Análise comparativa entre Redes de Petri, Cadeias de Markov e Teoria das Filas

Franciéli C. Welter, Adriana R. Kraisig
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
Departamento de Ciências Exatas e Engenharias
Ijuí, RS, Brasil
fran-c-w@hotmail.com, akraisig@yahoo.com.br

***Resumo*—Por meio da simulação, é possível analisar o comportamento e o desempenho de sistemas reais, encontrando gargalos de desempenho, que possam surgir. O aumento do número de pesquisas envolvendo simulação, gera a necessidade de analisar mais profundamente, as diferentes técnicas matemáticas, existentes nesta área do conhecimento. A Integração de Aplicações Empresariais (EAI) consiste em integrar aplicações monolíticas, que não foram pensadas para trabalhar em conjunto umas com as outras. Com isso, este artigo, busca fazer uma comparação das diferentes características das técnicas matemáticas Redes de Petri, Cadeias de Markov e Teoria das Filas, visando analisar através de um *framework* de comparação, os principais aspectos, desde a perspectiva da área de integração de aplicações.**

Palavras-chave: Simulação; Técnicas Matemáticas.

I. Introdução

As técnicas matemáticas, encontram aplicabilidade em diferentes áreas da computação, dentre elas merece destaque o trabalho desenvolvido com as soluções de integrações, no que tange a simulação. A simulação possui várias possibilidades, porém neste estudo, surge com o intuito de encontrar possíveis gargalos de desempenho. A Integração de Aplicações Empresariais (EAI), consiste em uma resposta para décadas de criação de aplicações monolíticas, que não foram pensadas para trabalhar em conjunto umas com as outras. A EAI proporciona metodologias, técnicas e ferramentas, para projetar e implementar soluções de integração [2].

Pode-se representar uma solução de integração através de um modelo conceitual, que demonstra como estão organizados os componentes do modelo, em um alto nível de abstração. Quando uma solução de integração é implementada, gera-se custos, além do aparecimento de falhas. As falhas podem ser evitadas, mas para isso, é preciso identificar possíveis gargalos de desempenho, nos modelos conceituais, ainda na fase de projeto, gerando uma diminuição de custos, riscos e tempo.

Neste contexto, surge a simulação de soluções de integração, no campo da EAI. A simulação é realizada, com o intuito de encontrar possíveis gargalos de desempenho, ainda na fase de projeto, com o auxílio de uma técnica matemática. Portanto, a simulação pode ser útil neste contexto, mas a escolha de uma técnica formal para criar modelos de simulação, não é uma tarefa trivial.

O objetivo deste artigo, é apresentar um *framework* de comparação, que permita, desde uma perspectiva da EAI, comparar técnicas matemáticas. Desta forma, aplica-se este *framework*, para comparar as técnicas matemáticas Redes de Petri, Cadeias de Markov e Teoria das Filas, visando compreender suas propriedades, de forma que a análise permita comparar características destas técnicas matemáticas, voltadas para a simulação.

A partir de comparações entre as diferentes técnicas matemáticas, será possível compreender melhor, o comportamento das propriedades de cada uma delas, diante da simulação, no campo da EAI. O restante do artigo, está organizado da seguinte forma: a Seção II apresenta o *framework* de comparação; a Seção III trata da discussão dos dados e por fim as conclusões estão na Seção IV.

II. Framework de Comparação

O *framework* de comparação elencou um conjunto de cinco propriedades, que permitem analisar as técnicas matemáticas, sobre a perspectiva da Integração de Aplicações Empresariais (EAI). Abaixo encontram-se relacionadas as propriedades observadas.

Padrão Arquitetônico: Algumas soluções de integração são desenvolvidas com o padrão arquitetônico proposto pela tecnologia Guaraná. O Guaraná é composto por *slots* (S) e tarefas (T). As técnicas matemáticas estudadas, também são desenvolvidas com diferentes padrões arquitetônicos. Desta maneira, pode-se encontrar e comparar equivalências de padrão arquitetônico, entre o Guaraná e as técnicas matemáticas. Os *slots* (S), equivalem à lugar (L), estados (E) e filas (F). Enquanto que as tarefas (T), correspondem à transição (TR), estados (E) e *server* (SE).

Característica Elementar: Cada técnica matemática, possui suas características elementares, a partir das quais, é possível compreender, de que modo ocorre o funcionamento da técnica. Neste sentido, as técnicas matemáticas podem ser consideradas processo estocástico (PE), que se caracteriza, por uma família de variáveis aleatórias, que representam a evolução de um sistema de valores, de acordo com o tempo. Distribuição de probabilidade (DP), que descreve a chance que uma variável tem, de assumir um valor, ao longo de um espaço de tempo. Podendo ser subdivididas em: hierárquica (H), que visa reduzir o tamanho do modelo; colorida (C), na qual podem ser inseridas marcas, ou cores; temporizada (T), onde pode-se especificar o tempo; generalizada (G), na qual associa-se o tempo somente para alguns eventos; contínua (CO), onde o disparo ocorre com fluxo contínuo; e sincronizada (SI), na qual há interferência de eventos externos.

Disciplina de Disparo: Para que as técnicas matemáticas tenham seu disparo iniciado, são levados em consideração, alguns aspectos, que visam comparar as disciplinas de disparo, utilizadas por cada técnica. Para que o disparo seja iniciado, observa-se a distribuição de probabilidade (DP), que descreve a chance que uma variável tem, de assumir um valor, ao longo de um espaço de tempo. Retardo de disparo (RD), que é o tempo que cada disparo leva para ocorrer. Expressões de guarda (EG), que tornam a análise mais fácil. Vetor de probabilidade inicial (VP), através do qual o disparo pode ser iniciado. Além das filas FCFS: primeiro a chegar, primeiro a ser atendido; FIFO: primeiro a entrar, primeiro a sair; LLCFS: último a chegar, primeiro a ser atendido; LIFO: último a chegar, primeiro a sair; e fila de prioridade (FP), onde o cliente com maior prioridade, tem preferência no atendimento.

Modelagem de Sistemas: Cada uma das diferentes técnicas matemáticas é capaz de modelar tipos diversos de sistemas. Esta propriedade se caracteriza por comparar qual sistema cada técnica abrange. Dentre estes, existe o sistema distribuído (SD), que é um conjunto de computadores independentes entre si, que se apresenta a seus usuários como um sistema único. Sequências de variáveis aleatórias discretas (SV), onde o conjunto de todos os possíveis valores que ela pode assumir, é finito ou contavelmente infinito. Sistemas que oferecem serviços cuja demanda cresce aleatoriamente (SA), ou seja, onde não há uma lógica de crescimento.

Ambiente de Simulação: As técnicas matemáticas podem ser implementadas em diferentes ambientes de simulação. Esta propriedade analisa em quais ambientes, cada técnica pode ser implementada. Dentre os ambientes está o Java (J), que proporciona um ambiente necessário para desenvolver e executar aplicativos em Java. Aspen (AP), que permite uma maior agilidade na modelagem, análise e compreensão dos resultados. PIPE2 (P2), que possui uma *interface* acessível, sendo possível, desenhar e executar, de maneira, rápida e eficaz. Oris2 (02), que possui uma *interface* de trabalho complexa, sendo difícil manusear as funções proporcionadas pelo mesmo. Weblab (W), cujo objetivo principal é possibilitar a realização e controle em tempo real de experimentos. SIG (SG), que é um sistema de informações geográficas. Maxima (MX), que compreende dois tipos distintos de recurso, recurso do sistema e recurso aplicado a expressões matemáticas. Monte Carlo (MC), que possibilita levar em conta, o risco em análises quantitativas e tomadas de decisão. Arena (AR), que simula eventos discretos. ProModel (PM), que permite reproduzir uma empresa, em modelo computacional. Automod (AU), que possibilita simular com precisão as instalações industriais, com qualquer nível de complexidade. Simscript (SP), que oferece uma série de recursos de interação, controle e visualização com o intuito de facilitar e potencializar a simulação.

III. DISCUSSÃO

Na pesquisa, estudou-se três diferentes técnicas matemáticas: Redes de Petri, Cadeias de Markov e Teoria das Filas. Estas solucionam problemas envolvendo solução de integração de aplicação empresarial (EAI). Nesta pesquisa, as diferentes técnicas foram comparadas, levando em consideração as propriedades: Padrão Arquitetônico, Característica Elementar, Disciplina de Disparo, Modelagem de Sistemas e Ambiente de Simulação. Este *framework* de comparação, deu origem à Figura 1:

Propriedades	Redes de Petri	Cadeias de Markov	Teoria das Filas
Padrão Arquitetônico Slot - Tarefa	L - TR	E - E	F - SE
Característica Elementar	PE H C T G CO SI	PE	DP
Disciplina de Disparo	DP RD EG	VP	FCFS FIFO LLCFS LIFO FP
Modelagem de Sistemas	SD	SV	SA
Ambiente de Simulação	J AP P2 02 W	SG MX MC	AR PM AU SP

Figura 1. Comparação entre Propriedades

A técnica matemática Rede de Petri, de acordo com [1] é uma técnica de modelagem que permite a representação de sistemas, utilizando como alicerce uma forte base matemática. Possui a particularidade de permitir modelar sistemas paralelos, concorrentes, assíncronos e não-determinísticos.

As Redes de Petri são consideradas processos estocásticos, pois, se modificam através de eventos que ocorrem em decorrência do tempo. As Redes de Petri são classificadas em alto nível e baixo nível [3]. Existem extensões que podem abranger as Redes de Petri, as quais buscam incluir hierarquias e aspectos temporais. Dentre elas merecem destaque: as extensões temporizadas que congregam aspectos temporais determinísticos aos modelos; as extensões estocásticas que aliam-lhes aspectos temporais não determinísticos e as extensões hierárquicas que visam representar modelos de sistemas complexos de forma mais compreensível.

A técnica matemática Cadeias de Markov, é um tipo especial de processo estocástico, onde as distribuições de probabilidade para os passos futuros, dependem somente do estado presente, desconsiderando como chega-se a tal estado. Se o espaço de estados é discreto (enumerável), então o modelo de Markov é denominado Cadeia de Markov.

As Cadeias de Markov podem ser classificadas em estados, dentre estes, merecem destaque: os estados alcançáveis e comunicantes, os estados recorrentes e transientes e propriedades de periodicidade. De acordo com [6] os estados são alcançáveis, se um estado j é alcançável, portanto, é alcançável, se o sistema conseguir entrar no estado j eventualmente quando este começa no estado i. Para o mesmo autor, um estado j é comunicante, se o estado j é alcançável, a partir do estado i, e o estado i é alcançável, a partir do estado j. Este autor também trata, dos estados recorrentes e transientes. Para ele um estado é transiente, se entrando neste estado, o processo pode nunca retornar novamente para ele e um estado é recorrente, se entrando no mesmo, o processo definitivamente irá retornar para este estado.

A técnica matemática Teoria das Filas, de acordo com [5], é um corpo de conhecimentos matemáticos, aplicado ao fenômeno das filas. Sendo assim, para [4] os sistemas de filas se descrevem, genericamente, por um processo de chegada de clientes a um sistema de atendimento. Esse sistema recebe um ou mais serviços, executados por certa quantidade de servidores. Nesse sentido, as formações de filas ocorrem, porque a procura pelo serviço, é maior do que a capacidade do sistema de atender a esta demanda.

Para aferir o comportamento dos sistemas de filas, pode-se associar medidas de desempenho, tais como: tempo médio de espera dos clientes na fila; tempo médio de chegada de clientes e probabilidade de encontrar o sistema lotado. Consideram-se elementos básicos de filas os seguintes: o cliente (que procura por atendimento) e o canal de atendimento (que realiza o processo de atendimento do cliente). Quanto ao tipo de fila, classificam-se em cinco estruturas básicas: canal único-fase única; canal único-fases múltiplas; canais múltiplos-fase única; canais múltiplos-fases múltiplas e misto.

Mediante a pesquisa, observou-se que ambas técnicas matemáticas, tem importância nas simulações, porém, possuem peculiaridades. Observando-se a figura 1, pode-se analisar cada uma das propriedades consideradas no *framework* de comparação. A propriedade Padrão Arquitetônico, compara a notação gráfica do Guaraná, com a notação gráfica das técnicas. Observa-se que nas Redes de Petri, slot (S) equivale à lugar (L), e tarefa (T) equivale à transição (TR). Nas Cadeias de Markov, slot (S) e tarefa (T) equivalem à estados (E). Na Teoria das Filas, slot (S) corresponde à fila (F) e tarefa (T) corresponde à server (SE). A propriedade Característica Elementar, compara a composição básica de cada técnica. Percebe-se que Redes de Petri, são um processo estocástico (PE), sendo subdivididas em: hierárquica (H), colorida (C), temporizada (T), generalizada (G), contínua (CO) e sincronizada (SI). As Cadeias de Markov são um processo estocástico (PE), enquanto a Teoria das Filas se caracteriza como distribuição de probabilidade (DP). A propriedade Disciplina de Disparo, visa comparar as disciplinas de disparo, que cada técnica matemática utiliza. Redes de Petri tem seu disparo iniciado, observando-se a distribuição de probabilidade (DP), retardo de disparo (RD) e expressões de guarda (EG). Cadeias de Markov tem seu disparo iniciado através de um vetor de probabilidade inicial (VP). Teoria das Filas dispara através das filas: FCFS, FIFO, LLCFS, LIFO, e também com fila de prioridade (FP). A propriedade Modelagem de Sistemas, procura comparar quais sistema cada técnica abrange. Redes de Petri, modela sistemas distribuídos (SD). Cadeias de Markov, modela sequências de variáveis aleatórias discretas (SV). Teoria das Filas, modela sistemas que oferecem serviços com demanda aleatória (SA). A propriedade Ambiente de Simulação, analisa em quais ambientes de simulação, cada técnica pode ser implementada. Redes de Petri pode ser implementada em: Java (J), Aspen (AP), PIPE2 (P2), Oris2 (02), Weblab (W). Cadeias de Markov, tem sua implementação em: SIG (SG), em Maxima (MX), e também em Monte Carlo (MC). Teoria das Filas, pode ser implementada em: Arena (AR), ProModel (PM), Automod (AU) e Simscrip (SP).

IV. Conclusão

Concluiu-se através da pesquisa realizada entre as técnicas matemáticas Redes de Petri, Cadeias de Markov e Teoria das Filas, que Redes de Petri é melhor quando busca-se criar modelos de simulação de soluções de integração. Isto se deve, ao fato de que esta técnica, abrange mais possibilidades de análise, pois sua equivalência, quanto à notação gráfica, envolvendo o Guaraná, ocorre tranquilamente. Além disso, possui um disparo simples, sendo que, a disciplina de disparo, é de fácil entendimento. Outro ponto positivo é que existem várias possibilidades de implementação, em diversos ambientes, como, por exemplo Java. Além disso, pode-se observar que através das técnicas matemáticas, é possível analisar a solução de integração, para desta forma encontrar gargalos de desempenho.

Referências

[1] Carlos Renato Lisboa Francês. Introdução às redes de petri. *Laboratório de Computação Aplicada, Universidade Federal do Pará*, 2003.

[2] Rafael Z Frantz, Antonia M Reina Quintero, and Rafael Corchuelo. A domain-specific language to design enterprise application integration solutions. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 20(02):143–176, 2011.

[3] Norian Marranghello. Redes de petri: Conceitos e aplicaçoes. *São Paulo: DCCE/IBILCE/UNESP*, 2005.

[4] Flávio Gomes Moraes, Gecirlei Francisco Silva, and Tacyanne Assis Rezende. Introdução à teoria das filas. *Universidade Federal do Mato Grosso*, 2011.

[5] Daniel Augusto Moreira. *Pesquisa operacional-curso introdutório*. Cengage Learning Edições Ltda., 2010.

[6] Fernando Nogueira. Modelagem e simulação-cadeias de markov. *Notas de Aula UFJF Juiz de Fora-2008*, 2008.