

Uma Arquitetura de suporte a modelagem de simulações de treinamento baseadas no HLA

Rafaela V. Rocha¹ e Regina B. Araújo¹

¹ Universidade Federal de São Carlos
São Carlos, SP, Brasil
{rafaela_rocha, regina}@dc.ufscar.br

Abstract. Virtual environments for training simulations introduce a safe environment to investigate human behavior and response in dangerous situations, reducing real risks to life and assets. These complex environments are difficult to build, control and manage. This paper presents an architecture to support the modeling of High Level Architecture (HLA) compliant emergency management training simulations. Different ontologies are created and integrated to fuzzy logic to support simulation instantiation. Simulations can be accessed through any device that can run an X3D browser. A use case is described using our proposed architecture.

Keywords: training simulation, HLA (High Level Architecture), ontology

1 Introdução

A simulação de ambientes virtuais de treinamento introduz um ambiente seguro para investigar o comportamento e a resposta de humanos a situações de perigo, reduzindo os riscos reais de perdas de vida e patrimônio. Atualmente, os ambientes para simulação de AVCs existentes são focados em aplicações específicas e têm uma arquitetura de suporte estreitamente ligada à aplicação. Assim, alterações na aplicação implicam em alterações na arquitetura, tornando difícil e custoso desenvolver ou estender estes AVCs existentes [1]. Mais ainda, a extensão ou alteração desses ambientes depende da atuação de especialistas em computação. Assim, é primordial que sistemas que facilitem a construção dessas simulações sejam construídos.

O objetivo deste trabalho é criar uma arquitetura inovadora para suportar a construção, execução, gerenciamento e controle de simulações complexas voltadas à área de treinamento na preparação e resposta a emergências. Nesta arquitetura, temos um ambiente para o desenvolvimento de simulações de Ambientes Virtuais Colaborativos (AVCs) que permite pessoas, não especialistas em programação de computadores, instanciarem diversos cenários de treinamento. Para isto, são utilizadas múltiplas ontologias para a modelagem de entidades importantes de uma simulação em conformidade com o padrão HLA (*High Level Architecture*). O HLA é uma arquitetura de propósito geral para sistemas de simulação distribuída interoperáveis e reusáveis.

O artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 descreve a utilização de ontologias na modelagem de simulações e os conceitos de ontologias, simulações e

HLA. A seção 3 apresenta a nossa arquitetura de suporte a criação de simulações baseadas no HLA e descreve os trabalhos relacionados. As descrições das ontologias identificadas em nossa arquitetura são descritas na seção 4. A seção 5 apresenta o caso de uso realizado e os resultados obtidos, seguido de Conclusões e Referências Bibliográficas.

2 **Utilizando Ontologias para Modelar Simulações de Treinamento baseadas em HLA**

Segundo Chung [2], simuladores de treinamento são também modelos de sistemas existentes ou propostos, mas em contraste aos modelos de simulação, os recursos e tomadas de decisões de política operacional não são feitos antecipadamente, mas sim durante a execução da simulação. Deste modo, as medidas de saída são observadas não somente no final da execução, mas também durante a execução da simulação, permitindo ao usuário ver os efeitos da execução dos diferentes recursos e decisões de política de operação em tempo-real. A proposta do simulador não é tomar decisões pelos trainees, mas sim expô-los em um sistema e treiná-los na tomada de decisões.

A arquitetura de simulações de treinamento descrita neste trabalho é baseada no padrão IEEE HLA e FEDEP (*Federation Development and Execution Process*) [3] [4]. As principais preocupações abordadas pelo HLA são a interoperabilidade e a reutilização de modelos de simulação. O HLA tem três componentes principais: 1) Framework e regras: descreve as responsabilidades dos federados (simulações, visualizadores de dados e interface de interação) e federações (conjunto de federados que trabalham juntos); 2) Especificação do padrão de modelo de objeto (*Object Model Template* - OMT): define o modelo de objetos da federação (*Federation Object Model* - FOM) e o modelo de objetos gerenciáveis (*Management Object Model* - MOM). O FOM é onde todos os dados trocados entre os federados são descritos em um formato padronizado comum. O MOM é um conjunto de objetos gerenciáveis e classes de interações que podem ser incluídos em um FOM e é utilizado para extrair informações sobre a execução da federação e dos seus federados; e 3) Especificação da interface do federado: define o padrão de serviços e interfaces para a arquitetura do software chamado *Runtime Infrastructure* (RTI), para apoiar a comunicação de dados entre os federados. O documento Desenvolvimento de Federação e Processo de Execução (FEDEP) são práticas recomendadas para desenvolver e executar federações. Estes processos e procedimentos foram utilizados para definir os passos para desenvolver o modelo de simulação em nossa arquitetura. Segundo Lacy e Gerber [5], as ontologias podem ser usadas na modelagem e simulação para suportar representação distribuída de dados, comportamentos, descrição de unidades e objetos simulados e cenários com condições iniciais. O intensivo conhecimento introduzido na simulação requer a aquisição, armazenamento, manutenção, e aplicação de conhecimento altamente estruturado, inclusive ontologias [6]. Ontologias podem proporcionar uma compreensão partilhada por alguns conhecimentos que serve como base de comunicação, interoperabilidade, reusabilidade, confiabilidade e especificação do sistema [7]. Ontologia pode ser definida como a descrição do

conhecimento seguindo alguns princípios básicos como a identificação dos conceitos do domínio, da hierarquia de conceitos, das propriedades e de seus relacionamentos, de forma que reflitam uma realidade [8]. Na seção a seguir, a nossa arquitetura é descrita, onde as simulações de treinamento baseadas em HLA podem ser criadas utilizando um ambiente que integra múltiplas ontologias. Os trabalhos relacionados também são descritos e é feita uma comparação dos pontos fortes do nosso trabalho.

3 Uma Arquitetura de Suporte a Criação de Simulações de Treinamento para Gerenciamento da Emergência

3.1 Arquitetura de Suporte a Criação de Simulações

Para criarmos simulações de treinamento baseadas em HLA, por pessoas não especialistas em computação, necessitamos de uma arquitetura de suporte. Esta arquitetura, que pode ser vista na Figura 1, integra componentes que são descritos a seguir.

O banco de dados de contextos (**BD contexto**) contém dados de contexto gravados em dois níveis: 1) Nível de fusão: agrega os dados capturados por sensores no ambiente físico sob monitoramento em tempo-real; e 2) Nível de interpretação de contexto: interpreta os dados a partir de inferências a base de conhecimento (ontologias e lógica fuzzy). O armazenamento de contexto é feito neste banco de dados de contexto a partir de um serviço implementado em um middleware de serviços (MidSensorNet) para monitoramento em tempo real de plantas industriais e aeronaves. Este middleware utiliza uma rede de sensores integrada a etiquetas RFIDs¹ para capturar dados do ambiente físico. A descrição do MidSensorNet é dada em [9].

A base de dados de modelos geométricos 3D (**BD X3D**) contém modelos 3D de ambientes físicos no domínio da aplicação (gerenciamento da emergência em aeronaves e plantas industriais).

O **ambiente de criação de AVCs** utiliza o conceito de histórias não lineares para facilitar a criação de AVCs por profissionais da área de preparação e resposta a emergências. Neste ambiente, o treinador pode modelar uma simulação de treinamento instanciando as ontologias. Este ambiente gera os modelos de objetos (FOM e MOM) necessários para que uma federação HLA possa ser criada.

A **base de conhecimento** foi construída utilizando múltiplas ontologias integradas a regras fuzzy. Esta base foi construída para o domínio do gerenciamento de emergências em aeronaves e plantas industriais e para o domínio de simulação. As ontologias fornecem uma base de conhecimento aos palcos emergenciais, mas não tratam de algumas transições entre etapas, tal como, as encontradas num incêndio. Para tratar dessas áreas de transições abordamos a lógica fuzzy que permite resultados satisfatórios para tomadas decisórias. Uma descrição da integração das ontologias com lógica fuzzy é dada em [10]. A descrição das ontologias foi feita com a

¹ RFIDs (*Radio Frequency IDs*): etiquetas que identificam todos os objetos importantes em uma sala.

linguagem OWL (*Ontology Web Language*) que é a linguagem para construção de ontologias recomendada pelo W3C (*World Wide Web Consortium*) [11]. A criação e integração das ontologias foram realizadas utilizando o Editor Protégé-OWL (ferramenta que permite criar e editar uma ontologia utilizando uma interface gráfica [12]). As regras fuzzy e suas inferências foram implementadas com uso de fuzzyJToolkit (que é uma API Java para representação e manipulação de informação fuzzy [13]);

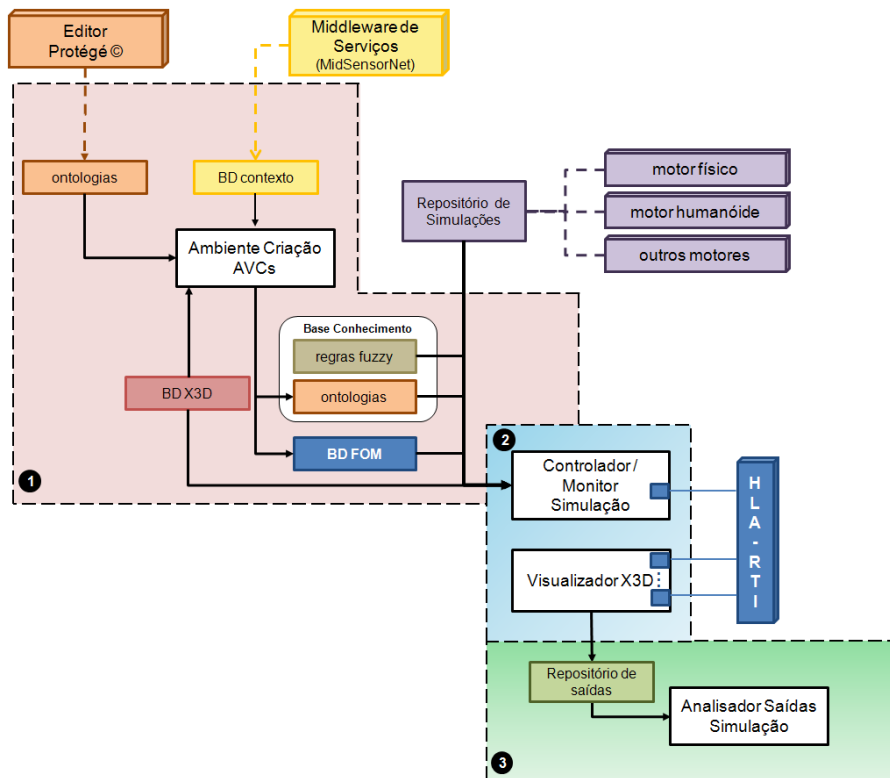


Fig. 1. Visão geral da arquitetura de suporte a simulações.

O **repositório de simulações** contém múltiplas simulações que são integradas a diversos motores de simulação responsáveis pela simulação física, de humanos, entre outras, para tornar o ambiente virtual mais realístico. O banco de dados de arquivos FOM (**BD FOM**) armazena todos os FOMs dos modelos de objetos das simulações criadas. O **controlador / monitor da simulação** é responsável por criar uma federação (conjunto de federados em uma simulação baseada em HLA) utilizando as ontologias e o arquivo FOM do BD FOM. No controlador / monitor da simulação, o treinador escolhe o modelo de simulação que quer utilizar no treinamento, inicia a federação e tem um federado de visualização para controlar e monitorar a simulação.

Os **visualizadores X3D** são gerados por um framework que cria federados de visualização (simulações que têm conformidade com o padrão HLA). Como este

visualizador é baseado no padrão X3D para a Web, não apenas 3D pode ser visualizado, mas também permite a integração com diferentes tipos de mídia. A descrição deste framework é dada em [14]. Em cada visualizador X3D, um trainee pode controlar seu avatar, e tomar decisões por ele. Toda ação feita no visualizador é registrada para análise posterior dos resultados obtidos com o treinamento. Os federados de uma mesma federação comunicam entre si através da infra-estrutura de tempo de execução (*Runtime Infrastructure* ou RTI). O RTI é efetivamente um sistema operacional distribuído que oferece serviços para interação entre federados e para o gerenciamento da federação [3].

O **repositório de saídas** da simulação contém o registro de toda ação realizada pelos trainees. O ambiente de criação de AVCs suporta a criação de estratégias para combate a emergência, o que possibilita a verificação e validação das atividades realizadas pelos trainees, podendo ser geradas saídas desses resultados para avaliações futuras. O **analisador de saídas da simulação** é uma ferramenta para analisar as saídas da simulação. A modelagem da simulação em nossa arquitetura é dividida em três principais etapas, conforme mostra a Figura 2: 1) Desenvolver modelo de simulação: estão envolvidas atividade para criar, integrar e instanciar as ontologias, narrar a estória interativa não linear, gerar automaticamente o arquivo FOM e testar a simulação. O módulo Ambiente Criação AVCs e o software Editor Protégé© são utilizados nesta etapa; 2) Executar modelo de simulação: a federação é criada a partir do modelo de simulação criado na etapa anterior, utilizando o módulo controlador / monitor da simulação, e os trainees podem testar suas habilidades utilizando o módulo Visualizador X3D; e 3) Analisar saídas: o treinador pode visualizar e gerar relatórios do desempenho de cada um dos trainees utilizando o módulo analisador saídas simulação.



Fig. 2. Etapas da modelagem e Módulos da arquitetura envolvidos

3.2 Trabalhos Relacionados

Nesta subseção serão discutidas ferramentas e arquiteturas de software para modelagem de simulação em treinamento em emergência e comparados com nosso trabalho.

CommandSim Fire [15] é um conjunto de ferramentas de software e arquitetura de modelagem de simulação em treinamento de emergência que é fornecido em duas edições: 1) *CommandSim Fire - Instructor Edition*: os treinadores podem criar simulações interativas com cenários de treinamento realísticos; e 2) *CommandSim Fire - Department Edition*: para ser usado por centros de treinamento, é fornecido um ambiente pronto para ser usado por treinadores e trainees. Estes softwares incluem fumaça, fogo e efeitos de vapor de nuvem, que pode ser integrados a fotos e vídeos. Ele também inclui equipamentos interativos para treinar as habilidades, tanto quanto exemplos de dispositivos portáteis, painel de controle de incêndio, e outros. As desvantagens desse sistema é que a criação de cenários de emergência é limitada; como também, as funções de gerenciamento e controle são limitadas; e a visualização só é possível utilizando computadores desktop.

Inscape [16] é um conjunto de ferramentas para criar histórias interativas não lineares para treinamento e simulação. Um dos casos de uso é uma aplicação para simulação de treinamento de uma tripulação de cabine de avião. No software inscape, os autores podem escrever uma história interativa e incluir imagens, áudio, vídeo, arquivos 2D e 3D. A história é criada em cinco módulos: 1) Planejador de história: o autor pode planejar e projetar a história; 2) Navegador de objeto: importa e gerencia cada item; 3) Editor de história: controla o fluxo e transições da história; 4) Editor de objeto: adiciona ações interativas e eventos; e 5) Editor de estágio: edita e visualiza a história em tempo real. Inscape utiliza um banco de dados baseado em ontologias para representar e armazenar o conhecimento estruturado necessário para criar histórias e também integra ferramentas em um framework baseado na web que pode ser utilizado por pessoas que não tem habilidades computacionais. Ele fornece renderização multi-sensorial em tempo real, combinado com comportamentos de agente natural e interfaces multimodais; interfaces naturais; e dispositivos para criar intuitivamente histórias e vivenciar eles com realidades virtual multidimensional, aumentada e mista.

MARS (*Mitsubishi Architecture Framework Required for Modeling and Simulation Systems*) [17] é um framework baseado em HLA que é utilizado internamente pela *Mitsubishi Electric Corp.* MARS é composto por três grupos de ferramentas, modelos e bibliotecas: 1) Fase de pré-simulação: contém editor de modelo e cenário; 2) Fase de execução da simulação: contém um mecanismo de simulação, registrador de arquivos de conexão, interface para sistemas estrangeiros e padrões de modelo base; e 3) Fase de pós-simulação: contém ferramentas de análise. MARS fornece um documento guia que orienta os usuários na aplicação do processo e ambiente de software MARS que é baseado no HLA e no FEDEP.

Os pontos fortes e inovadores de nosso sistema são: 1) Banco de dados de contexto: ele fornece um banco de dados de eventos reais (coletados de uma rede de sensores integrada a etiquetas RFIDs) que podem ser usadas no cenário da simulação; 2) Ontologias: elas fornecem instancias complexas e diversificadas que podem ser utilizadas para especificar as necessidades do treinador (dependendo do conteúdo da base de conhecimento) na criação de simulações de treinamento para gerenciamento de emergência. Por exemplo, o treinador pode instanciar diferentes plantas industriais ou ambientes físico com características diferentes de infra-estrutura (como plataformas de petróleo e aviões), adicionar emergências (como incêndios e

explosões), e pessoas que podem ser vítimas ou especialistas em alguma área; 3) Avatares: os especialistas que vão ser treinados são capazes de praticar seus conhecimentos tomando decisões, utilizando seus avatares que podem ser adicionados no cenário da simulação; e 4) Visualizador X3D: o sistema de visualização é criado utilizando um framework que gera visualizações compatíveis com X3D e HLA. Assim, qualquer dispositivo (incluindo os portáteis) com um visualizador X3D pode ter acesso às simulações.

4 Ontologias no Domínio de Simulações de Treinamento em Gerenciamento de Emergências

As ontologias identificadas para representar as situações de emergência e a modelagem de simulações de treinamento, criadas em nosso trabalho, são sete: simulação, infra-estrutura, pessoa, equipamento, veículo, emergência e tática. Estas ontologias são descritas a seguir.

Na ontologia **simulação** são definidos os conceitos para descrever cenários, personagens, objetos, estratégias e eventos para simulações. Cenário é composto por uma infra-estrutura onde podem ocorrer casos de emergências. Existem também pessoas (vítimas, bombeiros e outros especialistas), veículos (viaturas de combate a incêndio, por exemplo) e equipamentos (utilizados por especialistas), que estão presentes em um local da infra-estrutura. As estratégias para combater a emergência envolvem táticas empregadas, veículos utilizados, pessoas e infra-estrutura. Eventos (que podem ser pré-agendados em uma lista para acontecerem durante a simulação) envolvem uma emergência, pessoas e infra-estrutura.

A ontologia **infra-estrutura** contém a representação de conhecimento de lugares físicos, que possuem equipamentos de segurança contra incêndio, que são utilizados nos projetos de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco, e também contém a descrição de equipamentos valiosos pertencentes ao patrimônio. A ontologia pessoa contém a descrição de pessoas e suas propriedades. Pode ser uma pessoa comum, participante de alguma atividade da simulação, ou um especialista envolvido em alguma atividade de salvamento e resgate em situações de emergência. Na ontologia equipamento é definido um conjunto de conceitos, propriedades e relações para a representação de objetos usados pela equipe de resgate, podendo ser Equipamentos de Proteção Individual (EPI), Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR), além de outros materiais de salvamento em geral. Na ontologia viatura são definidos os conceitos e propriedades para representar veículos (tais como viaturas de resgate, de combate a incêndio, de apoio, entre outras).

Na ontologia **emergência** é definido um conjunto de conceitos, propriedades e relações referentes a situações de emergência para suportar a representação de conhecimento e inferências sobre incidentes e acidentes. Nesta ontologia, já estão mapeadas as possibilidades de ocorrência de incêndios e explosões, tal como

backdraft². Esta ontologia foi criada de acordo com o Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros [18]. Na ontologia tática é definido um conjunto de conceitos, propriedades e relações referentes a táticas e técnicas que a equipe de resgate tem que seguir. Um exemplo disso são as regras que compõem o protocolo de operações de incêndio, que seguem o protocolo SICER (Salvamento, Isolamento, Confinamento, Extinção, Rescaldo), descrito em [19]. As ontologias criadas já oferecem meios de instanciação de simulações simples de treinamento no gerenciamento da emergência, em uma primeira versão do Ambiente de Criação de AVCs. A instanciação da simulação dentro do Ambiente de Criação de AVCs foi implementada utilizando a API Protégé-OWL (biblioteca Java open-source que fornece classes e métodos para ler e salvar arquivos OWL, também implementa uma interface gráfica do usuário [20]). Para consultar instâncias da ontologia foi utilizado o framework Jena (um framework Java open-source para construção de aplicações voltadas a web semântica [21]).

5 Um Caso de Uso: Instanciando as Ontologias para Simulações de Treinamento

Para o nosso caso de uso foi utilizada uma planta industrial, com grandes riscos de acidentes de incêndio: uma indústria de batatas fritas. O modelo 3D da infra-estrutura foi criado para a simulação (todos os modelos geométricos são mantidos em um banco de dados de modelos 3D). Todas as informações para a simulação de treinamento são adicionadas (instanciadas) e/ ou selecionadas no Ambiente de Criação de AVCs pelo treinador. Inicialmente, a ontologia de infra-estrutura foi instanciada com as informações da planta industrial. Logo após, foi instanciado a ontologia de pessoa com todo o efetivo do Corpo de Bombeiros que participará do treinamento, juntamente com a instanciação dos equipamentos que eles possuem e das viaturas de combate a incêndio que podem ser utilizadas. Na ontologia de emergência, foram instanciadas as condições iniciais requeridas para que um incêndio ocorra (combustível específico, fonte de ignição e comburente). Em nosso caso de uso, a situação de emergência é um incêndio, tendo como origem a área da produção (área 1). O incêndio é gerado pela combinação de combustível (sólido inflamável – caixas de papelão na produção), comburente (oxigênio) e fonte de ignição (curto-circuito). A área de riscos vizinhos é adicionada a este caso de uso: próximo da área 1 há um depósito fechado (área 2), também com um incêndio. Na área 2, por ser um local fechado, se houver uma abertura brutal na porta ocorrerá uma explosão por backdraft. A incidência de backdraft pode causar graves lesões na equipe de salvamento. Neste caso, o mapeamento dos riscos vizinhos (área 2), é ainda mais importante do que o risco principal (área 1). Na ontologia de tática, as técnicas e táticas de combate para o nosso estudo de caso foram instanciadas. Por fim, a ontologia de simulação é

² Backdraft: se a oxigenação é inadequada (incêndio controlado pela falta de ventilação) e a temperatura permanece em elevação, poderemos progredir para uma ignição explosiva, caso ocorra uma entrada brusca de oxigênio [18].

instanciada, ela integra todas as outras seis ontologias para um modelo específico de simulação. O objetivo do treinamento, o cenário (infra-estrutura que é utilizada e emergências que ocorrem), os personagens (equipe de salvamento), as estratégias de combate (que são as táticas que devem ser empregadas nos eventos de emergência que podem ocorrer e também o mapeamento das linhas de ataque e a posição das viaturas no cenário) e outros eventos que podem ser agendados para iniciarem durante a simulação dado uma pré-condição, são instanciados na ontologia de simulação. Todas as instanciações mencionadas foram realizadas com sucesso através do nosso conjunto de ontologias. O Ambiente de Criação de AVCs gera o arquivo FOM para a simulação baseada em HLA e a federação desta simulação pode ser criada pelo controlador / monitor da simulação. Os federados são adicionados a federação pelo visualizador X3D.

6 Conclusão

Sistemas que potencializam o treinamento de equipes de preparação e resposta a emergências não evitarão a incidência de futuros acidentes, mas podem fornecer qualidade ao trabalho das equipes de salvamento e amenizar a ocorrência de acidentes durante uma ocorrência real.

Este artigo descreveu uma arquitetura de suporte a criação de simulações de treinamento baseadas no padrão HLA. A integração de várias ontologias é utilizada para gerar diferentes instâncias de simulações. Para elaboração das ontologias, foram utilizadas normas de proteção contra incêndio, vigentes no Estado de São Paulo, além do apoio de profissionais no tocante ao esclarecimento de dúvidas e validação dos resultados. A utilização de HLA em nossa arquitetura permite o reuso e interoperabilidade das simulações. A criação rápida de diferentes instâncias de simulações de treinamento de preparação e resposta a emergências também é possível de ser realizada por membros de equipe de combate e resgate a emergência (sem a necessidade de serem programadores).

7 Agradecimentos

Este projeto foi financiado pela Fapesp, processo 2006/00741-7 e processo 04/09275-3 (projeto Multiusuário - Caverna Digital). O projeto conta também com a colaboração do Corpo de Bombeiros de São Carlos.

8 Referências Bibliográficas

1. Oliveira, M., Crowcroft, J., Slater, M.: An Inovative Design Approach to Build Virtual Environments Systems. In: International Immersive Projection Technologies Workshop. Proceedings of the Workshop on Virtual Environments 2003, Zurich, Suíça (2003)

2. Chung, C. A.: Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach. CRC Press. Boca Raton, Florida (2004)
3. IEEE Std. 1516-2000 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) – Framework and Rules, <http://www.ieee.org>
4. IEEE Std 1516.3-2000 IEEE Recommended Practice for High Level Architecture (HLA) Federation Development and Execution Process (FEDEP). New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (2003)
5. Lacy, L., Gerber, W.: Potential modeling and simulation applications of the web ontology language - OWL. In: Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, pp. 265-270. Washington, DC (2004)
6. Benjamin, P., Patki, M., Mayer, R.: Using Ontologies for Simulation Modeling. In: Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, pp. 1151-1159. Monterey, CA (2006)
7. Uschold, M., Gruninger, M.: Ontologies: Principles, methods and applications. In: Knowledge Engineering Review, vol. 11, n. 2, pp. 93-155 (1996)
8. Vieira, R., Abdalla, D. S., Silva, D. M., Santana, M. R.: Web Semântica: Ontologias, Lógica de Descrição e Inferência. In: Cesar Teixeira; Eduardo Barrere; Iran Abraão. (Org.). Web e Multimídia: Desafios e Soluções (WebMedia 2005 - Minicursos), vol. 1, pp. 127-167. 1 ed. Porto Alegre: SBC (2005)
9. Araújo, R.B., Villas, L.A., Ribeiro, J.E.: MidSensorNet: A Service Middleware to Emergency Management. Relatório Técnico Interno (2008).
10. Araújo, R.B., Rocha, R.V, Campos, M. R., Boukerche, A.: Um Serviço de Interpretação de Contexto para Redes de Sensores Sem Fio no Domínio do Gerenciamento da Emergência. In: II Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing - WPUC (evento paralelo ao SBAC-PAD). Campo Grande (2008)
11. OWL Web Ontology Language Guide - W3C Recommendation 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210>
12. Protégé, <http://protege.stanford.edu>
13. NRC FuzzyJ Toolkit for the Java™ Platform - User's Guide, http://www.iit.nrc.ca/IR_public/fuzzy/fuzzyJDocs/index.html
14. Araújo, R.B., Iwasaki, F.M., Pizzolato, E., Boukerche, A.: A Framework for 3D Web-Based Visualization of HLA-Compliant Simulations. In: Web3D 2008: Infrastructure Evolution. 13th International Symposium on 3D Web Technology - Co-located with SIGGRAPH 2008. Los Angeles (2008)
15. Command Sim Fire, <http://www.commandsim.com>
16. Inscape storytelling, <http://www.inscapers.com>
17. Furuichi, M., et al: MARS: A M&S Framework for Large Scale Simulation Based on the HLA. In: Fall 2005 Simulation Interoperability Workshop, 05F-SIW-033 (2005)
18. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo: Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros. Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros, 2ª Ed., v. 00, São Paulo (2006)
19. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo: Manual de Estratégia e Tática de Combate a Incêndio. Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros, 1ª Ed., v. 32, São Paulo (2006)
20. Protégé-OWL API Programmer's guide, <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/api/guide.html>
21. Hewlett-Packard Development Company LP: A Semantic Web Framework for Java, <http://jena.sourceforge.net>