



INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**Linhas de Pesquisa em
Workflows Interorganizacionais**

M. Fantinato M. B. F. Toledo

I. M. S. Gimenes

Technical Report - IC-04-010 - Relatório Técnico

September - 2004 - Setembro

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.
O conteúdo do presente relatório é de única responsabilidade dos autores.

Linhas de Pesquisa em Workflows Interorganizacionais

Marcelo Fantinato Maria Beatriz Felgar de Toledo
Itana Maria de Souza Gimenes

Resumo

Workflows interorganizacionais são processos de negócio executados por múltiplas organizações que atuam cooperativamente para atingir um objetivo comum de negócio. Embora eles sejam uma extensão de workflows tradicionais, os agora chamados workflows intraorganizacionais, existem vários pontos específicos - conceituais e tecnológicos - que precisam ser tratados para o estabelecimento de uma infra-estrutura propícia para que a cooperação entre os envolvidos seja bem sucedida. Este relatório técnico apresenta uma visão geral de workflows interorganizacionais e de seu gerenciamento, apresentando suas principais características e algumas das principais linhas pesquisa existentes.

1 Introdução

Muitas organizações estão atuando de forma cooperativa, para atingir objetivos comuns de negócio, através da integração e automação de seus workflows. Companhias estão cada vez mais se focando nas atividades chaves de sua área de negócio e subcontratando a realização das atividades secundárias. Neste contexto, a Internet tem apresentado um grande potencial para sediar a realização destas cooperações, principalmente por meio do comércio eletrônico entre organizações virtuais disponíveis em mercados eletrônicos.

Exemplos de processos de negócio que podem ser executados por várias organizações são: subcontratação de serviços, cadeias de fornecedores - produção e distribuição (supply chains), procedimentos administrativos, compras on-line, entre outros. Esses processos de negócio são tipicamente de longa duração, envolvem a execução de muitas tarefas manuais e automáticas, requerem acesso a diversos bancos de dados diferentes e a invocação de vários sistemas aplicativos, e são dirigidas por complexas regras de negócios [1].

Tradicionalmente, a ênfase no gerenciamento de workflows tem sido em ambientes homogêneos dentro das fronteiras de uma única organização - os chamados workflows intraorganizacionais, ou workflows tradicionais. Usar o apoio de workflows na comunicação entre organizações pela Internet, entretanto, implica em estender as funcionalidades de sistemas de gerenciamento de workflows locais para que estes possam se comunicar e gerenciar processos de negócio interorganizacionais integrados. O gerenciamento de workflows interorganizacionais deve ser capaz de lidar efetivamente com ambientes de workflows heterogêneos.

Durante os últimos anos, muita pesquisa tem sido realizada na área de gerenciamento de workflows interorganizacionais e assuntos correlatos. A maior parte dos trabalhos realizados

especificamente na área de workflows interorganizacionais foi realizada no final da década de 90 e início desta década. A partir do início desta década, muitos grupos de pesquisa passaram a adotar o termo 'processos de negócio' de um modo mais geral, englobando tanto workflows intra como interorganizacionais, porém com uma ênfase maior no segundo. Alguns dos trabalhos mais expressivos realizados neste contexto foram: CrossFlow [2] [3] [4] [5] [6], eFlow [7] [8] [9] [10], CPM [11] [12] [13], FlowNet [14] [15], VEC [16] [17], e WISE [18] [19].

Nos últimos anos, com o surgimento e a disseminação da abordagem de serviços Web (Web services), uma mudança mais tecnológica tem ocorrido nesta área, visto que os processos de negócio têm sido encapsulados como serviços Web. Atualmente, muitos dos trabalhos realizados na área de workflows interorganizacionais utilizam a tecnologia de serviços Web para a integração de aplicações [20].

Independentemente da nomenclatura e da abordagem tecnológica adotada, os problemas envolvidos nesta área são praticamente os mesmos. Estes problemas envolvem principalmente: modelagem de processos de negócio, publicação/disponibilização de serviços eletrônicos, definição de contratos eletrônicos, monitoramento e análise da execução de processos de negócio, mecanismos de controle de acesso, gerenciamento de transações, tratamento de exceções, padrões de comunicação e inteligência de processos.

Este relatório técnico apresenta, primeiramente, as principais características da arquitetura de sistemas de gerenciamento de workflows interorganizacionais. Em seguida, são apresentadas breves descrições das principais linhas de pesquisas sendo tratadas atualmente nesta área de pesquisa e aplicação. Por fim, são apresentadas as considerações finais em relação a workflows interorganizacionais.

2 Arquiteturas de Sistemas de Gerenciamento de Workflows Interorganizacionais

Os Sistemas de Gerenciamento de Workflows Interorganizacionais (SGWf-I) são extensões dos sistemas de gerenciamento de workflows tradicionais (SGWf). O gerenciamento dos workflows interorganizacionais precisa ser realizado como cooperações transparentes entre múltiplos SGWfs intraorganizacionais, os quais podem ser bastante heterogêneos e independentes entre si. Cada um dos SGWfs opera essencialmente de forma independente, mas eles precisam ser sincronizados em certos pontos para garantir a correta execução do processo global de negócio.

Em essência, as tecnologias tradicionalmente desenvolvidas para SGWfs precisam ser redefinidas para apoiar workflows interorganizacionais. Nesta seção são apresentadas as principais características específicas de um SGWf-I. Uma das características fundamentais requeridas por SGWf-Is é a habilidade para apoiar as políticas e estratégicas das organizações participantes para mudanças dinâmicas nos processos de negócio cooperativos. As duas principais propriedades de um SGWf-I dinâmico são:

- **Flexibilidade:** o sistema deve permitir que sejam criadas e desfeitas cooperações entre organizações para a execução de um determinado processo de negócio, em tempo de execução;

- **Adaptabilidade:** o sistema deve permitir que os modelos de processo de negócios sejam facilmente modificados para se adaptar a mudanças no ambiente de negócios, em tempo de execução.

Além das propriedades dinâmicas, outros requisitos funcionais que um SGWf-I deve satisfazer são apresentados a seguir:

- **Modelagem de Processos de Negócio:** o sistema deve possibilitar que as organizações envolvidas possam definir exatamente qual o processo de negócio que deve ser seguido durante sua atuação conjunta para alcançar seu objetivo de negócio comum. Deve ser possível que cada organização defina seu workflow interno, mas principalmente deve ser possível a definição do workflow interorganizacional que deve ser executado entre todas as organizações - explicitando os pontos de cooperação entre elas;
- **Publicação/Busca de Serviços Eletrônicos:** deve ser possível que organizações publiquem, em um mercado eletrônico, os serviços disponibilizados por elas para fazer parte de workflows interorganizacionais. Por outro lado, deve ser possível que organizações interessadas possam procurar automaticamente os serviços eletrônicos que elas precisam para integrar um workflow interorganizacional, encontrando automaticamente os parceiros adequados para um processo de negócio cooperativo;
- **Definição de Contratos Eletrônicos:** o sistema deve disponibilizar um mecanismo para permitir que as organizações participantes cheguem a acordos sobre os detalhes dos processos de negócio a serem realizados de forma cooperativa entre elas e sobre os dados a serem trocados durante a execução desses processos. Estes acordos, chamados de contratos eletrônicos, devem conter informações sobre o serviço contratado, tais como níveis de qualidade, custo de execução, tempo a ser gasto, entre outros;
- **Monitoramento e Análise de Processos de Negócio:** o sistema deve possibilitar o monitoramento e a análise avançados da execução de partes do processo de negócio em uma determinada organização por uma outra organização envolvida no workflow interorganizacional, tal como a organização que subcontratou um determinado serviço. Apesar disso, o sistema deve apoiar o tratamento de níveis de autonomia diferenciado dos parceiros na execução de workflows interorganizacionais;
- **Controle de Acesso:** o sistema deve disponibilizar um mecanismo apropriado para a realização do controle de acesso dos SGWfs heterogêneos envolvidos em um workflow interorganizacional. Deve ser possível definir polícias de direitos de acesso tanto às informações de gerenciamento locais como aos dados manipulados pelos workflows intraorganizacionais que devem ser distribuídos para as demais organizações envolvidas;
- **Transações de Longa Duração:** o sistema deve oferecer apoio a um modelo avançado de transações que podem ocorrer em workflows interorganizacionais. Este modelo avançado deve ser uma extensão do modelo tradicional de transações, porém

com características próprias para tratar transações de longa duração. As propriedades ACID do modelo tradicional de transações devem ser revistas e adequadas em função da maior complexidade dos SGWf-Is.

Nas seções a seguir, é apresentada uma visão geral das principais linhas de pesquisa da área de workflows interorganizacionais, cobrindo os principais itens apresentados anteriormente. Embora os requisitos de SGWf-Is apresentados nesta seção estejam inerentemente inter-relacionados, eles são apresentados neste trabalho em seções separadas devido a grande amplitude de cada um.

3 Serviços Web

Os trabalhos realizados na área de workflows interorganizacionais na segunda metade da década de 90 utilizavam tecnologias de middleware EAI (Enterprise Application Integration), como por exemplo CORBA e DCOM, para tratar da integração entre aplicações. Embora muito tenha sido desenvolvido nesta área, estas tecnologias não chegaram a apresentar uma solução apropriada para a integração necessária de aplicações no ambiente Web, principal foco dos SGWf-Is, onde as interações ocorrem sem coordenadores e autoridades centrais. Um dos problemas associados às tecnologias EAI propostas é alta complexidade de instalação, configuração e administração - o que provoca muitos problemas em seu uso, além de serem tecnologias relativamente caras que não são facilmente encontradas na maior parte dos sistemas conectados na Internet.

Atualmente, os serviços Web estão emergindo como uma tecnologia promissora para a efetiva automação das interações interorganizacionais, por facilitar a descoberta e a invocação automática de serviços relevantes. Um serviço Web é uma aplicação disponível via Internet que pode ser utilizada para desempenhar um determinado serviço em um processo cooperativo. Eles são baseados em novos e simples padrões, tais como XML, SOAP, WSDL e UDDI, que oferecem a infraestrutura necessária para apoiar a descrição, descoberta e composição de serviços Web.

O benefício essencial associado a tecnologia de serviços Web é a ampla padronização utilizada, já que os padrões podem ser utilizados de forma simples em qualquer plataforma de software e hardware. Desta forma, a integração de aplicações se torna mais fácil, já que todos os envolvidos acabam usando a mesmo padrão. Entretanto, de acordo com [43], apesar do crescente interesse em serviços Web, várias questões ainda precisam ser tratadas para oferecer benefícios à integração interorganizacional similares àqueles já disponíveis pelas tecnologias EAI.

A seguir é apresentada uma breve descrição dos principais padrões utilizados pelos serviços Web:

- **WSDL - Web Services Description Language:** é um padrão para a especificação das interfaces dos serviços Web que podem ser invocados via Internet e os requisitos para sua invocação;
- **XML - eXtensible Markup Language:** é linguagem de marcação de dados que

oferece um padrão para descrever dados estruturados, de modo a facilitar a declaração mais precisa de conteúdo e resultados mais significativos de busca;

- **UDDI - Universal Description, Discovery, and Integration:** trata da localização dos serviços Web. Ela define um registro, onde os provedores podem registrar seus serviços Web e os consumidores podem procurar por eles;
- **SOAP - Simple Object Access Protocol:** é um protocolo para a troca de mensagens através da Internet, as quais podem ser usadas para a invocação de serviços Web de acordo com suas interfaces descritas em WSDL ou para o registro e a procura de serviços Web via UDDI;

De acordo com as definições acima, de um modo geral, um serviço Web é uma aplicação que tem uma interface descrita em WSDL, registrada via UDDI, e interage com clientes por meio da troca de mensagens XML encapsuladas em envelopes SOAP. Mas para que os serviços Web sejam utilizados em processos de negócio cooperativos, existe a necessidade de se definir um modelo de processo de negócio que explicita as interações de longa duração envolvidas. Com este objetivo, uma tendência atual é expressar a lógica de uma composição de serviços Web usando uma linguagem de modelagem de processos de negócio elaborada especificamente para serviços Web. Recentemente muitas linguagens deste tipo têm sido propostas, incluindo WSCI, BPML, BPEL4WS, XLANG, WSFL e BPSS. A Seção 4 apresenta a linha de pesquisa de linguagens de modelagem de processo de negócio com um pouco mais de detalhes.

A maioria dos trabalhos realizados atualmente na área de workflows interorganizacionais está baseada no uso de serviços Web como tecnologia de integração entre aplicações. Alguns dos trabalhos que abordam especificamente a tecnologia de serviços Web no contexto de workflows interorganizacionais são apresentados em [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27]. Nas próximas seções são descritas linhas de pesquisa específicas dentro da área de pesquisa de workflows interorganizacionais, que na maioria dos casos também já estão utilizando os serviços Web como tecnologia de integração.

4 Modelagem de Processos de Negócio

A modelagem de processos de negócio é provavelmente a linha de pesquisa dentro da área de workflows interorganizacionais em que mais têm sido realizadas pesquisas. Diversas linguagens para a especificação de processo de negócio entre organizações diferentes já têm sido propostas, cada uma delas tendo diferentes origens e possuindo diferentes objetivos para tratar de características específicas de workflows interorganizacionais. Algumas dessas linguagens são totalmente novas, porém a maioria é uma extensão ou de linguagens de modelagem de propósito geral ou de linguagens de modelagem de workflows intraorganizacionais.

Aspectos importantes na modelagem de workflows interorganizacionais são: especificação da resposta esperada a partir das organizações participantes; especificação das regras de negócio tanto intra como interorganizacional que afetam a cooperação entre os envolvi-

dos; e políticas de tratamento de exceções no caso de algo sair errado durante a execução do processo de negócio cooperativo.

Como apresentado anteriormente, diversos trabalhos têm sido realizados ou especificamente sobre linguagens de modelagem de processos de negócio, ou que englobam uma linguagem de modelagem. Exemplos desses trabalhos são [9] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37]. Existem também os trabalhos relacionados exclusivamente a modelagem de processos de negócio cujos serviços são implementados como serviços Web, tais como [23] [38] [39].

Em [40] é apresentada uma comparação de diferentes propostas para linguagem de modelagem de processos de negócio para workflows interorganizacionais, apontando os pontos fracos e os pontos fortes de cada uma. As linguagens comparadas são: WSDL - Web Service Description Language; WFSL - Web Service Flow Language; WSCL - Web Service Conversation Language; WPDL - Workflow Process Definition Language; BPML - Business Process Modeling Language; ebXML - Electronic Business XML; e XLANG. Seu trabalho conclui que nenhuma única linguagem preenche todos os requisitos identificados para a especificação de workflows interorganizacionais.

Apesar do grande entusiasmo existente na área com os serviços Web e seus padrões, e mais especificamente com estas linguagens de modelagem de processos de negócio, van der Aalst [41] [42] [43] não se mostra tão otimista e acredita que possa estar havendo uma precipitação no uso de tais linguagens. Ele argumenta que muito pouco esforço tem sido gasto na avaliação e comparação destas linguagens por meio da realização de benchmarks. Como contribuição, ele apresenta uma avaliação comparativa com o objetivo de estabelecer seus pontos de sobreposição e complementação, delimitar suas capacidades e limitações, e detectar inconsistências e ambigüidades.

5 Publicação/Busca de Serviços Eletrônicos

Esta linha de pesquisa lida com a questão de organizações poderem disponibilizar serviços eletrônicos na Internet para serem consumidos por outras organizações, de modo que as organizações possam se encontrar como parceiros de negócio compatíveis, formando um processo de negócio interorganizacional. Esta facilidade dos sistemas de gerenciamento de workflows interorganizacionais, chamada *matchmaking*, atua como um mercado eletrônico onde provedores anunciam seus serviços eletrônicos disponíveis, enquanto que consumidores buscam por serviços eletrônicos requeridos para seus propósitos de negócio.

O casamento de serviços por provedores e consumidores pode levar em conta uma série de propriedades além do próprio serviço eletrônico oferecido, tais como: qualidade do serviço, tempo de execução, custo do serviço, entre outros itens que podem interessar ambas as partes, mas principalmente o lado consumidor. Tal casamento só é possível se os mecanismos de publicação e busca de serviços eletrônicos puderem contar com formas padronizadas para realizar suas funções. Dentro deste contexto, novamente as tecnologias de middleware EAI, como por exemplo CORBA, estão sendo atualmente substituídas por serviços Web, que podem ser vistos como a tecnologia mais promissora para que facilidades de *matchmaking* sejam disponibilizadas nos sistemas de gerenciamento de workflows interorganizacionais.

A natureza dinâmica do relacionamento entre o servidor e o consumidor requer o adiamento do estabelecimento da relação de negócio entre eles o maior tempo possível. Isto requer que o processo de matchmaking seja parte integral do ciclo de vida tanto do serviço oferecido quanto da aplicação cliente. Se a facilidade de matchmaking deve ser usada para ajudar a encontrar parceiros de negócio compatíveis, ela deve ser capaz de casar o que está sendo oferecido assim como o que está sendo demandado por ambas as partes.

Alguns dos principais trabalhos de pesquisa que envolvem facilidades de matchmaking são [43] [44] [45]. Em [44] é apresentada uma série de pontos para trabalhos futuros na linha de facilidades de matchmaking, tais como:

- Ferramentas: além das ferramentas já disponibilizadas, outras ferramentas para serem usadas na publicação e na busca de serviços Web e no gerenciamento e supervisão do estado do mercado eletrônico;
- Espaços de matchmaking distribuídos: em alguns espaços complexos de matchmaking, pode ser desejável dividir a informação entre diferentes sistemas de matchmaking diferentes;
- Processos de matchmaking de várias partes: o processo atual de matchmaking trata de apenas duas partes, mas podem existir cenários de negócio que necessitam de processos de matchmaking que lidem com mais de duas partes ao mesmo tempo;
- Buscas de longa duração: seria interessante que as buscas e publicações pudessem ser realizadas por meio de transações de longa duração, quando os critérios envolvidos forem muitos;
- Monitoramento e estatísticas: quando um processo de matchmaking falha, às vezes é útil saber exatamente em que parte do processo a falha ocorreu. Além disso, estatísticas gerais podem oferecer informações úteis ao mercado eletrônico.

6 Definição de Contratos Eletrônicos

Depois que os parceiros de negócio compatíveis se encontram através de facilidades de matchmaking de um sistema de gerenciamento de workflows interorganizacionais, é necessário que um acordo seja elaborado para estabelecer exatamente o que vai ser oferecido pelo provedor de serviços eletrônicos e sob quais condições, além também dos direitos e deveres de ambos os lados. Tal necessidade não era essencialmente necessária nos sistemas de gerenciamento de workflows tradicionais, já que todos os envolvidos na execução do workflow faziam parte de uma mesma organização, sendo necessário apenas definir o processo de negócio que deveria ser executado pelos envolvidos.

Este acordo entre as partes, chamado de contrato eletrônico, é uma especificação detalhada do serviço contratado que funciona como a base para a realização de uma cooperação que define o oferecimento do serviço pelo provedor para o consumidor. O contrato eletrônico detalha também as informações referentes a qualidade do serviço sendo contratado, e ao monitoramento e o controle das atividades sendo desempenhadas pelo provedor de serviços

eletrônicos. O contrato eletrônico normalmente engloba a descrição do processo de negócio a ser executado pelas organizações envolvidas, tais como apresentado na Seção 4 deste relatório.

Os parâmetros de qualidade de serviço sobre a execução dos processos do workflow referem-se a diferentes dimensões, tais como o tempo necessário para executar um serviço eletrônico, a qualidade dos resultados produzidos por um serviço eletrônico, e o custo em recursos e/ou em dinheiro referentes a execução do serviço eletrônico. Estes parâmetros podem ter sido usados durante a realização do matchmaking, e na seqüência podem ser incluídos no contrato eletrônico para que o consumidor possa verificar seus valores durante a execução do processo.

Alguns dos principais trabalhos de pesquisa que envolvem contratos eletrônicos são [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53]. Alguns trabalhos mais recentes nesta linha de pesquisa têm adotado o termo Service Level Agreement (SLA) para contratos eletrônicos [54] [55] [56]. Um desses trabalhos é apresentado por, que descreve um framework para a especificação e monitoramento de SLAs para serviços Web, chamado de Web Service Level Agreement (WSLA) [55] [56].

7 Transações de Longa Duração

Os sistemas de gerenciamento de workflows tradicionais já requeriam apoio avançado a transações para alinhar-se aos processos inerentemente de longa duração. Entretanto, os sistemas de gerenciamento de workflows interorganizacionais requerem um apoio a transações mais avançado ainda, que seja capaz de lidar com a distribuição de processos. O sistema de apoio a transações, neste caso, deve ser capaz de lidar com distribuições arbitrárias de processos de negócio sobre múltiplos SGWfs heterogêneos e oferecer apoio a rollbacks flexíveis.

Um SGWf-I deve oferecer apoio a um modelo avançado de transações que podem ocorrer em processos de negócio sendo executado de forma distribuída em várias organizações. Este modelo avançado deve ser uma extensão do modelo tradicional de transações, porém com características próprias para tratar transações de longa duração. As propriedades ACID do modelo tradicional de transações devem ser revistas e adequadas e função da maior complexidade dos SGWf-Is. Exemplos de trabalhos que tratam do apoio de transações em SGWf-Is são apresentados em [1] [57] [58] [59].

8 Inteligência de Processos de Negócio

Uma outra linha de pesquisa dentro da área de workflows interorganizacionais é a de Inteligência de Processos de Negócio. Organizações automatizam seus processos de negócio com os objetivos de melhorar a eficiência operacional, reduzindo custos, melhorando a qualidade do serviço oferecida a seus clientes, e reduzindo erros humanos. Entretanto, além das ferramentas gráficas para a especificação de processos de negócio, e algumas ferramentas de simulação para detectar gargalos de desempenho, os SGWf-Is atualmente oferecem poucas ferramentas analíticas para rastrear métricas de negócio específicas e quantificar desem-

penho e qualidade. A área emergente de Inteligência de Processos de Negócio visa aplicar a tecnologia de Data Warehousing e Data Mining na análise e otimização dos processos de negócio [1].

SGWf-Is atualmente coletam uma grande quantidade de dados sobre as execuções dos processos de negócio. Os logs do sistema armazenam eventos significantes que ocorrem durante a execução do processo, tais como: os tempos de início e de término das atividades do processo, os dados de entrada e de saída de cada atividade, os eventos de falha ou outras exceções, e a alocação de recursos para cada atividade. Os logs são normalmente armazenados em bancos de dados relacionais, que podem ser consultados para produzir relatórios básicos tais como o número de instâncias de workflows executadas em um dado período de tempo, o tempo médio de execução, as estatísticas de utilização de recursos, etc. Embora ferramentas tradicionais de consulta e relatórios sejam usadas para este propósito, elas são bastante limitadas nos tipos de análises apoiadas.

Uma abordagem mais promissora, conforme apresentado em [60] [61] [62] é construir um Data Warehouse de processos de negócio, cujos dados de log podem ser analisadas usando ferramentas de análise multidimensionais (OLAP) e Data Mining para responder questões que gerentes de negócios ou analistas de processos poderiam estar interessados, tais como:

- Analisar o desempenho e a qualidade dos recursos. Por exemplo: recursos do tipo A levam 50
- Entender e prever exceções. Por exemplo: que fatores estão fortemente correlacionados com deadlines ausentes ou outras violações de termos de contratos eletrônicos;
- Descobrir sob quais condições caminhos ou subgrafos do processo são executados, de modo que o processo possa ser redefinido;
- Otimizar o tempo de execução e a qualidade do processo por meio da configuração ótima do sistema, atribuição dos recursos, e adaptação dinâmica do processo.

Uma outra proposta é o uso de técnicas de Data Mining especificamente para apoiar a re-especificação de workflows, principalmente com o enfoque interorganizacional. O ponto de partida para a técnica proposta - chamada de Process Mining - também é o log de execução do workflow que contém informações sobre a execução do processo de negócio. O objetivo desta abordagem é coletar dados de execução de um processo de negócio, em tempo de execução, para apoiar a re-especificação e a análise de workflows. A informação coletada em tempo de execução pode ser usada para derivar um modelo dos eventos registrados, o qual pode ser usado para as atividades de diagnose e de re-especificação do workflow. Em contraste a uma especificação tradicional que é geralmente subjetiva e baseada em percepções e opiniões, a técnica de Process Mining é apresentada como sendo objetiva por ser baseada nos eventos que estão ocorrendo atualmente no sistema [63] [64] [65].

Por se tratar de uma linha de pesquisa recente, muitas questões ainda estão abertas, esperando a definição de técnicas de Inteligência de Processos de Negócio que sejam úteis na análise e otimização de processos de negócio.

9 Considerações Finais

A área de workflows interorganizacionais tem apresentado um grande potencial para as organizações tornarem seus processos operacionais mais eficientes. Com o crescimento do comércio eletrônico, existe um interesse grande e renovado em tecnologias para automatizar o gerenciamento de processos de negócio interorganizacionais, tais como os serviços Web. Neste relatório técnico, foi apresentada uma visão geral da área de workflows interorganizacionais. Como não é possível ser exaustivo na cobertura desta área tão vasta, foram enfatizadas algumas das principais linhas de pesquisa que mais diferenciam os SGWf-Is dos SGWfs tradicionais.

Referências

- [1] Dayal, U., Hsu, M., Ladin, R. Business Process Coordination: State of the Art, Trends, and Open Issues. VLDB 2001, Proceedings of 27th International Conference on Very Large Data Bases, Roma, Italy, 2001, Roma, Italy. Morgan Kaufmann 2001, ISBN 1-55860-804-4. Pages: 3-13.
- [2] Grefen, P., Aberer, K., Hoffner, Y., Ludwig, H. CrossFlow: Cross-Organizational Workflow Management in Dynamic Virtual Enterprises. International Journal of Computer Systems Science & Engineering, Vol. 15, No. 5, 2000, pp. 277-290.
- [3] Hoffner, Y., Ludwig, H., Grefen, P., Aberer, K. CrossFlow: integrating workflow management and electronic commerce. ACM SIGecom Exchanges. Volume 2, Issue 1 Winter, 2001. Pages: 1 - 10. Year of Publication: 2000.
- [4] Hoffner, Y., Field, S., Grefen, P., Ludwig, H. Contract-Driven Creation and Operation of Virtual Enterprises, Computer Networks, The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Elsevier North Holland, Volume 37, pp. 111-136, September 2001.
- [5] Hoffner, Y., Ludwig, H., Gulcu, C., Grefen, P. An architecture for cross-organisational business processes. WECWIS 2000. Second International Workshop on Advanced Issues of E-Commerce and Web-Based Information Systems, 2000, 8-9 June 2000. Pages:2 - 11.
- [6] Grefen, P., Hoffner, Y. CrossFlow-cross-organizational workflow support for virtual organizations. RIDE-VE '99. Proceedings of the Ninth International Workshop on Research Issues on Data Engineering: Information Technology for Virtual Enterprises, 1999, 23-24 March 1999. Pages:90 - 91.
- [7] Sayal, M., Casati, F., Dayal, U., Shan, M.-C. Integrating Workflow Management Systems with Business-to-Business Interaction Standards. Proceedings of the 18th International Conference on Data Engineering, 2002, 26 Feb.-1 March 2002. Pages:287 - 296.

- [8] Casati, F., Shan, M.-C. Event-based Interaction Management for Composite E-Services in eFlow. *Information Systems Frontiers* 4(2), 2002.
- [9] Casati, F., Discenza, A. Modeling and Managing Interactions among Business Processes. *Journal of Systems Integration* 10(2), April 2001.
- [10] Casati, F., Ilnicki, S., Jin, L. J., Krishnamoorthy, V., Shan, M.-C. eFlow: a Platform for Developing and Managing Composite e-Services, *Proceedings of AIWORC'2000*, Buffalo, NY, April 2000.
- [11] Chen, Q., Hsu, M., Metha, V. How public conversation management integrated with local business process management. *Information Systems and E-Business Management*, Volume 2, Number 1, April 2004: 11-126.
- [12] Chen, Q., Hsu, M. CPM Revisited - An Architecture Comparison. *On the Move to Meaningful Internet Systems, 2002 - DOA/CoopIS/ODBASE 2002 Confederated International Conferences DOA, CoopIS and ODBASE 2002 Irvine, California, USA, October 30 - November 1, 2002, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 2519 Springer 2002, ISBN 3-540-00106-9. Pages: 72-90.*
- [13] Chen, Q., Hsu, M. Inter-Enterprise Collaborative Business Process Management. *Proceedings of the 17th International Conference on Data Engineering, 2001, 2-6 April 2001. Pages:253 - 260.*
- [14] Joeris, G., Wache, H., Herzog, O. Flow.Net - Workflow Support for Inter-Organizational Engineering and Production Processes. In *International Journal of Agile Manufacturing (IJAM), Special issue on 'Information Management for Productivity Enhancement', 2000.*
- [15] Gronemann, B., Joeris, G., Scheil, S., Steinfort, M., Wache, H. Supporting Cross-Organizational Engineering Processes by Distributed Collaborative Workflow Management - The MOKASSIN Approach. *2nd Symposium on Concurrent Multidisciplinary Engineering (CME'99) / 3rd Int. Conf. on Global Engineering Networking (GEN'99), Bremen, Germany, Sept. 1999.*
- [16] Ludwig, H., Whittingham, K. VEC - gateways for cross-organizational document flow. *Multimedia, IEEE, Volume: 7, Issue: 4, Oct.-Dec. 2000, Pages:62 - 72.*
- [17] Ludwig, H., Whittingham, K. Virtual enterprise co-ordinator agreement-driven gateways for cross-organisational workflow management. *International Conference on Work activities Coordination and Collaboration. Proceedings of the international joint conference on Work activities coordination and collaboration. San Francisco, California, United States. Pages: 29 - 38. Year of Publication: 1999. ISSN:0163-5948.*
- [18] Lazcano, A., Schuldt, H., Alonso, G., Schek, H.-J. WISE: Process based E-Commerce. *IEEE Data Engineering Bulletin, Special Issue on Infrastructure for Advanced E-Services, 24(1), March 2001.*

- [19] Lazcano, A., Alonso, G., Schuldt, H., Schuler, C., The WISE approach to Electronic Commerce. *International Journal of Computer Systems Science & Engineering*, special issue on Flexible Workflow Technology Driving the Networked Economy, Vol. 15, No. 5, 2000.
- [20] Casati, F. A Conversation on Web Services: what's new, what's true, what's hot. And what's not. Invited paper. Proceedings of the ECAI workshop on Knowledge Transformation and the Semantic Web. Lyon, France. July 2002.
- [21] Sahai, A., Machiraju, F., Casati, F. An Adaptive and Extensible Model for Managing Web Services and Business Processes. Openview Conference. Malaga, Spain. 2002.
- [22] Casati, F., Shan, E., Dayal, U., Shan, M.-C. Business-Oriented Management of Web services. *ACM Communications*, October 2003..
- [23] Casati, F. Open Issues and Opportunities in Web Services Modeling, Development, and Management. Coordination 2004. Pisa, Italy. Feb 2004..
- [24] Burdett, D., Chen, Q., Hsu, M. Conductor: An Enabler for Web Services-based Business Collaboration. *IEEE Data(base) Engineering Bulletin* Volume 25, Number 4, December 2002: 22-26. 2002.
- [25] Hsu, M. From Marketplaces to Web Services. WISE Proceedings of the 3rd International Conference on Web Information Systems Engineering Year of Publication: 2002. ISBN:0-7695-1766-8.
- [26] Nickerson, J. V. Logical Channels: Using Web Services for Cross-Organizational Workflow. *Business Process Management Journal* V11 #3.
- [27] Schmidt, R. Web Services Based Architectures to Support Dynamic Inter-organizational Business Processes. The International Conference on Web Services - Europe 2003 (ICWS-Europe'03).
- [28] Chen, Q., Dayal, U., Hsu, M. Conceptual Modeling for Collaborative E-business Process. *Conceptual Modeling - ER 2001*, 20th International Conference on Conceptual Modeling, Yokohama, Japan, November 27-30, 2001. *Lecture Notes in Computer Science* 2224 Springer 2001, ISBN 3-540-42866-6. Pages: 1-16.
- [29] van der Aalst, W. M. P. Modeling and Analyzing Interorganizational Workflows. 1st International Conference on Application of Concurrency to System Design (ACSD '98), 23-26 March 1998, Fukushima, Japan. IEEE Computer Society 1998, ISBN 0-8186-8350-3. Pages: 262-272.
- [30] van der Aalst, W. M. P., Kumar, A. XML Based Schema Definition for Support of Inter-organizational Workflow. *Information Systems Research*, 14(1):23-46, 2003.
- [31] Kiepuszewski, B., ter Hofstede, A. H. M., van der Aalst, W. M. P. Fundamentals of Control Flow in Workflows. QUT Technical report, FIT-TR-2001-01, Queensland University of Technology, 2001.

- [32] van der Aalst, W. M. P., ter Hofstede, A. H. M. YAWL: Yet Another Workflow Language. QUT Technical report, FIT-TR-2002-06, Queensland University of Technology, Brisbane, 2002.
- [33] van der Aalst, W. M. P. Making Work Flow: On the Application of Petri nets to Business Process Management. In J. Esparza and C. Lakos, editors, Application and Theory of Petri Nets 2002, volume 2360 of Lecture Notes in Computer Science, pages 1-22. Springer-Verlag, Berlin, 2002.
- [34] Joeris, G. Modeling of Flexible Workflows and Their Decentralized Enactment in flow.net', in special issue on 'Flexible Workflow Technology Driving the Networked Economy' of the International Journal of Computer Systems Science & Engineering (IJ-CSSE), Vol. 15, No. 5, 2000, pp. 327-343.
- [35] van der Aalst, W. M. P. Loosely Coupled Interorganizational Workflows - Modeling and Analyzing Workflows Crossing Organizational Boundaries. Information and Management, 37(2):67-75, March 2000.
- [36] Lenz, K. Modeling interorganizational workflows with XML nets. System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on, 3-6 Jan. 2001. Pages:10 pp.
- [37] Grefen, P., Angelov, S. Three-Level Process Specification for Dynamic Service Outsourcing: from Petri Nets to ebXML and WFPDL, Advances in Petri Nets: Petri Net Technology for Communication-Based Systems, LNCS, Vol. 2472, Springer, 2003, pp. 264-280.
- [38] Benatallah, B., Casati, F., Toumani, F. Web services conversation modeling: The Cornerstone for E-Business Automation. IEEE Internet Computing, Jan04.
- [39] Benatallah, B., Casati, F., Toumani, F., Hamadi, R. Conceptual Modeling of Web Service Conversations. Procs of CAiSE 2003. June 2003.
- [40] Bernauer, M., Kappel, G., Kramler, G., Retschitzegger, W. Specification of Interorganizational Workflows - A Comparison of Approaches. Proceedings of the 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2003), <http://www.iiisci.org/sci2003/>, 27-30 July, 2003, Orlando, USA, pp. 30-36, ISBN 980-6560-01-9.
- [41] van der Aalst, W. M. P., Dumas, M., ter Hofstede, A. H. M. Web Service Composition Languages: Old Wine in New Bottles? In G. Chroust and C. Hofer, editors, Proceeding of the 29th EUROMICRO Conference: New Waves in System Architecture, pages 298-305. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, 2003.
- [42] Wohed, P., van der Aalst, W. M. P., Dumas, M., ter Hofstede, A. H. M. Analysis of Web Services Composition Languages: The Case of BPEL4WS. In I.Y. Song, S.W. Liddle, T.W. Ling, and P. Scheuermann, editors, 22nd International Conference on

- Conceptual Modeling (ER 2003), volume 2813 of Lecture Notes in Computer Science, pages 200-215. Springer-Verlag, Berlin, 2003.
- [43] van der Aalst, W. M. P. Don't go with the flow: Web services composition standards exposed. *IEEE Intelligent Systems*, 18(1):72-76, 2003.
- [44] Field, S., Hoffner, Y. Web Services and Matchmaking. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, IEL Publishers, Volume 1, Number 3, 2003.
- [45] Facciorusso, C., Field, S., Hauser, R., Hoffner, Y., Humbel, R., Pawlitzek, R., Rjaibi, W., Siminitz, C. A Web Services Matchmaking Engine for Web Services. *Proceedings of EC-Web 2003, DEXA Conference*, 1-5 September 2003.
- [46] Field, S., Hoffner, Y. In Search of the Right Partner. In *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises, PRO-VE'02, 3rd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises*, Editor: Luis Camarinha-Matos, Kluwer Academic Publishers, May 2002.
- [47] Angelov, S., Grefen, P. The 4W Framework for B2B e-Contracting. *International Journal of Networking and Virtual Organizations*, Vol. 2, No. 1. Inderscience Publishers, 2003, pp. 78-97 (invited paper).
- [48] Angelov, S., Grefen, P. Conceptual Framework for B2B Electronic Contracting, In: *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises - Proceedings 3rd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises*, Sesimbra, Portugal, 2002, pp. 143-150.
- [49] Grefen, P., Ludwig, H., Angelov, S. A Three-Level Framework for Process and Data Management of Complex E-Services, *International Journal of Cooperative Information Systems*, Vol. 12, No. 4, World Scientific, 2003, pp. 487-531.
- [50] Angelov, S., Grefen, P. Support for B2B e-Contracting - The Process Perspective, In: *Knowledge and Technology Integration in Production and Services - Proceedings 5th International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacturing and Services*, Cancun, Mexico, 2002, pp. 87-96 (Best Paper in Track Award).
- [51] Koetsier, M., Grefen, P., Vonk, J. Contracts for Cross-Organizational Workflow Management, *Proceedings 1st International Conference on Electronic Commerce and Web Technologies*, London, UK, 2000, pp. 110-121.
- [52] Kafeza, E., Chiu, D. K. W., Kafeza, I. View-Based Contracts in an E-Service Cross-Organizational Workflow Environment. *Technologies for E-Services, Second International Workshop, TES 2001, Rome, Italy, September 14-15, 2001, Lecture Notes in Computer Science 2193 Springer 2001, ISBN 3-540-42565-9. Pages: 74-88.*
- [53] Griffel, F. Electronic Contracting with COSMOS - How to Establish, Negotiate and Execute Electronic Contracts on the Internet. *Procs. 2nd Int. Enterprise Distr. Object Comp. Worksh.*, La Jolla, USA, 1998.

- [54] Dan, A., Davis, D., Kearney, R., Keller, A., King, R., Kuebler, D., Ludwig, H., Polan, M., Spreitzer, M., Youssef, A. Web services on demand: WSLA-driven automated management. *IBM Systems Journal*, Vol. 43 (1), 2004.
- [55] Keller, A., Ludwig, H. The WSLA Framework - Specifying and Monitoring Service Level Agreements for Web Services. *Journal of Network and System Management* (11), Nr. 1, Special Issue on E-Business Management. Plenum Publishing Corporation, March 2003.
- [56] Sahai, A., Machiraju, V., Sayal, M., van Moorsel, A., Casati, F., Jin, L. J. Automated SLA Monitoring for Web Services. *International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management*. Montreal, Canada. Oct 2002.
- [57] Vonk, J., Grefen, P. Cross-Organizational Transaction Support for E-Services in Virtual Enterprises; *Journal of Distributed and Parallel Databases*; Vol. 14, No. 2; Kluwer Academic Publishers, 2003; pp. 137-172.
- [58] Vonk, J., Grefen, P., Boertjes, E., Apers, P. Distributed Global Transaction Support for Workflow Management Applications; *Proceedings 10th International Conference on Database and Expert System Applications*; Florence, Italy, 1999; pp. 942-951.
- [59] Derks, W., Dehnert, J., Grefen, P., Jonker, W. Customized Atomicity Specification for Transactional Workflows; *Proceedings 3rd International Symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications*; Beijing, China, 2001; pp.155-164.
- [60] Castellanos, M., Casati, F., Dayal, U., Shan, M.-C. A Comprehensive and Automated Approach to Intelligent Business Process Execution Analysis. DAPD. To appear.
- [61] Grigori, D., Casati, F., Castellanos, M., Dayal, U., Shan, M.-C., Sayal, M. Business Process Intelligence. *Computers in Industry* to appear.
- [62] Castellanos, M., Casati, F., Dayal, U., Shan, M.-C. Intelligent Management of SLAs for Composite Web Services. *Databases in Networked Information Systems, Third International Workshop, DNIS 2003*, Aizu, Japan, September 22-24, 2003, *Lecture Notes in Computer Science 2822 Springer 2003*, ISBN 3-540-20111-4 158-171.
- [63] van der Aalst, W. M. P., Song, M. Mining Social Networks: Uncovering interaction patterns in business processes. In M. Weske, B. Pernici, and J. Desel, editors, *International Conference on Business Process Management (BPM 2004)*, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- [64] van der Aalst, W. M. P., Weijters, A. J. M. M., Maruster, L. Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2004 (to appear).
- [65] Medeiros, A. K. A., van der Aalst, W. M. P., Weijters, A. J. M. M., Workflow Mining: Current Status and Future Directions. In R. Meersman, Z. Tari, and D.C. Schmidt, editors, *On The Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS, DOA, and ODBASE*,

volume 2888 of Lecture Notes in Computer Science, pages 389-406. Springer-Verlag, Berlin, 2003.