvimento de ambientes que dêem suporte e facilitem o desenvolvimento de sistemas multiagente, inteligentes e dinâmico em ambiente de nuvem.

Como trabalho futuro pretende-se especificar e desenvolver um framework que tem como propósito facilitar o desenvolvimento de aplicações multiagentes para executar em plataforma de nuvem. A ideia é aplicar o paradigma de agentes na construção de ferramentas de software para rodar em ambiente de nuvem, provendo um metodologia para a modelagem de conceitos de nuvem para qualquer SMA.

Referências

Bahrami, M. and Singhal, M. (2015). Dccsoa: A dynamic cloud computing service-oriented architecture. In *2015 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration*, pages 158–165.

- Bhargava, R. (2015). A framework of multi agent system in cloud computing. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, 4(6):2103 – 2106.
- Devasena, M. G. and Valarmathi, M. (2012). Multi agent based framework for structural and model based test case generation. *Procedia Engineering*, 38:3840 – 3845.
- Fraga, L. O. C. (2015). Agentcloud - uma proposta de plataforma de sistemas multiagente para computação em nuvem. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande., Rio Grande/RS.
- Garcia-Fornes, A., Hubner, J. F., Omicini, A., Rodriguez-Aguilar, J. A., and Botti, V. (2011). Infrastructures and tools for multiagent systems for the new generation of distributed systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(7):1095 – 1097. Infrastructures and Tools for Multiagent Systems.
- Gutierrez-Garcia, J. O. and Sim, K. M. (2015). Agent-based cloud bag-of-tasks execution. *Journal of Systems and Software*, 104:17 – 31.
- Honarvar, A. R. (2013). Developing an elastic cloud computing application through multi-agent systems. *Int. J. Cloud Appl. Comput.*, 3(1):58–64.
- Hsu, I.-C. and Cheng, F.-Q. (2015). SaaS: A cloud computing service model using semantic-based agent. *Expert Sys: J. Knowl. Eng.*, 32(1):77–93.
- Hu, X., Du, W., and Spencer, B. (2011). A multi-agent framework for ambient systems development. *Procedia Computer Science*, 5:82 – 89.
- Kang, J. and Sim, K. M. (2010). Cloudle: A multi-criteria cloud service search engine. In *2010 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference*, pages 339–346.
- Lopez-Rodriguez, I. and Hernandez-Tejera, M. (2011). *Software Agents as Cloud Computing Services*, pages 271–276. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Murray-Rust, D., Robinson, D. T., Guillem, E., Karali, E., and Rounsevell, M. (2014). An open framework for agent based modelling of agricultural land use change. *Environmental Modelling & Software*, 61:19 – 38.
- Rodríguez, S., Tapia, D. I., Sanz, E., Zato, C., de la Prieta, F., and Gil, O. (2010). *Cloud Computing Integrated into Service-Oriented Multi-Agent Architecture*, pages 251–259. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Sim, K. M. (2012). Agent-based cloud computing. *IEEE Trans. Serv. Comput.*, 5(4):564–577.
- Talia, D. (2012). Clouds meet agents: Toward intelligent cloud services. *IEEE Internet Computing*, 16(2):78–81.
- Zhang, L., Wang, Z., and Liu, X. (2014). Development of a collaborative 3d virtual monitoring system through integration of cloud computing and multiagent technology. *Advances in Mechanical Engineering*.