




UNIEURO
CENTRO UNIVERSITÁRIO

RUTI

Revista Unieuro de Tecnologia da Informação

Volume 01 | Número 01 | Maio 2008

ISSN 1984-7211



Sistemas de Informação
Engenharia de Software
Segurança da Informação
Governança de TI
Arquitetura de Sistemas
Qualidade de Software
Banco de Dados
Melhores Práticas
Privacidade
Metodologias
Usabilidade
Legislação
Padrões
Voip
Rede

Expediente

Editora

Centro Universitário Unieuro

Administração

Luiz Roberto Liza Curi, Dr. | Reitor

Prof. Alexandre de Souza Costa Barros, Dr. | Pró-Reitor de Pós-Graduação

Prof. Miguel Fecury | Pró-Reitor Financeiro

Flávia Marão Fecury | Pró-Reitora Administrativa

Comitê Técnico Revisor

Adriana de Carvalho Drummond Vivan, Me. | Professora, Centro Universitário Unieuro

Antônio Carlos Fernandes Nunes, Me. | Gerente, Rede Nacional de Ensino e Pesquisa

Licia Albanese, Me. | Professora, Centro Universitário Unieuro

Lucas Paes Moreira, Me. | Professor, Centro Universitário Unieuro

Onivaldo Rosa Junior, Me. | Consultor em TI, PNUD/Ministério da Educação

Paulo César Borges, Dr. | Professor, Centro Universitário Unieuro

Paulo Guilherme Teixeira Freire, Me. | Professor, Centro Universitário Unieuro

Ricardo Flores Zago, Me. | Professor, Escola Superior Paulo Martins

Rodolfo Pinto da Luz, Dr. | Professor, Centro Universitário Unieuro

Yonara Costa Magalhães, Me. | Diretora, Centro Universitário Unieuro

Comitê Executivo

Rodolfo Pinto da Luz, Dr. | Editor chefe

Yonara Costa Magalhães, Me. | Diretora

Projeto Gráfico e Diagramação

Irla Bocianoski Rebelo, Dra. | Professora, Centro Universitário Unieuro

Dados do projeto gráfico da revista

Fonte da logo: Logan negrito, espaçamento 10.

Fontes utilizadas nos textos dos artigos: Arena Condensed, Arial, Times New Roman.

Sobre a RUTI

A Revista Unieuro de Tecnologia da Informação é uma publicação semestral editada pelo Centro Universitário Unieuro com circulação pública, focada no meio acadêmico, empresarial e industrial com distribuição digital.

Tem com objetivo publicar trabalhos científicos na área de Tecnologia da Informação e áreas correlatas. Os artigos são avaliados por um comitê técnico na forma de *blind review* que leva em conta critérios como ineditismo, além de contribuição e relevância acadêmica e social.

As publicações aceitas e seus conteúdos são de responsabilidade exclusiva dos autores e não implica em concordância pela editora da Revista Unieuro de Tecnologia da Informação ou seus prepostos.

Chamada de Trabalhos

Informações sobre a publicação de artigos podem ser obtidas nesta edição ou no site: www.unieuro.edu.br.

A publicação da revista é feita com base em colaborações espontâneas. A RUTI reserva-se ao direito não publicar o material após avaliação pelo comitê técnico.

Os interessados em enviar seus trabalhos destacam-se como professores universitários, pesquisadores e profissionais que desenvolvem trabalhos acadêmicos ou em iniciativas privadas e pretendem divulgar cientificamente suas metodologias e resultados.

As colaborações deverão seguir as normas e diretrizes de publicação que podem ser encontradas no endereço www.unieuro.edu.br.

Direitos de reprodução

É permitida a reprodução parcial dos textos contidos nesta revista desde que citada a fonte respeitando a autoria e os dados de publicação da revista.



Conheça os cursos do Departamento de Sistemas de Informação da Unieuro na última página da revista. Mais informações sobre o Centro Universitário Unieuro em www.unieuro.edu.br.

Índice

EDITORIAL	4
Sistema de monitoração para o escalonamento de processos: estrutura e métricas de desempenho	5
<i>MÁRCIO AUGUSTO DE SOUZA</i> <i>OMAR ANDRÉS CARMONA CORTEZ</i> <i>LUCIANO JOSÉ SENGER</i> <i>REGINA HELENA CARLUCCI SANTANA</i> <i>MARCOS JOSÉ SANTANA</i>	
Portal mundo acadêmico: conteúdo acadêmico público e de qualidade	14
<i>IRLA BOCIANOSKI REBELO</i>	
Proposta de ambiente de testes para implementação de serviços de QoS desde uma rede metroethernet até uma rede WIMAX	26
<i>LEONCIO REGAL DUTRA</i> <i>CARLOS HENRIQUE BACELLAR BON</i> <i>GEORGES AMVAME NZE</i> <i>CLÁUDIA J. A. BARENCO</i> <i>ANDERSON C. A. NASCIMENTO</i> <i>LUCIANA GOMES</i>	
Metapadrão - descrição e integração de padrões de metadados	35
<i>ALCIONE BENACCHIO</i> <i>MARIA SALETE MARCON GOMES VAZ</i>	
Validação de modelos RPOO usando simulação	41
<i>EDNA DIAS CANEDO</i>	

Editorial

É com grande satisfação que o Centro de Tecnologia da Informação, do Centro Universitário Unieuro, Brasília/DF, apresenta a primeira edição da Revista Unieuro de Tecnologia da Informação, a RUTI.

A Tecnologia da Informação (TI) vem sendo envolvida nos mais diferentes setores da sociedade e por este motivo necessita se modernizar e se reinventar. As diferentes formas que a TI se apresenta proporcionam um nível de flexibilidade nunca visto. Desde tecnologias de infra-estrutura, tais como VOIP, sistemas de gerenciamento de bases de dados até sistemas de mineração de dados, passando por padrões, modelos e questões organizacionais, todas as questões influenciam e são influenciadas pela sociedade.

A equipe de revisores trabalhou bastante para selecionar os cinco artigos desta edição e conseguimos reunir artigos que aplicam a TI aos desafios encontrados na prática, figurando como tema principal: "A TI na Prática". Os artigos selecionados apresentam pesquisas e aplicações em áreas relacionadas a assuntos tais como: orientação a objetos, redes de Petri, simulação, meta-dados, infra-estrutura de redes, WiMAX, gestão do conhecimento, métricas de desempenho e escalonamento de processos.

Gostaríamos de aproveitar para agradecer aos revisores que trabalharam com muita vontade e qualidade para que tivéssemos uma revista com o nível destes artigos. Aos autores, que trabalharam em seus projetos e pesquisas que decidiram compartilhar com o mundo estas informações e experiências valiosas. Às equipes da revista e do Centro Universitário Unieuro, que permitiram a materialização da mesma.

Por fim, esperamos que você leitor aproveite ao máximo os trabalhos apresentados e que eles permitam uma ampliação de seus horizontes.

Até a próxima edição.

Prof. Dr. Rodolfo Pinto da Luz
Editor Chefe

Sistema de Monitoração para o Escalonamento de Processos: Estrutura e Métricas de desempenho

Márcio Augusto de Souza
msouza@uepg.br
Departamento de Informática
UEPG – Ponta Grossa- PR

Omar Andrés Carmona Cortez
omar@cefet-ma.br
Departamento Acadêmico de Informática CEFET -
São Luis – MA

Luciano José Senger
ljsenger@uepg.br
Departamento de Informática
UEPG – Ponta Grossa - PR

Regina Helena Carlucci Santana
rcs@icmc.usp.br
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
– USP
São Carlos – SP

Marcos José Santana
rcs@icmc.usp.br
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP
São Carlos – SP

Resumo

Este artigo descreve o PSMS (Process Scheduling Monitoring System – Sistema de Monitoração para o Escalonamento de Processos), uma ferramenta desenvolvida com o intuito de monitorar o escalonamento de processos em sistemas distribuídos. Os dados coletados através da monitoração feita pelo PSMS geram métricas de desempenho, que são escolhidas de acordo com o objetivo do escalonamento de processos, e sobre essas métricas são calculados valores de desempenho. Através da consulta desses valores, o escalonador pode concluir se os seus objetivos de escalonamento estão sendo alcançados e pode, opcionalmente, modificar o algoritmo de escalonamento ou fazer migrações de processo. Este artigo apresenta a estrutura do PSMS, uma análise das métricas de desempenho comumente encontradas em trabalhos científicos relacionados ao escalonamento de processos e um estudo de caso relacionado à monitoração de métricas relacionadas à CPU.

Abstract

This paper presents PSMS (Process Scheduling Monitoring System), a tool for monitoring the process scheduling in distributed systems. The data collected through the monitoring made by PSMS are used for calculating performance metrics chosen according to scheduling goals, and these metrics are used for calculating performance values. With the information returned by PSMS, the scheduler can conclude about the accomplishment of its scheduling goal, and may optionally change or adapt the scheduling algorithm used, allowing better performance. This paper presents the overall structure of PSMS, an analysis of performance metrics commonly found in scientific works related to process scheduling and a case study of its utilization, involving the scheduling of scientific applications and metrics related to CPU utilization.

1 Introdução

O escalonamento de processos é uma atividade computacional que tem grande influência no desempenho de um sistema computacional distribuído, pois uma boa distribuição dos processos entre os processadores disponíveis (que podem variar desde computadores em rede até nós de um computador paralelo) é indispensável para que o sistema distribuído ofereça um bom desempenho.

A definição de desempenho apresentada neste artigo é relacionada ao objetivo do escalonamento de processos. Exemplos de objetivos são: otimizar a utilização dos recursos do sistema, maximizar a vazão (*throughput*), reduzir o tempo médio de resposta (ou *slowdown*), balancear a carga, etc. Muitos objetivos são conflitantes entre

si, de maneira que é muito difícil implementar um algoritmo de escalonamento que seja eficiente para todos os possíveis objetivos [2] [3] [5] [13] [21].

Além dos diferentes objetivos, o sistema pode ser heterogêneo e sua carga de trabalho pode variar durante a sua utilização. O escalonador (ou *software* de escalonamento) deve levar em consideração todos esses fatores nas suas decisões de escalonamento, e o resultado deve ser um sistema com bom desempenho.

Escalonadores modernos devem ser capazes de adaptar ou trocar o algoritmo de escalonamento em casos onde haja problemas de desempenho, e os principais escalonadores dinâmicos fornecem funcionalidades nesse sentido, como *Sun Grid Engine* [18] e *LSF* [15].

Nesse contexto, é muito útil que o escalonador possa ser capaz de avaliar o desempenho do sistema em resposta ao algoritmo de escalonamento utilizado, através da análise de dados coletados no próprio sistema. Essa avaliação de desempenho feita em tempo de execução é desempenhada através de técnicas de monitoração.

Este artigo propõe um sistema de monitoração, que tem como foco o escalonamento de processos, para a avaliação do desempenho de sistemas distribuídos, chamado PSMS (*Process Scheduling Monitoring System* – Sistema de Monitoração do Escalonamento de Processos). De acordo com seu objetivo de escalonamento, o escalonador envia uma requisição de monitoração para o monitor, que será responsável por selecionar a métrica de desempenho adequada e coletar os dados necessários no sistema para calcular essa métrica. O monitor então retorna ao escalonador um valor que representa o desempenho do sistema.

Uma boa avaliação de desempenho só é possível com a escolha de métricas de desempenho corretas. Dentro desse contexto, este artigo também apresenta uma análise de métricas de desempenho comumente encontradas em trabalhos científicos relacionados à avaliação de desempenho do escalonamento de processos, enfatizando a sua adequação à abordagem de monitoração proposta neste artigo. Faz-se também uma discussão mais aprofundada sobre métricas de desempenho relacionadas à CPU, as quais são utilizadas no estudo de caso apresentado neste artigo.

Este artigo é organizado em 6 seções. A seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados envolvendo monitoração, escalonamento de processos e métricas de desempenho. Uma discussão sobre a relação entre métricas de desempenho e o escalonamento de processos é apresentada na seção 3. Na seção 4, o PSMS é apresentado. A seção 5 apresenta um estudo de caso da atuação do PSMS e, finalmente, a seção 6 apresenta os comentários finais e conclusões deste trabalho.

2 Trabalhos Relacionados

Existem muitas ferramentas que fornecem uma infra-estrutura para coletar e analisar dados obtidos no sistema, e esses dados podem ser usados para ajustar aplicações e *softwares* do sistema para que obtenham melhor desempenho.

Os dados obtidos por essas ferramentas podem ser coletados em diversos níveis: pela monitoração de eventos do núcleo (*kernel*) do sistema operacional, como MAGNET [11] e Paradyne [14]; pela monitoração de aplicações e seus padrões de acesso aos recursos do sistema, como Autopilot [16]; pela monitoração da utilização dos recursos do sistema, como NWS [4] [19]. Adicionalmente, algumas ferramentas, como Autopilot e CODE [17], fornecem uma infraestrutura para a tomada de decisões que permita modificar o comportamento de aplicações distribuídas baseado nos dados coletados.

O escalonamento de processos é mais eficiente e consistente quando é feito levando em consideração dados coletados diretamente no sistema, e ferramentas de monitoração como Autopilot, NWS e PSMS fornecem informações que podem ser diretamente utilizadas por escalonadores.

Independente da ferramenta que esteja sendo utilizada, uma boa avaliação de desempenho depende da escolha de métricas de desempenho adequadas. Existe uma carência de trabalhos científicos que estudem a relação entre métricas de desempenho e o escalonamento de processos. Duas exceções são o trabalho de Feitelson e Rudolph [8], que mostra uma análise sobre a adequação de métricas a tipos de sistema computacionais, e o trabalho de Feitelson [9], que discute as métricas de desempenho em relação às suas características de convergência.

A próxima seção apresenta uma discussão sobre a utilização de métricas de desempenho para avaliar o escalonamento de processos, enfatizando a adequação dessas métricas a uma monitoração *on-line*, a qual é utilizada pelo PSMS, que será discutido na seção 4.

3 Métricas de Desempenho Aplicadas ao Escalonamento de Processos

Uma boa avaliação de desempenho, que permita obter resultados conclusivos, depende da correta escolha da métrica de desempenho a ser utilizada. Dentro do contexto definido neste artigo, que compreende a avaliação de desempenho do escalonamento de processos através de monitoração, o papel da métrica é fundamental, pois é a partir dela que pode se concluir a respeito da qualidade ou não de um escalonamento de processos.

Como exposto na seção anterior, existem poucos trabalhos que discutam a relação entre métricas de desempenho e o escalonamento de processos. Um exemplo é o trabalho de Feitelson e Rudolph [8], onde é apresentada uma análise das métricas de desempenho mais comuns usadas para avaliar o escalonamento de processos, discutindo a sua adequação a diferentes tipos de sistemas computacionais

Relacionar métricas de desempenho a tipos de sistemas computacionais é bastante útil, mas não é adequado à abordagem de monitoração descrita neste artigo, que considera que todo escalonamento de processos possui um objetivo. Portanto, a escolha da métrica deve estar atrelada a esse objetivo. Por exemplo, se um determinado sistema tem como objetivo minimizar a vazão, então este deve ser avaliado através da métrica vazão, independente do tipo de sistema computacional.

Além de serem relacionadas aos objetivos de um escalonamento, as métricas de desempenho devem ser adequadas ao tipo de monitoração utilizada, seja ela *on-line* ou *off-line*. O PSMS, por exemplo, é um monitor *on-line*, e as métricas são interpretadas no momento em que são coletadas.

Por exemplo, para monitoração *off-line*, uma métrica bastante utilizada é o tempo de resposta. Porém, para uma monitoração *on-line*, é preferível utilizar a métrica *slowdown*, que fornece uma visão instantânea da carga de um processador. Por exemplo, um valor de *slowdown* igual a 2, medido em um instante qualquer, significa que o tempo de execução das aplicações nesse instante está duas vezes maior do que o seu tempo de execução em um sistema disponível.

Diminuir o tempo de resposta é um objetivo bastante comum entre os algoritmos de escalonamento, conforme concluem Feitelson e Rudolph no trabalho citado nesta seção. Porém, mesmo que o objetivo seja diminuir o tempo de resposta, nem sempre a métrica tempo de resposta (ou *slowdown*) será a mais adequada para uma avaliação *on-line* desse objetivo.

Por exemplo, os trabalhos de Giné et al. [12] e Batat e Feitelson [1] afirmam que um bom escalonamento de processos, que leve em consideração a utilização de memória, deve minimizar a quantidade de paginação feita pelas aplicações do sistema. Para provar que um algoritmo de escalonamento direcionado à memória é melhor do que outro que seja direcionado à CPU, por exemplo, executam-se aplicações *memory-bound* e mostra-se que o tempo de resposta delas melhora quando se utiliza o algoritmo de escalonamento direcionado a minimizar a paginação.

Nesse caso, o algoritmo de escalonamento é validado (provou-se que ele garante melhor desempenho) através da métrica tempo de resposta, mas essa métrica não é a melhor escolha para monitorar o desempenho desse algoritmo durante sua utilização em sistemas computacionais. Para garantir que os tempos de resposta sejam bons, é importante garantir que a paginação seja minimizada. Então, um monitor *on-line* deve, idealmente, monitorar a quantidade de paginação do sistema, para garantir que o algoritmo de escalonamento esteja escalonando aplicações de maneira que se minimize a paginação.

Conclui-se então que dois fatores muito importantes a serem considerados na escolha de uma métrica de desempenho para monitoração são: o objetivo do escalonamento e o tipo de monitoração (*on-line* ou *off-line*) necessária.

O PSMS é um monitor *on-line*, baseado no objetivo da monitoração, e baseia as suas escolhas de métricas nesses dois fatores. Na próxima seção são discutidos a estrutura e principais componentes do PSMS.

4 Sistema de Monitoração Para o Escalonamento de Processos

O escalonamento de processos em um sistema distribuído é sempre desempenhado com um determinado objetivo em mente. Dessa maneira, avaliar o desempenho de um algoritmo de escalonamento consiste em analisar o quanto este objetivo foi alcançado [2] [7] [13] [21].

Essa avaliação é útil, pois o escalonador pode fazer uma decisão errada sobre o algoritmo de escalonamento, ou um algoritmo pode se tornar ineficiente por causa de uma variação na carga de trabalho. Nesse contexto, o

PSMS fornece a funcionalidade necessária para avaliar o quanto o objetivo de escalonamento está sendo alcançado. Com essa informação, o escalonador pode detectar problemas de desempenho e possivelmente corrigir esses problemas, por exemplo, através de ajustes no algoritmo de escalonamento ou através de migrações de processo.

O PSMS utiliza métricas comumente usadas para avaliar o escalonamento de processos [6] [8]. Exemplos das métricas fornecidas pelo PSMS são: vazão, percentual de utilização de um recurso do sistema e *slowdown*. Adicionalmente, o PSMS pode ser estendido pela inclusão de novas métricas de acordo com o desejo do administrador do sistema.

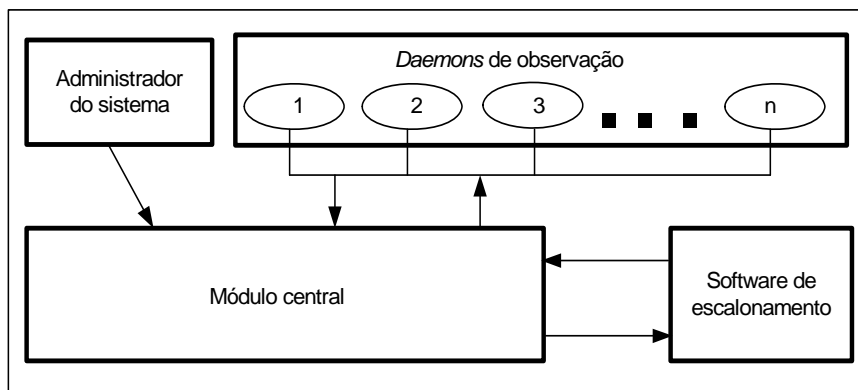


Figura 1. Estrutura do PSMS

O PSMS, cuja estrutura principal é mostrada na figura 1, é composto por um módulo central, que é responsável pelo controle de todas as funções do monitor e também pela comunicação com o escalonador (*software* de escalonamento), e por n *daemons* de observação (considerando que o sistema distribuído possua n processadores), que coletam dados locais aos processadores sendo monitorados. Os processos *daemon* são bastante simples, pois eles apenas iniciam a coleta dos dados requisitados pelo módulo central, e praticamente não causam sobrecarga no sistema.

O PSMS interage com o software de escalonamento, o qual é responsável por requisitar monitorações e receber um valor de desempenho, o qual é calculado a partir das métricas medidas nos *daemons*.

O valor de desempenho é calculado através da utilização de regras de decisão, as quais são aplicadas sobre o valor das métricas. O administrador do sistema tem a opção de definir novas regras de decisão e também novas métricas, e pode acrescentá-las ao sistema, de acordo com as suas necessidades.

O PSMS possui algumas regras de decisão já definidas, como por exemplo, a regra do coeficiente de variação, que será usada no estudo de caso. Essa regra consiste em calcular o coeficiente de variação dos valores das métricas medidas no sistema. Define-se um valor máximo para esse coeficiente, e o escalonador é alertado sobre um possível problema de desempenho caso esse valor seja ultrapassado.

A próxima seção apresenta um exemplo da utilização do PSMS e de como os resultados obtidos por ele podem ser usados.

5 Estudo de Caso

O estudo de caso mostrado neste artigo envolve os seguintes elementos: o protótipo do PSMS, um *benchmark CPU-bound* usado para calcular a métrica *slowdown* e duas aplicações compactas disponíveis no *Nasa Parallel Benchmarks* – BT e LU [20]. Essas aplicações compactas simulam aplicações encontradas em ambientes de pesquisa e são exemplos de aplicações *CPU-bound*. Aplicações científicas como BT e LU geralmente executam por horas, mas, para facilitar os experimentos mostrados neste artigo, as duas aplicações executam por minutos.

O sistema utilizado no estudo de caso é uma rede de computadores com três processadores executando o sistema operacional *Linux* e é descrito na tabela 1. Os processadores são comparados pelos seus fatores de desempenho (valores que representam a capacidade computacional do processador, e são usados para normalizar os valores das métricas em sistemas heterogêneos). O fator de desempenho é calculado através de *benchmarks* específicos do PSMS, e mostra que o processador P3 tem o dobro da capacidade de P1, ou seja, executa aplicações aproximadamente na metade do tempo.

Tabela 1. Configuração do Sistema Computacional Utilizado

Processador	Fator de Desempenho da CPU
P1	110
P2	150
P3	280

Para o experimento mostrado neste artigo, considera-se que o objetivo a ser alcançado pelo escalonador é balancear a carga do sistema, com ênfase na utilização da CPU. Também, considera-se que o escalonador de processos é organizado de maneira a balancear a carga no momento em que faz suas decisões de escalonamento, ou seja, a heterogeneidade do sistema é considerada durante o escalonamento. Esse fator é importante visto que todos os escalonadores modernos procuram balancear a carga do sistema enquanto distribuem os processos.

Basicamente, podem-se definir três métricas principais relacionadas à CPU, que são: *slowdown* de aplicações *CPU-bound*, percentual de utilização da CPU (percentual de tempo em que uma CPU mantém-se ocupada durante um determinado período de tempo) e tamanho da fila de processos da CPU [8][10].

Os valores das métricas de *slowdown* e percentual de utilização têm a vantagem de serem independentes de sistema operacional, enquanto que o tamanho da fila da CPU depende do tipo de sistema operacional e da maneira que se implementa o acesso à CPU. Além disso, as métricas *slowdown* e percentual de utilização levam em conta apenas a influência das aplicações que acessam a CPU, enquanto que a métrica tamanho da fila da CPU sofre influência de quaisquer aplicações que estejam executando no processador, independente de estarem usando a CPU ou não.

A métrica percentual de utilização da CPU tem a desvantagem de não representar a carga da CPU em determinadas situações. Por exemplo, em um sistema que esteja executando apenas aplicações *CPU-bound*, uma CPU com dois processos possuirá o mesmo percentual de utilização que uma CPU com apenas um processo, ou seja, 100%. Por isso, a métrica padrão do PSMS para medir a utilização de CPU é o *slowdown*.

A métrica *slowdown* é calculada através da execução de *benchmarks* (aplicações sintéticas inseridas no sistema pelo próprio PSMS).

Neste experimento, consideram-se duas aplicações paralelas distintas (BT e LU, ambas compostas por três processos). Suponha que o sistema esteja disponível, e as duas aplicações paralelas sejam escalonadas aproximadamente no mesmo instante. O escalonador, considerando as diferenças de capacidade de CPU entre os três processadores escalona três processos em P3, dois em P2 e somente um em P1, e as seis possibilidades de escalonamento são mostradas na tabela 2. O problema aqui é que LU termina antes, e o escalonamento feito inicialmente torna-se ineficiente.

Tabela 2. Distribuição de Processos.

	P1	P2	P3
Distribuição A	1 LU	2 LU	3 BT
Distribuição B	1 LU	1 BT e 1 LU	2 BT e 1 LU
Distribuição C	1 BT	2 LU	2 BT e 1 LU
Distribuição D	1 LU	2 BT	1 BT e 2 LU
Distribuição E	1 BT	1 BT e 1 LU	1 BT e 2 LU
Distribuição F	1 BT	2 BT	3 LU

A figura 2 mostra os valores de coeficiente de variação calculados no sistema para todas as seis diferentes possibilidades de escalonamento das duas aplicações, calculados em intervalos de 4 minutos. Considerando que ambas são submetidas ao mesmo tempo (tempo 4), todas as seis possibilidades podem ocorrer com igual probabilidade.

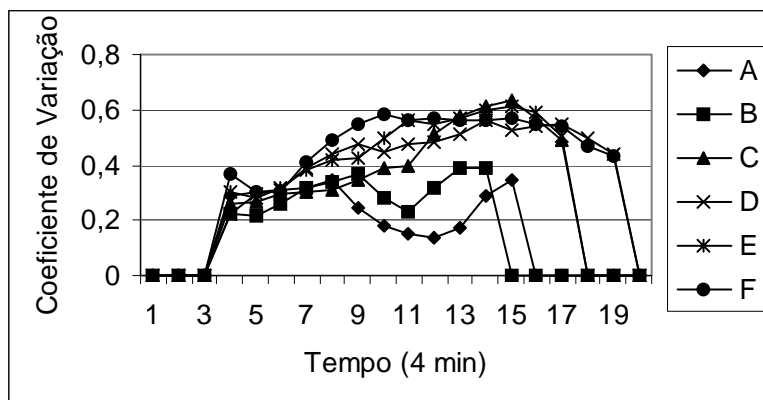


Figura 2. Valores de Coeficiente de Variação

Como pode ser visto na figura 2, todas as seis possibilidades de distribuição têm bom desempenho até o tempo 7, quanto LU termina. A partir do tempo 7, até que o sistema esteja disponível novamente, somente duas distribuições oferecem bom desempenho. As outras quatro degradam o desempenho do sistema, e elas poderiam requerer uma migração de processos para balancear a carga do sistema novamente.

Para detectar esse problema, o PSMS pode ser configurado para alertar o escalonador no momento onde os coeficientes de variação alcançam certo valor. Neste experimento, utilizou-se como limite o valor 0,40 (zero vírgula quarenta), pois esse valor apresentou resultados satisfatórios em todos os estudos de caso desempenhados durante o desenvolvimento do PSMS. Porém, esse valor pode ser modificado para se adaptar a sistemas computacionais específicos.

A figura 2 mostra que os coeficientes de variação das distribuições D, E e F possuem valor superior a 0,40 no tempo 8 (e no tempo 10, a distribuição C ultrapassa também 0,40), e nesse momento o PSMS pode alertar o escalonador sobre um problema de desempenho. Através de migrações de processo, por exemplo, o escalonador pode balancear a carga do sistema, permitindo que os processos restantes sejam executados mais rapidamente.

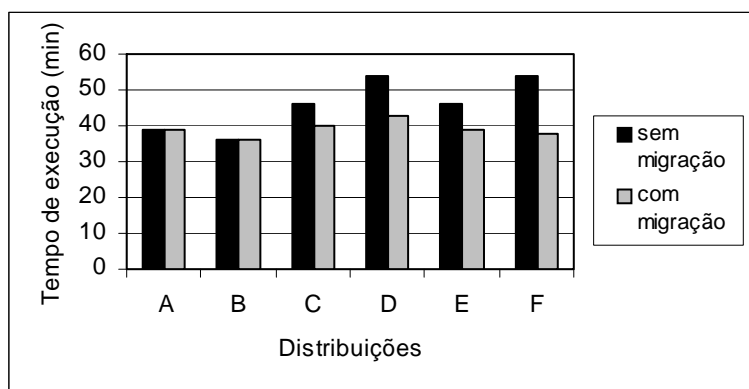


Figura 3. Tempos de Execução de Todas as Distribuições

A figura 3 mostra o tempo final de execução para todas as distribuições com e sem as migrações de processo. Os resultados mostram o melhor caso, onde o escalonador faz uma migração de processos assim que ele é alertado pelo PSMS. Neste experimento, o tempo de migração de processos foi considerado muito pequeno quando comparado ao tempo total de execução de uma aplicação científica *CPU-bound*, e por isso foi ignorado. Entretanto, é muito importante notar que fazer ou não uma migração de processos não é uma decisão do PSMS, e essa abordagem é mostrada neste artigo como um exemplo de uma ação que pode ser tomada pelo escalonador em caso de problema de desempenho.

O experimento mostrado neste artigo demonstra que diferentes escalonamentos podem gerar grandes diferenças de desempenho, e mesmo um bom escalonamento de processos pode falhar dependendo das características da carga de trabalho. Portanto, é bastante útil que o escalonador de processos possa estar continuamente analisando o seu desempenho, e o PSMS é uma ferramenta que permite ao escalonador manter-se informado sobre o desempenho do sistema em resposta ao escalonamento de processos.

6 Considerações Finais

Este artigo apresentou a estrutura geral do PSMS, uma análise das métricas de desempenho utilizadas por ele e também um experimento exemplificando a sua utilização. Como discutido ao longo deste artigo, é bastante útil fazer uma avaliação do desempenho do sistema em resposta ao escalonamento de processos, e o PSMS fornece a infra-estrutura necessária para os escalonadores avaliarem o quanto os seus objetivos de escalonamento estão sendo alcançados.

É muito importante que a escolha da métrica de desempenho seja criteriosa para que o PSMS retorne informações corretas, e essas métricas devem ser direcionadas ao objetivo do escalonamento de processos e também devem ser adequadas a uma monitoração *on-line*, conforme discutido na seção 3. No caso de avaliar a utilização da CPU, a métrica *slowdown* se mostrou bastante adequada.

A seção 5 apresentou um estudo de caso que mostra a viabilidade da utilização da infra-estrutura definida pelo PSMS. Esse experimento mostra que é possível que um algoritmo de escalonamento, mesmo quando concebido visando um determinado objetivo, pode ser prejudicado por diversos fatores, como por exemplo, uma mudança na carga de trabalho.

Detectar essa mudança no sistema é bastante útil, e no exemplo mostrado neste artigo, sugere-se que sejam feitas migrações de processo, mas diversos outros enfoques podem ser seguidos, como por exemplo, ajustar o algoritmo de escalonamento para se adaptar à nova situação do sistema.

O PSMS foi projetado de uma maneira modular, facilitando a inclusão de novos componentes e permitindo a ele incorporar novos desenvolvimentos obtidos pela pesquisa em escalonamento de processos. Sua flexibilidade é útil para um grande número de situações de escalonamento, de maneira que o PSMS, além de sua utilidade prática como auxiliar de escalonadores, também é uma ferramenta útil para auxiliar a pesquisa em escalonamento de processos de um modo geral.

7 Referências

- [1] Batat, A.; Feitelson, D. (2000) Gang scheduling with memory considerations. Proceedings of the 14th Intl. Parallel Distributed Processing Symposium, pp. 109-114.
- [2] Baumgartner, K.M., e Wah, B. W. (1991) "Computer Scheduling Algorithms: Past, Present and Future", Information Sciences, Elsevier Science Pub. Co., v.57, pp. 319-345.
- [3] Beguelin, A., Geist, A., Dongarra, J., Jiang, W., Manchek, R., e Sunderam, V. (1994) "PVM: Parallel Virtual Machine. A User's Guide and Tutorial for Networked Parallel Computing", The MIT Press.
- [4] Berman, F., Wolski, R., Casanova, H., Cirne, W., Dail, H., Faerman, M., Figueira, S., Hayes, J., Obertelli, G., Schopf, J., Shao, G., Smallen, S., Spring, S., Su, A., e Zagorodnov, D. (2003) "Adaptive Computing on the Grid Using AppLeS", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS), 14(4), pp. 369--382.
- [5] Dumitrescu, C.L., e Foster, I. (2005) "GangSim: a simulator for grid scheduling studies", IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid.
- [6] Feiltelson, D.G., e Rudolph, L. (1995) "Parallel Job Scheduling: Issues and Approaches", IPPS'95 Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Lecture Notes in Computer Science v.949, April.
- [7] Feiltelson, D.G., e Rudolph, L. (1996) "Toward Convergence in Job Schedulers for Parallel Supercomputers", IPPS' 96 Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Lecture Notes in Computer Science v.1162, April.
- [8] Feiltelson, D.G., e Rudolph, L. (1998) "Metrics and Benchmarking for Parallel Job Scheduling", Lecture Notes in Computer Science, n. 1459, p. 1-24.
- [9] Feiltelson, D.G. (2001) "Metrics for Parallel Job Scheduling and their Convergence", Lecture Notes in Computer Science, n. 2221, p. 188-200.
- [10] Ferrari, D., e Zhou, S. (1987) "An Empirical Investigation of Load Indices for Load Balancing Applications", Proceedings of Performance'87, the 12th Int'l Symposium on Computer Performance Modeling, Measurement and Evaluation, pp. 515-528.

- [11] Gardner, M.K., Feng, W., Broxton, M., Engelhart, A., e Hurwitz, G. (2003) "MAGNeT: A Tool for Debugging, Analyzing and Adapting Computing Systems", Proc. Of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid.
- [12] Giné, F.; Solsona, F.; Hernandez, P.; Luque, E. (2001) Coscheduling under memory constraints in a NOW environment. Lecture Notes on Computer Science, vol. 2221.
- [13] Krallmann, J.; Schwigelshohn, U. (1999) On the design and evaluation of job scheduling algorithms. in. FEITELSON D.; RUDOLPH, L. eds. Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Springer-Verlag, pp. 17-42.
- [14] Miller, B.P., Callaghan, M.D., Cargille, J.M., Hollingsworth, J.K., Irwin, R.B, Karavanic, K.L., Kunchithapadam, K., e Newhall, T. (1995) "The Paradyn Parallel Performance Measurements tools", IEEE Computer, November.
- [15] Platform Computing Corporation. (2001) "LSF Administrator's Guide".
- [16] Ribler, R.L., Simitci, H., e Reed, D.A. (2001) "The Autopilot Performance-Directed Adaptive Control System", Future Generation Computer Systems, Special Issue (Performance Data Mining), 18(1), September.
- [17] Smith, W. (2001) "A framework for control and observation in distributed environments", Technical Report NAS-01-006, NASA.
- [18] Sun Microsystems, Inc. (2005) "N1 Grid Engine 6 Administration Guide".
- [19] Wolski, R. (2003) "Experiences with Predicting Resource Performance On-line in Computational Grid Settings", ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, Volume 30, Number 4, pp 41--49, Março.
- [20] Wong, F.C., Martin, R.P, Arpaci-Dusseau, R.H., e Culler, D.E. (1999) "Architectural requirements and scalability of the NAS parallel benchmarks", Proceedings of the 1999 ACM/IEEE conference on Supercomputing.
- [21] Yao Z., Cui-ju L. e Guang-hua S. (2006) "Application-adaptive resource scheduling in a computational grid", Journal of Zhejiang University - Science A, vol. 7, n. 10, Outubro.



MÁRCIO AUGUSTO DE SOUZA

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1994), mestrado em Ciência da Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo (1997) e doutorado em Ciência da Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Computação Paralela Distribuída, atuando principalmente nos seguintes temas: avaliação de desempenho, computação paralela, escalonamento de processos e redes de computadores.

OMAR ANDRÉS CARMONA CORTEZ

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Maranhão (1997), mestrado em Ciências da Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo (1999) e doutorado em Ciências da Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é professor-doutor do Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Benchmarks, atuando principalmente nos seguintes temas: computação paralela, inteligência artificial, lógica nebulosa, algoritmos evolutivos e estratégias evolutivas.

LUCIANO JOSÉ SENGER

Possui graduação em Bacharelado Em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1995), mestrado em Ciência da Computação e Matemática Computacional pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (1997) e doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (2005). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Computação Paralela Distribuída, atuando principalmente nos seguintes temas: computação paralela, redes de computadores, avaliação de desempenho e sistemas distribuídos.

REGINA HELENA CARLUCCI

Possui graduação em Engenharia Elétrica Eletrônica pela Escola de Engenharia de São Carlos

(1980), mestrado em Ciências de Computação pelo Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos (1985) e doutorado em Eletrônica e Computação - University of Southampton (1989). Atualmente é professor associado da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Avaliação de Desempenho, atuando principalmente nos seguintes temas: avaliação de desempenho, simulação, simulação distribuída, escalonamento de processos e computação paralela.

MARCOS JOSÉ SANTANA

Possui graduação em Engenharia Elétrica Eletrônica pela Escola de Engenharia de São Carlos (1980), mestrado em Ciências de Computação pelo Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos (1985) e doutorado em Eletrônica e Computação - University of Southampton (1989). Atualmente é professor associado da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Avaliação de Desempenho, atuando principalmente nos seguintes temas: avaliação de desempenho, escalonamento de processos, computação paralela, simulação e balanceamento de carga.

Portal Mundo Acadêmico: Conteúdo acadêmico público e de qualidade

Irla Bocianoski Rebelo

irlabr@gmail.com

Centro Universitário Unieuro, Brasília, DF

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar uma iniciativa de suporte acadêmico com vistas à inclusão digital e publicação de conteúdos educacionais desenvolvidos dentro da academia. A proposta do Portal Mundo Acadêmico é oferecer tanto à academia quanto à sociedade uma oportunidade de encontrar e utilizar o espaço digital, seja com o propósito de divulgar ou de buscar informações acadêmicas. Seus usuários diretos são professores e alunos. O professor se beneficia produzindo informações e disponibilizando-as em um espaço virtual que ele mesmo poderá gerenciar. O aluno utiliza as informações disponibilizadas por seu professor e se apóia nos materiais de outros professores que ficam abertos à pesquisa pública. A sociedade realiza pesquisas e descobre o que está acontecendo na academia por meio de uma única ferramenta de pesquisa. Esta solução beneficia em igual importância professores, alunos e sociedade. Mas sua implantação depende, principalmente, de vontade política.

Abstract

This article presents an initiative towards to the digital inclusion of university professors by facilitating academic content divulgation thorough the internet for public access. The Portal Mundo Acadêmico proposal is to offer a unique space to search and find any kind of digital content produced inside the university benefiting the academics in general, but specially the hole society since the content should be released as free access. The main users are students and professor. Is helpful to the professor because he can produce and make his own information available through an area that he can easily manage, besides making use of other professor' contents. Students can use information from other professors or institutions to learn more about a subject. For the society this portal acts like a window that make them understand what is happening inside the university by making use of specialized searching tools. This solution can help all this segments, but its establishment only depends on political will.

1. Introdução

A inclusão digital tem por objetivo melhorar as condições de vida de regiões e comunidades com ajuda de novas tecnologias de produção, acesso e divulgação da informação [1]. As iniciativas do governo para suprir estas demandas giram em torno de ações para alfabetizar as pessoas na área de informática, modificar sua cultura organizacional em prol da informação e dos novos meios de acesso à ela promovendo a motivação e envolvimento, além de disponibilizar recursos e infra-estruturas apropriadas como equipamentos e rede Internet nas diversas regiões do país [2]. Estes investimentos são necessários para equilibrar diferenças nas camadas sociais causadas por carências graves que aumentam em proporções cada vez maiores. As regiões com acesso aos recursos tecnológicos ampliam seus conhecimentos de forma muito mais acelerada que nas regiões desprovidas destas tecnologias, mas o acesso a Internet no Brasil ainda é insuficiente para garantir o acesso e a transmissão de informações e idéias sem restringir o meio [3].

“... antes da existência da Internet, mesmo em 1948, já havia uma consciência em relação ao direito de informação. E não há como se desassociar a informação de sua evolução de disponibilidade e acesso. O art. 19¹ que mundialmente é mais conhecido pela liberdade de

¹ Artigo 19 da Declaração Universal dos Direitos do Homem “Todo o homem tem direito à liberdade de opinião e expressão; este direito inclui a liberdade de, sem interferências, ter opiniões e de procurar, receber e transmitir informações e idéias por quaisquer meios, independentemente de fronteiras.”

expressão e opinião garantiu, ainda, o acesso e a transmissão de informações e idéias, sem restringir o meio, nem barreiras geográficas. Logo, todo homem não só tem o direito de se expressar, bem como de ter acesso e transmitir informações seja por meio físico ou eletrônico.”[3]

A redução de índices sociais provocados por falta ou dificuldade de investimentos vai além da disponibilização de recursos financeiros ou econômicos. É necessário também ensinar e envolver as pessoas por meio de ações como treinamentos para a criação de instrutores, disponibilização de ferramentas de colaboração e fornecimento – ou livre acesso às informações produzidas nas diversas camadas de geração de conhecimento. O resultado deve ser um esforço conjunto e multidisciplinar que ajude no estabelecimento de processos pedagógicos combinando conhecimento nas diversas áreas humanas.

A inclusão digital no Brasil está, ainda, vinculada a um processo de apropriação dos meios que envolve técnicas e fatores sociais [4][5]. Significa dizer que não adianta apenas disponibilizar ou ensinar, é necessário oferecer suporte e mostrar exemplos de aplicação prática. Exemplo disso seria a motivação de professores e estudantes na utilização de tecnologias em ambas as esferas, como geradores ou construtores do conhecimento e como pesquisadores de informações de livre acesso e fonte segura.

Este cenário aponta a importância de ações que favoreçam a inclusão digital contextualizada facilitando o acesso à tecnologia a partir de pontos estratégicos como os estabelecimentos de ensino. A inclusão digital contextualizada pode ser entendida como uma ação que favorece uma grande parte da população que está na fase de aquisição e construção do conhecimento e que pode ser assessorada por especialistas e apoiada pela diversidade do uso e aplicação das tecnologias.

Diante destes desafios o Ministério da Educação por meio da Secretaria de Educação Superior – MEC/SESU deu continuidade ao projeto Observatório Educacional de Inclusão Digital² que logo antes de seu lançamento em maio de 2006, passou a se chamar Portal Mundo Acadêmico - PMA. A proposta do Portal Mundo Acadêmico é atender uma parte das demandas sócio-educacionais envolvendo usuários como alunos, professores e visitantes para uso da informação (pesquisa, disponibilização, curiosidade, estudo, etc) em diferentes locais de acesso (centro de educação e residências).

O propósito principal de acesso à Internet para fins de educação se mantém em segunda posição segundo pesquisa CETICBR, 2007. A porcentagem de pessoas que usa a internet com o propósito de educação ou estudos é de 49,42%, só perdendo para atividades pessoais com quase 70%. Tendo em vista que a educação a distância é uma realidade cada vez mais presente no cotidiano do aprendiz, a utilização da Internet para este fim tende a aumentar diante de incentivos e políticas adequadas (como o é o caso da Universidade Aberta do Brasil - UAB³).

Segunda a pesquisa do CETICBR a habilidade dominante no uso da Internet, hoje, é a utilização de ferramentas de busca, habilidade, esta, necessária para atividades educacionais relacionadas à pesquisa. Criar uma página ou disponibilizar conteúdo na Internet, por outro lado, é uma habilidade restrita a poucos, mas que deveria ser mais considerada em ações de inclusão digital e educacional. Dentre os usuários da internet apenas 10,09% se dizem capacitados a desenvolver atividades de comunicação por meio da criação e atualização de blogs e/ou websites [1]. O Portal Mundo Acadêmico pretende contornar tais dificuldades e fazer uso das habilidades rotineiras de pesquisa para o a realização de pesquisas de conteúdos em diferentes fontes confiáveis. A publicação de conteúdos, o compartilhamento de arquivos, a criação otimizada de página *web* e a troca de mensagens em salas de bate-papo são alguns dos serviços que o Portal do Mundo Acadêmico também proporciona. Ações como a criação de portais, repositórios e ferramentas para a socialização das experiências com TIC na educação, além de estudo sobre a reorganização da estrutura escolar com vistas a otimização dos tempos e espaços de aprendizagem diante do computador são sugeridas [6].

No cenário educacional brasileira atual existe uma população expressiva de potenciais usuários de tecnologias e Internet. As ações de inclusão digital de um sistema como o Portal Mundo Acadêmico pode levar em conta o atendimento direto de 55,9 milhões (número de alunos matriculados na educação básica e fundamental) e 4.453.156 (número de alunos matriculados na educação superior segundo INEP/Sinaes⁴, 2006). A validação do sistema, no entanto, aconteceria em um cenário controlado de atendendo diretamente usuários de educação superior. Esta decisão considerou, ainda, as populações mais ativas no uso da tecnologia com maiores

² Este projeto foi idealizado por professores da UnB com o apoio da Unesco e teve seu início em 1999. A SESU, procurada para apoiar e dar continuidade ao projeto em setembro de 2004, oferece novas soluções de uso e a proposta de levar o sistema a todas as Instituições de Educação Superior – IES do país.

³ www.uab.mec.gov.br

⁴ www.inep.gov.br

capacidades de colaborar na construção de conteúdo acadêmico de qualidade⁵ [1]. Além disso, objetivo do Portal Mundo Acadêmico é atender estes grupos de forma diferenciada, sem perder a qualidade da informação publicada.

1.1 Justificativa

A proposta do Portal Mundo Acadêmico é oferecer tanto à academia quanto à sociedade uma oportunidade de encontrar e utilizar o espaço digital seja com o propósito de divulgar ou de buscar informações acadêmicas. Esta solução beneficia em igual importância professores, alunos e sociedade. Os usuários diretos deste sistema são professores e alunos, mas a sociedade, que também possui abertura para acessar as informações disponíveis, se beneficia com igual importância do sistema web. O professor poderá produzir informações e disponibilizá-las em um espaço virtual que ele mesmo poderá gerenciar. O aluno utiliza as informações disponibilizadas por seu professor e se apóia nos materiais de outros professores que ficam abertos à pesquisa. A sociedade realiza pesquisas e descobre conteúdos acadêmicos por meio de uma única ferramenta de pesquisa.

Existe, no entanto, uma grande dificuldade do jovem brasileiro para administrar a imensa quantidade de dados disponível na rede. Apesar do crescimento exponencial de informações as fontes são questionáveis e a forma apresentada nem sempre é a mais adequada. O Portal Mundo Acadêmico novamente oferece vantagens, visto que uma única fonte é capaz de oferecer um conjunto rico de informações com garantia de qualidade.

A maioria dos sistemas para publicação de conteúdo acadêmico, atualmente disponíveis, concentra atividades pontuais envolvendo professor e aluno dentro de um ambiente restrito e isolado (uso de senhas restringe o acesso à sociedade). Poucas são as soluções abertas que permitem aos professores disponibilizarem seus conteúdos na web em um local de fácil administração. De forma geral estes sistemas não oferecem ao professor seu próprio espaço de acervo e agrupam conteúdos de vários professores. Os alunos neste caso não acessam diretamente o conteúdo do seu professor, precisam buscar ou pesquisar o conteúdo específico dentre muitas outras referências. Isso não deixa de ser um método eficiente, mas não oferece a facilidade de o aluno acessar o grupo de informação do seu professor.

As soluções para sistemas acadêmicos podem ser categorizadas em duas áreas: bibliotecas online e ferramentas de EAD. Uma terceira categoria pode ser considerada como apoio acadêmico. É nesta categoria que o Portal Mundo Acadêmico será considerado, pois ele funciona como biblioteca, mas oferece também serviços de comunicação e divulgação de informações diversas dentro da área de atuação do professor. Além disso, são oferecidas ferramentas de colaboração. Embora as ferramentas de colaboração possibilitem um canal de comunicação restrita com o usuário, a metodologia de utilização deve ser determinada pelo professor, e, por isso, o Portal Mundo Acadêmico não representa um sistema de EAD.

2. Soluções de publicação digital de conteúdo acadêmico

De fato existem muitas soluções [7] para publicação de conteúdos científicos e educacionais na *web*, mas de forma geral elas se destacam como iniciativas isoladas, adotadas por várias instituições que não possuem relação umas com as outras. Isso faz com que alunos e professores se restrinjam aos limites de cada instituição e/ou sistema.

Entretanto ainda é difícil encontrar instituições que ofereçam aos professores e alunos recursos para divulgação de conteúdos acadêmicos, o que leva alguns professores a adotarem serviços genéricos de criação de páginas para divulgação de seus conteúdos a exemplo dos famosos *Blogs* [8]. O *Blog* é normalmente uma opção de fácil utilização e torna prático para o professor a atualização de conteúdos. Esta solução é interessante por que isenta o professor das restrições de alguns sistemas internos vinculados às estruturas semestrais ou periódicas das disciplinas ou até mesmo redundâncias relacionadas de material para muitas turmas de uma mesma disciplina que pode exigir recadastro de material para cada uma. Outro fator é o impedimento de atualizações em períodos de recesso.

Um dos grandes benefícios dos *Blogs* é a acessibilidade de qualquer lugar seja pelo professor que o administra seja pelo aluno que tem acesso permanente às informações. Alguns exemplos da utilização de *Blogs* por

⁵ A pesquisa CTICBR (2007) mostra dentre os usuários com educação superior, 65,04 % deles diz possuir uma rotina de acesso diário à Internet. Dentre os usuários com ensino médio este valor cai para 41,54, ainda alto se comparado aos outros índices de escolaridade.

professores podem ser encontrados no blogspot.com⁶. Estes professores possivelmente não possuem acesso a sistemas acadêmicos de publicação de conteúdos e escolheram uma alternativa para publicar conteúdos com temas sobre ciências da comunicação, necessidades especiais, jornalismo digital, direito público, engenharia de software, geografia, ciências físicas, entre muitas outras temáticas⁷.

As soluções de apoio acadêmico no que tange a busca ou produção de informações podem acontecer na forma de Bibliotecas Virtuais - a exemplo do Portal Domínio Público⁸ (MEC) e do Periódicos⁹ (CAPES) e das Ferramentas de EAD - a exemplo do e-Proinfo¹⁰ e Moodle¹¹.

2.1 Bibliotecas digitais

As bibliotecas digitais oferecem espaço para a divulgação de conteúdos acadêmicos sejam eles produzidos por pesquisadores, professores ou alunos. Elas podem ser encontradas em duas versões: 1) aquelas instaladas na instituição que pode ou não oferecer acesso ao autor para que a peça seja submetida para publicação ou publicada pelo próprio autor 2) ou na forma de sistema único e central onde o número de obras passa a ser muito maior. Nesta segunda versão encontram-se principalmente soluções governamentais. Algumas destas soluções governamentais atuam como um sistema centralizador de links, agregando diversos endereços de bibliotecas descentralizadas que funcionam de forma isolada.

Estas soluções não oferecem ao professor um ambiente pessoal para divulgação e agrupamento de seus conteúdos, mas de forma geral permitem que os conteúdos sejam acessados publicamente por caracterizarem repositórios acadêmicos. Os materiais divulgados neste espaço representam peças finalizadas e, portanto, não oferece possibilidade de publicarem conteúdo como notas de aula ou referências à notícias que contribuam com a atualização dos conteúdos ministrados ou as pesquisas em desenvolvimento. Destacam-se: DSpace, Portal Domínio Público, Portal de Periódicos, Portal de Teses e Dissertações, Prossiga: Bibliotecas Virtuais Temáticas e Twiki.

2.2 Ferramentas de EAD

As ferramentas de Educação a Distância - EAD oferecem infra-estrutura para a realização de cursos no ambiente *web*. O ambiente precisa ser seguro para a realização de atividades de ensino e, por isso, não possibilitam que usuários não registrados visualizem conteúdos disponibilizados nestes sistemas. Esta solução resulta em ambientes fragmentados onde cada instituição oferece aos seus professores e alunos seu próprio espaço virtual de ensino a distância. Os sistemas de EAD são semelhantes e oferecem serviços ou funcionalidades similares. Tem se destacado o MOODLE, um sistema que vem sendo muito utilizado na área acadêmica. Outras soluções são o E-Proinfo do Ministério da Educação e o Teleduc.

Algumas das funcionalidades encontradas nestes sistemas de EAD podem também ser encontradas no PMA com pequenas diferenças. O PMA difere em questões de acesso e dimensão da aplicabilidade das ferramentas, pois este portal não foi desenvolvido para oferecer cursos, acompanhar ou avaliar o desempenho de estudantes universitários.

2.3 Qual é o melhor recurso?

A comparação entre os dois tipos de soluções para divulgação e conteúdo na *web* deixa clara a diferença quanto ao acesso dos usuários e a característica da atividade. Enquanto as bibliotecas servem para pesquisas específicas em bases populadas por diferentes iniciativas, as plataformas de EAD oferecem ambientes controlados para ministrar cursos.

⁶ Alguns blogs produzidos por professores: <<http://profsurdogoulao.blogspot.com/>>

<<http://webjornal.blogspot.com/2006/08/docncia-em-cincias-da-comunicao.html>>

<<http://cienciascomunicacao.blogspot.com>> <<http://jornalismodigitalufes.blogspot.com/>> <<http://gilmesquita.blogspot.com/>>

<<http://es-2005.blogspot.com/>>

⁷ A título de curiosidade, uma pesquisa da Pew Internet & American Life Project mostra que em 2004, 7% dos internautas norte-americanos criaram um blog ou diário pessoal. Isso representa mais ou menos 8 milhões de pessoas [2]

⁸ www.dominiopublico.gov.br/

⁹ O portal de Periódicos da CAPES não possui acesso público a todas as informações <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>

¹⁰ <<http://www.eproinfo.mec.gov.br/>>

¹¹ <www.moodle.org/>

As ferramentas de EAD, mesmo que ofereçam conteúdos acadêmicos oferecem acesso somente aos usuários registrados – naturalmente não seria adequado oferecer acesso público a um de ensino. Embora algumas bibliotecas possuam a mesma abordagem de divulgação controlada, este formato é ainda o que mais se aproxima dos objetivos do PMA.

O usuário que possui acesso a internet nos dias de hoje e a utiliza para fins acadêmicos, objetiva realizar pesquisas em ambientes seguros nos quais ele possa buscar informações de forma irrestrita. Caminhos, páginas ou sites que o guiem por informações incompletas exigindo cadastro ou autenticação no meio do percurso resultam em frustração e desânimo pela atividade de pesquisar. Além do mais, nem sempre os conteúdos encontrados podem ser interpretados como adequados para serem utilizados e não oferecem vínculos com conteúdos semelhantes publicados por outros profissionais de mesma área.

É por isso o PMA foi pensado – para atender usuários que buscam conteúdos abertos publicados por fontes seguras.

Para isso é necessário que o material seja disponibilizado para acesso público por qualquer um na *web* não exigindo registro ou cadastro do usuário. Para oferecer maior integração entre os diversos conteúdos a plataforma do PMA reunirá as diversas fontes de publicação para facilitar a atividades de pesquisa. Ao mesmo tempo será possível manter o fragmento da universidade e seus professores que possuirão seus portais locais. Esta solução evita frustrações como esta:

"Outro dia, tentei pegar na internet um material de outra área da faculdade, mas precisava de uma senha."(afirmação de um professor que participava do projeto em encontro informal)

Atender esta demanda é responsabilidade social que pode ser alcançada por meio de projetos de inclusão digital. O PMA oferece uma proposta de fonte única capaz de oferecer um conjunto rico de informações com garantia de qualidade. A qualidade dos conteúdos disponibilizados pode ser assegurada de duas formas: a primeira é que se entende que o conteúdo será disponibilizado por professores da educação superior o que torna esta uma fonte segura e a segunda poderá acontecer pela implementação de um serviço de “autoridade” que permitiria aos professores cadastrados trocarem ou emitirem opinião sobre conteúdos de outros professores.

3. Descrição do sistema PMA

O PMA, iniciativa de professores da Universidade de Brasília - UnB em cooperação com a Unesco desde 1999, ganhou uma abordagem diferente depois que a SESu passou a cooperar com seu desenvolvimento por ordem da Chefe de Gabinete, à época Alayde Sant'Anna, e aprovação do Secretário de Educação Superior, Nelson Maculan. Esta responsabilidade foi iniciada em setembro de 2004 após análise do “Observatório Educacional de Inclusão Digital”, o sistema que foi desenvolvido pela UnB em cooperação com a Unesco e utilizado na época por professores daquela instituição.

A análise do Observatório resultou em um relatório que apontou falta de objetividade do sistema, levando a SESu a iniciar a tarefa de entrevistas para entender o que era esperado pelos professores e como suas demandas coincidiriam com as necessidades da SESu. Com isso seria possível fazer um levantamento superficial de requisitos para iniciar o desenvolvimento de uma nova ferramenta.

A análise, enfim, deu um novo direcionamento ao projeto e iniciou-se uma etapa de concepção do modelo conceitual do sistema que seria readequado para ser utilizado pelo próprio professor, e não por técnicos, para a publicação de conteúdos. Esta abordagem estabelece um caráter mais participativo do professor na construção e divulgação do conhecimento produzido dentro da universidade, antes impedido pelo método oferecido pelas ferramentas utilizadas. O novo foco estabelece, ainda, uma divulgação mais expressiva destes conteúdos e envolveria outras Instituições de Educação Superior – IES interessadas em participar do experimento.

Iniciou-se, então, a construção de uma lista de necessidades e requisitos que eram adaptados a todo momento, a cada reunião. Os objetivos continuavam pouco claros e isso gerou confusão para o início do desenvolvimento que foi iniciado com recursos externos (Unesco). Esta decisão tornou o processo complicado de ser administrado. De um lado professores (da UnB) ansiosos por uma ferramenta para publicar seus conteúdos em um espaço no qual teriam controle e domínio para gerenciar seus conteúdos e acesso livre aos conteúdos de outros professores sem que houvesse a necessidade de utilizar senhas. De outro uma série de consultores com contratos curtos que desenvolviam partes do sistema e precisavam se adaptar aos códigos já implementados. O resultado foi que a documentação acabou sendo uma das últimas atividades realizadas.

Quando a SESu conseguiu estabelecer um contrato com um desenvolvedor profissional, as atividades precisavam manter o ritmo já estabelecido na primeira fase. Os professores ficavam cada vez mais ansiosos por

uma ferramenta de uso independente. A solicitação de novas funcionalidades pelos professores continuava acontecendo.

Nesta etapa o projeto ganhava competência para se transformar em algo maior. A utilização do sistema dentro de um contexto especializado motivou interesse de diferentes instituições e a parceria com a Secretaria de Educação a Distância - SEED foi estabelecida para dar continuidade ao projeto. Neste momento estava sendo finalizada a primeira versão do sistema e uma carta convite foi enviada as IFES convidando-as a participarem do experimento chamado projeto piloto. O projeto piloto funcionaria como a validação do PMA e 15 Instituições Federais de Educação Superior – IFES aderiram. Elas se mostravam bastante interessadas, participavam da instalação e uso das versões disponibilizadas e contribuíam no desenvolvimento do sistema com a comunicação de problemas e o oferecimento de sugestões. Este envolvimento gerou a necessidade de oficializar o projeto e aconteceu o lançamento.

A SESu e a SEED ajudou a organizar o lançamento do projeto e uma oficina para discutir o projeto piloto junto aos representantes das IFES participantes. Neste momento o desenvolvedor contratado pela SESu finalizava seu contrato e o projeto ficaria novamente sem uma equipe técnica, ou pelo menos um técnico. A SEED passa então a colaborar com a continuidade do desenvolvimento do sistema que ainda apresentava muitas inconsistências e problemas de utilização. A equipe seria constituída de 4 profissionais: 2 desenvolvedores, um analista e um testador pelo período de 5 meses. A contratação de todos não foi efetuada simultaneamente e apenas dois desenvolvedores iniciaram as atividades. As tarefas agora consistiam na estabilização do sistema, criação de um portal agregador e interoperabilidade com o INEP para o cadastro dos professores. A contratação dos outros 2 profissionais aconteceu 3 meses prejudicando o cronograma das atividades.

3.1 O sistema

O PMA atende localmente as instituições participantes oferecendo aos professores espaço para publicação dos seus conteúdos que poderão ser acessados livremente por alunos e sociedade – é o **Portal Local** (provedor de dados). Um segundo módulo é **Portal Geral** (agregador) que fará a integração com todos os portais locais permitindo, assim, a realização de pesquisas de forma global – as respostas direcionam os usuários que fazem a pesquisa para o portal local de alguma instituição (Figura 1).

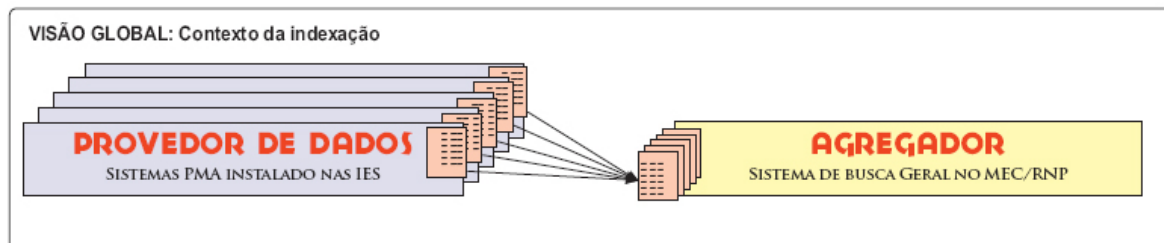


Figura 1 – Visão Global da arquitetura do projeto Portal Mundo Acadêmico

O **Portal Local** consiste de uma plataforma que deve estar localizada em cada Instituição de Educação Superior interessada em participar do projeto de forma que atenda a dois objetivos:

Permitir aos professores criar suas páginas *web* de conteúdo acadêmico. Estes conteúdos são disponibilizados independentemente de um técnico em informática, basta que o professor tenha um login e senha de acesso ao ambiente restrito de administração;

Oferecer aos demais usuários não cadastrados a possibilidade de realizar buscas e visualizar páginas de professores cadastrados. É possível por meio de desta busca, acessar qualquer material disponibilizado no portal. As pesquisas podem ser feitas por parâmetros como: professores, temas, disciplinas, materiais, entre outros.

O professor ganha um espaço virtual disponibilizado por sua instituição que tenha aderido participar do projeto. É uma oportunidade de criar uma página *web* com o objetivo de se tornar um repositório fixo que lhe dará acesso remoto de qualquer lugar que possua serviço de internet. Assim o professor terá a oportunidade de controlar materiais acadêmicos classificados por disciplina e projetos, notícias, além de criar seu próprio acervo virtual de materiais de apoio para pesquisas e docência. O sistema oferece ainda, a possibilidade de comunicação por meio um de canal de colaboração acadêmica de acesso público e aberto que permite a participação de alunos e da sociedade. Mas se o professor preferir ele poderá criar uma colaboração limitada aos usuários designados por ele.

O aluno se beneficia em duas instâncias. Na primeira, lhe é oferecido acesso a qualquer conteúdo disponibilizado por professores que possuem suas páginas no PMA. Se o professor ainda não teve oportunidade de disponibilizar aquele material específico, é possível que seu aluno encontre tal material publicado em outra página por outro professor da mesma área. Na segunda instância o benefício trata do uso de serviços da página do professor em um espaço seguro de comunicação.

A sociedade se beneficia com o acesso público aos conteúdos educacionais que podem ser encontrados em cada página de professor (acessível por meio de buscas com filtros) ou de forma resumida nesta página local de entrada da instituição onde são oferecidos os últimos conteúdos e imagens inseridos pelos professores em suas páginas. É um forma de agregar as novidades e destacar professores que atualizam seus conteúdos.

“... é muito importante a existência de boletins periódicos (semanais ou mensais) que tragam as principais novidades da comunidade no período, bem como uma edição da página de entrada com os destaques do dia ou da semana.” [7]

Quanto aos benefícios da sociedade destaca-se o acesso amplo a um conjunto considerável de informações que podem ser consideradas seguras, uma vez que elas foram postadas por docentes de educação superior. Pesquisas demonstram que o uso da internet para pesquisa educacional é grande no Brasil. Do grupo de brasileiros que tem acesso à internet destaca-se 41% por cento das pessoas que utiliza a *web* com a finalidade de desenvolver atividades educacionais [3]. Mas a tendência deste público é crescer diante dos incentivos governamentais e de mercado para o acesso à tecnologia.

O **Portal Geral ou Agregador** é um portal de apontamento para todas as instituições participantes do projeto que permite pesquisas de informações localizadas nos Portais Locais cadastrados. O módulo agregador é o único módulo que deveria ficar sob responsabilidade do MEC em local a ser definido. Este portal foi desenvolvido, mas nunca foi instalado por problemas de segurança interna no MEC. Ele seria colocado em produção assim que a versão 1.5 fosse disponibilizada.

Embora alguns ajustes tenham sido definidos ao longo do andamento do projeto, a constituição apresentada permanece a mesma desde a concepção do projeto; mas praticamente todos os esforços de desenvolvimento se voltaram para a finalização do portal local. As atividades e usuários relacionados com o **Portal Local** e **Portal Geral** são apresentados a seguir.

PORTAL LOCAL: oferece serviços que seguem (Figura 2).

- Área restrita para o administrador do sistema
 - Usuários: Técnico e Coordenador na IES.
 - Atividade: Gerenciamento dos cadastros de professores e suas páginas, possibilidade de inserção de CPF.
- Área restrita para publicação
 - Usuários: Professores que cadastro no PMA.
 - Atividades: Gerenciamento da página e seus conteúdos que serão acessados por qualquer pessoa, além do gerenciamento de usuários registrados para uso de ferramentas restritas de colaboração;
- Portal de Busca Local
 - Usuários: qualquer indivíduo (alunos, professores e sociedade).
 - Atividades: Visualização das últimas notícias publicadas pelos professores bem como últimas imagens inseridas no acervo virtual. Serviço de busca e pesquisa utilizando filtros, acesso às estatísticas sobre cadastro de professores e de conteúdos, caixa de *login* / senha para as áreas restritas do sistema e alguns links de acesso a outros sistemas governamentais de conteúdo acadêmico ou educacional.
- Página pública do professor
 - Usuários: qualquer indivíduo (alunos, professores e sociedade) e indivíduos registrados pelo professor para utilização das ferramentas de colaboração.
 - Atividades: Acesso às informações disponibilizadas pelo professores permitindo visualização de conteúdos, *download* de arquivos, participação colaborativa por meio de *chats*, fóruns e

wikis abertos (a colaboração é o único espaço que pode ser restrito caso o professor queira utilizar a infra estrutura para comunicação privada com seus alunos).

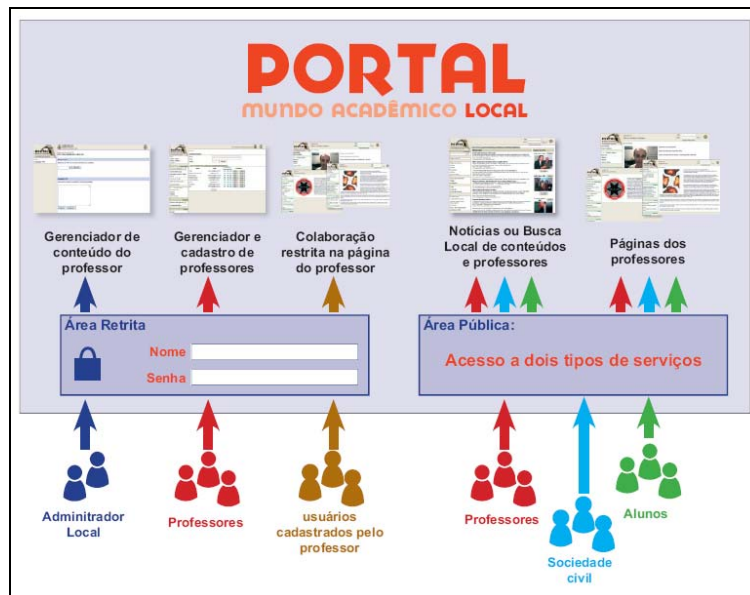


Figura 2 - Usuários e ambientes do sistema Local na IFES

PORTAL GERAL: Será instalado em um local que possa ser gerenciado pelo MEC (inicialmente sob responsabilidade da Secretaria de Educação Superior - SESu e / ou Secretaria de Educação a Distância - SEED, permitirá o cadastro de instituições que aderirem ao Portal e oferecerá os serviços que seguem (Figura 3).

- Área restrita do Administrador
 - Usuários: Administrador responsável representando o MEC/SESu/SEED.
 - Atividades: Cadastro de IFES e redirecionamento para as IFES e páginas dos professores nas IFES, instrução para a geração do índice em sistemas diferentes do portal local que queiram participar.
- Portal de Busca Geral
 - Usuários: Alunos, professores e sociedade.
 - Atividades: Acesso às últimas notícias e imagens do acervo virtual das páginas de professores dos portais locais. Busca e pesquisa utilizando filtros no mesmo formato do portal local, acesso à lista de IFES participantes do projeto, estatística geral dos portais locais. Verificar processo de acesso via login/senha à área restrita do sistema.

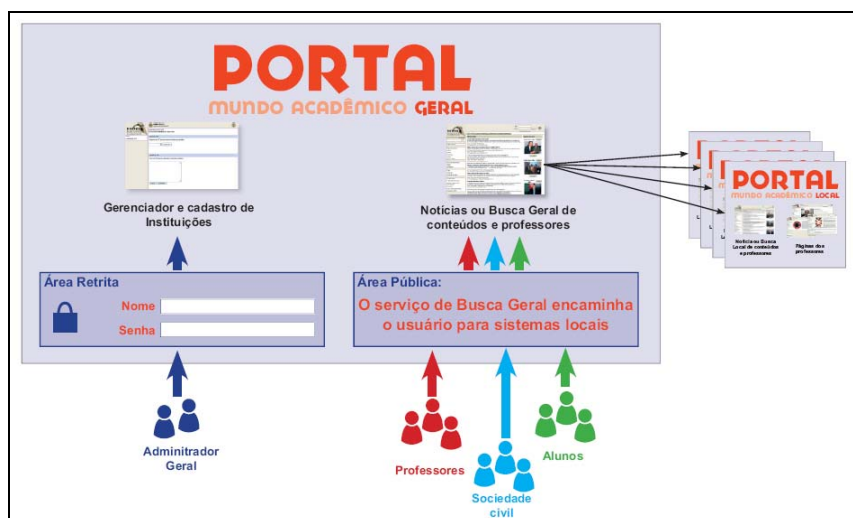


Figura 3 - Usuários e ambientes do sistema Global

A participação da IES como gestora do sistema local seria minimizada com a disponibilização de um módulo que garantiria apenas o cadastro de professores registrados naquela IES. Para isso seria utilizado o banco de docentes do INEP.

3.2 Estatísticas

Por ser pioneira no projeto, a UnB destacou-se como a IFES mais atuantes na utilização do sistema, envolvendo professores cadastrados e alunos participantes. Para esse grupo de professores o interessante sempre foi a divulgação de conteúdos acadêmicos em meio público e gratuito. Neste cenário verificou-se que o uso intenso concentrou-se na diversidade de notícias e imagens publicadas na página principal do portal provenientes de notícias publicadas por professores em suas próprias páginas. Mas outros serviços oferecidos pelo portal também eram utilizados.

Mas as estatísticas começaram a ser possíveis na versão 1.3. Até então o número de pesquisadores cadastrados nos portais era controlado de forma manual. Mas em 29 de agosto de 2006 a estatística mostrou que dentre as 8 instituições que haviam instalado a versão 1.3 podiam ser encontrado 117 professores cadastrados – sem divulgação ou propaganda.

No cenário geral o **Acervo Virtual, Mural e as Notícias**, foram as que mais sofrem alterações em termos de estatísticas, significando que tais funcionalidades são as mais utilizadas pelos professores. Com exceção do mural, que teve aumento pouco significativo em 20 dias (aumentou de 112 para 113 postagens), a inclusão de itens no acervo virtual e a inclusão de notícias aumentaram consideravelmente. O acervo virtual aumentou de 1253 itens para 1273. As notícias eram 1259 e passaram a somar 1305 em 20 dias. Estes dados foram coletados em março de 2007.

A participação mais ativa durante o piloto foi da UnB por sua condição de instituição pioneira no uso do sistema. A proximidade da equipe de desenvolvimento desta instituição facilitou, também, a correção de alguns problemas técnicos e funcionais, que surgiam durante os processos de instalação e uso do sistema.

3.3 Desenvolvimento e últimas versões

A versão 1.3, a última disponibilizada as IFES participantes do projeto piloto, foi liberada para instalação em 24 de agosto de 2006. Além de mais estável, esta versão contava com um módulo de estatísticas que ajudava a entender como o sistema era utilizado e quais serviços eram mais requisitados. O número de IFES com a versão 1.3 instalada aumentou para 12. Neste período a UnB recebeu a nova versão 1,4 para testes. Foi nesse período que o INEP permitiu a utilização do seu banco de docentes para validar o registro do professor no cadastro do PMA, ou seja, o cadastro do professor seria feito via *webservice* para verificação da existência do professor. Este recurso foi implementado na versão 1.5 que trouxe ainda melhorias no serviço de busca e recuperação de senhas.

Mesmo ainda assim esta versão foi instalada na UnB, embora não existisse mais investimentos, contratos ou remunerações. Somente alguma vontade de ver esta fase concluída. Mas houve somente a instalação da versão 1.5, sem que houvesse a migração completa dos dados.

A estabilização do sistema foi alcançada na versão final (1.5) que está instalada na UnB por acesso público (www.mundoacademico.unb.br¹²). O cadastro do professor por meio do banco de docentes do INEP foi implementado e consta nesta versão, mas questões internas que incluem a segurança de informação dentro do MEC impediram a operacionalização do serviço de cadastro do professor via banco de docentes do INEP.

O Portal Global ou agregador também foi desenvolvido, mas não foi testado, pois não foi possível sua instalação em um servidor no MEC para realização dos testes.

O sistema desenvolvido em software livre ganhou documentação para disponibilização do código aberto por meio de licença GPL no último produto de um dos consultores do projeto.

4. Considerações finais

A tecnologia para divulgação de conteúdo acadêmico pode abarcar dois cenários: um de contribuição isolada e outro em que o autor pode criar uma identidade digital. A contribuição isolada favorece uma base de dados

¹² Mais informações sobre o projeto em <www.mec.gov.br/mundoacademico>

temática, mas não oferece ao professor ou autor a construção de uma identidade digital referenciando seu próprio repositório - como pode acontecer no segundo cenário.

A solução do PMA possibilita a criação desta identidade digital de docentes nas diversas instituições de educação superior do Brasil. Uma divulgação ainda tímida - ocorrida durante o XVII SBIE, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação que aconteceu entre 08 e 10 de novembro de 2006 no Hotel St. Paul em Brasília/DF, demonstrou que a proposta do sistema chama a atenção de pessoas do meio acadêmico pelo fato de oferecer uma solução que abrange tanto o cenário de pesquisa a uma base de dados integrada (ou repositório), ao mesmo tempo em que oferece aos professores a possibilidade de criarem uma identidade digital por meio da divulgação de sua página pessoal acessível por meio do mesmo sistema integrado.

Durante o Seminário Internacional de Língua Portuguesa e suas Literaturas que aconteceu em dezembro de 2006 no Rio de Janeiro o PMA foi apresentado pela professora Cláudia Wanderlei da Unicamp como solução para implementação de um projeto de difusão da língua portuguesa nas comunidades de língua portuguesa. O portal utilizado pela Unicamp ofereceria acesso aos professores de países lusófonos participantes do projeto Multilinguismo de universidades parceiras na Angola, São Tomé e Príncipe, Moçambique, Cabo-Verde, Macau, Timor-Leste, Açores e Portugal. O objetivo é viabilizar a montagem de uma rede digital acadêmica em língua portuguesa. O sistema demorou para ganhar estabilidade por falta de uma equipe estável de desenvolvimento e o projeto Multilinguismo buscou outros recursos de sistema.

É difícil mensurar a dimensão que esta rede pode atingir ou atender em termos de visitantes. Pelo seu caráter dinâmico o PMA pode ajudar na promoção do crescimento do conteúdo em língua portuguesa disponível na Internet e poderá atingir por volta de 300 mil professores de educação superior sendo 54 mil de Instituições Federais de Educação Superior - IFES. O resultado é que qualquer aluno será atendido por professores e apoiado por diversos outros. Assim, ao mesmo tempo em que é difícil estimar o número de professores utilizadores da plataforma, não é difícil imaginar a abrangência e impacto do sistema em termos de pesquisa. Pesquisar qualquer conteúdo disponível publicamente na *web* pode chegar a um total de mais de 4 milhões de alunos de educação superior beneficiários do sistema. Em adição, o acesso aos conteúdos por qualquer cidadão poderá ajudar alunos da educação básica em pesquisas mais arrojadas. O benefício indireto se estende ainda à população brasileira e aos falantes da língua portuguesa no mundo todo.

4.1 Resultados e conclusões

O projeto não surtiu o efeito esperado. As razões são as mais diversas: complicações nas instituições que declararam interesse na participação do piloto; desenvolvimento atropelado do sistema atrelado a um complicado levantamento de requisitos, resultando na instabilidade do sistema; e ausência de orçamento específico para o projeto.

Nas instituições, as razões mais evidentes foram a não instalação, ou atraso na instalação, do sistema provocado pela falta de técnico ou equipamento para instalação.

O projeto iniciado em setembro de 2004 mostra que o processo para estabelecimento do PMA aconteceu aos poucos, devagar e de forma frágil. Houve a ausência de um processo adequado desde o início no levantamento de requisitos, comprometendo a construção de uma documentação sólida antes de iniciar o desenvolvimento. Com isso foi gerado um código confuso de ser compreendido por consultores que passavam pelo projeto para desenvolver pequenos módulos.

Uma situação que contribuiu para um projeto piloto com poucos envolvidos foi a ausência de divulgação do projeto nas IFES participantes, como havia sido previsto para ser feito no início de 2006, por solicitação dos participantes do projeto piloto. Durante a reunião de apresentação do sistema na oficina de lançamento foi apontado pelos participantes a importância das visitas do MEC para fortalecer a garantia de qualidade da ferramenta e o envolvimento governamental. A ação de divulgação atingiria os professores e ofereceria treinamento para uso do sistema de publicação para gerenciamento de conteúdos.

Mas diante das dificuldades ainda podem ser ressaltados dois pontos positivos. A experiência do piloto foi importante para entender a utilização das funcionalidades. Seria possível, a partir desta experiência, desenvolver um sistema com mais objetividade e foco no usuário dentro de um cronograma mais enxuto. O reconhecimento da idéia como algo relevante para as questões de inclusão digital foi demonstrado por professores que utilizaram o sistema e por aqueles que tomavam conhecimento do projeto de outras formas. Assim, acredita-se que se houver envolvimento político e um planejamento adequado para o desenvolvimento de uma versão final, o projeto fará sucesso entre os acadêmicos e a sociedade. Desde março de 2007 o projeto encontra-se parado.

Se o PMA for instalado em todas as Instituições de Educação Superior brasileiras, será possível atingir por volta de 300 mil professores de educação superior, 54 mil destes professores são hoje de Instituições Federais de Educação Superior - IFES.

Se um cenário pessimista prever a utilização de apenas uma pequena parte destes professores esta contribuição para a disponibilização de conteúdos com acesso livre ainda pode fazer alguma diferença. Se o projeto atingir uma parcela de apenas 10% destes professores (30 mil professores) com o mínimo de conteúdo referencial para uma disciplina e uma notícia, será criado um universo acadêmico com pelo menos 60 mil informações acadêmicas, isso sem falar das apresentações dos professores que garante identidade para a página pessoal. Sabemos, no entanto, que ao utilizar um meio dinâmico de divulgação de informações que possa mobilizar alunos e agregar valor à produção acadêmica do professor, dificilmente haverá divulgação de apenas uma disciplina. Além disso, existirá uma cobrança natural de alunos e sociedade por mais conteúdo, principalmente aquele discutido em sala de aula.

5. Agradecimentos

À toda a equipe que participou das atividades que viabilizaram o projeto piloto: professor Nelson Maculan, Alayde Freire Sant'Anna, professoras Maria Rosa de Abreu, Eva Waisros Pereira, Leda Maria Rangearo Fiorentini e Raquel de Almeida Moraes. À equipe no MEC composta de Lucianna Almeida, Adonias Malosso, Victor Guimarães, Hudson Carlos de Souza Neves, Márcio Marcelino, Rodolfo P. Luz, Onivaldo Rosa J., Edgard e Herif. Ao IBICT (Hélio Kuramoto), à RNP (Nelson Simões e Antônio Carlos Nunes), ao Ministério do Planejamento (Diego), à UNESCO (Maria Inês Bastos e Rogério), ao ITI (Djalma), ao INEP e à SEED (Hélio Chaves Filho) que sempre apoiaram o projeto participando de reuniões oferecendo soluções.

6. Referências

- [1] CETICBR. Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil TIC domicílios e TIC empresas 2006. Comitê Gestor da Internet no Brasil. Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR. São Paulo, 2007. URL visitada em outubro de 2007. <www.cetic.br>
- [2] VAZ, J. Desafios para a inclusão digital e governança eletrônica. Instituto Polis. Artigo publicado em 11/04/2002. URL visitada em outubro de 2007. <http://www.polis.org.br/artigo_interno.asp?codigo=70>
- [3] IPSOS, 2005. Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil - TIC Domicílios e TIC Empresas. Comitê Gestor da Internet no Brasil, Instituto IPSOS-Opinion de agosto/setembro de 2005- cgi.br. URL visitada em outubro de 2007. <<http://www.cetic.br/tic/2005/indicadores-2005.pdf>>
- [4] LEMOS, A. Dogmas da inclusão digital. Correio Brasiliense, caderno Pensar. Brasília, sábado, 13 de dezembro de 2003.
- [5] CAMARA, M. A. Inclusão digital via telecentros: um estudo de caso em Belo Horizonte. In: V ENLEPICC - Encontro Latino de Economia Política da Informação, Comunicação e Cultura. 2005. Salvador. Anais.
- [6] Relatório. Reunião de Trabalho. Utilização Pedagógica Intensiva das TIC nas Escolas. Realizado por Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância (MEC/SEED). São Paulo – SP / EPUSP-LSI, 14 a 15 de dezembro de 2005. URL acessada em outubro de 2007. <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/relatoriolaptopdezembro_seed.pdf>
- [7] SEABRA, C. Comunidades Virtuais. Ambientes colaborativos e trabalho em rede. Redemoinhos: *Informativo da Cidade do Conhecimento*. USP. URL acessada em outubro de 2007. <<http://www.cidade.usp.br/redemoinhos/?2005-03/analise>>
- [8] RAINIE, Lee. Relatório. Pew Internet & American Life Project. Janeiro, 2005. URL visitada em outubro de 2007. <http://www.pewinternet.org/pdfs/PIP_blogging_data.pdf>

**IRLA BOCIANOSKI REBELO**

Graduada em arquitetura e urbanismo, Mestre e Doutora em Engenharia de Produção com pesquisas voltadas para o uso da tecnologia de Realidade Virtual (RV). Sua formação aconteceu na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, mas pesquisas de doutorado foram enriquecidas no *Institute of Advanced Studies* (IAS) - ou Universidade das Nações Unidas (UNU), Tóquio, Japão, e no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Boston, Estados Unidos. Suas pesquisas de doutorado contaram, ainda, com o apoio de professores do *Centre Universitaire D'Informatique* (Uni Dufour) na Université de Genève (UNIGE), Genebra, Suíça. O conhecimento da autora nas áreas de Interação entre Homem e Computador (IHC) foi adquirido com o intuito de entender as habilidades, capacidade e limitações do ser humano nas tarefas de manipulação de elementos de interface para interagir com os diferentes tipos de sistemas, em especial no uso da tecnologia de RV. Isso inclui design de interação, arquitetura de informação, usabilidade, entre outros, categorizados em cenários que vão além dos sistemas computacionais, incluindo, assim qualquer tipo de equipamento que exija a interação do usuário para a realização de tarefas.

Proposta de Ambiente de Testes para Implementação de Serviços de QoS desde uma Rede MetroEthernet até uma Rede WiMAX

Leoncio Regal Dutra

Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Elétrica (EnE) Brasil
leoncio@redes.unb.br

Carlos Henrique Bacellar Bon

carlos.bon@serpro.gov.br
Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) Brasil

Georges Amvame Nze

georges@redes.unb.br
Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Elétrica (EnE) Brasil

Cláudia J. A. Barenco

barenco@ldc.usb.ve
Departamento de Computación Y Tecnología de la Información, Universidad Simon Bolívar (USB)
Oficina MYS - Venezuela

Anderson C. A. Nascimento

andclay@ene.unb.br
Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Elétrica (EnE) Brasil

Luciana Gomes

luciana.gomes@serpro.gov.br
Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) Brasil

Resumo

Este trabalho visa nortear a implementação em redes Metro Ethernet de tráfego multimídia de tempo real. Como a tecnologia metro Ethernet tem se difundido no mundo e aqui no Brasil, e esta está sendo associada com tecnologias tipo WiMax, estão sendo criadas redes com a combinação destas duas tecnologias. Vemos, entretanto, que pouco se tem escrito sobre a metodologia de implementação deste conjunto, principalmente para tráfego em tempo real. Esta proposta, baseada em experimentos de simulação, irá dar o direcionamento para a implementação destas redes em um futuro próximo.

Abstract

This work aims to guide the implementation in multimedia and real time networks. As Metro Ethernet technology has spread out in the world and here in Brazil, and being associated with WiMax technologies, networks will be created with the combination of these two technologies. However, we foresaw, that little had been written about implementation methodology of this set, mostly for real time traffic. This proposal, based in simulation experiments, will help us in the implementation of these networks in near future.

1. Introdução

O Brasil está presenciando uma mudança radical nas conexões de redes no ambiente metropolitano para órgãos públicos e de pesquisa. Das conexões de baixa velocidade, que na maior parte dos links trafegam a não mais de 10 Mbps para conexões que podem chegar a 10 Gbps. Serão criadas 27 redes metropolitanas, uma por capital, onde organismos públicos e de pesquisa irão dividir uma infra-estrutura óptica moderna e de alta velocidade [Scheufler 2006].

Estas redes utilizam tecnologia óptica, com ativos de última geração com características e desempenho de equipamentos especializados para redes Gigabit Ethernet.

Embora pouco utilizado no mercado, o padrão de redes sem fio 802.16 está a caminho de revolucionar a indústria de acesso de banda larga sem fio oferecendo capacidade ampla de cobertura de transmissão para áreas metropolitanas e rurais, com visada ou com ela comprometida. Tal padrão, conhecido pela sigla WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), vem sendo especificado pelo grupo do IEEE que trata de acessos de banda larga em áreas dispersas. Embora o WiMax não crie um mercado novo, ele habilita a padronização da tecnologia em um volume econômico tal que permita reduzir custos e possibilitará um maior crescimento do mercado de comunicação sem fio. Experiências foram documentadas no evento WIMAX

FORUM, na edição de outubro/2005, em Boston, onde uma rede com voz e dados foi montada em menos de 2 dias, para atender a demanda nas áreas devastadas pelos furacões no sul dos Estados Unidos.

Com este cenário e com a crescente demanda por banda, para trafegar aplicativos de alto consumo como vídeo colaboração, voz e sinal televisivo, toda uma infra-estrutura esta sendo montada para suportar este tráfego. Neste trabalho abordamos uma proposta de implementação de QoS, baseada em medições efetuadas em laboratório, para nortear e funcionar como modelo para as outras redes. Para isso, serão utilizados equipamentos disponíveis, cuja rede metropolitana já esta em produção e a WIMAX já esta para ser implementada, funcionando como complemento de acesso a rede metropolitana óptica.

Na Figura 1, podemos ver o traçado da primeira fase da INFOVIA Brasília, cobrindo os órgãos públicos na área central de Brasília, Esplanada dos Ministérios.

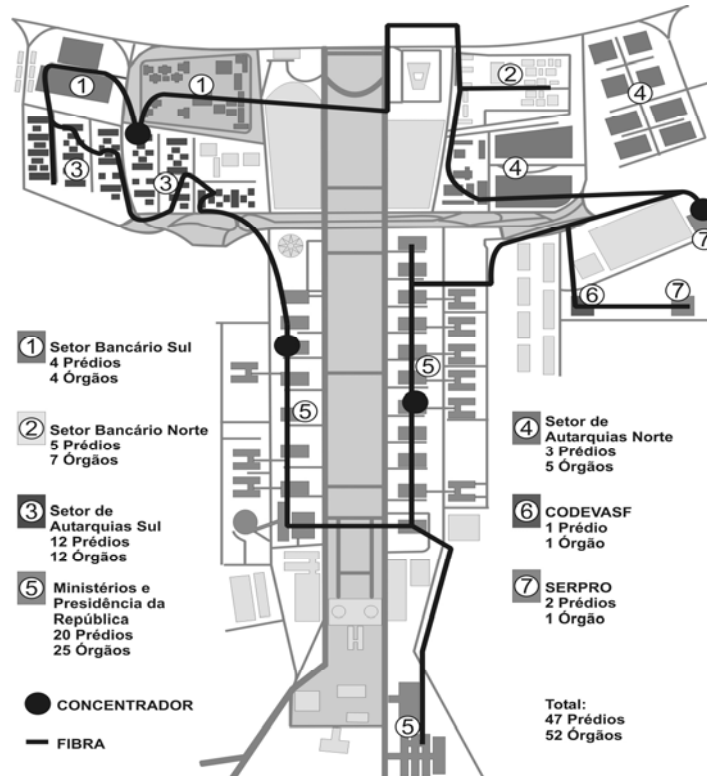


Figura 1. Topologia da primeira fase da INFOVIA Brasília.

2. Ambiente Experimental

2.1 O Testbed

Hoje os órgãos públicos utilizam, na maior parte de suas conexões urbanas, links *ATM* ou *Frame-Relay*, com velocidades baixas, muitas vezes menores que 10Mbps. Também é comum que vários órgãos contratem operadoras diferentes e links de baixa velocidade, não conseguindo ganho em escala, tornando a contratação no varejo mais cara que se fosse feita no atacado. Muitos enlaces são urbanos, no mesmo centro metropolitano, tratando da troca de informações entre organismos públicos. Da mesma maneira ligações telefônicas são trocadas via operadoras públicas.

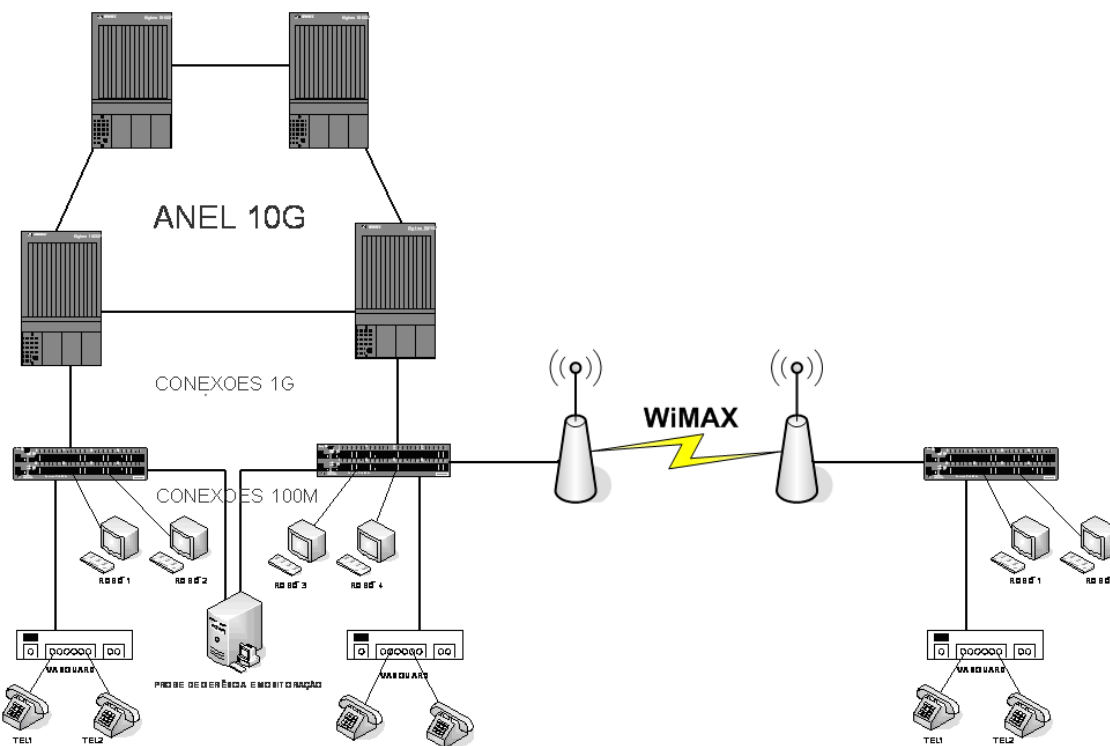


Figura 2. Ambiente Experimental.

Temos presenciado esforços isolados, de empresas que tentam modernizar o acesso e suas conexões, porém nem sempre dispõe de orçamento ou de corpo técnico para sustentar estas iniciativas. Um bom exemplo disto é Brasília, onde a INFOVIA irá interligar diretamente 110 órgãos em 80 prédios diferentes e indiretamente, através de uma rede *pré-wimax* outros 10 prédios. Neste caso foi lançada uma rede metropolitana com velocidades que chegam a 10Gbps, com capacidade de transporte de tráfego de voz, dados e imagem, com uma rede moderna de alta disponibilidade, totalmente gerenciada e com um desempenho muito melhor do que os padrões até hoje experimentados. A primeira fase da INFOVIA com 60 órgãos já está instalada e agora estão sendo iniciados os trabalhos da segunda fase e da fase complementar com uma rede com conexões *pré-wimax*. É justamente na fase complementar que este trabalho aborda e descreve os testes para a adoção de um modelo de simulação a ser adotado, e levará em consideração os recursos disponíveis, tanto em termos de software quanto hardware, com um diagrama de montagem conforme mostrado na Figura 2. O laboratório duplica a topologia utilizada na *metrolan* com a mesma capacidade de interligação e com os mesmos equipamentos.

2.2 Ferramentas de Softwares

2.2.1 Gerador e Analisador de Tráfego

O Gerador e Analisador de tráfego de QoS (*Quality of Service*) fim-à-fim, é uma ferramenta baseada na linguagem Java para geração de tráfego real-time do tipo UDP *multicast* ou *unicast* de uma fonte para um destino determinado. Essa ferramenta foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa do LabCom (*Laboratório de Comunicações*), do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília [Carvalho, P. 2006].

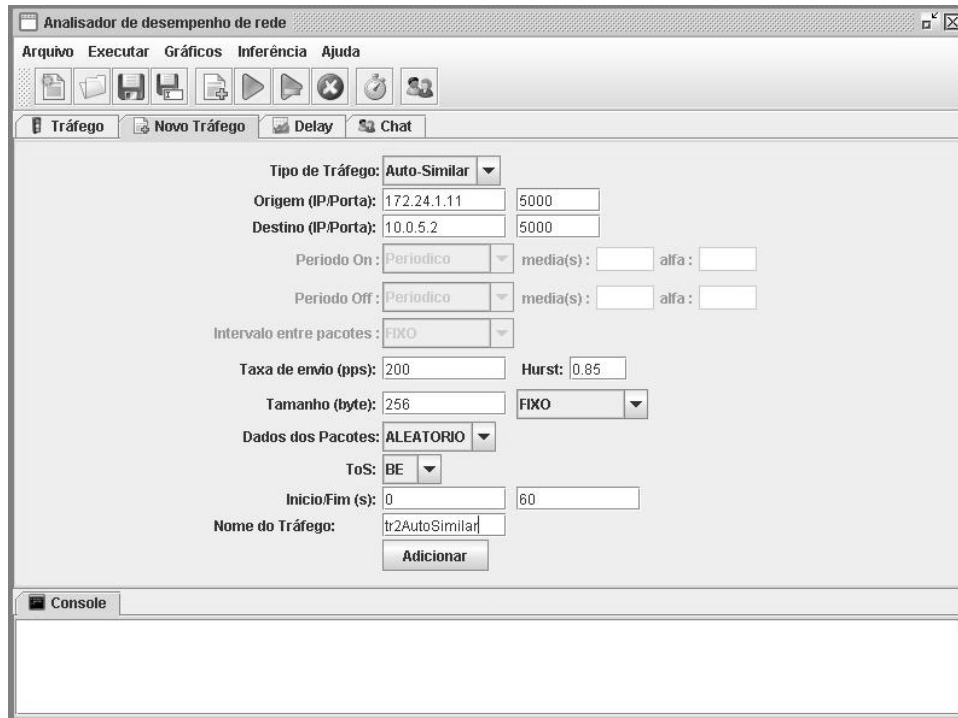


Figura 3. Gerador de Tráfego.

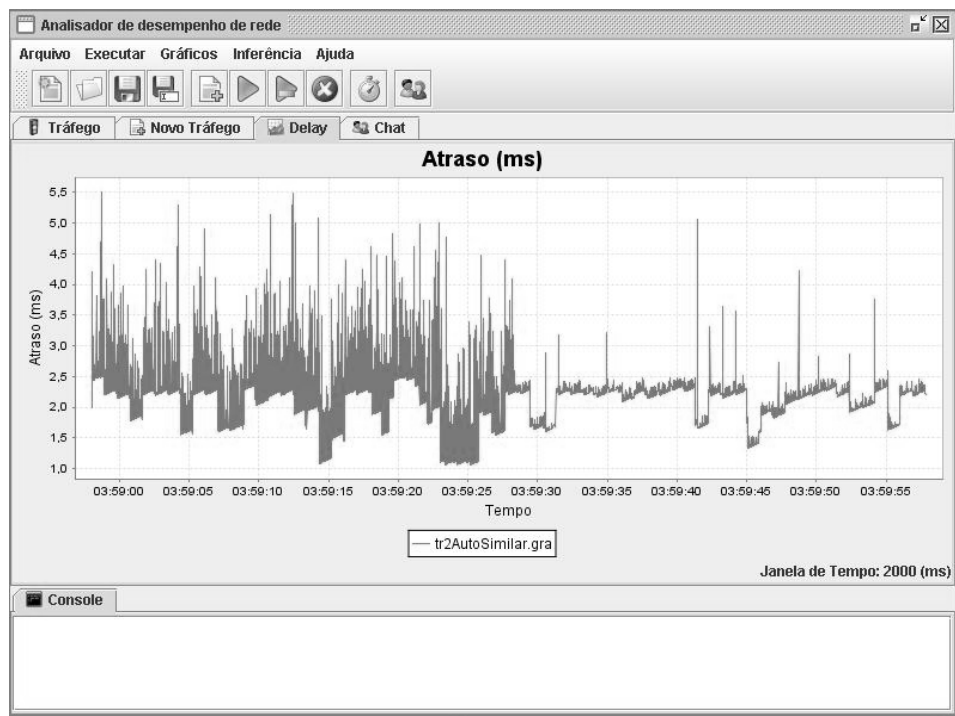


Figura 4. Analisador de Desempenho.

Esta ferramenta suporta a entrada e escolha de parâmetros para a geração de fluxos de pacotes tais como: marcação do campo do TOS (*Type of Service*) do IP, tipo de tráfego, *porta/endereço* de Origem, *porta/endereço* de destino, taxa de envio de pacotes entre outras opções, Figura 3. A geração e monitoração de tráfego podem rodar em máquinas distintas sendo cliente ou servidor. Como o processo gerador roda na máquina fonte e o processo coletor na máquina destino, a ferramenta faz uso de um algoritmo baseado no NTP (*Network Protocol*) para sincronização dos relógios das máquinas envolvidas no experimento. O aplicativo, configurado no modo servidor, serve de relógio principal para uma ou mais máquinas no modo cliente e permite atualizações periódicas para que o sincronismo esteja sempre garantido.

Na Figura 4 anterior, tem-se uma mostra de tráfego gerado em tempo real, do fluxo definido a partir da Figura 3, como sendo uma agregação do tráfego que se enquadra em determinada regra. O aplicativo, no modo de analisador de desempenho, pode-se criar gráficos de *banda*, *delay*, *jitter* e *perdas de pacotes*.

2.2.2 Probe de Gerência e Monitoramento de Tráfego

A probe de gerência (sonda) pode monitorar o tráfego da rede, capturando os pacotes como um analisador de pacotes e contabilizando-os de forma tal que é possível saber quais protocolos, estações e servidores que mais utilizam os recursos de rede, para a construção de uma matriz de tráfego dentre outros dados [Compuware 2006].

Independente do tipo de probe, para ter acesso aos dados capturados, é necessário um software compatível com o recurso, para apresentá-los e consolidá-los na forma de relatórios e telas amigáveis, conforme a Figura 5, para uma melhor análise por parte do usuário. No caso do ambiente de teste, a probe embarca um aplicativo que monitora a utilização da banda por protocolo e aplicação, bem como a latência entre os ativos de rede. Ele irá monitorar, gravar e formar gráficos comparativos em relação ao tráfego anotado.

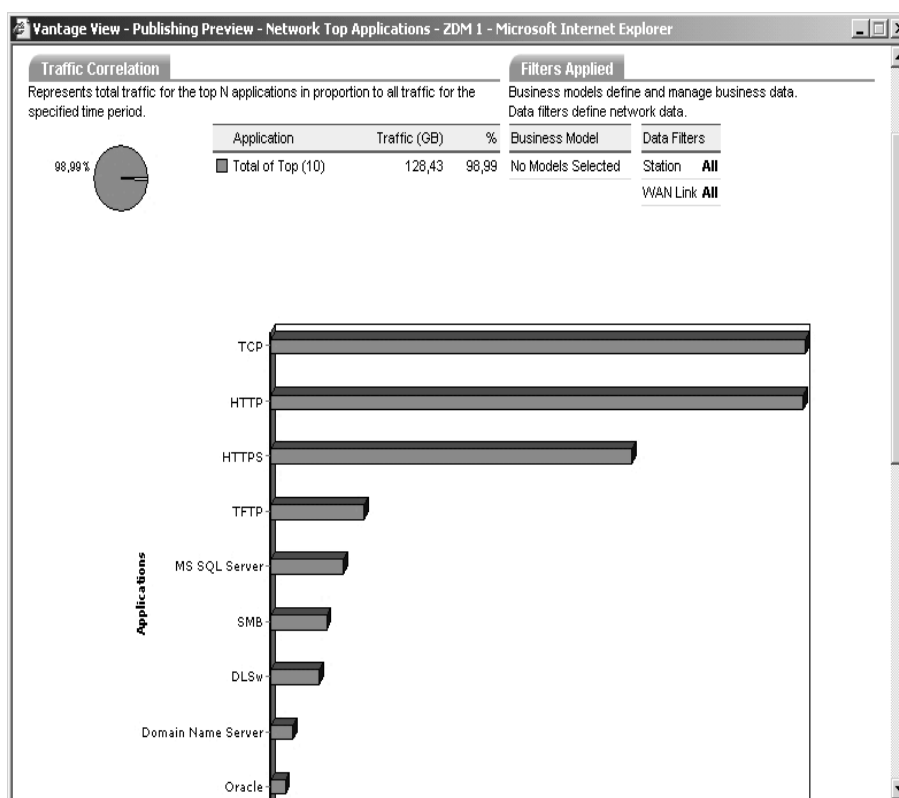


Figura 5. Probe de Gerência e Monitoramento.

Probes podem ser de hardware ou software. Probes de hardware são equipamentos totalmente dedicados e planejados para a função de coleta dos pacotes e consolidação dos dados. Probes de software são PCs com o software de coleta e uma placa que atua em modo promíscuo, capturando os pacotes que passam na rede. O software de coleta interpreta os pacotes capturados e faz a consolidação.

2.3 Equipamentos

A Proposta de Teste envolve diversos equipamentos especializados, que são exatamente os que serão utilizados nas redes metropolitanas. O motivo de se utilizar os mesmos equipamentos que serão utilizados em produção, esta relacionado com a parametrização específica de cada um para o resultado final do experimento. Desta maneira, ao final teremos uma relação de parâmetros e como implementá-los em cada caso.

2.3.1 Telefonia IP

Os equipamentos tipo gateway de voz estão configurados para conexão de dois telefones cada, isto é, cada equipamento tem duas placas FXS. Trabalha com diversos codecs, como G.711, G.729 e G.723 com cancelamento de eco e transparência a transmissão de fax. Estão conectados por interfaces Fast Ethernet e

suportam tanto IEEE 802.1p quanto IEEE802.1q, que serão utilizados nos testes para definição da melhor configuração [Vanguard 2006].

2.3.2 Concentradores

Os concentradores, são equipamentos tipo switch, com capacidade de comutação de 429Mpps, tem módulos com interfaces de 10Gbps e 1Gbps, ópticos. Suportam IEEE 802.1p e IEEE 802.1q, com 4 níveis de priorização de tráfego dentro das vlan e 8 dentro do segmento ethernet [Foundry 2006].

2.3.3 Comutadores

Os comutadores já são equipamentos dimensionados como CPEs de rede Metrolan, com interfaces 10/100/1000 metálicas e 1000 ópticas, esta última para fazer o uplink com os equipamentos concentradores. Assim como estes, também suportam IEEE 802.1p e IEEE 802.1q, com 4 níveis de priorização de tráfego dentro das vlan e 8 dentro do segmento ethernet [Foundry 2006].

2.3.4 Antenas Pré-WiMax

As são equipamentos ligados nos comutadores da rede Metrolan, trabalhando nas frequências 2.4 GHz, 5.1 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz, com um range de 56 Kilômetros e um Throughput de 7.5 Mbps. Assim como estes, também suportam IEEE 802.1p; IEEE 802.1q, com níveis de priorização de tráfego [IEEE 802.19 – 2004].

3. Experimentos

Com o objetivo de verificar o nível de desempenho e o funcionamento do ambiente configurado, serão utilizados, no experimento, tráfego prioritário, como voz ou imagem, com a possibilidade de geração de tráfego concorrente, para simular a situação de uma rede em produção que necessita de priorização para o tráfego em tempo real. Embora seja uma rede GIGA [Scheufler 2006], de alta velocidade e alta disponibilidade, a banda não é infinita, principalmente na passagem de uma rede GIGA para uma WiMax, onde as velocidades são muito diferentes e em termos de priorização de serviços na rede, é necessário a adequação de prioridades.

Então, uma das razões para se medir o tráfego com QoS [RFC-2475 1988], neste ambiente de rede metropolitana, reside na possibilidade de se avaliar, de maneira mais próxima ao ambiente real, as técnicas aplicadas ao tráfego que recebe tratamento prioritário junto ao de melhor esforço (BE – *Best Effort*).

Para a realização dos testes, no ambiente proposto, serão montados 4 cenários implementando a qualidade de serviços em camada 2 [Ek 1999]:

- **Parâmetros referência usados em todos os cenários:**
 - Padrão de compressão G.711.
 - Banda total do circuito \leq 2Mbps.
 - Geração de tráfego concorrente.
 - Saturação do link.
 - Verificar a qualidade (usuários sem treinamento).
 - Verificar o atraso na rede.
 - Verificar a ocorrência de Jitter.
 - Verificar a perda de pacotes.
 - Velocidades de vazão dos testes, 2Mbps, 1Mbps, 512Mbps, 256Mbps
- **Cenário 1**
 - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
- **Cenário 2**
 - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
 - Implementação de priorização por VLAN, 802.1Q
- **Cenário 3**
 - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
 - Implementação de priorização por VLAN, 802.1Q
 - Implementação de priorização, 802.1P
- **Cenário 4**
 - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
 - Implementação de priorização por VLAN, 802.1Q

- Implementação de priorização, 802.1P
- Alteração de padrão de compressão G.711/G.728/G.723

Todos os experimentos farão uso de métricas tais como atraso, variação de atraso e perda de pacotes [Carvalho, P. 2006]. Por termos uma rede com alta concorrência na disponibilidade de banda, a qualidade de voz na rede força o uso de métricas de QoS que fazem a priorização de tráfego em tempo real. A avaliação fim-a-fim da qualidade de voz usando um método subjetivo, provê uma abordagem significativa e compreensiva para o usuário final, contrário ao uso de um conjunto de parâmetros técnicos.

No cenário com fluxo BE, serão definidos quatro padrões de tráfego: dois CBR (*Constant Bit Rate*) e dois VBR (*Variable Bit Rate*), de acordo com a Tabela 3.1. Os fluxos de VBR terão rajadas periódicas com uma distribuição exponencial. No caso do tráfego VBR1, serão definidas rajadas de 0,5 s de duração em intervalos de 3 s e, para o VBR2, as rajadas terão duração de 1 s em intervalos de 5 s, de tal forma a reproduzir um tráfego com características elásticas, que irão saturar periodicamente a banda disponível.

No cenário com rede WiMAX, será utilizado uma arquitetura de Diffserv para aplicação de QoS na mesma. Nesse modelo são definidos três (3) parâmetros de prioridades. Pacotes setados com prioridade de 0 a 3 são mapeados para canais de baixo nível, pacotes setados com prioridade de 4 a 7 são mapeados para canais de alto nível. Os mapeamentos também são feitos na utilização de VLAN 802.1p [DUARTE – 2002].

Tabela 3.1. Fluxos de tráfego de melhor esforço.

Tipo de tráfego	Taxa	Tamanho do pacote
CBR1	64 kbps	256 bytes
CBR2	384 kbps	512 bytes
VBR1	1.000 kbps	1.024 bytes
VBR2	1.000 kbps	1.024 bytes

Além disso, as antenas Pré-WiMAX da Motorola que iremos utilizar no experimento, define também 4 parâmetros de qualidade de serviços especificando a taxa de transmissão do AP e do SM para *downlink* e para *uplink* [IEEE 802.16,2004].

A Tabela 3.2 mostra os fluxos que serão definidos para a situação de ambiente com fluxo prioritário. Os padrões de tráfego utilizados serão semelhantes aos da Tabela 3.1, menos o tráfego VBR1 classificado como AF21 (*Assured Forwarding Class 2* precedência de descarte 1), que será substituído pelo CBR3, um tráfego do tipo CBR classificado como BE. Os fluxos CBR1, CBR2 serão classificados, respectivamente, como EF (*Expedited Forward*) e AF11 (*Assured Forwarding Class 1*, precedência de descarte 1).

Tabela 3.2. Fluxos de tráfego para serviço com priorização.

Tipo de Tráfego	Taxa	Classe de Serviço	Tamanho do Pacote
CBR1	64 kbps	EF	256 bytes
CBR2	384 kbps	AF11	512 bytes
CBR3	1.000 kbps	BE	1.024 bytes
VBR2	1.000 kbps	AF21	1.024 bytes

O resultado esperado será um modelo de qualidade de serviço a ser implementado nos equipamentos de redes metropolitanas brasileiras. A idéia é mostrar um caminho uniforme de configuração capaz de efetuar a priorização do tráfego multimídia em tempo real, indicando não só parâmetros, mas também a parte de conceituação em relação aos modelos de *metrolan*. Lembrar que serão implementadas 27 redes metropolitanas a nível Brasil.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Por fim, este trabalho irá contribuir nas implementações futuras de redes metropolitanas, bem como em seus projetos, suas capacidades e parametrizações. Os experimentos servirão para criar um ambiente mais próximo ao real, onde as simulações utilizam os mesmos equipamentos utilizados nestas redes e os geradores de tráfego produzem o modelo de tráfego concorrente ao tráfego a ser priorizado.

Como trabalho futuro, temos a integração entre as redes Metropolitanas e as redes Pré-WiMax com redes WAN, onde esta última tem, via de regra, velocidades menores que as anteriores. O que tem de ser realizado é o

mapeamento da qualidade de serviço entre as redes Metropolitanas e as redes Pré-WiMax para as redes WAN, onde a prioridade de uma seja provisionada para outra, de maneira automática e transparente. Desta maneira o tráfego prioritário poderá navegar entre as redes, passando de segmento para segmento, “carregando” as características de qualidade de serviço entre redes.

5. Referências

- Scheufler, N. Luiz, “10-Gigabit Ethernet Solution For a Metro Network”, 2006, Dalhousie University, Halifax, NS – CANADA.
- Carvalho, P., A. Martins, Abdalla Jr H., P. Solis Barreto, Amvame Nze, G. “Open Source Software for Evaluation of Applications and Traffic Measurement in an Experimental Testbed for Converged Networks “. In: 2nd International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, 2006, Barcelona. IEEE Tridentcom2006.
- Duarte, Otto Carlos Muniz Bandeira, Bicudo, Marco Dias Dutra, IEEE 802.1p - QoS na camada MAC, 2002.
- Ek, Niclas, IEEE 802.1 P,Q - QoS on the MAC level, Department of Electrical Engineering Helsinki University of Technology, 1999.
- Foundry, Co, <http://www.foundry.com/pdf/ds-ni-400-800-1500.pdf>, 2006.
- Vanguard, Co, <http://www.vanguardms.com/>, 2006.
- Compuware, Co, <http://www.compuware.com/>, 2006.
- RFC-2475, “An Architecture for Differentiated Services”, DiffServ, IETF, 1998.
- IEEE Std 802.16 – 2004, “IEEE Standard For Local and Metropolitan area network – Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems”, IEEE, 2004.



LEONCIO REGAL DUTRA

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Católica de Goiás (2004) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2007). Atualmente é professor - Unieuro Centro Universitário e professor da União Educacional de Brasília. Tem experiência na área de Ciência da Computação e Telecomunicações, com ênfase em Modelos Analíticos e de Simulação, atuando principalmente nos seguintes temas: Computação, Software Livre, Estatística, VoIP, Gerenciamento e Telecomunicações.

CARLOS HENRIQUE BACELLAR BON

Possui graduação em Administração de Empresas pelo Centro Universitário de Brasília (1984) , graduação em Tecnólogo Em Telecomunicações pela Universidade Estácio de Sá (1989) e especialização em Análise de Sistema pela Universidade Estácio de Sá (1995) . Atualmente é suporte técnico de rede do Serviço Federal de Processamento de Dados e PROFESSOR ESPECIALISTA da Faculdade Santa Terezinha Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações.

GEORGES AMVAME NZE

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1999) , mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2002) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2006) . Atualmente é Professor Substituto da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações. Atuando principalmente nos seguintes temas: MIPv4, Recuperação de Falha, RDAIPM, AdHoc.

CLAUDIA JACY BARENCO ABBAS

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Católica de Brasília (1991) , especialização em Redes de Computadores pela Universidade Católica de Brasília (1991) , mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (1995) e doutorado em Ingeniería de Telecomunicación pela Universidad Politécnica de Madrid (2000) . Atualmente é Professor Adjunto da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Ciência da Computação. Atuando principalmente nos seguintes temas: QoS, Internet, DTM.

ANDERSON CLAYTON ALVES NASCIMENTO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1998), mestrado em

Information And Communication Engineering - University Of Tokyo (2001) e doutorado em Information And Communication Engineering - University Of Tokyo (2004). Atualmente é professor adjunto I da Universidade de Brasília. É revisor dos periódicos IEEE Transactions on Information Theory , IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Journal of Physics A, Journal of Cryptology. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Incondicionalmente Seguros e Criptografia Quântica.

LUCIANA GOMES

Possui graduação em Bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade de Brasília (2000). Atualmente é analista de redes de computadores do Serviço Federal de Processamento de Dados. Tem experiência na área de gerenciamento de redes, com ênfase em gerenciamento de redes WAN.

Metapadrão - Descrição e Integração de Padrões de Metadados

Alcione Benacchio

alcione@inf.ufpr.br

Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Caixa Postal 19.081 81.531-990 Curitiba PR Brazil

Maria Salete Marcon Gomes Vaz

salete@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)
Ponta Grossa PR Brazil (também vinculada à

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Resumo

Iniciar o processo de gestão de dados e metadados de uma organização, localizar e compreender os dados disponíveis e o seu contexto é uma tarefa difícil de ser realizada. Metadados são elementos fundamentais para a integração, interpretação, organização e localização de informações. Por isso, organizações procuram adotar padrões de metadados para tratar cada tipo de informação que ela gerencia, resolvendo parte do problema, pois utilizando padrões distintos surgem os problemas de integração dos dados entre os padrões. O objetivo deste artigo é apresentar um padrão genérico para descrição de padrões de metadados que possibilita a integração dos dados comuns entre padrões distintos, proporcionando um repositório onde um único sistema possa gerenciar os metadados de vários padrões.

Abstract

Starting the managing process of metadata in a organization, locate and understanding the available data and its context is a difficult task to be performed. Metadata are basic elements for integration, interpretation, organization, and localization of information. Thus, organizations are looking for apply metadata standards to storage every single type of information that it manage. Solving part of the problem, therefore using different standards problems with data integration can appear. O goal of this paper is to present a generic standard for metadata description that provides integration of common data between different standards, providing a repository where a single system could manage metadata of several standards.

1. Introdução

A atividade de documentar dados facilita a reutilização, minimiza problemas de inconsistência e simplifica eventuais manutenções [13]. O Metapadrão é um modelo criado com o objetivo de tornar possível a integração das funcionalidades de gestão, descrição, reuso e padronização dos dados dentro de uma organização, provendo um repositório onde os metadados registrados estejam centralizados.

Um repositório de metadados que integra todos os padrões utilizados pela organização, facilita a indexação e a recuperação de dados comuns entre padrões distintos. Por isso, o objetivo deste trabalho é especificar a arquitetura de um repositório de metadados genérico que torna possível a integração das funcionalidades de gestão, descrição, reuso e padronização dos dados dentro de uma organização.

Este ambiente utilizará alguns conceitos de modelagem e de registro de metadados baseados na norma ISO/IEC 11179 [4] e especifica que os metadados registrados estejam centralizados com o intuito de integrar todos os padrões utilizados pela organização, facilitando a indexação e a recuperação de dados comuns entre padrões distintos.

Como contribuição, este trabalho propõe uma divisão entre a arquitetura de armazenamento dos metadados e a modelagem dos padrões, ou seja, em um local serão armazenados os dados dos metadados, e em outro serão armazenados os padrões que serão utilizados como *templates* (modelos) para o armazenamento dos dados, conforme a especificação de cada padrão descrito. Outra contribuição da modelagem dos padrões é a flexibilidade para constantes extensões dos padrões utilizados pela organização.

Não faz parte do escopo deste trabalho determinar forma ou tecnologia utilizada para o armazenamento para os padrões e os dados dos metadados.

Na Seção 2 é apresentada a definição de metadados, abordando suas aplicações e uma breve explanação sobre o seu processo de gestão. Na Seção 3 são introduzidos os conceitos sobre padrões de metadados e alguns dos padrões mais conhecidos.

A Seção 4 é dedicada a apresentar a arquitetura do Metapadrão, descrevendo de forma abstrata os atributos que o compõe e como deve ser o processo de gestão de dados ao utilizar o modelo Metapadrão. E finalmente, a última seção apresenta as conclusões e perspectivas de trabalhos futuros.

2. Metadados

Metadados são definidos como “dados que descrevem dados”. Podem ser utilizados para descrever objetos ou tornar pública sua existência. Eles disponibilizam, descrevem, localizam e auxiliam na compreensão dos dados, transformando-os em conhecimento [13]. Ao ter conhecimento de quais dados estão disponíveis, entender o seu contexto e onde esses estão localizados, informações precisas são obtidas e melhores decisões podem ser tomadas [12].

Os metadados podem ser Esquemas de Classificação, Domínios Conceituais, Contextos, Elementos de Dados, Conceitos de Elemento de dados, Classes de Objeto, Propriedades, Representações de classes e Valores de Domínio.

Ao serem identificados e registrados os metadados são gerenciados como elementos dentro do repositório, são nomeados e devem possuir pelo menos um Contexto. O Contexto possui um nome e definições podem ser especificadas em uma ou mais linguagens e define o escopo e o significado de cada tipo de metadados, podendo conter informações sobre o domínio de negócio, informações sobre áreas, informações sobre sistemas, banco de dados, modelagem ou sobre qualquer ambiente determinado pelo proprietário do registro.

Um Esquema de Metadados é um conjunto de atributos definidos para atender uma determinada finalidade. Através da identificação de problemas no armazenamento e recuperação de informações por falta de padronização, vários esquemas foram criados para atender diferentes propósitos, são chamados de padrões de metadados [9].

Os metadados possuem uma vasta aplicação e são utilizados para descrever uma infinidade de informações como imagens, vídeos, atributos, tabelas, bancos de dados, mapas espaciais, documentos, entre outros. As ferramentas que manipulam *Data Warehouse* [14], por exemplo, são baseadas em metadados, que descrevem as informações nelas contidas e por elas manipuladas, desde dados técnicos até regras de negócio.

Por isso estão sendo desenvolvidos sistemas especializados para a leitura e descrição desses metadados específicos, como sistemas de armazenamento e indexação de mapas digitais, gestão eletrônica de documentos arquivísticos [2].

3. Padrões de Metadados

A utilização de padrões já foi vista como forma de limitação entre a comunidade de desenvolvedores, hoje com o grande crescimento dos dados armazenados, é visto como um grande aliado.

Investir em padrões é um esforço correto para a solução de problemas conhecidos e trazem diversos benefícios a seus usuários. Facilita a atividade de análise, pois geralmente são amplamente documentados, trazendo a tona soluções para problemas que em alguns casos ainda não tinham sido previstos pelos analistas, facilitando a comunicação entre os usuários e proporcionando uniformidade e integração entre soluções.

Os padrões estão cada vez mais presentes dentro das organizações, por isso diversos padrões foram desenvolvidos para atender a diferentes áreas como Bibliotecas Digitais, Multimídia, Documentos Arquivísticos entre outros.

Dentre os vários padrões existentes pode-se destacar o Padrão *Dublin Core* [7]. Este padrão define um grupo de atributos que pode ser utilizado por autores para descrever seus próprios recursos na web, onde de acordo com DCMI o padrão Dublin Core se destaca pela Simplicidade, Interoperabilidade Semântica, Consenso Internacional, Extensibilidade e Modularidade de Metadados na Web. Possui 15 atributos, (Title, Creator, Subject, Description,

Publisher, Contributor, Date, Type, Format, Identifier, Source, Language, Relation, Coverage, Rights), por serem atributos extremamente genéricos, este padrão pode ser utilizado nas mais diversas áreas de conhecimento [7].

O esquema METS é um padrão para a codificação de metadados descritivos, administrativos e estruturais, utilizados para a gestão e a troca de objetos de repositórios de bibliotecas digitais. Essas bibliotecas de objetos digitais requerem a manutenção de vários tipos de metadados estruturados. Para manter metadados descritivos sobre um livro e garantir que os dados possam ser utilizados sem dúvidas sobre sua precisão, é importante a utilização de metadados técnicos e metadados estruturais.

Codificado em XML, este padrão possui sete seções, em cada seção um grupo de atributos, sendo Cabeçalho METS, Metadados Descritivos, Metadados Administrativos, Seção de Arquivos, Mapa Estrutural, Ligações Estruturais, Comportamento. O padrão METS é um schema mantido pelo Network Development and MARC Standards Office da Biblioteca do Congresso dos Estados Unidos. [10]

O MPEG (*Movie Picture Experts Group*) é o grupo da ISO/IEC encarregado do desenvolvimento de padrões para a representação de codificação de dados digitais de áudio e vídeo. Este grupo produziu vários padrões como o MPEG-1 que resultaram em produtos como o Video CD e o MP3, MPEG-2 utilizado na Televisão Digital e o no qual o formato de vídeo do DVD é baseado, MPEG-4 que está sendo aplicado para vídeos de alta compressão como os utilizados por dispositivos móveis e vídeos pela web, MPEG-7 utilizado para descrever dados de áudio e vídeo.

O padrão MPEG-7 que é interface de descrição de conteúdo multimídia foi desenvolvido no intuito de prover um *template* para ser utilizado em repositórios de dados para que possam ser utilizados por pessoas ou para que possa ser recuperado de forma automatizada por aplicações [11].

4. Metapadrão

Com a existência e o crescente desenvolvimento de novos padrões, vários sistemas de registro de metadados foram e serão criados para atender os requisitos de cada padrão, fazendo os usuários de padrões utilizarem vários sistemas diferentes. Existe a necessidade de integração entre esses metadados, pois muitas vezes esses dados registrados são relacionados. Essa integração minimiza o esforço para sincronização e consistência dos dados [7].

A partir de um repositório baseado na arquitetura definida pelo Metapadrão, os metadados gerenciados podem ser localizados, atualizados e utilizados os dados que os metadados descrevem. A arquitetura proposta registra o significado dos dados e como esses dados são representados e descritos. A partir dessas descrições pode ser compreendido com precisão, como esses dados estão contextualizados e principalmente garantir que um tipo de metadados que já foi criado não seja duplicado.

Dentro do repositório são registrados os metadados e definidos os esquemas de metadados (padrões), o modelo prove um ambiente onde os padrões registrados sejam utilizados como modelos para o registro de valores dos metadados. Contribuindo com o trabalho de gestão de metadados e auxiliando o Administrador a decidir quais metadados devem ser coletados e mantidos e onde novos metadados devem ser criados, de forma que estarão sempre integrados e podendo ser reutilizados.

Os metadados registrados devem possuir as seguintes especificações:

- Identificador único para cada elemento
- Contexto dos metadados
- Definição de metadados obrigatórios, opcionais e obrigatórios baseados em condições
- Um metadado pode ocorrer muitas vezes
- Metadados relacionados hierarquicamente
- Tipos de valores de metadados

A padronização na descrição de dados, o entendimento claro dos dados por meio dos elementos organizacionais, o reuso dos dados através do tempo, espaço e aplicações, a padronização dos dados dentro de uma organização e a gestão e reuso dos componentes de dados são os principais benefícios desta arquitetura.

4.1 Aplicação do Metapadrão

Um modelo armazena todos os element sets(Atributos) que podem ser utilizados na descrição dos schemas de metadados(padrões), um element set pode ser a junção de vários element sets, cada element set também possui uma associação de contexto e se o dado relativo ao element set é obrigatório, opcional ou condicional.

Pode ser exemplificado da seguinte forma, o padrão Dublin Core e o MPEG-7 serão registrados no repositório da organização. O primeiro passo é registrar os atributos necessários para cada padrão. Pode ser observado que tanto o padrão Dublin Core quanto o MPEG-7 possuem o atributo Creator, esse atributo é relacionado ao contexto Autoria.

Neste caso o Administrador irá criar apenas um atributo Creator que será compartilhado entre os dois padrões, possibilitando o reuso de informações e também de localizar e recuperar informações relativas ao mesmo contexto entre padrões distintos (Crosswalking). O Administrador também poderá atribuir uma legenda ao atributo Creator para cada padrão onde ele é utilizado, tornando mais compreensível para os usuários do padrão.

Nesse caso específico seria simples encontrar todos os metadados criados por determinado autor, tanto no padrão Dublin Core quanto no MPEG-7 já que utilizam a mesma estrutura de armazenamento de autores como pode ser visto na Tabela 1.

	Dublin Core	MPEG-7
Author Context	Creator	Creator

Tabela 1. Atributo Creator utilizado pelos padrões Dublin Core e MPEG-7.

Ao termos todos os atributos registrados o Administrador identifica que o Atributo Creator, por si só não atende as suas necessidades. Após avaliar suas necessidades o Administrador chega a conclusão que o Atributo Creator ou qualquer outro atributo que esteja relacionado ao contexto autoria do metadado deve possuir separadamente os atributos name, last name, email como demonstrado na Tabela 2.

	Dublin Core	MPEG-7	
Author Context	Creator		
	name	last name	email
	name	last name	email

Tabela 2. Atributo Creator estendido com novos atributos.

O Administrador tem a possibilidade de estender todos os padrões que irá utilizar, de acordo com o seu contexto, tornando o Metapadrão mais flexível e abrangente.

4.2 Modelo Conceitual do Metapadrão

O modelo descrito na figura 1 é uma abstração do modelo proposto para armazenar padrões de metadados para que possa ser utilizado como *templates* para armazenamento de conteúdo de metadados.

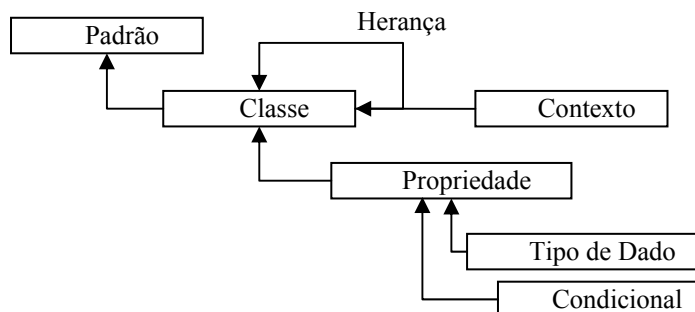


Figura 1. Modelo Metapadrão

Na entidade Padrão, serão registrados os padrões que serão armazenados no modelo, cada atributo será registrado como uma classe, possuindo propriedades que nela irão ser registrados as informações, conforme especificado nas propriedades por obrigatório, opcional ou condicional. Caso seja necessário utilizar alguma regra para preenchimento do atributo de propriedade, deverá ser registrada a condição na entidade condicional.

É obrigatória a especificação de um contexto para cada classe. Sendo que as classes podem ser utilizadas por qualquer padrão, desde que de acordo com as normas especificadas para o padrão seja necessário o uso desta classe com este mesmo contexto.

A Norma ISO/IEC 11179, que descreve um sistema de registro de metadados que pode ser utilizado por grandes organizações para o registro de seus metadados. Esta norma é dividida em seis partes (Framework, Classificação, Metamodelo e atributos básicos, Formulação e definição de dados, Nomeação e Identificação de princípios, Registro). A terceira parte da norma Metamodelo e Atributos básicos possui o mesmo objetivo deste trabalho, mas ela possui um foco mais amplo no que diz respeito aos gestores, envolvendo várias pessoas no processo. Neste trabalho foi definido como apenas um gestor o Administrador, também pode ser destacado que este modelo propõe que cada metadado seja um objeto e que cada padrão seja a composição dos objetos criados e armazenados no modelo [4] [5].

Baseadas nesta norma aplicações licenciadas foram desenvolvidas pela iniciativa privada e já estão disponíveis no mercado, como o *Data Foundations OneData Registry* e o *Oracle Enterprise Metadata Manager (EMM)*. Também é possível encontrar implementações desenvolvidas por órgãos governamentais como o Instituto Australiano de Saúde e Bem-estar que desenvolveu o *Metadata Online Registry (METeOR)* [1] e o Instituto Canadense para a Informação da Saúde que desenvolveu o *Canadian Institute for Health Information (CIHI) Data Dictionary* [3]. Ambos os casos são repositórios para padrões de dados relacionados à saúde, estatísticas de serviços para comunidade e informações.

Apesar de ter identificado várias implementações, até o mês de maio de 2007 o site da JTC1 SC32 WG2 informava que o órgão ainda não tinha validado nenhuma delas como aplicações que realmente atendessem os requerimentos descritos na Norma ISO/IEC 11179 [8].

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Através da utilização de metadados e padrões de metadados é possível promover a integração, interpretação, localização e reutilização dos dados, assegurando sua existência através do tempo. O modelo Metapadrão proposto provê um repositório onde as funcionalidades para o gerenciamento e padronização dos dados dentro de uma organização possam ser integrados, proporcionando ao Administrador um ambiente de gestão de metadados completo, permitindo que os metadados registrados possam ser acessados e utilizados por pessoas e aplicações.

Pode-se considerar que a principal vantagem do modelo proposto é a reusabilidade da própria aplicação que torna o ambiente muito simples de ser utilizado por seus usuários, pois o sistema poderá ser utilizado para registrar dados sobre todos os padrões e podendo haver a integração de informações entre padrões distintos.

A arquitetura proposta pela Norma ISO/IEC 11179 é mais indicada para organizações que controlam um grupo de organizações e que precisam promover a integração dos dados entre as organizações, demandando um maior número de pessoas para a gerência dos processos de registro. Por isso o Metapadrão pode ser mais apropriado para organizações que precisam padronizar seus dados sem precisar integrar seus dados com outras organizações.

6. Referências Bibliográficas

- [1] Australian Institute of Health and Welfare (2005) "Metadata Online Registry - METeOR". Última consulta em 28 de abril de 2007 <<http://meteor.aihw.gov.au/>>
- [2] Baldan, R. (2004) "EDMS: Gerenciamento Eletrônico de Documentos Técnicos". Érica.
- [3] Canadian Institute for Health Information "CIHI Data Dictionary". Última consulta em 28 de abril de 2007 <<https://eservices.cihi.ca/ddexternal/welcome.do>>
- [4] ISO/IEC 11179-1 (2004) "Information Technology – Metadata registries (MDR) – Part 1: Framework". ISO/IEC.
- [5] ISO/IEC 11179-3 (2003) "Information Technology – Metadata registries (MDR) – Part 3: Registry metamodel and basic attributes". ISO/IEC.
- [6] ISO/IEC 11179-6 (2005) "Information Technology – Metadata registries (MDR) – Part 6: Registration". ISO/IEC.

- [7] Duval, E., Hodgins, W., Sutton, S., Weibel S. (2002) “Metadata Principles and Practicalities”. D-Lib Magazine 8(4).
- [8] JTC1 SC32 (2006) “MDR Implementations”. Metadata Standards ISO/IEC JTC1 SC32 WG2. Última consulta em 28 de abril de 2007 <<http://www.metadata-standards.org/>>
- [9] NISO Press, National Information Standards Organization (2004) “Understanding Metadata”. NISO Press.
- [10] Metadata Encoding and Transmission Standard (METS) – Última Consulta em 20 de Junho de 2007 <<http://www.loc.gov/standards/mets/>>
- [11] Moving Picture Experts Group (MPEG) ISO/IEC JTC1 SC29 WG11 – Última Consulta em 20 de Junho de 2007 <<http://www.chiariglione.org/mpeg/>>
- [12] Tannenbaum, A. (2002) “Metadata Solutions: Using Metamodels, Repositories, XML and Enterprise Portals to Generate Information on Demand”. Addison Wesley.
- [13] Vaz, M. S. M. G. (2000) “MetaMídia – Um Modelo de Metadados na Indexação e Recuperação de Objeto Multimídia”, Tese de Doutorado, UFPE.
- [14] Vetterli, T., Vaduva, A., Staudt, M. (2000) “Metadata Standards for Data Warehousing: Open Information Model vs. Common Warehouse Metamodel”. ACM SIGMOD Record. ACM Press.



ALCIONE BENACCHIO

Graduado em Processamento de Dados pelo Centro de Ensino Superior de Foz do Iguaçu (2001), especialização em Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005) e Mestrando em Informática pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente é Professor Pesquisador das Faculdades Integradas do Brasil. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Computação e Bancos de Dados e Metadados.

MARIA SALETE MARCON GOMES VAZ

Bacharelado em Processamento de Dados pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1988), Mestrado (1994) e Doutorado (2000) em Ciências da Computação pelo Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente, Professora Adjunta da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Diretora Adjunta do Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia/UEPG. Representante Docente no Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão - CEPE/UEPG. Presidente da Câmara de Pesquisa e Pós-Graduação do CEPE/UEPG. Editora Associada da Revista Publicatio - Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias. Professora Colaboradora e orientadora no Mestrado em Informática da Universidade Federal do Paraná. Avaliadora de Curso e Institucional do Ministério da Educação. Experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Banco de Dados, atuando principalmente nos seguintes temas: banco de dados não convencionais, metadados, internet e sistema de informação.

Validação de Modelos RPOO Usando Simulação

Edna Dias Canedo

edna.canedo@gmail.com

Centro de Tecnologia da Informação do Centro Universitário Unieuro, Brasília, DF, Brasil.

Resumo

A integração da teoria de redes de Petri e dos conceitos da orientação objetos surgiu como uma solução para a decomposição e estruturação de modelos em redes de Petri. RPOO foi definida integrando de forma ortogonal estes dois formalismos, permitindo que o sistema modelado tenha duas visões: uma visão de redes de Petri e uma visão de Orientação a Objetos. Este artigo relata o resultado da simulação do experimento de modelagem do serviço Bouncer, desenvolvido utilizando a notação RPOO. O modelo é analisado usando o sistema para simulação de RPOO.

Abstract

The integration of Petri nets theory and object oriented concepts has emerged as a solution to decompose and structure Petri net models. RPOO was defined by integrating these two formalisms on an orthogonal perspective, allowing that the modeled system has two visions: one Petri net vision and one OO vision. This paper reports the result of the simulation of the experiment of modeling service Bouncer, developed using notation RPOO. The model is analyzed using the system for RPOO simulation.

1. Introdução

Redes de Petri [15,17] é uma ferramenta para modelagem e especificação de sistemas que permite simulação e verificação de determinadas propriedades dos modelos, através de análise formal. Apesar da facilidade de utilização da ferramenta e da amigável representação gráfica, especial atenção tem sido dedicada na busca de mecanismos mais adequados para a estruturação interna dos modelos [2, 3, 6, 10, 14, 9]. Uma abordagem para a questão é a integração das redes de Petri com os conceitos de orientação a objetos [13].

Uma proposta de integração entre as redes de Petri e orientação a objetos é conhecida como redes de Petri orientadas a objetos (RPOO) [11]. RPOO tem uma proposta de integração dos dois paradigmas que nos permite ter duas visões ortogonais dos modelos: uma do ponto de vista apenas das redes de Petri e outra do ponto de vista da orientação a objetos (Figura 1). Desse modo, a formalização de RPOO preserva as características originais tanto das redes de Petri como da orientação a objetos.

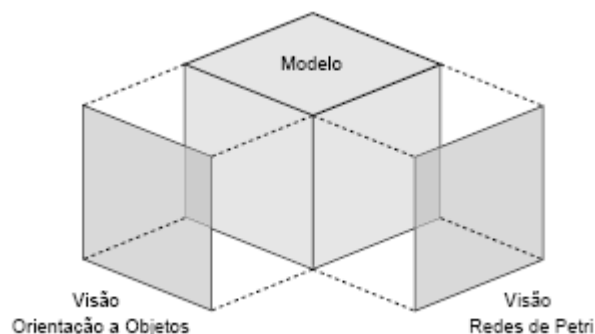


Figura 1 – Visões Ortogonais dos Aspectos de um Modelo RPOO

A idéia de RPOO é utilizar as construções da orientação a objetos para organizar os modelos. Logo, a construção chave da notação é a classe. Cada classe descreve um tipo de entidade do sistema. Neste caso, os objetos, que são as instâncias das classes, modelam entidades autônomas e concorrentes. O comportamento de cada classe de objetos é descrito através de uma rede de Petri colorida (CP-Net) [12]. Cada marcação pode ser vista como uma

representação do estado de uma rede de Petri da rede determina um possível estado das instâncias da classe. De forma análoga, as transições da rede modelam possíveis ações dos objetos. A comunicação entre os objetos do sistema completa a teoria de RPOO. Assim, a formalização propõe um conjunto de regras que definem como um sistema é representado a partir da comunicação entre as instâncias que estão executando. Este conjunto de regras e representações é chamado de sistema de objetos.

Neste artigo apresentamos o resultado da simulação de um experimento de modelagem, a fim de fornecer subsídios na avaliação do uso de RPOO para modelagem de sistemas reais. O sistema de simulação proposto integra ferramentas apropriadas para tópicos diferentes da formalização (ver Seção 5). Desse modo, o experimento também serviu para testar uma das ferramentas desenvolvidas para simulação. Para a leitura do restante deste documento, assume-se que o leitor tenha conhecimentos básicos de modelagem orientada a objetos e de redes de Petri coloridas.

O restante deste artigo está organizado como segue. Na próxima seção detalhamos alguns aspectos de RPOO para facilitar a compreensão do restante do documento. A seção 3 descreve a arquitetura do simulador de RPOO proposto. Na seção 4 descrevemos o problema que foi modelado em RPOO e submetido à simulação. A seção 5 descreve o processo de simulação e os resultados obtidos. Finalmente, na seção 6 apresentamos nossas conclusões.

2. Redes de Petri Orientadas a Objetos

Um modelo RPOO pode ser visto como um diagrama de classes, representando as entidades do sistema e suas associações; uma (ou mais) rede de Petri para modelar o comportamento de cada classe; e uma configuração inicial, que significa indicar instâncias das classes existentes no momento da inicialização do sistema modelado. Na Figura 2 apresentamos uma visão abstrata do modelo RPOO. Cada círculo dentro do Sistema de Objetos representa a instância de uma classe. As ligações entre os objetos indicam a possibilidade de envio/recepção de mensagens entre as instâncias. Como os objetos são entidades autônomas, o envio de uma mensagem de um objeto para outro não implica no consumo da mensagem. Assim, mensagens podem ficar pendentes e por isso são elementos considerados na formalização do sistema de objetos. O conjunto de objetos, ligações entre os objetos e mensagens pendentes é chamado de estrutura do sistema de objetos. As regras no sistema de objetos indicam qual o efeito do disparo da ação de um objeto sobre uma estrutura, ou seja, as regras definem como calcular a nova estrutura do sistema de objetos a partir do disparo de uma ação.

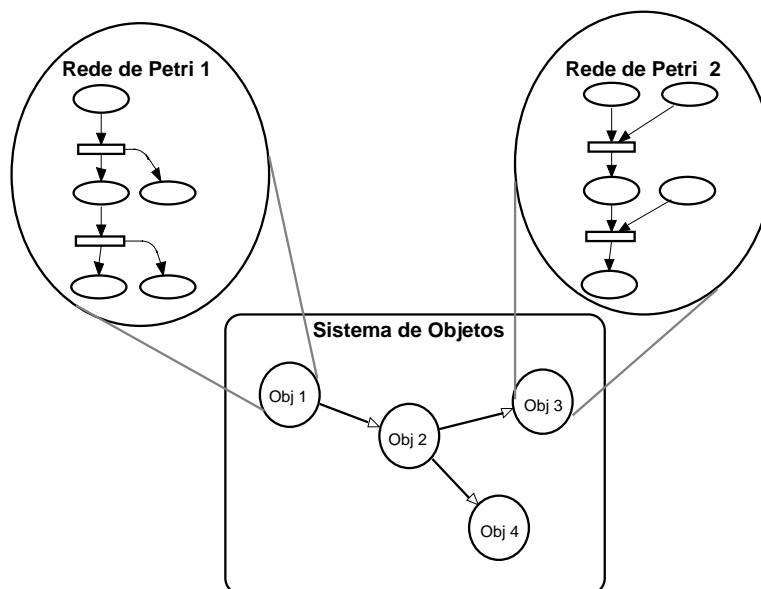


Figura 2: Visão Abstrata de um Modelo RP

Em um modelo RPOO, a troca de mensagens entre os objetos é definida através de inscrições de interação, que são associadas às transições das redes de Petri. As inscrições representam os tipos de ações que servem de

entrada para o sistema de objetos e que podem alterar a estrutura do sistema modelado. Pelas características da classe de sistemas para a qual RPOO foi projetada, ações podem ocorrer em conjunto, ou seja, mais de uma ação pode ser executada de forma atômica por objetos diferentes. Esse conjunto de ações é conhecido como Evento. As regras do sistema de objetos definem também qual o efeito do disparo de um evento sobre uma estrutura, a partir da composição do efeito das ações. Embora um evento possa conter uma quantidade indeterminada de ações, existem apenas sete tipos de ações definidos na notação RPOO, mais especificamente na formalização do sistema de objetos:

1. Ação interna - São ações ocorridas dentro de um objeto e que não modificam uma estrutura. Nos modelos das redes de Petri, as transições sem inscrição são interpretadas como uma ação interna.
2. Ação de criação - É uma ação na qual um objeto cria uma instância de outro. As regras definem que, quando um objeto cria outro, além do novo objeto passar a fazer parte da nova estrutura, uma ligação entre o objeto “criador” e o objeto criado também é inserida na estrutura.
3. Ação de saída assíncrona de dados - Uma ação em que um objeto envia uma mensagem para outro e continua seu processamento. As regras indicam que a mensagem só pode ser enviada se o objeto agente da ação possui uma ligação como objeto destino. O efeito dessa ação é a criação de uma mensagem pendente na estrutura.
4. Ação de saída síncrona de dados - Uma ação em que um objeto envia uma mensagem para outro e só continua seu processamento quando o objeto destino consome a mensagem. As regras indicam que a mensagem só pode ser enviada se o objeto agente da ação possui uma ligação como objeto destino. O efeito dessa ação é a criação e consumo da mensagem na estrutura.
5. Ação de entrada de dados - Uma ação em que um objeto consome uma mensagem pendente para ele. A mensagem consumida é excluída da estrutura resultante.
6. Ação de desligamento - Uma ação em que um objeto explicitamente se desliga de outro objeto.
7. Ação final - Uma ação em que um objeto se destrói. As regras definem que todas as ligações em que o objeto origem é o agente da ação sejam excluídas da estrutura.

A descrição formal das regras de disparo das ações e dos eventos sobre uma estrutura no sistema de objetos pode ser encontrada em [11].

3. Simulador RPOO

O sistema para simulação de RPOO é formado por um conjunto de ferramentas integradas que oferecem suporte computacional à simulação de modelos RPOO [16]. A arquitetura do sistema é composta basicamente por três elementos: um simulador para o sistema de objetos; um simulador para redes de Petri; e finalmente, um elemento responsável por executar a comunicação entre os simuladores do sistema de objetos e das redes de Petri. Na Figura 3 representamos a arquitetura do simulador de RPOO.

Para o sistema de simulação proposto, o módulo Simulador de Sistema de Objetos (Figura 3) é formado por uma ferramenta desenvolvida para oferecer suporte à formalização do sistema de objetos, que está sendo chamada de Simulador de Sistema de Objetos, ou SSO. O SSO é uma ferramenta que permite simular as alterações ocorridas em um sistema de objetos através da execução de ações. A ferramenta SSO pode ser considerada como um mediador, que trata as requisições de execução de ações de várias instâncias de objetos, validando ou não as ações requeridas. O comportamento dos objetos que se comunicam com o SSO é representado por uma CP-Net.



Figura 3 - Arquitetura do Simulador de RPOO

O SSO permite a criação de uma estrutura inicial para o sistema de objetos e a criação de eventos. Além disso, a ferramenta possui uma representação interna para as estruturas, os eventos e as regras que definem os efeitos dos

eventos sobre uma estrutura. A partir destes elementos, o SSO permite simular o efeito de qualquer evento sobre determinada estrutura, ou seja, é possível verificar qual a estrutura resultante em relação a um evento aplicado sobre uma estrutura inicial.

Para utilizar o SSO, foi definida uma gramática e uma linguagem para entrada de dados no sistema, que utilizam a representação algébrica proposta em RPOO [11]. Na expressão que representa uma estrutura, os objetos são identificados por rótulos simples; as ligações são representadas por objetos contidos entre [] e separados por vírgula; as mensagens, por sua vez, são identificadas por rótulos seguidos de (), contendo os objetos origem e destino da mensagem. Como exemplo, temos a seguinte expressão: $A[B] + B + \text{mens}(A, B)$.

O SSO interpreta esta expressão como sendo uma estrutura contendo os objetos A e B; o objeto A tem uma ligação para o objeto B, ou seja, o objeto A “conhece” o objeto B; e existe uma mensagem pendente com rótulo mens enviada de A para B.

A representação das ações é formada pelo objeto agente, seguido de “:”, mais o tipo da ação. Na Tabela 1 apresentamos os tipos de ações definidas na formalização do sistema de objetos, onde x é um objeto da estrutura.

Nome	Ação
#	Ação local (ou interna)
+x	Criação ou instanciação de objetos
x?m	Entrada de dados
x.m	Saída assíncrona de dados
x!m	Saída síncrona de dados
-x	Desligamento ou remoção de ligação
~	Ação final (ou auto-destruição)

Tabela 1 – Ações Elementares

Assim, a ação A: B.NovaMens é interpretada, pelo SSO, como uma ação de envio assíncrono de uma mensagem de A para B contendo o rótulo NovaMens. Como Simulador de Redes de Petri (Figura 3), utilizamos a ferramenta Design/CPN [7] ou, mais especificamente, o módulo de simulação do Design/CPN. O Design/CPN é uma ferramenta bastante utilizada na modelagem, análise e verificação das redes de Petri coloridas.

A camada Interface de Comunicação da Figura 3, por sua vez, representa a comunicação entre os módulos Simulador de Sistema de objetos e Simulador de Redes de Petri. No sistema atual, a integração entre as ferramentas Design/CPN e SSO não foi automatizada ainda. Assim, desempenhamos o papel do elemento responsável por executar a comunicação entre os simuladores do sistema de objetos e das redes de Petri. Os recursos da ferramenta Design/CPN [7] foram utilizados para recuperar as informações sobre os passos da simulação e estes resultados serviram de entrada para o SSO. O módulo de simulação do Design/CPN gera relatórios indicando quais transições foram disparadas em uma simulação. A partir destes relatórios, verificamos cada transição disparada, identificamos as inscrições nas transições relacionadas ao sistema de objetos (transições sem inscrição foram consideradas como ações internas) e através da forma de representação algébrica reconhecida fizemos a entrada de dados no SSO.

O objetivo no futuro é automatizar esta tarefa com a utilização do COMMS/CPN [8], uma biblioteca que possui primitivas para comunicação entre o Design/CPN e algum processo externo (que no caso, será o SSO). Assim, o COMMS/CPN vai representar a maior parte da Interface de Comunicação. Entretanto, parte desse módulo será implementado no Design/CPN e no SSO. No Design/CPN será executada a tarefa de traduzir as inscrições associadas às transições dos modelos para a linguagem reconhecida pelo SSO. No SSO serão implementadas primitivas para responder ao Design/CPN se os eventos solicitados podem ou não ser disparados, de acordo com as regras do sistema de objetos.

4. O Experimento de Modelagem

O serviço Bouncer [5,4] é um sistema distribuído para controlar o uso de licenças de software em ambientes de redes locais, oferecendo um conjunto de primitivas a serem usadas pelas aplicações que irão se beneficiar de seus serviços.

Na Figura 4 apresentamos um possível cenário do serviço Bouncer. Neste cenário, existem 02 máquinas HOST1 e HOST2, conectadas através de um canal de comunicação. Em cada máquina em que existem processos clientes executando, existe um único servidor Bouncer. Este é o caso, por exemplo, da máquina HOST2 que possui dois processos clientes PC1 e PC2, mas apenas o servidor Bouncer SB2.

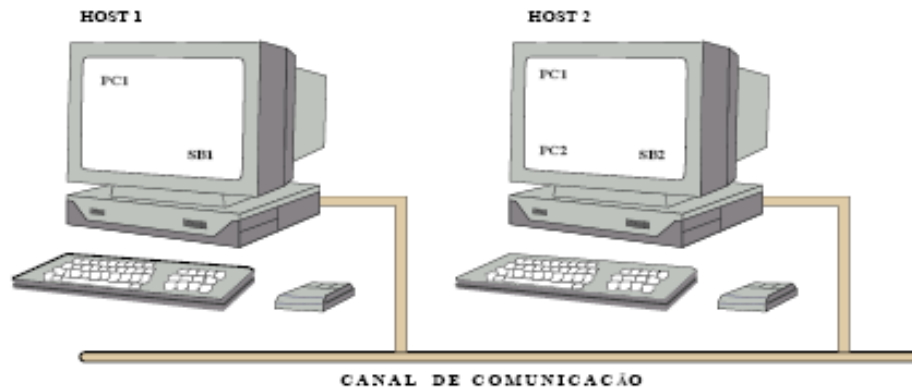


Figura 4 - Cenário do Serviço Bouncer

O Serviço Bouncer é constituído dos seguintes componentes: **Host** - em uma máquina da rede local, pode existir um ou mais processos clientes executando, mas apenas um servidor Bouncer deverá estar ativo. **Processo Cliente** - quando um processo cliente é executado, ele é responsável por iniciar o servidor Bouncer caso ele não esteja ativo, solicitar uma licença e após o uso desta liberá-la. **Servidor Bouncer** - ao ser iniciado pelo processo cliente a primeira tarefa do servidor Bouncer é ingressar no grupo bouncer, caso o grupo não exista o servidor irá criá-lo. Ao ingressar no grupo, o servidor Bouncer receberá do líder do grupo uma tabela de licenças. Quando o servidor Bouncer receber um pedido de licença de um processo cliente, ele verificará a disponibilidade de licenças para aquele processo em sua tabela. Se não existir licença disponível em sua tabela local, o pedido será negado. Caso exista, o pedido será repassado ao demais integrantes do grupo bouncer. **Serviço de Comunicação em Grupo** - o serviço de comunicação em grupo é utilizado para prover mecanismos de comunicação entre os servidores Bouncers ativos nas máquinas da rede local.

4.1 Modelos RPOO

Nesta seção apresentamos os resultados da modelagem do serviço Bouncer utilizando a linguagem RPOO.

4.1.1 Diagrama de Classes

Na Figura 5, é apresentado o diagrama de classes do modelo. Os nós do diagrama representam as classes e os arcos representam as associações. As inscrições nas extremidades dos arcos representam os seletores para a associação, os quais são ligados ao identificador do objeto. Os seletores host, clients, bouncer e service GC serão utilizados no detalhamento das classes para efetuar a troca de mensagens entre os objetos.

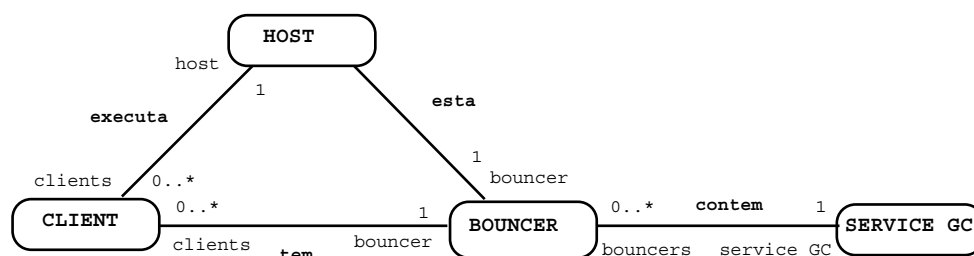


Figura 5 – Diagrama de Classes

4.1.2 Classe Host

Na Figura 6, é apresentado o corpo da classe HOST. O corpo da classe consiste em uma rede com dois lugares (process client e server bouncer) e cinco transições request_bouncer, init_bouncer, request_bouncer, request_end e request_unjoin). A classe HOST atende as requisições dos objetos das classes CLIENT e BOUNCER. A

transição request bouncer tem as seguintes inscrições de interação client?req bouncer, que é uma inscrição de interação de entrada, e client!bouncer Inative, que é uma inscrição de interação de saída síncrona. A ocorrência desta transição indica que o host recebeu uma mensagem do client solicitando um servidor Bouncer para que ele possa executar. O host enviará como resposta uma mensagem para o client informando que o servidor Bouncer está inativo.

Ao receber a mensagem do host informando que o servidor bouncer está inativo, o client enviará ao host a mensagem Init bouncer. Quando o host receber esta mensagem a transição init_bouncer irá ocorrer. Esta transição tem as seguintes inscrições de interação client?Init bouncer, indicando que o host recebeu uma mensagem do client solicitando a inicialização de um servidor Bouncer, bouncer = new BOUNCER, que é uma inscrição de interação de instanciação, ou seja, criação do objeto bouncer e client.bouncer Active,bouncer, indicando que o host está enviando uma mensagem para o client informando que o servidor Bouncer foi iniciado e qual é o seu identificador.

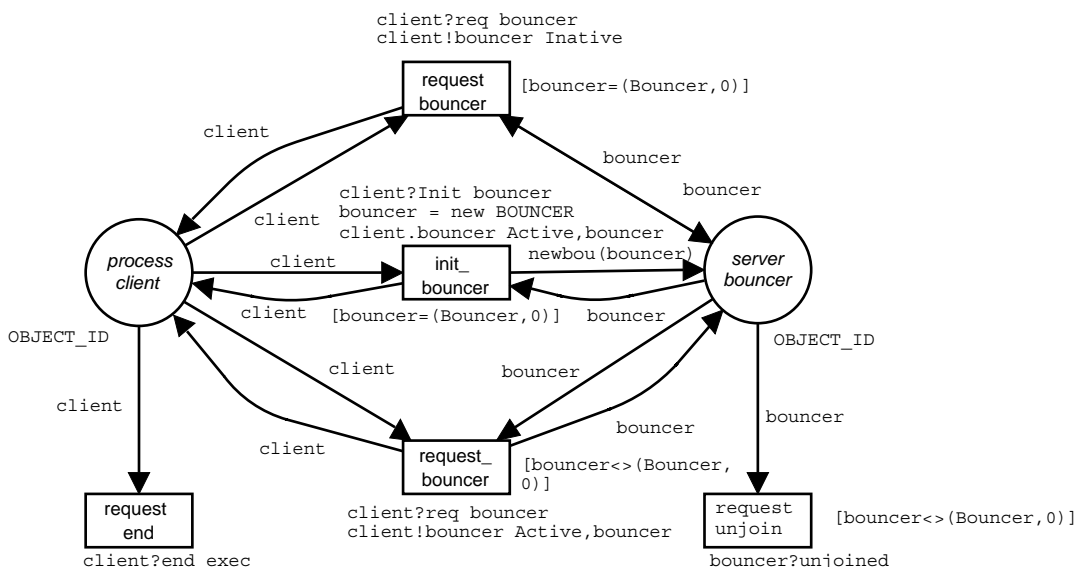


Figura 6 – Classe Host

A transição request unjoin tem a inscrição de interação de entrada bouncer?unjoined. A ocorrência desta transição indica que o host recebeu uma mensagem do bouncer, informando a finalização da sua execução. A transição request end modela a situação na qual o host recebe a mensagem client?end exec do client informando que ele finalizou a sua execução.

4.1.3 Classe CLIENT

Na Figura 7, é apresentado o corpo da classe CLIENT. O corpo da classe consiste em uma rede com seis lugares (process client exec, initializing sb, process client with sb, waiting requested lic, process client with lic e waiting release) e oito transições (request bouncer, request_bouncer, get bouncer, request license, get lic denied, get lic ok, request release e get released). A marcação da rede determina o estado inicial dos objetos instanciados desta classe. Assim, um client tem como estado inicial a marcação **client** no lugar **process client exec**, indicando que inicialmente o processo cliente está pronto para requisitar por um bouncer.

A partir do estado process client exec, podem ocorrer às transições request bouncer e request_bouncer. A ocorrência destas transições indica a situação na qual um client solicita ao host um servidor Bouncer para que ele possa executar. Caso exista um servidor Bouncer ativo no host, o seu identificador será informado ao client. Caso o servidor Bouncer esteja inativo, o client irá solicitar ao host a sua inicialização, como podemos observar nas inscrições de interação das referidas transições.

Quando o processo cliente conhecer o servidor Bouncer de sua máquina (estado em que existe uma ficha no lugar process client with sb), ele estará apto a requisitar uma licença ao bouncer para continuar a sua execução, enviando a mensagem bouncer.req license (transição request license).

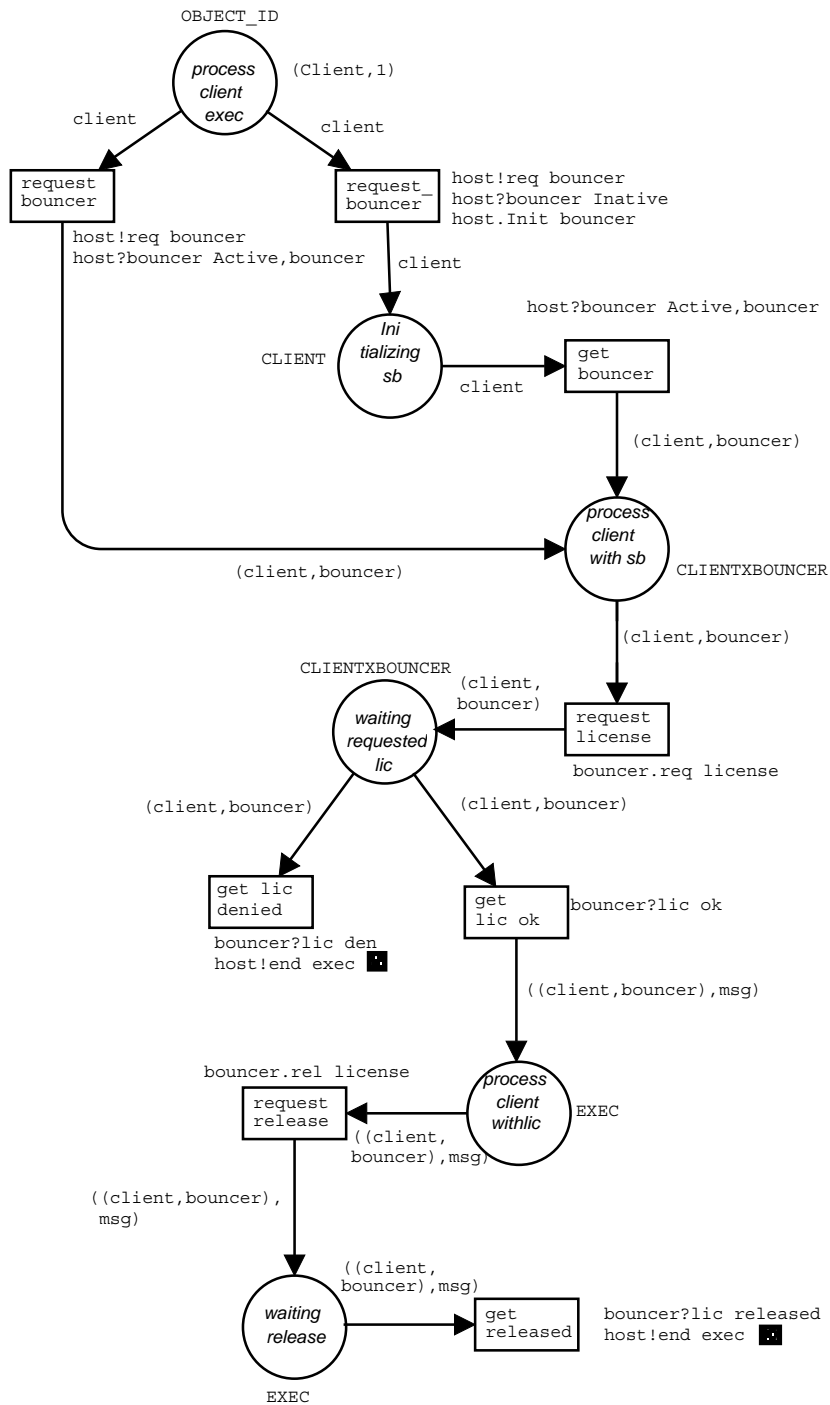


Figura 7 – Classe Cliente

A partir do estado waiting requested lic podem ocorrer duas transições. Ocorrendo a transição get lic ok, o client receberá a mensagem bouncer?lic ok, indicando que poderá continuar a sua execução e uma ficha será depositada no lugar process client with lic. Ocorrendo a transição get lic denied, o client receberá a mensagem bouncer?lic den do bouncer informando que a licença para a sua execução foi negada.

Quando o processo cliente terminar a sua execução, uma mensagem requisitando a liberação da licença que ele detém será enviada ao bouncer (transição request release). Ao receber a mensagem bouncer?lic released confirmando a liberação da licença, o client enviará uma mensagem de auto-destruição para o host, informando que está encerrando a sua execução (transição get released).

4.1.4 Classe BOUNCER

Na Figura 8, é apresentado o corpo da classe BOUNCER. O corpo da classe consiste em uma rede com dois lugares (Server bouncer e sb with table) e sete transições (request join, request license, release license, get_lic ok, get_lic release, get_lic denied e request unjoin).

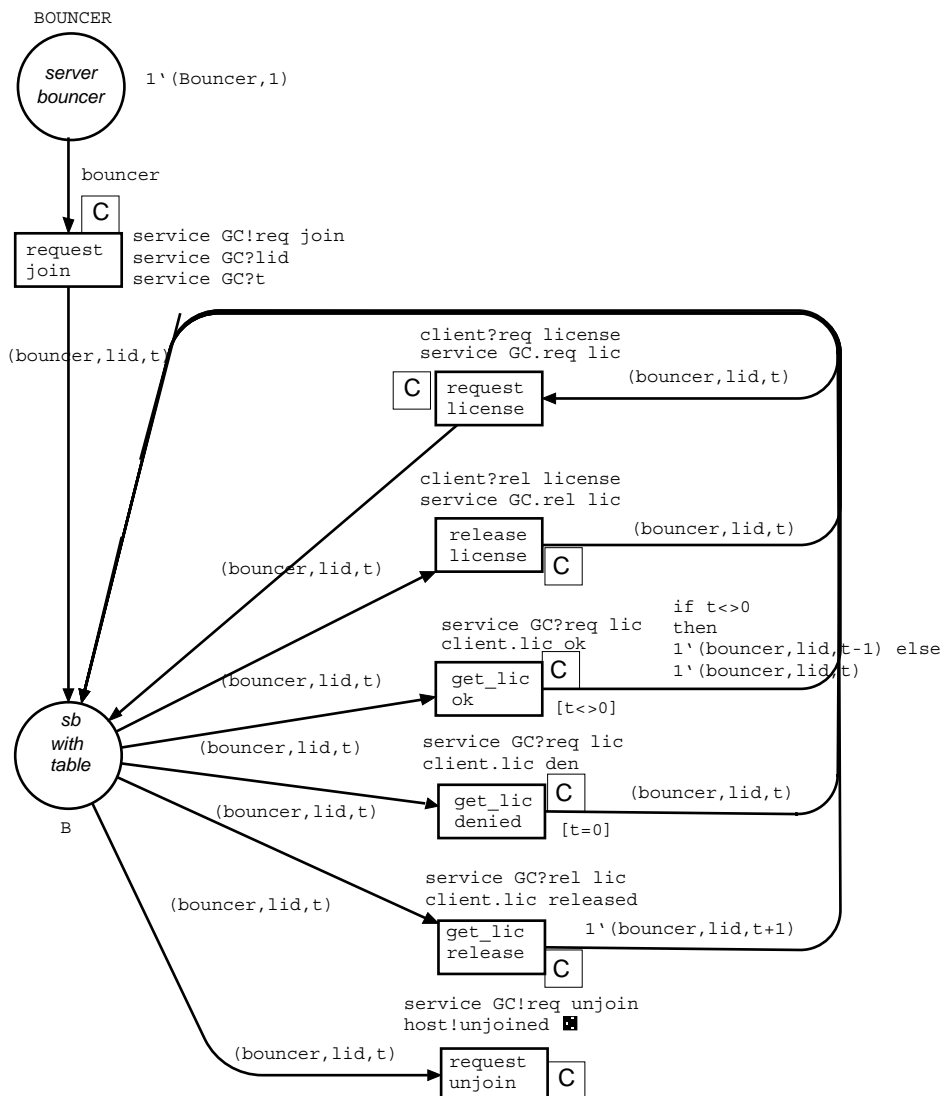


Figura 8 – Classe Bouncer

Quando o servidor Bouncer é iniciado pelo processo cliente, ele segue um processo de iniciação para atualizar a sua base de dados de acordo com a base de dados dos demais bouncers do grupo bouncer. Este processo é modelado pela transição request join. Ao disparar esta transição o bouncer envia a mensagem service GC!req join para o service GC (que modela o serviço de comunicação em grupo), requisitando a sua entrada no grupo bouncer. Ao enviar esta mensagem o bouncer receberá como resposta do service GC a mensagem service GC?leader,leader(lb), informando a identificação do líder do grupo bouncer e a mensagem service GC?table, newb (cli,bouncer,lb) atualizando a sua base de dados. Após, o bouncer estará apto a atender aos pedidos de requisição e liberação de licenças do client, estado em que existe uma ficha no lugar sb with table. Quando as transições request license e release license ocorrerem, as requisições de serviços recebidas através das mensagens client?req license e client?rel license serão repassadas para o grupo bouncer (service GC), através das mensagens service GC.req lic e service GC.rel lic.

Ao receber as mensagens service GC?req lic e service GC?rel lic do service GC, o bouncer irá responder as requisições do client de acordo com a sua base de dados. Caso exista licença disponível, a transição get_lic ok irá ocorrer e a mensagem client.lic ok será enviada ao client. Se não houver licença disponível, a transição get_lic

denied irá ocorrer e a mensagem client.lic den será enviada ao client, informando que o pedido de licença foi negado.

4.1.5 Classe SERVICE GC

Na Figura 9, é apresentado o corpo da classe SERVICE GC. O corpo da classe consiste em uma rede com um lugar lan e quatro transições (request_join, request license, req_release lic e request_unjoin). Quando o service GC receber do bouncer a mensagem bouncer?req join (transição request_join), o service GC enviará as mensagens bouncer!leader,leader(lb) e bouncer!table,newb(cli,bou,lb) para o bouncer informando o seu líder de grupo e a sua base de dados.

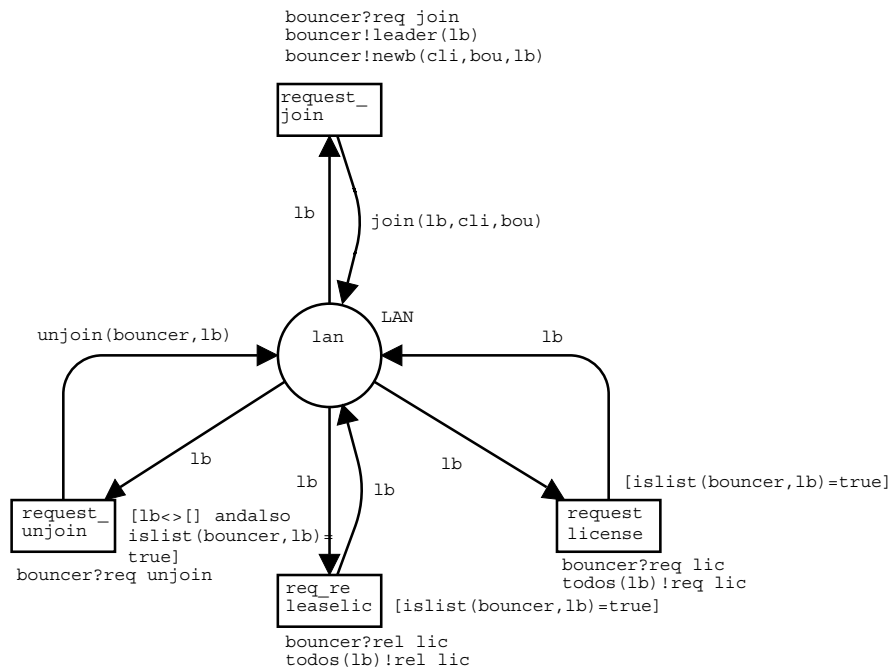


Figura 9 - Classe SERVICE GC – Serviço de Comunicação em Grupo

As transições request license e req_release lic modelam o recebimento das mensagens de requisição e liberação de licenças de um bouncer. Ao receber estas mensagens o service GC simplesmente as repassará para todos os membros do grupo bouncer, através das mensagens todos(lb)!req lic e todos(lb)!rel lic. A função todos(lb) ao ser avaliada retorna todos os bouncers pertencentes ao grupo bouncer. Quando o service GC receber a mensagem bouncer?req unjoin de um bouncer (transição request_unjoin), ele removerá o referido do grupo bouncer.

5. Simulação

Para efetuar a simulação do modelo consideramos diversos cenários. A Figura 10 mostra um dos cenários utilizados. Este cenário consiste em um host, um bouncer, um service GC e dois processos client. A simulação de cada classe do modelo RPOO foi efetuada isoladamente usando a ferramenta Design/CPN e a simulação do sistema de objetos utilizando a ferramenta SSO.

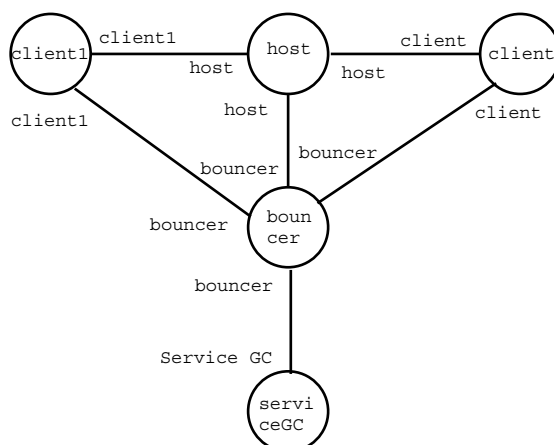


Figura 10 – Configuração Inicial do Serviço Bouncer

Os resultados da simulação do serviço Bouncer foram analisados a partir dos relatórios gerados pelo Design/CPN após a simulação de cada objeto do sistema e dos diagramas de seqüência de mensagens (MSCs) [1], gerados automaticamente pela ferramenta. Cada passo registrado durante a simulação das redes de Petri no Design/CPN foi convertido manualmente em uma mensagem para o SSO. A validação das ações pelo SSO foi utilizada para indicar qual o conjunto de ações, ou transições, poderia/deveria ser disparado pelas redes de Petri. Embora não seja uma verificação formal, a simulação aumentou o grau de confiabilidade na modelagem do problema e ofereceu uma importante contribuição para a avaliação da notação, porque permitiu a análise do comportamento dos modelos que utilizam a formalização de RPOO. A etapa de simulação contribuiu na identificação de alguns erros nas funções utilizadas no modelo, os quais foram corrigidos durante a simulação. Além disso, o experimento serviu também como uma etapa de teste da ferramenta SSO. A representação interna para as estruturas, os eventos e as regras da ferramenta foi testada. Testamos também a gramática definida para a utilização do SSO. Com o uso da ferramenta SSO, verificamos que ela atende aos propósitos para os quais foi projetada.

As Figuras 11 (a), 11 (b), 12 (a), 12 (b) e 13, representam graficamente o MSC gerado após a simulação do modelo. As colunas do MSC Client e Client2 representam os objetos client; a coluna Host representa o objeto host; a coluna Bouncer representa o objeto bouncer e a coluna ServiceGC representa o objeto serviceGC. As mensagens trocadas entre os objetos são representadas no MSC por um arco direcionado, definindo o objeto emissor e receptor. As setas são rotuladas com o tipo da mensagem enviada/recebida. Um processamento interno no objeto é representado no MSC com um processo marcado ■ (quadrado preto) na coluna correspondente ao objeto.

Para cada classe do modelo RPOO foi gerado um gráfico MSC com as ações ocorridas nos objetos instanciados. As ações estão rotuladas com as mensagens trocadas entre os objetos, que são as mesmas das inscrições de interação associadas às transições das redes de Petri que modelam os corpos das classes. Em cada gráfico representamos somente os objetos que se comunicam com a instância em questão.

Os rótulos com inscrição Evento indicam o evento que é executado no SSO. Assim, o Evento 1, das Figuras 11(a) e 11(b), representa o evento Client1:host!req bouncer @ host:Client1?req bouncer @ host:Client1!bouncer Inactive @ Client1:host?bouncer Inactive @ Client1:host.Init bouncer, executado pelo SSO. O símbolo @ é utilizado para representar a composição de ações em um evento.

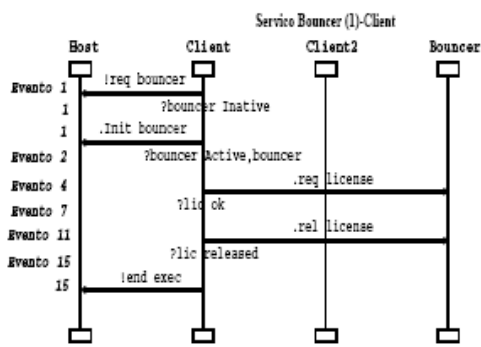


Figura 11 (a) Classe Cliente

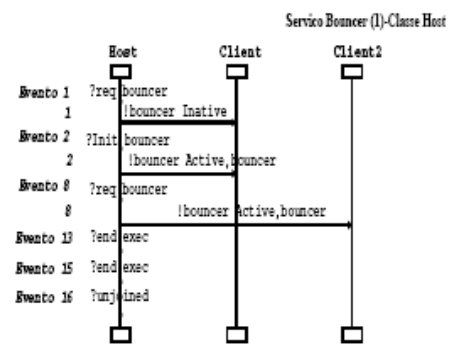


Figura 11 (b) Classe Host

Figura 11: MSC – Classe CLIENT e Classe HOST

A inscrição de interação!req bouncer (coluna Client da Figura 11 (a)), indica que o objeto client (origem) está enviando a mensagem req bouncer de maneira síncrona para o objeto host (destino). A inscrição?req bouncer (coluna Host da Figura 11 (b) indica que o objeto host recebeu (executou uma ação ■) a mensagem req bouncer enviada pelo objeto client. Como podemos observar na coluna Host do MSC, quando o objeto host executa o processamento desta mensagem, ele envia uma mensagem de volta ao objeto client informando se o Servidor Bouncer está ativo ou não. Neste caso, a resposta foi negativa, mensagem !bouncer Inative. Como podemos observar na coluna Client da figura 11 (a), quando o objeto client recebe a mensagem !bouncer Inative enviada pelo objeto host, ele solicita a inicialização do servidor Bouncer ao referido objeto, através da mensagem .Init bouncer. De acordo com a especificação do serviço Bouncer, o objeto client é responsável por iniciar o Bouncer, caso este esteja inativo.

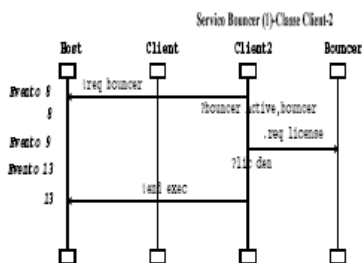


Figura 12 (a) Classe Cliente – Objeto 2

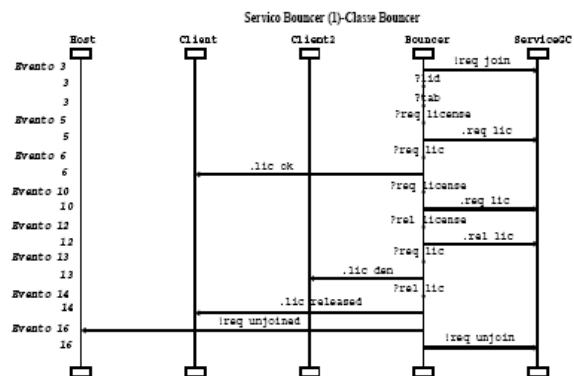


Figura 12 (b) Classe Host

Figura 12: MSC – Classe CLIENT e Classe BOUNCER

Quando o objeto bouncer recebe a mensagem?req license do objeto client (coluna Bouncer da Figura 12 (b), ele repassa a mensagem (.req lic) ao objeto ServiceGC. O objeto bouncer somente responderá a uma requisição de licença do objeto client após receber a mensagem .req lic do objeto ServiceGC. As mensagens !req unjoined e !req unjoin representam a destruição do servidor Bouncer, pois neste momento não existe nenhum objeto client executando. Quando o objeto ServiceGC receber a mensagem !req unjoin ele irá remover o objeto bouncer do grupo bouncer (coluna ServiceGC da Figura 13).

O processo de validação do modelo utilizando a ferramenta RPOO nos dá confiança de que o modelo está correto. As trocas de mensagens entre os objetos foram efetuadas da maneira como esperávamos (os resultados da simulação usando o SSO foram armazenados no arquivo simulação.log, onde verificamos que após cada ação sobre a estrutura vigente, a estrutura resultante era a esperada). Ou seja, as mensagens foram enviadas e recebidas corretamente pelos objetos do modelo. Além disso, os resultados das simulações efetuadas de cada classe isoladamente pelo Design/CPN, verificando o comportamento dos objetos em diferentes situações nos dão confiança na corretude dos modelos das classes, pois durante a simulação o comportamento dos objetos instanciados foram exatamente os definidos pela especificação do serviço Bouncer.

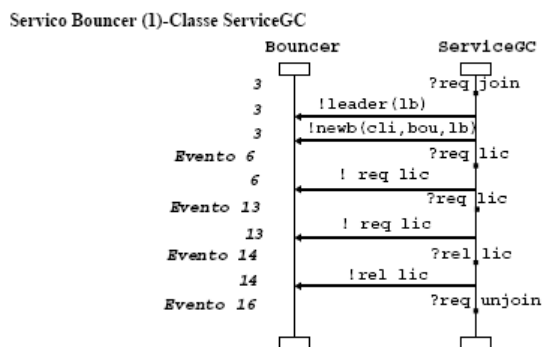


Figura 13: MSC Classe Service GC

6. Conclusão

Neste trabalho apresentamos os resultados de uma análise efetuada a partir da simulação do modelo do serviço Bouncer desenvolvido utilizando a notação RPOO. A simulação utilizou as ferramentas Design/CPN e SSO, e a análise foi baseada nos gráficos e relatórios gerados. Os resultados podem ser visualizados através dos diagramas MSCs, também gerados automaticamente. A integração entre as ferramentas não foi automática, ou seja, os resultados da simulação do Design/CPN foram utilizados como entrada no SSO manualmente.

A simulação possibilitou uma análise do comportamento do modelo e dessa forma nos permitiu avançar na avaliação da viabilidade da notação RPOO. Além disso, os resultados aumentaram nossa confiança na corretude do modelo. O experimento serviu também como etapa importante na fase de teste da ferramenta SSO.

A construção de ferramentas para suportar a modelagem, análise e validação de modelos RPOO são de extrema importância para a avaliação e utilização da notação. Como citado anteriormente, o SSO não está integrado a um simulador de redes de Petri. Neste sentido, estamos trabalhando na integração do SSO com a ferramenta Design/CPN. A idéia é utilizar a biblioteca COMMS/CPN [8] para fazer a comunicação entre os dois simuladores. Esta integração deve fornecer subsídios na avaliação de um projeto para construção de uma ferramenta completa para suportar a formalização de RPOO.

7. Referências

- [1] Design/CPN message sequence charts library. Url: <http://www.daimi.au.dk/designcpn/libs/mscharts>.
- [2] E. Battiston, A. Chizzoni, and F. De Cindio. CLOWN as a Testbed for Concurrent Object-Oriented Concepts. In F.DeCindio, G.A.Agha, and G.Rozenberg, editors, *Concurrent Object-Oriented Programming and Petri Nets*, volume 2001 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, 2001.
- [3] E. Battiston and F. de Cindio. OBJSA Nets: A Class of High-level Nets having Objects as Domains Advances in Petri Nets. In G. Rozenberg, editor, *Lecture Notes in Computer Science 340*. SpringerVerlag, 1988.
- [4] Tércio Rodrigues Bezerra, Francisco Vilar Brasileiro, and Walfredo Costa Cirne Filho. Bouncer: Um serviço distribuído e tolerante a faltas para controle de licenças de software. In Marcos Borges, editor, *VII Simpósio de Computadores Tolerantes a Falhas*, pages 221–235, Campina Grande, PB – Brasil, July 1997. Sociedade Brasileira de Computação.
- [5] Tércio Rodrigues Bezerra. Bouncer- uma solução distribuída para controle de licenças de software. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 1996.
- [6] O. Biberstein, D. Buchs, and N. Guelfi. Object-Oriented Nets with Algebraic Specifications: The CO-OPN/2 formalism. In F.DeCindio, G.A.Agha, and G.Rozenberg, editors, *Concurrent Object-Oriented Programming and Petri Nets*, volume 2001 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, 2001.
- [7] S. Christensen, J. B. Joergensen, and L. M. Kristensen. Design/CPN — A computer tool for coloured Petri nets. *Lecture Notes in Computer Science*, 1217:209, 1997.
- [8] Guy Gallasch and Lars Michael Kristensen. Comms/cpn: A communication infrastructure for external communication with design/cpn. In *Proceedings of CPN'01*, Aarhus – Denmark, August 2001.

- [9] Dalton D. S. Guerrero. Orientação a objetos e modelos de redes de petri. Technical report, Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Elétrica-COPELE/UFPB, Campina Grande, PB, April 1998.
- [10] Dalton Dario Serey Guerrero. Sistemas de redes de petri modulares baseadas em objetos. Dissertação de mestrado, COPIN - Universidade Federal da Paraíba, 1997.
- [11] Dalton Dario Serey Guerrero. Redes de petri orientadas a objetos. Tese de doutorado, COPELE-Universidade Federal da Paraíba, 2002.
- [12] Kurt Jensen. *Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis, Methods and Practical Use, Volume 1*. EACTS – Monographs on Theoretical Computer Science. Springer-Verlag, 1992.
- [13] Charles Lakos. From Coloured Petri nets to object Petri nets. In *Proceedings of the 15th International Conference on the Application and Theory of Petri Nets*, Lecture Notes in Computer Science, pages 278–297. Springer Verlag, Turin, Italy, 1995.
- [14] J. Lilius. OB(PN) 2 : An Object Based Petri Net Programming Notation. In F.DeCindio, G.A.Agha, and G.Rozenberg, editors, *Concurrent Object-Oriented Programming and Petri Nets*, volume 2001 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, 2001.
- [15] Tadao Murata. Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proc. of the IEEE*, 77(4):541–580, April 1989.
- [16] José Amâncio Macedo Santos. Ferramentas de suporte á simulação de RPOO. Proposta de dissertação de mestrado, COPIN – Universidade Federal da Paraíba, 2001.
- [17] Canedo, Edna Dias. Validação de uma Linguagem de Modelagem de Sistemas Baseada em Redes de Petri e Orientação a Objetos. Dissertação de Mestrado - COPIN – Universidade Federal da Paraíba, 2002.

**EDNA DIAS CANEDO**

Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade Salgado de Oliveira Goiás (1999) , mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (2002) e ensino-medio-segundo-grau pela Escola Técnica Federal de Goiás (1992) . Atualmente é professor titular do União Educacional de Brasília, professor titular da Faculdade Michelangelo, Professor Horista do Centro Universitário Unieuro e Consultora do Poliedro Informática Consultoria e Serviços Ltda. Tem experiência na área de Ciência da Computação , com ênfase em Sistemas de Software. Atuando principalmente nos seguintes temas: Redes de Petri, Orientação a Objetos.

Cursos do Departamento de Sistemas de Informação Unieuro. Mais informações no endereço www.unieuro.edu.br.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO <i>Bacharelado</i> Duração: 3080 horas/aula Modalidade: Presencial	Formação de profissionais com habilidades e competências para atuar em planejamento, análise, utilização e avaliação de novas tecnologias de informação aplicadas às áreas administrativas e industriais, em organizações públicas e privadas.
REDES DE COMPUTADORES <i>Tecnólogo</i> Duração: 2000 horas/aula Modalidade: Presencial	Desenvolver competências e habilidades que permitam formar profissionais responsáveis e conscientes, capazes de conduzir projetos e ações na área de redes de computadores proporcionando ao mercado o perfil adequado para o exercício pleno da profissão através de uma habilitação específica, prática e adequada.
GOVERNANÇA DE TI <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: Presencial	Visa uma área quase não explorada no mercado Educacional e de grande importância para os egressos do curso de bacharelado em Sistemas de Informação, Administração ou das diversas áreas de Gestão.
ESPECIALIZAÇÃO EM DESIGN DE JOGOS DIGITAIS <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 380 horas/aula Modalidade: Presencial	Fornece ao aluno domínio sobre atividades envolvidas no design de games, abordando técnicas de ilustração de personagens, cenários e <i>storyboards</i> , modelagem <i>low-poly</i> e animação de <i>characters</i> , produção de <i>cut scenes</i> , texturização avançada, criação do documento de design, projeto de puzzles, roteiro e narrativa não-linear, edição de áudio digital, construção de fases de um jogo com ferramentas de autoria, até um estudo aprofundado de ferramentas de marketing utilizando jogos digitais (<i>advergames</i>) e processo de criação deste gênero de jogo.
GESTÃO DE PROJETOS DE SOFTWARE <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: A distância	Tem por objetivo especializar pessoal de nível superior multidisciplinar na atividade de gerenciamento de projetos. Tem ênfase nos processos, práticas, métodos e ferramentas de gerência de projetos de sistemas de informação, apresentando a base teórica pertinente ao assunto, bem como estudos de casos.
ENGENHARIA DE SOFTWARE <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: Presencial	Capacita graduados em tecnologia e outros profissionais de áreas afins a computação, no desenvolvimento de habilidades que lhes permitam formular e implementar projetos de software, destacando metodologias novas e bastante usadas no mercado.
TESTE DE SOFTWARE <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: A distância	Transmite aos alunos métodos de revisão e teste em projetos de software utilizando abordagens modernas e alinhadas com processos ágeis de desenvolvimento de software. O curso enfoca no ensino de métodos de revisão, teste, técnicas e ferramentas modernas para controlar a qualidade do software.
GEOPROCESSAMENTO <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula 15 meses Modalidade: Presencial	Além de específico no que tange ao sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, são utilizadas técnicas modernas apoiadas em GPS. O curso dirige-se a uma clientela envolvida no planejamento urbano, fronteiras do crime para a polícia ostensiva ou defesa civil e brigada contra-incêndio, bem como em áreas de crescimento do agronegócio e suas fronteiras agrícolas monitoradas por satélite.
GESTÃO E SEGURANÇA EM REDES <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: A distância	O curso em Gestão de Projetos de Software tem por objetivo especializar pessoal de nível superior multidisciplinar na atividade de gerenciamento de projetos. Tem ênfase nos processos, práticas, métodos e ferramentas de gerência de projetos de sistemas de informação, apresentando a base teórica pertinente ao assunto, bem como estudos de casos.
ENGENHARIA DE ONTOLOGIA <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: Presencial	Ainda em fase embrionária a Eng ^a de Ontologia usa conceitos e técnicas de Gestão do Conhecimento (Raciocínio Baseado em Casos, Simulação do Conhecimento, Inteligência Competitiva), bem como de Engenharia do Conhecimento Aplicada a Banco de Dados (Processamento de Linguagem Natural, Web Semântica, Integração e Projeto de Banco de Dados). A Eng ^a de Ontologia tem mostrado seu poder de aplicação em problemas que antecedem o ciclo de vida clássico de desenvolvimento de sistemas de informação.
BUSINESS INTELLIGENCE <i>Pós-Graduação Lato Sensu</i> Duração: 360 horas/aula Modalidade: Presencial	Possui o objetivo de preparar gestores de TI em técnicas e procedimentos que os capacite a conceber visões estratégicas de problemas complexos do meio empresarial, em ambiente competitivo e sujeito a constantes mudanças, tudo isso para ir ao encontro das necessidades de um usuário cada vez mais exigente e refinado nos quesitos de rapidez e confiabilidade na hora da tomada de decisões.