

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**Arquiteturas de Sistemas de
Gerenciamento de Processos de Negócio
Baseados em Serviços**

*M. Fantinato M. B. F. Toledo
I. M. S. Gimenes*

Technical Report - IC-05-06 - Relatório Técnico

April - 2005 - Abril

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

Arquiteturas de Sistemas de Gerenciamento de Processos de Negócio Baseados em Serviços

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

Resumo

Sistemas de Gerenciamento de Processos de Negócio são sistemas que oferecem apoio à realização de processos envolvendo a cooperação entre organizações que buscam atingir um objetivo comum de negócio. Esses sistemas devem disponibilizar um amplo conjunto de funcionalidades para criação, execução e monitoramento de processos de negócio. Para facilitar a integração entre as aplicações distribuídas entre as organizações, as operações computacionais que devem ser executadas pelas atividades do processo são encapsuladas dentro de serviços eletrônicos, entre eles os serviços Web. Este relatório apresenta uma visão geral de algumas arquiteturas de Sistemas de Gerenciamento de Processos de Negócio baseados em serviços eletrônicos, incluindo alguns sistemas baseados especificamente em serviços Web.

1 Introdução

Muitas organizações estão atuando de forma cooperativa, para atingir objetivos comuns de negócio, através da integração e automação de seus processos de negócio. Companhias estão cada vez mais se concentrando nas atividades chaves de sua área de negócio e subcontratando a realização das atividades secundárias. Nesse contexto, a Internet tem apresentado um grande potencial para permitir a realização de cooperações interorganizacionais, 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 online, entre outros. Esses processos 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 orientadas por regras de negócios complexas [1].

O conjunto de atividades a serem executadas por uma ou mais organizações para atingir um objetivo de negócio pode ser chamado de workflow. Um workflow pode ser intra-organizacional - em que apenas uma organização está envolvida na execução de suas atividades, ou interorganizacional - em que várias organizações estão envolvidas. A partir do início desta década, muitos grupos de pesquisa passaram a adotar o termo "processo de

negócio” de um modo mais geral, englobando tanto workflow intra- como interorganizacionais, porém com uma ênfase maior no segundo. Entretanto, o termo workflow ainda é bastante usado na área.

Para que os processos de negócio, envolvendo várias organizações, possam ser realizados na Internet, deve ser fornecida a infra-estrutura tecnológica necessária para que tais cooperações sejam realizadas. Com esse propósito, são desenvolvidos os Sistemas Gerenciadores de Processos de Negócio (SGPN). O gerenciamento de processos de negócio envolvendo várias organizações pode ser realizado de forma centralizada, através de um único SGPN localizado em uma das organizações, ou de forma descentralizada, através de vários SGPN localizados nas organizações envolvidas. Independentemente da abordagem de gerenciamento adotada, um SGPN deve oferecer apoio à execução das funcionalidades necessárias para a criação, execução e monitoramento dos processos de negócio.

Para a realização de um processo de negócio, as organizações envolvidas precisam interagir entre si para trocar as informações necessárias para o seu andamento. Esta troca de informações deve ser realizada entre as aplicações distribuídas entre elas, que são usadas para a realização das atividades do processo. Para facilitar a integração entre essas aplicações distribuídas, as operações computacionais que devem ser executadas pelas atividades do processo são encapsuladas dentro de serviços eletrônicos, entre eles os serviços Web, que podem ser invocados entre as organizações.

O objetivo deste relatório é apresentar uma visão geral das arquiteturas dos principais SGPN baseados em serviços eletrônicos existentes atualmente, tanto em relação aos serviços eletrônicos em geral como em relação a serviços Web. Primeiramente, é apresentada uma visão geral sobre processos de negócio baseados em serviços eletrônicos. Em seguida, são apresentadas algumas arquiteturas relevantes de SGPN baseados em serviços eletrônicos de uma forma geral. E, finalmente, são apresentadas algumas arquiteturas de SGPN baseados em serviços Web.

2 Serviços Eletrônicos e Processos de Negócio

A Computação Orientada por Serviços (COS) é o paradigma da computação que utiliza serviços eletrônicos como elementos fundamentais para o desenvolvimento de aplicações distribuídas [4]. A COS oferece uma infra-estrutura tecnológica, a partir da qual organizações interessadas podem se comunicar, via troca de mensagens, para alcançar seus objetivos dentro de um processo de negócio.

A COS utilizou inicialmente tecnologias de middleware EAI (Enterprise Application Integration), tais como CORBA [49] e DCOM [50], para tratar da integração entre aplicações distribuídas através da comunicação entre os serviços eletrônicos. Embora muito tenha sido desenvolvido nessa área, essas tecnologias não chegaram a apresentar uma solução apropriada para a integração de aplicações em ambientes heterogêneos como a Internet, principal foco dos SGPN, 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 computacionais conectados na Internet [2].

Atualmente, os serviços Web - um tipo específico de serviços eletrônicos - estão sendo apresentados como uma tecnologia potencial para a efetiva automação das interações interorganizacionais na COS, por facilitar a descoberta e a invocação automática de serviços eletrônicos relevantes. Serviços Web são serviços eletrônicos baseados em um conjunto de padrões de Internet novos e simples que facilitam a tarefa de integrar aplicações. A tecnologia de serviços Web pode oferecer uma base técnica apropriada para tornar processos de negócio acessíveis dentro de uma mesma empresa e principalmente entre empresas. O benefício essencial associado à tecnologia de serviços Web é a ampla padronização, já que os padrões podem ser utilizados de forma simples em qualquer plataforma de software e hardware - tornando mais fácil a integração de aplicações [3].

Os elementos básicos da tecnologia de serviços eletrônicos, ou mesmo de serviços Web, não oferecem apoio direto ao gerenciamento de processos de negócio. Para que tal apoio seja possível, é necessária a existência de Sistemas Gerenciadores de Processos de Negócio baseados em Serviços Eletrônicos. Eles formam a infra-estrutura para a criação, a execução e o gerenciamento de processos de negócio baseados em serviços eletrônicos [5].

2.1 Computação Orientada por Serviços

De acordo com Papazoglou & Georgakopoulos [4], serviços eletrônicos (podendo ser chamados apenas de serviços) são componentes abertos e autodescritivos que oferecem apoio à composição de aplicações/soluções distribuídas de uma forma rápida e com baixo custo. A descrição de um serviço é usada para apresentar - a organizações potencialmente interessadas - suas capacidades, sua interface, seu comportamento e sua qualidade, como segue:

- **Descrição das capacidades:** apresenta o propósito conceitual e uma visão geral dos resultados esperados do serviço. Usada como um nome do serviço e uma breve descrição textual para que as organizações interessadas saibam do que se trata o serviço e realize um primeiro filtro na procura por serviços apropriados;
- **Descrição da interface:** publica a assinatura do serviço (suas entradas, suas saídas, seus parâmetros de erros e seus tipos de mensagens). Usada para que organizações interessadas possam invocar corretamente sua execução, passando os parâmetros esperados e estar preparadas para receber os resultados produzidos, bem como mensagens informativas e de erro quando for o caso;
- **Descrição do comportamento:** descreve com mais detalhes a implementação do serviço, deixando claro quais são os resultados produzidos pelo serviço durante sua execução, em função de diferentes valores de entrada. Apenas as informações relevantes para que um serviço possa ser escolhido e utilizado por outra organização é que devem fazer parte da descrição de seu comportamento - enquanto que detalhes internos da implementação podem ser escondidos das organizações interessadas;
- **Descrição da qualidade:** publica atributos importantes - funcionais e não funcionais - da qualidade do serviço (Quality of Service - QoS). Esses atributos podem estar relacionados a, por exemplo: custo do serviço, métricas de desempenho, segurança, au-

tenticação, integridade transacional, confiabilidade, escalabilidade e disponibilidade. Eles são usados como informações adicionais para que uma organização interessada possa escolher um serviço a ser utilizado, ou seja, como um filtro mais refinado.

2.1.1 Diretório de Serviços e Operações Relacionadas

Diretórios de serviços são locais centralizados onde as informações sobre serviços disponíveis são armazenadas. As informações registradas em diretórios de serviços são necessárias para que organizações interessadas utilizem os serviços na composição de aplicações distribuídas [6].

As operações que permitem que os serviços sejam utilizados pelas organizações interessadas são:

- **Publicação:** registrar a descrição de serviços em diretórios de serviços. A publicação de um serviço abrange o registro de suas capacidades, de sua interface, de seu comportamento e da qualidade oferecida por ele;
- **Descoberta:** procurar automaticamente por serviços, registrados em diretórios de serviços, que satisfazem critérios desejados e possam ser utilizados em um processo de negócio cooperativo. O processo de busca e descoberta de um serviço, chamada de matchmaking, leva em consideração a descrição dos serviços publicados, principalmente em relação à qualidade de serviço - como, por exemplo, o custo de execução do serviço;
- **Invocação:** conectar a organização que deseja usar um serviço com a organização que o disponibilizou e o publicou, depois que uma busca é realizada com sucesso e o serviço adequado é localizado. Essa ligação pode ser realizada de forma estática (em tempo de definição) ou dinâmica (em tempo de execução). A ligação entre as duas organizações leva em consideração principalmente à descrição detalhada da interface do serviço a ser utilizado.

2.2 Processo de Negócio

Um processo de negócio é uma seqüência de atividades executadas por múltiplas organizações que atuam cooperativamente para atingir um objetivo comum de negócio - podendo ser entendido como um workflow interorganizacional. O desafio nessa área de aplicação é construir um sistema computacional capaz de oferecer apoio ao ciclo de vida inteiro de um processo de negócio.

Nesse contexto, a COS está sendo vista como capaz de oferecer a infra-estrutura tecnológica necessária para que organizações interajam durante a realização de um determinado processo de negócio. Entretanto, a infra-estrutura pura de serviços eletrônicos não é suficiente para permitir que organizações obtenham sucesso na realização desse objetivo. É necessário definir como os serviços eletrônicos são usados para implementar atividades dentro de um processo de negócio, como o processo de negócio baseado em serviços eletrônicos é gerenciado, e quais parceiros de negócio desempenham quais partes de um determinado processo de negócio [5].

A comunicação entre organizações interessadas em utilizar e oferecer serviços é realizada em mercados eletrônicos (chamados também de mercados abertos de serviços) que reúnem fornecedores e consumidores. A partir da interação entre parceiros de negócio são formadas empresas virtuais que atuam cooperativamente para atingirem seus objetivos comuns de negócio.

2.2.1 Modelo de Processo de Negócio

Um modelo de processo de negócio, ou simplesmente um modelo de processo (também chamado esquema de processo), é um fluxo de serviços que define exatamente a ordem em que os serviços são invocados e executados - como uma seqüência de atividades em um workflow. Um modelo de processo pode ser entendido como um novo serviço composto que agrega vários serviços básicos de múltiplos fornecedores de serviços [6].

Esse novo serviço composto - de valor agregado - pode, por sua vez, ser disponibilizado para que diferentes organizações interessadas possam invocá-los. Assim, um serviço composto de valor agregado pode ser formado por uma estrutura hierárquica de serviços, em que um serviço é composto por outros serviços, que por sua vez também podem ser compostos por outros serviços e assim sucessivamente - até que chegar nos serviços mais básicos, cujo escopo de atuação é uma única e simples organização.

A partir de um modelo de processo, vários processos de negócio podem ser instanciados com características próprias. O serviço composto correspondente ao modelo de processo pode ser invocado várias vezes, até mesmo por organizações distintas. A execução desse tipo de serviço deve ser controlada via um conjunto de funções de ciclo de vida do serviço que pode englobar: criar, suspender, reiniciar, obter status, e finalizar um serviço. Essas funções precisam ser disponibilizadas na interface do serviço composto correspondente ao processo de negócio, juntamente com demais funções próprias do serviço.

O modelo de processo precisa ser descrito por alguma linguagem textual e/ou gráfica. Para isso, existem várias linguagens mais ou menos formais propostas na literatura, cada uma delas com características próprias que cobrem diferentes necessidades das organizações envolvidas em um processo de negócio.

A interação entre serviços em um serviço composto pode seguir diferentes tipos de topologias, dependendo das necessidades e interesses das organizações envolvidas em um processo de negócio. Os tipos mais comuns de topologia são: **hierárquico** e **ponto-a-ponto**, como segue [6], [7], [9]:

- **Hierárquico (Subcontratação):** quando existe um único modelo de processo de alto nível que é quebrado em sub-processos de níveis mais baixos - por meio de uma divisão hierárquica. O serviço composto de mais alto nível define as atividades necessárias para alcançar o objetivo geral do negócio e mapeia essas atividades para serviços oferecidos por outros parceiros de negócio. Nesse caso, existe a necessidade de uma organização coordenar a execução do serviço composto como um todo - o que é normalmente chamado de **orquestração**. Essa topologia de processo é mais adequada para relacionamentos de negócios tradicionais e estáticos entre parceiros de negócio, em que as interações entre eles são definidas estaticamente antes da execução do processo;

- **Ponto-a-Ponto (Fracamente Acoplada):** quando existem dois ou mais sub-modelos de processo paralelos que trocam mensagens para alcançar um objetivo comum. As organizações envolvidas são organizações autônomas que compartilham o mesmo modelo de processo, porém elas podem ter dados de processo privados e sub-processos internos. Para os processos ponto-a-ponto, como não existe uma única organização realizando a orquestração do processo, existe a necessidade de sincronização entre os serviços que requer a cooperação das organizações envolvidas. Essa sincronização é normalmente chamada de **coreografia** - dado que todos os serviços precisam estar preocupados com a sua sincronização. Essa topologia de processo é mais adequada para a realização de colaborações dinâmicas entre parceiros de negócio, em que as interações entre eles são definidas durante a execução do processo. A maioria dos processos de negócio se enquadra melhor no modelo ponto-a-ponto, dado a sua natureza intrinsecamente colaborativa da grande maioria.

Existem algumas outras topologias de modelos de processo de negócio, porém a grande maioria é derivada dos tipos básicos apresentados acima.

2.2.2 Gerenciamento de Processo de Negócio

O gerenciamento de processos de negócio baseados em serviços envolve a modelagem e execução de processos, de modo que a execução dos serviços básicos possa ser gerenciada a partir de uma perspectiva de negócios. Esse gerenciamento deve ser realizado com o apoio computacional dos SGPN.

As seguintes funcionalidades devem ser disponibilizadas aos usuários de SGPN:

- **Definição e simulação de processos:** o sistema deve oferecer mecanismos para que serviços de valor agregado possam ser criados a partir da composição de serviços básicos - criando um processo de negócio interorganizacional, conforme descrito na seção anterior. O sistema deve oferecer também mecanismos para que o processo definido seja analisado por meio de simulações do processo [8], [10], [11], [12], [13];
- **Estabelecimento 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 e sobre os dados a serem trocados durante a execução desses processos. Esses acordos, chamados de contratos eletrônicos ou acordos de nível de serviços (SLA - Service Level Agreements), devem conter informações sobre a qualidade do serviço contratado - tais como o custo de execução e o tempo a ser gasto, e sobre as possíveis operações de monitoramento e auditoria a serem realizadas pelas organizações envolvidas. O sistema pode disponibilizar ainda uma funcionalidade para que organizações estabeleçam contratos válidos, do ponto de vista da lei, por meio de assinaturas digitais [14], [15], [16];
- **Instanciação e execução de processos:** o sistema deve oferecer mecanismos para a invocação dos serviços básicos que fazem parte de serviços compostos. Os serviços a serem invocados podem já ter sido definidos em tempo de modelagem do processo, ou então ser definidos em tempo de execução do processo [1], [4], [6];

- **Administração do sistema:** o sistema deve disponibilizar mecanismos para sua própria administração, incluindo funções para configurar o ambiente, gerenciar usuários e direitos de acesso e alocar recursos [4], [6];
- **Monitoramento e auditoria de processos:** o sistema deve possibilitar o monitoramento e a auditoria da execução de partes do processo de negócio em uma determinada organização por uma outra organização envolvida no processo de negócio, tal como uma organização que subcontratou um determinado serviço. Essas operações podem ser mais ou menos restritas, dependendo do tipo de negócio e das organizações envolvidas - conforme estabelecido no contrato eletrônico. Elas podem ser operações dinâmicas de obtenção de estado - solicitadas diretamente a partir dos serviços em execução, ou simplesmente a criação de logs estáticos de eventos a serem disponibilizados pelos serviços. Para que essas operações sejam possíveis, o sistema deve possibilitar que o processo a ser executado seja preparado (normalmente via instrumentação de código) para oferecer apoio a operações de monitoramento e auditoria durante sua execução [1], [4], [6];
- **Verificação e otimização do desempenho:** o sistema deve disponibilizar operações para que as organizações envolvidas acessem informações sobre o desempenho de processos em execução. Essas operações também podem variar em função do tipo de negócio e das organizações envolvidas, e diferentes níveis de visualização podem ser oferecidos a diferentes organizações. Além disso, o sistema pode permitir que as organizações envolvidas ofereçam entrada de dados que sirvam como estímulo para a otimização do desempenho do processo [6];
- **Apoio à inteligência de processos:** o sistema deve disponibilizar ferramentas analíticas que aplicam a tecnologia de Data Warehousing e Data Mining na análise e otimização dos processos de negócio. Essas ferramentas podem ser usadas para rastrear métricas de negócio específicas para quantificar qualidade e desempenho, visando a melhoria da eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade de serviços oferecidos e redução de erros humanos [1], [17], [18], [19].

O escopo da colaboração para a realização de um processo de negócio pode ser intra- ou interorganizacional. No primeiro caso, o gerenciamento de processos pode provavelmente lidar com um ambiente homogêneo. Entretanto, no caso de colaborações interorganizacionais - que é o caso mais comum, o gerenciamento de processos deve estar preparado para lidar com ambientes heterogêneos. A natureza heterogênea das organizações envolvidas agrega uma complexidade muito maior às operações de gerenciamento de processos de negócio, causando impacto nas atividades de modelagem de processo, de execução e de monitoramento - entre outras.

Os SGPN que oferecem apoio aos processos de negócio interorganizacionais podem ser sistemas construídos especificamente para esse fim, ou então extensões de sistemas desenvolvidos inicialmente com o escopo intra-organizacional. Nesse caso, o gerenciamento de processos de negócio interorganizacionais precisa ser realizado como cooperações transparentes entre múltiplos SGPN intra-organizacionais, os quais podem ser bastante heterogêneos

e independentes entre si. Mesmo que cada um dos SGPN locais opere essencialmente de forma independente, eles precisam ser sincronizados em certos pontos para garantir a correta execução do processo global de negócio.

Gerenciamento Centralizado e Gerenciamento Descentralizado

O gerenciamento de processos de negócio pode ser realizado de duas formas principais: gerenciamento centralizado e gerenciamento descentralizado. A diferença entre as duas formas está relacionada a quais e quantas organizações envolvidas em um processo de negócio são responsáveis por tal gerenciamento [7]. A seguir, são apresentadas breves descrições de cada um dos dois tipos de gerenciamento:

- **Gerenciamento centralizado:** quando o gerenciamento do processo de negócio é realizado por uma única organização. Essa forma de gerenciamento pode ser aplicada a processos cujo modelo segue a topologia **hierárquica**, em que o gerenciamento de processos é chamado de **orquestração**. Nesse caso, o processo de mais alto nível oferece um único ponto de controle, e detalhes adicionais podem ser obtidos pelos processos de mais baixo nível na estrutura hierárquica. Assim, o SGPN pode disponibilizado completamente apenas na organização que vai gerenciar os processos de negócio, sendo chamado normalmente de servidor do SGPN. As outras organizações podem possuir uma infra-estrutura básica capaz apenas de executar suas partes do processo, e comunicar-se com o servidor do SGPN. Essa forma de gerenciamento pode não ser adequada a interações interorganizacionais complexas e de grande escala;
- **Gerenciamento descentralizado:** quando o gerenciamento do processo de negócio é realizado por várias organizações. Essa forma de gerenciamento pode ser aplicada a processos cujo modelo segue a topologia **ponto-a-ponto**, em que o gerenciamento de processo é chamado de **coreografia**. Nesse caso, todos os processos estão em um mesmo nível, precisando comunicar-se entre si para que as atividades de gerenciamento possam ser executadas. Assim, o SGPN deve ser disponibilizado completamente em todas as organizações envolvidas no processo de negócio. O gerenciamento descentralizado é bem mais complexo do que o gerenciamento centralizado, entretanto a maioria dos processos de negócio se encaixa na topologia ponto-a-ponto.

A forma utilizada de gerenciamento vai depender das características de cada SGPN existente. Um mesmo SGPN pode estar preparado para permitir o gerenciamento das duas formas - centralizado ou descentralizado, ou mesmo uma mescla de ambos - dependendo das características do processo de negócio envolvido em cada caso.

2.2.3 Papéis das Organizações Envolvidas

As organizações envolvidas na utilização de serviços para a integração de aplicações distribuídas em um mercado eletrônico podem desempenhar cinco tipos de papéis distintos [6]:

- **Provedores de serviços:** organizações que oferecem serviços, tornando-os públicos para que organizações interessadas possam utilizá-los - tanto no uso final, quanto na composição de novos serviços. Os provedores de serviços registram as informações apropriadas a respeito dos serviços que desejam publicar em diretórios de serviços;
- **Clientes de serviços:** organizações de usuário final que usam serviços oferecidos pelos provedores de serviços como aplicações para atingir seus objetivos de negócio. Os clientes de serviços utilizam os diretórios de serviços para encontrar serviços apropriados, ou seja, serviços que satisfaçam seus requisitos;
- **Agregadores de serviços:** organizações que consolidam múltiplos serviços básicos - oferecidos por provedores de serviços - em um novo e único serviço composto, criando modelos de processos de negócio em função de serviços já existentes e previamente disponíveis em mercados eletrônicos. Serviços compostos resultantes também podem, por sua vez, ser oferecidos por provedores de serviços, para serem usados por clientes de serviços ou por agregadores de serviços;
- **Operadores de serviços:** organizações responsáveis por desempenhar as funções de gerenciamento sobre processos de negócio (ou seja, serviços compostos). Os operadores de serviços podem ser organizações que já desempenham o papel de clientes de serviços e/ou de agregadores de serviços em uma empresa virtual, ou ainda organizações terceiras que desempenham apenas o papel de operadores de serviço - dependendo dos requisitos da aplicação;
- **Administrador de mercado:** organizações (normalmente um consórcio) responsáveis por criar e administrar um mercado eletrônico (mercado aberto de serviços) que reúne fornecedores e consumidores, criando oportunidades para eles conduzirem negócios eletronicamente, ou compor serviços de valor agregado.

Uma mesma organização pode desempenhar dois ou mais papéis dentro de um mercado eletrônico, até mesmo dentro de uma mesma empresa virtual. Por exemplo, uma organização pode atuar primeiramente como agregador de serviços, e em seguida como provedor de serviços - publicando os serviços compostos resultantes. Essa organização vai ainda precisar atuar como cliente de serviços caso o serviço composto que ela publicou for executado, já que ele engloba serviços básicos de outros provedores de serviços.

2.3 Serviços Web

Um serviço Web é um tipo específico de serviço eletrônico que utiliza padrões abertos da Internet para a sua descrição e seu transporte. Um serviço Web pode ser visto como uma aplicação disponível via Internet que pode ser utilizada para desempenhar um determinado serviço eletrônico. Eles podem ser desde simples serviços como realizar a verificação do número de um cartão de crédito, até serviços complexos como manipular uma aplicação de hipotecas.

O benefício essencial associado à 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. Dessa forma, a integração de aplicações se torna mais fácil, já que todos os envolvidos acabam usando a mesmo padrão. A seguir é apresentada uma breve descrição dos principais padrões utilizados pelos serviços Web:

- **WSDL - Web Services Description Language:** linguagem utilizada para descrever serviços Web. Uma descrição WSDL oferece toda a informação relacionada ao serviço Web necessária para sua publicação, descoberta e invocação - incluindo capacidades, interface, comportamento e qualidade de serviço. Os serviços Web são descritos de uma forma abstrata por meio de: um tipo de porta; operações que o tipo de porta suporta; e a estrutura das mensagens de entrada e de saída [20];
- **UDDI - Universal Description, Discovery, and Integration:** padrão que define a estrutura e o conteúdo dos diretórios de serviços, que contém as descrições dos serviços oferecidos. O padrão UDDI permite que provedores de serviços possam registrar seus serviços Web, por meio das descrições WSDL, para que clientes de serviços possam descobri-los. Além disso, esse padrão permite também que clientes de serviços disponibilizem suas necessidades para que provedores de serviços busquem por usuários que precisam de um serviço particular [21];
- **XML - eXtensible Markup Language:** 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 [22];
- **SOAP - Simple Object Access Protocol:** protocolo que define um mecanismo para a comunicação geral entre serviços Web na Internet. Ele define o formato das mensagens (normalmente com conteúdo de dados XML) que são trocadas entre clientes de serviços, provedores de serviços e diretórios de serviços. De uma forma geral, o protocolo SOAP descreve como o protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol) pode ser usado como um mecanismo de chamada de procedimento remoto (RPC) na Internet, por meio de uma combinação de um cabeçalho HTTP com um corpo SOAP [23].

De acordo com as definições acima, de um modo geral, um serviço Web pode ser entendido como uma aplicação que tem uma interface descrita em WSDL, registrada em um diretório de serviços via protocolo UDDI, e interage com clientes por meio da troca de mensagens XML encapsuladas em envelopes SOAP.

2.3.1 Modelagem de Processo Baseados em Serviços Web

Diversas linguagens para a especificação de processos de negócio baseadas em serviços Web têm sido propostas, cada uma delas tendo diferentes origens e possuindo diferentes objetivos para tratar de características específicas de processos de negócio. A maioria destas linguagens são extensões ou de linguagens de modelagem de propósito geral ou de linguagens de modelagem de workflows intra-organizacionais.

Exemplos de linguagens de modelagem de processos de negócio baseados em serviços Web são:

- **WSFL** - Web Service Flow Language (proposta pela IBM) [24];
- **WSCL** - Web Service Conversation Language (proposta pela HP) [25];
- **WSCI** - Web Services Choreography Interface (proposta pela W3C) [26];
- **BPML** - Business Process Modeling Language (proposta pela Business Process Management Initiative - BPMI) [27];
- **BPSS** - Business Process Specification Schema (proposta pela ebXML) [28];
- **XLANG** - Web Services for Business Process Design (proposta pela Microsoft) [29];
- **BPEL4WS** - Business Process Execution Language for Web Services (proposta pela IBM) [30].

Em [8] é apresentada uma comparação de diferentes propostas para linguagem de modelagem de processos de negócio, apontando os pontos fracos e os pontos fortes de cada uma. Esse trabalho conclui que nenhuma única linguagem preenche todos os requisitos identificados para a modelagem de processos de negócio.

3 Arquiteturas de SGPN Baseados em Serviços

Os SGPN são extensões dos Sistemas de Gerenciamento de Workflows tradicionais ou intra-organizacionais (SGWf), porém com enfoque interorganizacional. O gerenciamento de processos de negócio precisa ser realizado como cooperações transparentes entre múltiplas organizações. Para isso, a arquitetura de um SGPN precisa ser descentralizada, de modo que cada organização participante de uma empresa virtual possa executar as operações que cabe ao papel que ela está desempenhando em um determinado momento.

Em [4], é apresentada uma arquitetura genérica de SGPN baseados em serviços (chamada de Arquitetura Orientada a Serviços - AOS). Essa arquitetura representa toda a infraestrutura que deve existir em cada organização que deseja desempenhar todos os possíveis papéis dentro de um mercado eletrônico. Para o caso de organizações que desejam uma atuação mais restrita dentro do mercado eletrônico, ela pode optar por disponibilizar apenas uma parte da arquitetura apresentada. Demais entidades de um mercado eletrônico, tal como o diretório de serviços está fora do escopo dessa arquitetura. A arquitetura é representada por uma pirâmide dividida em três camadas de serviços, conforme Figura 1.

Camada de Descrição de Serviços e Operações Básicas:

Essa camada de serviços oferece a base da arquitetura, constituída por funcionalidades que permitam a descrição de serviços básicos e operações básicas que produzem ou utilizam tais descrições. A descrição de um serviço é usada para apresentar suas capacidades, sua interface, seu comportamento e sua qualidade oferecida. As operações básicas que produzem ou utilizam as descrições de serviços básicos são: publicação, descoberta, seleção e ligação - usadas para registrar as descrições de serviço em diretórios de serviços e para realizarem a busca e invocação de serviços selecionados.

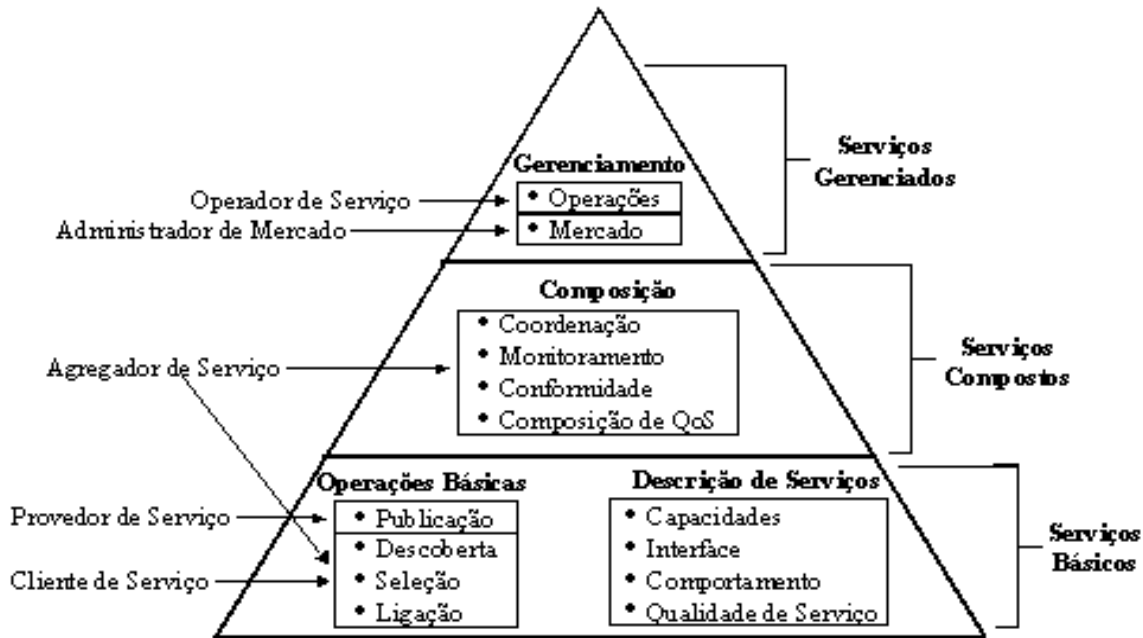


Figura 1: Arquitetura de SGPN Baseados em Serviços

Camada de Composição de Serviços:

Essa camada de serviços oferece apoio adicional para a composição de serviços básicos em novos serviços compostos e mais complexos - por meio da modelagem de processos de negócio. Essa composição é realizada por meio do desenvolvimento de especificação e/ou codificação que permite aos serviços compostos desempenharem as seguintes funções sobre os serviços básicos: coordenação, monitoramento, conformidade e derivação de qualidade de serviço, como segue:

- **Coordenação:** controlar a execução dos serviços básicos e gerenciar o fluxo de dados entre eles - especificando o processo de negócio envolvido e usando um gerenciador de workflow para controlar a execução do serviço composto em tempo de execução;
- **Monitoramento:** consolidar eventos ou informações produzidas pelos serviços básicos e publicá-los em um nível mais alto como eventos do serviço composto - filtrando, resumindo e correlacionando eventos básicos;
- **Conformidade:** combinar os tipos de parâmetros dos serviços básicos com os do serviço composto para garantir sua integridade, e impor restrições sobre os serviços básicos para garantir o cumprimento de regras de negócio;
- **Derivação de Qualidade de Serviço (QoS):** levantar atributos de qualidade dos serviços básicos, e agregá-los e empacotá-los como atributos derivados de qualidade dos serviços compostos.

Camada de Gerenciamento de Serviços:

Essa camada oferece apoio adicional para o gerenciamento de serviços. Esse gerenciamento é dividido em duas funcionalidades: gerenciamento de operações sobre serviços e gerenciamento de mercados abertos de serviços, como segue:

- **Operações sobre serviços:** usado para oferecer apoio ao gerenciamento de operações sobre serviços para aplicações críticas - desempenhado pelos operadores de serviço. Essa funcionalidade visa gerenciar a plataforma de serviços, o desenvolvimento de serviços e as próprias aplicações. Além disso, o gerenciamento de operações pode: oferecer estatísticas detalhadas de desempenho de aplicações para oferecer apoio à avaliação de sua eficácia; permitir a visibilidade completa em transações individuais de negócio; e emitir notificações do estado de aplicações quando uma atividade particular estiver completa ou quando uma condição de decisão for alcançada;
- **Mercados abertos de serviços:** usado para oferecer apoio ao gerenciamento de mercados abertos de serviços, incluindo funcionalidades para: o gerenciamento de cadeias de fornecedores - oferecendo a seus membros uma visão unificada de produtos e serviços, terminologia padrão de negócios, e descrições detalhadas de processo de negócio; e o oferecimento de serviços para oferecer apoio a negócios na indústria - incluindo serviços para: negociação e facilitação de transações de negócio, acordos financeiros, certificação de serviços e garantia da qualidade, serviços de tarifação, métricas de serviços tal como o número atual de solicitantes de serviços, e negociação e cumprimento de contratos eletrônicos (ou acordos de nível de serviços).

Nas seções seguintes exemplos específicos de arquiteturas de SGPB baseados em serviços são apresentados. As arquiteturas apresentadas encontram-se em diferentes níveis de abstração, em função das informações obtidas para cada uma.

3.1 CrossFlow

O projeto CrossFlow [31], [32] propõe um sistema de gerenciamento de workflow interorganizacional baseado em contratos para controlar a execução de serviços de negócio oferecidos por diferentes organizações que compõe empresas virtuais dinâmicas. O sistema CrossFlow oferece apoio à modelagem e execução de processos de negócio que seguem uma topologia ponto-a-ponto, em que sempre duas organizações são conectadas entre si para desempenharem um processo de negócio em conjunto.

A característica dinâmica do sistema CrossFlow se refere a encontrar parceiros de negócio em tempo de execução do workflow por parte de um potencial cliente de serviços oferecidos por provedores. Porém, depois que a interação que deve ocorrer entre o provedor escolhido é determinada, ela não pode ser alterada - sendo portanto, de execução estática. Para contornar essa limitação, o sistema permite que vários pontos de flexibilidade sejam definidos durante a definição da interação entre as organizações, quando puderem ser previstos.

O ciclo de vida da subcontratação de um serviço consiste de quatro fases: o estabelecimento do contrato eletrônico, a configuração da infra-estrutura dinâmica, a execução do

contrato, e remoção da infra-estrutura dinâmica. A seguir são apresentadas as principais características do sistema CrossFlow envolvidas nesse ciclo de vida:

- **Subcontratação dinâmica de serviços:** a cooperação entre parceiros de negócio é baseada em um paradigma de subcontratação dinâmica de serviços envolvendo provedores e clientes de serviços. Os parceiros de negócio compatíveis podem se descobrir por meio de uma facilidade de matchmaking baseada em tecnologia de negociantes (trading technology);
- **Especificação de serviços baseada em contratos:** a cooperação entre as empresas virtuais é baseada em contratos eletrônicos que especificam detalhadamente a subcontratação dinâmica de serviços. O contato eletrônico tem a especificação do serviço contratado e também do modo em que a cooperação entre as organizações deve ser implementada e monitorada. A definição da interação entre as organizações no contrato eletrônico é independente da tecnologia de realização de cooperação específica de cada organização;
- **Geração de infra-estrutura dependente do contrato:** Em função do que foi estabelecido nos contratos eletrônicos, cada organização envolvida deve preparar a infra-estrutura local necessária para a realização da cooperação entre elas - ou seja, para a execução do especificado no contrato eletrônico. A infra-estrutura de realização da cooperação que conecta o provedor de serviços e o cliente de serviços, composta por serviços eletrônicos locais, é configurada dinamicamente de acordo com o contrato eletrônico;
- **Realização da cooperação:** a execução dos serviços previstos no contrato eletrônico é realizada pela ligação dinâmica das infra-estruturas de gerenciamento de workflows locais. Para auxiliar no gerenciamento da realização dessa cooperação, o sistema oferece apoio estendido a execução de serviços na forma de gerenciamento de transações e de controle de processos interorganizacionais, monitoramento avançado da qualidade de serviços, e apoio para alta flexibilidade durante a execução do serviço.

A arquitetura do sistema CrossFlow é baseada em uma tecnologia de sistema de gerenciamento de workflow comercial - o produto MQSeries Workflow da IBM, que é estendida por uma camada de interface da tecnologia CrossFlow. Na Figura 2 é apresentada a arquitetura do sistema que é replicada em cada organização que deseja atuar no mercado eletrônico, sendo portando uma arquitetura distribuída para o gerenciamento de processos de negócio ponto-a-ponto. Ela é dividida em quatro partes independentes - chamadas de ambientes. Alguns desses ambientes possuem componentes de longa duração (que estão sempre disponíveis) e componentes de tempo de contrato (que são criados apenas durante o estabelecimento e/ou a execução de contratos) - conforme legenda da figura.

A separação em diferentes ambientes permite que o sistema inteiro seja configurado de modo que cada ambiente seja disponibilizado em máquinas diferentes dentro da organização. Todos os ambientes são implementados em Java e interagem entre si usando o protocolo de invocação de métodos remotos Java RMI. A interação do Gerenciador de Contrato com o diretório de serviços disponibilizado pelo mercado eletrônico também deve ser realizado

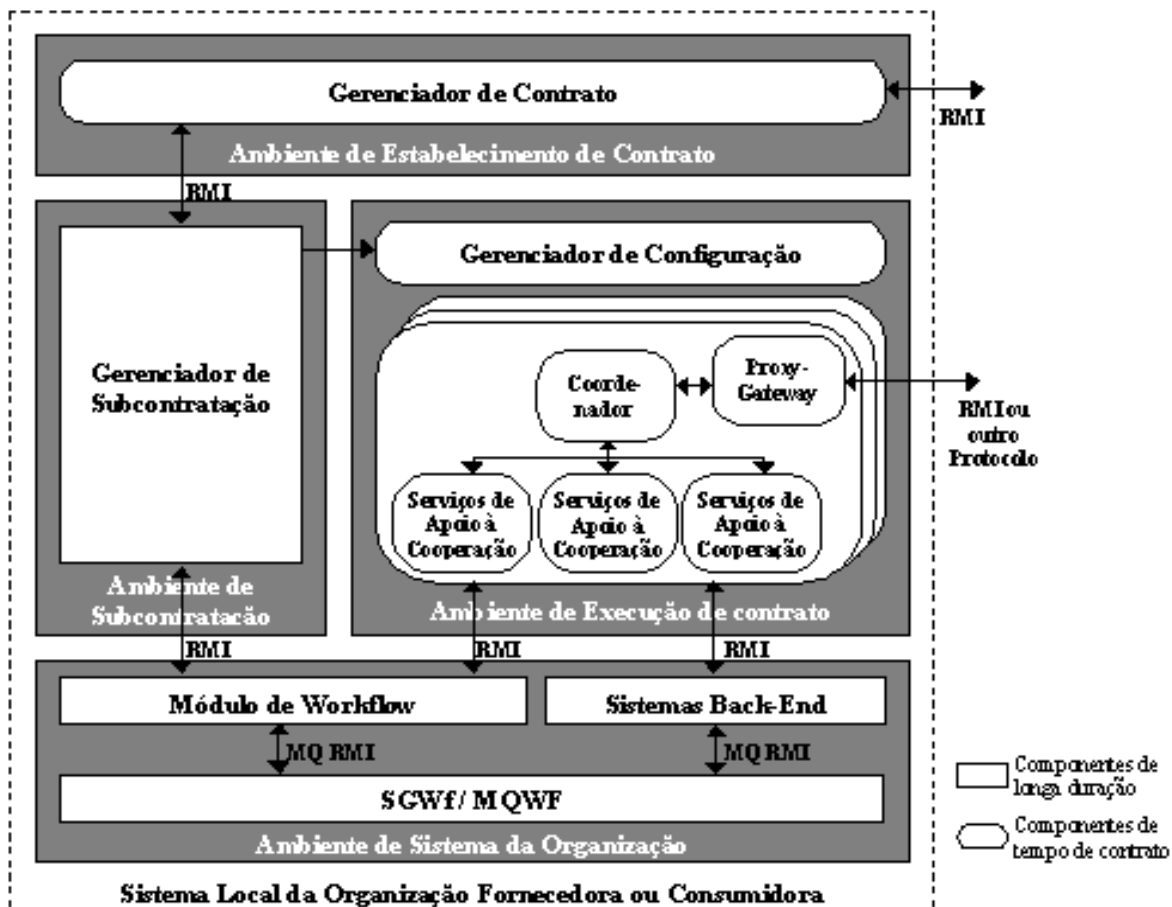


Figura 2: Arquitetura do SGPB CrossFlow

usando o protocolo Java RMI. Apenas a comunicação entre as infra-estruturas de execução de contratos de cada organização, via Proxy-Gateway, é que pode ser realizada por um outro protocolo que não o Java RMI.

Ambiente de sistema da organização:

Essa parte do sistema compreende o Sistema de Gerenciamento de Workflow (SGWf) local da organização - nesse caso o IBM MQSeries Workflow (MQWF), o componente do CrossFlow chamado de Módulo de Workflow, e outros recursos da organização tratados como sistemas Back-End (tal como um sistema ERP).

O SGWf local é utilizado para gerenciar as atividades locais do workflow e disparar, para o sistema CrossFlow, a subcontratação de serviços quando desejado. O Módulo de Workflow é o componente do sistema CrossFlow que atua como uma camada de interface entre seus demais gerenciadores e o SGWf, escondendo deles os detalhes específicos de cada SGWf.

Ambiente de subcontratação:

Essa parte do sistema contém o Gerenciador de Subcontratação, responsável por oferecer a ligação entre o ambiente de sistema da organização com os componentes de tempo de contrato (que são criados apenas durante o estabelecimento e/ou a execução de contratos). Ele interage com o Gerenciador de Contrato para obter contratos de serviço e demais informações relacionadas, passando-as para o gerenciador de configurações que as usa para criar a infraestrutura de execução de contrato para um contrato específico.

Ambiente de estabelecimento de contrato:

Essa parte do sistema contém o Gerenciador de Contrato, responsável por oferecer apoio às operações de publicação e descoberta de serviços através de um negociador de serviços (diretório dos serviços de um mercado eletrônico), e ao estabelecimento de contratos eletrônicos entre parceiros de negócio. A facilidade de publicação e descoberta de serviços é suportada por um componente de serviços baseado no CORBA Trading Service.

Os contratos devem ser definidos usando uma linguagem de especificação de contratados baseada em XML, com base em um modelo conceitual. Esse modelo conceitual engloba a definição do processo de negócio a ser realizado e o estabelecimento de atributos de qualidade de serviço, entre outros itens. Para facilitar a definição de novos contratos eletrônicos são disponibilizados templates de contratos.

Esse Gerenciador de Contratos oferece duas abordagens para a realização dessa tarefa, dependendo do papel que uma organização está desempenhando em um determinado momento: para provedores de serviços - o gerenciador oferece apoio para que uma pessoa interaja com o sistema na tomadas de decisão; para clientes de serviços - o gerenciador oferece um mecanismo de tomada de decisão automática que é simplesmente invocado pelo Gerenciador de Subcontratação.

Ambiente de execução de contrato:

Essa parte do sistema inclui o Gerenciador de Configuração e as infraestruturas dinâmicas para cada contrato sendo executado. Depois que um contrato eletrônico é estabelecido, o Gerenciador de Subcontratação obtém as devidas informações do Gerenciador de Contrato e as passa para o Gerenciador de Configuração. Os dois gerenciadores de configuração (do lado do provedor e do lado do cliente) atuam em conjunto para configurar um infra-estrutura simétrica que requer os seguintes componentes:

- **Serviços de Apoio à Cooperação:** componentes que implementam o apoio avançado à cooperação, realizado na forma de controle de processo e gerenciamento de transações interorganizacionais, monitoramento avançado de qualidade de serviços (QoS), e apoio à flexibilidade de alto nível na execução do serviço;
- **Proxy-Gateway:** responsável pelas operações que saem do escopo da organização local, por meio da interação entre os sistemas CrossFlow das organizações envolvidas. Durante a execução de um contrato, os Proxy-Gateways das duas organizações

envolvidas são conectados e são usados para a transmissão de mensagens entre os serviços sendo executados;

- **Coordenador:** usado para conectar os vários componentes, tais como os Serviços de Apoio à Cooperação, os Proxy-Gateways, e o SGWf via Módulo de Workflow.

Portanto, com base em um contrato eletrônico, o Gerenciador de Configuração instancia, configura e conecta um Coordenador, um Proxy-Gateway e um conjunto de componentes de Serviços de Apoio à Cooperação para executar o contrato.

3.2 WISE

O Projeto WISE (Workflow based Internet Services) [33], [34] é apresentado como uma plataforma centralizada de software para processos de negócio para o comércio eletrônico a ser implantada em empresas de pequeno e médio porte. O sistema foi desenvolvido como uma extensão ao sistema OPERA - o núcleo de um SGWf intra-organizacional, com o objetivo de oferecer apoio a empresas virtuais que interagem em uma comunidade de negócios para executar um processo de negócio virtual.

O sistema WISE atua, de forma geral, como um ambiente centralizado de desenvolvimento para uma linguagem de programação mais um sistema operacional distribuído de alto nível projetado para trabalhar sobre um agrupamento de computadores heterogêneos e geograficamente separados, tudo isso baseado no conceito de processo de negócio. O objetivo desse sistema é permitir o gerenciamento de processos de negócio hierárquicos. Ele é dividido em: um componente de tempo de execução e um ambiente de desenvolvimento associado a ele.

A arquitetura do sistema WISE, apresentada na Figura 3, é formada por um servidor de workflows interorganizacionais - chamado de servidor WISE, e pequenos componentes de software - chamados de Programas de Execução no Cliente - presentes em cada nó cliente da rede que forma a empresa virtual e que são responsáveis por executar programas aplicativos sob o interesse do servidor WISE. Desse modo, a arquitetura WISE é uma arquitetura cujo gerenciamento do processo de negócio é centralizado em um único servidor.

O servidor WISE é formado por um gerenciador de processos de negócio, executado sobre servidores locais de workflow - nesse caso, o sistema OPERA - e estendendo suas funcionalidades. O gerenciador WISE é dividido em três camadas principais de serviços: serviços de banco de dados, serviços de processo e serviços de interface, como segue:

- **Serviços de banco de dados:** essa camada atua como o gerenciador de armazenamento. Ele é subdividido em duas camadas: a camada de armazenamento e a camada de abstração de banco de dados. A camada de armazenamento contém os bancos de dados usados como repositórios, sendo dividida em cinco espaços: templates, instâncias, objetos, histórico e configuração - cada um deles dedicado a um tipo diferente de dados do sistema. A camada de abstração de dados implementa os mecanismos necessários para tornar o restante do sistema independente do banco de dados, responsáveis por traduzir a representação do processo de negócio para representações internas, armazenados nos bancos de dados, e vice-versa;

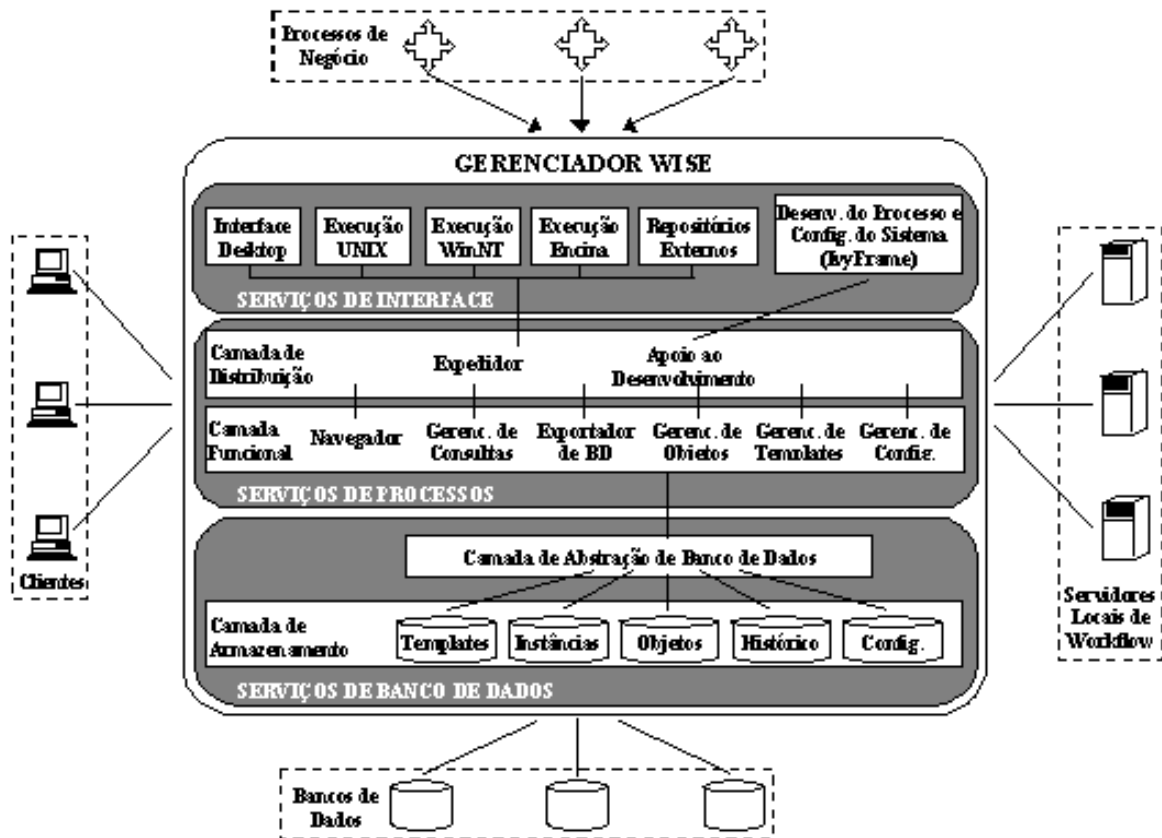


Figura 3: Arquitetura do SGPN WISE

- **Serviços de processos:** essa camada contém todos os componentes requeridos para coordenar e monitorar a execução dos processos de negócio. Os componentes mais relevantes nessa camada são o navegador e o expedidor. O navegador atua como o agendador geral de tarefas, navegando através da descrição do processo armazenado na memória principal e estabelecendo qual tarefa executar em seguida. A próxima tarefa a ser executada é passada para o expedidor que lida com a distribuição física e atua como alocador de recursos para a execução do processo. O expedidor determina em que nó da empresa virtual o próximo passo será executado, localiza nós adequados, verifica a disponibilidade dos sites, desempenha o balanceamento de carga, e gerencia a comunicação com os componentes remotos do sistema. O expedidor então contacta do Programa de Execução no Cliente para lhe passar a nova tarefa a ser executada;
- **Serviços de interface:** essa camada contém os serviços responsáveis pela interface do gerenciador WISE com outros sistemas e com usuários. Os usuários interagem com o sistema via interfaces do tipo desktop, que também são usadas para informar aos usuários sobre atividades que eles precisam executar como parte de um processo - similar a uma lista de tarefas. A ferramenta IvyFrame - uma ferramenta comercial

incorporada pelo sistema WISE, baseada internamente em Redes de Petri, permite que o usuário especifique processos de negócio, monitore suas execuções, e desempenhe funções de gerenciamento de configuração de hardware.

3.3 eFlow

O sistema eFlow é um sistema da HP [35], [36] que oferece apoio a especificação, execução e gerenciamento de serviços eletrônicos compostos, modelados como processos de negócio que são executados por um gerenciador de processos. eFlow oferece apoio a especificação e ao gerenciamento de serviços eletrônicos de forma adaptativa e dinâmica, incluindo uma linguagem simples de composição de serviços, transações ACID de nível de serviço, gerenciamento de segurança e ferramentas de monitoramento.

Os serviços eletrônicos compostos a serem executados pelo sistema eFlow são descritos como um esquema de processo que é composto por outros serviços básicos ou serviços compostos. Um serviço composto é modelado por um grafo que define a ordem de execução entre os nós no processo. Existem três tipos de nós no grafo: os nós de serviço - que representam a invocação de um serviço eletrônico básico ou composto, possivelmente oferecidos por diferentes organizações; os nós de decisão - que especificam as alternativas e regras que controlam o fluxo da execução; e os nós de eventos - que habilitam o processo enviar e receber diversos tipos de eventos.

O sistema eFlow é integrado com outros sistemas da estratégia de serviços eletrônicos da HP. Apesar disso, esse sistema é uma tecnologia aberta, ou seja, ele está de acordo com padrões de workflows, tais como os padrões de interface do WfMC, e assim pode ser integrado e usado em qualquer ambiente de mercado eletrônico. Na Figura 4 é apresentada a arquitetura aberta do sistema eFlow.

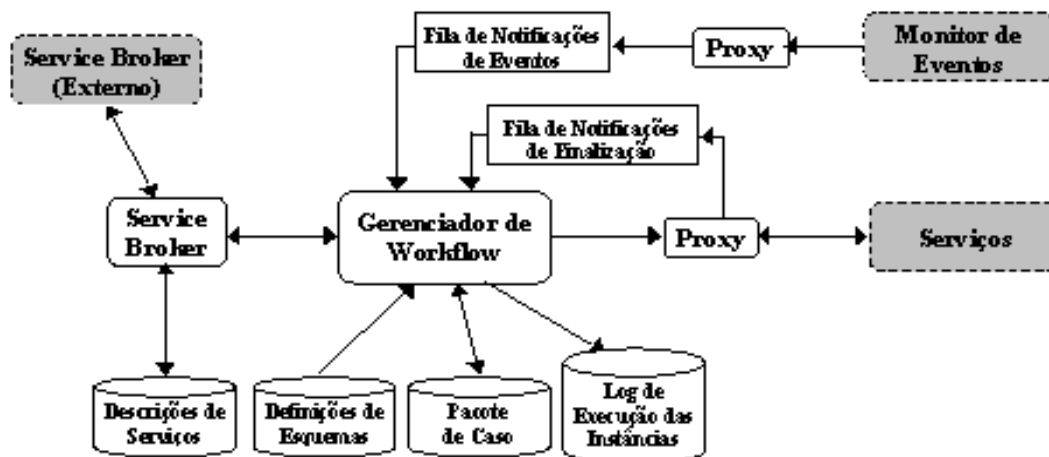


Figura 4: Arquitetura do SGPN eFlow

O Gerenciador de Workflow é responsável pela execução das instâncias de processos. As funções principais desse gerenciador são: disparar a execução de serviços; processar mensagens que notificam a finalização da execução de nós de serviços; e processar eventos

ocorridos no sistema. As notificações de eventos ocorridos e as mensagens de notificação de finalização são inseridas em duas filas transacionais separadas. O Gerenciador de Workflow extrai os elementos das pilhas e os processa um a um. Nenhuma prioridade entre as pilhas é especificada, mas isso garante que qualquer elemento das pilhas seja eventualmente processado.

O sistema eFlow mantém um repositório de informações a respeito da situação dos serviços a serem executados para um determinado processo, chamado de Pacote de Casos. Cada servidor local do sistema eFlow mantém uma cópia do Pacote de Caso, e o Gerenciador de Workflow controla acesso a essas informações. Quando uma mensagem de notificação de finalização é processada pelo Gerenciador de Workflows, os valores das variáveis do Pacote de Caso acessadas pelo nó de serviço são atualizados, e a execução do próximo nó de serviço é subseqüentemente agendada para ser ativado na instância, de acordo com a definição do processo armazenada no repositório de Definições de Esquemas.

Para disparar a execução de um novo serviço constante no processo de negócio sendo executado, o Gerenciador de Processos invoca o Service Broker para procurar um serviço adequado oferecido por alguma organização, em tempo de execução. Desse modo, instâncias diferentes de um mesmo processo de negócio podem ser executados usando diferentes serviços, dependendo de seus requisitos. As descrições de serviço localizadas são armazenadas em um repositório de Descrições de Serviços. O serviço encontrado pelo Service Broker é então invocado pelo Gerenciador de Workflow através de um proxy.

Os eventos que ocorrem no sistema são detectados ou pelo próprio monitor de eventos do sistema eFlow ou então são notificados por gerenciadores externos de eventos (e convertidos para o formato eFlow). O Gerenciador de Workflow processa cada um dos eventos empilhados, entregando-os aos nós de recebimento de eventos do processo em execução. O Gerenciador de Workflow armazena informações, em um repositório de Log de Execução das Instâncias, de todos os eventos relacionados às execuções de instâncias de processos - para permitir o monitoramento e a compensação de processos, e para oferecer apoio a modificações dinâmicas no processo.

3.4 CPM

O sistema CPM - Collaborative Process Manager [37], [38] - é um sistema desenvolvido pela HP que oferece apoio ao gerenciamento descentralizado de processos de negócio ponto-a-ponto para a colaboração interorganizacional. O processo de negócio colaborativo é manipulado por múltiplos CPMs, cada um representando uma organização no processo.

Para a especificação dos processos de negócio colaborativos é utilizada uma linguagem baseada em XML chamada de Linguagem de Definição de Processos Colaborativos (CPDL), que é uma extensão da linguagem Process Description Language (PDL). Embora a execução do processo de negócio seja descentralizada, é possível oferecer uma visão global do processo que pode ser usada para que todas as organizações envolvidas verifiquem o estado geral de andamento do processo. A especificação de um processo de negócio é formada por: um Modelo de Processo de Conversação - que define o processo global, incluindo quais são as interações que devem ocorrer entre as organizações; e Modelos de Processo de Negócio - que definem os processos locais que cada organização deve executar para contribuir com o

processo global.

Cada CPM é usado para agendar, expedir e controlar as tarefas do processo pelo qual a organização é responsável, e os CPMs interagem através de um protocolo de mensagens inter-CPM para sincronizar suas atividades. A arquitetura de cada instância do sistema CPM é apresentada na Figura 5.

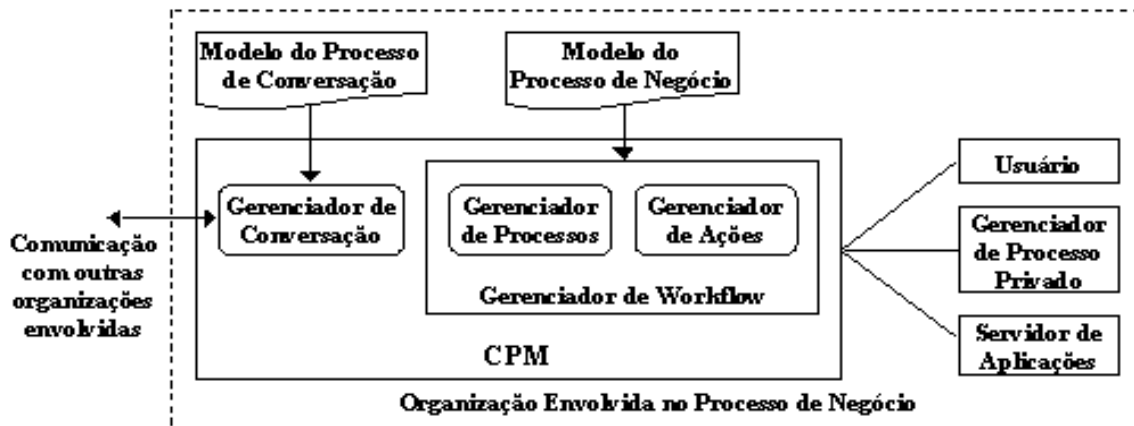


Figura 5: Arquitetura do SGPB CPM

A arquitetura do sistema CPM é formada por três componentes, que podem ser combinados em um único equipamento de hardware ou distribuído:

- **Gerenciador de Conversação:** responsável por controlar a interação das organizações envolvidas no processo de negócio, ou seja, a comunicação interorganizacional. Esse controle é realizado com base no Modelo de Processo de Conversação. Uma das funções principais desse gerenciador é garantir a coreografia correta das informações trocadas entre as organizações;
- **Gerenciador de Processos:** responsável por executar os processos locais com base no Modelo de Processo de Negócio. Uma das funções principais desse gerenciador é contribuir com a realização dos processos locais, incluindo a manipulação local de artefatos como especificado e requerido pelo Modelo de Processo de Conversação;
- **Gerenciador de Ações:** responsável por expedir e invocar aplicações locais, serviços ou processos para desempenhar tarefas do processo de negócio local. Ações podem ser chamadas através de invocação local ou invocação remota, baseado em CORBA - por exemplo. A invocação pode ser feita de forma síncrona ou assíncrona.

3.5 Flow.Net

O sistema Flow.Net [39], [40] foi projetado para oferecer apoio ao gerenciamento de processos de negócio colaborativos e dinâmicos, incluindo o gerenciamento de documentos distribuídos, através de várias organizações. Esse sistema é baseado na arquitetura do modelo de referência da WfMC (Workflow Management Coalition), que foi estendida de modo a

oferecer apoio também ao gerenciamento de documentos, além do gerenciamento de workflows.

Inicialmente, o sistema Flow.Net tratava apenas da execução distribuída de processos intra-organizacionais. Posteriormente, sua arquitetura foi estendida para tratar também da execução distribuída e descentralizada de processos interorganizacionais, seguindo a topologia de processos de negócio ponto-a-ponto. A extensão da arquitetura foi realizada pela inclusão de uma camada de distribuição que oferece apoio à interoperabilidade de diversos servidores de gerenciamento de processo sem a necessidade de quaisquer serviços centrais. A arquitetura estendida é apresentada na Figura 6.

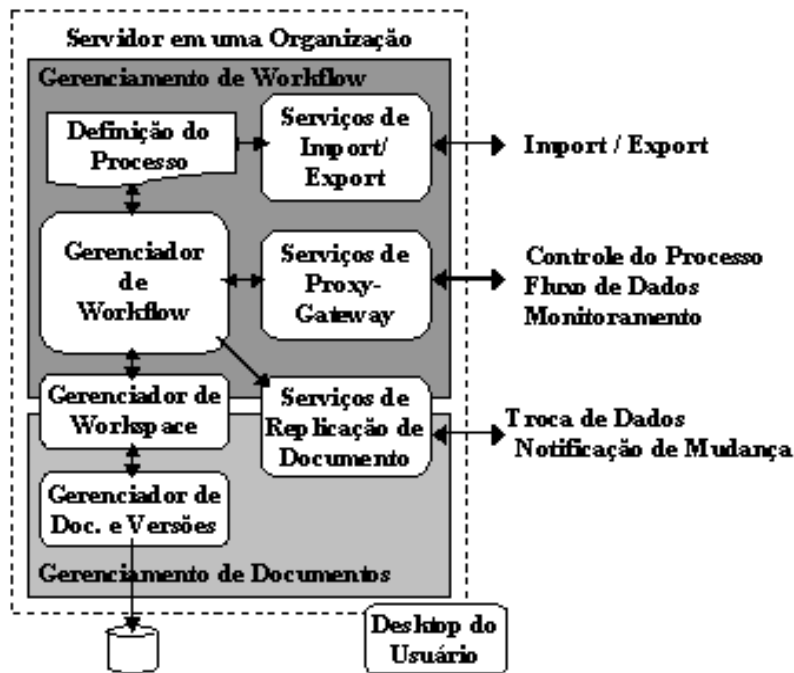


Figura 6: Arquitetura do SGPN Flow.Net

O sistema Flow.Net foi construído como um sistema de objetos distribuídos usando o padrão CORBA e um banco de dados relacionais para serviços de persistência. A arquitetura do sistema Flow.Net é dividida em vários componentes, cuja função de cada um deles pode estar relacionada ao gerenciamento de documentos ou ao gerenciamento de processos, ou ambos. A seguir é apresentada uma breve descrição de cada um desses componentes:

- **Gerenciador de Workflow:** responsável pela execução distribuída dos processos de negócio interorganizacionais e gerenciamento flexível de suas execuções. A flexibilidade do gerenciamento de workflows é dada por quatro características: possibilidade de mudanças dinâmicas, evolução do esquema do processo de negócio, apoio para workflows colaborativos, e definição de workflows pouco restritivos;
- **Gerenciador de Workspace:** responsável pelo gerenciamento da lista pessoal de

tarefas a ser executada por um determinado usuário, além de um acesso local e uniforme a todos os documentos relevantes e necessários para a execução de suas tarefas;

- **Gerenciador de Documentos e Versões:** responsável pela manutenção de informações sobre documentos e versões e sua integração com as tarefas existentes para cada usuário, e pela delegação do armazenamento físico dos documentos para repositórios externos;
- **Desktop do Usuário:** estende a funcionalidade do gerenciamento de lista de trabalhos (worklist) da arquitetura de referência da WfMC, com o objetivo de oferecer apoio a workflows colaborativos. Ele oferece um ambiente virtual no qual um usuário desempenha suas atividades, incluindo o gerenciamento do espaço de trabalho (workspace). Oferece também uma funcionalidade de monitoramento para controlar os estados de execução das subtarefas e para visualizar o contexto de um processo;
- **Serviços de import/export:** serviços responsáveis pela importação e exportação de informações, que podem ser exportados para uma organização específica envolvida no processo de negócio ou então de forma global para todas as organizações potencialmente interessadas. As informações que podem ser importadas/exportadas são tipos de tarefas e tipos de documentos. Tipos de tarefa ou tipos de documento exportados podem ser importados por uma organização para serem usados dentro de sua definição local de workflow;
- **Serviços de proxy-gateway:** serviços responsáveis pela execução do processo de negócio através de diferentes SGPN - localizados em diferentes organizações. As capacidades de controle de processo, de fluxo de dados e de monitoramento são oferecidas em ambas as direções. O sistema oferece apoio a duas formas de invocação de processos interorganizacionais: invocação síncrona ou aninhada, onde o requisitante espera pelo término da tarefa invocada, sendo invocada como um sub-workflow normal; invocação assíncrona, onde a tarefa invocada é executada concorrentemente com o processo requisitante;
- **Serviços de replicação de documentos:** serviços responsáveis pelo gerenciamento distribuído de documentos, incluindo funcionalidades de acesso seguro, visão logicamente integrada, e controle local dos documentos trocados entre as organizações.

3.6 VEC

O sistema VEC (Virtual Enterprise Coordinator) [41], [42] é um SGPN que permite o gerenciamento descentralizado de processos de negócio que seguem a topologia ponto-a-ponto. O objetivo do sistema VEC é permitir que as organizações envolvidas em um processo de negócio interorganizacional mantenham privacidade, flexibilidade e independência durante a execução do processo. Esses objetivos são satisfeitos através do desacoplamento dos gerenciadores de processo de cada organização envolvida e do oferecimento de um mecanismo para definir relacionamentos entre os processos locais de cada uma das duas organizações

envolvidas, na base de um acordo (contrato eletrônico) que pode ser visto como um processo global interorganizacional.

A arquitetura do sistema VEC, que conecta dois SGPN locais, utiliza gateways para manter a privacidade, independência e flexibilidade de cada uma das duas organizações durante a colaboração realizada entre elas. Gateways oferecem acesso externo controlado a serviços pertencentes ao domínio de gerenciamento interno a uma empresa. O protótipo implementado utiliza o sistema IBM MQSeries Workflow como o SGPN local e realiza a comunicação entre as organizações utilizando o protocolo de Internet inter-ORB. A arquitetura do sistema VEC é apresentada na Figura 7.

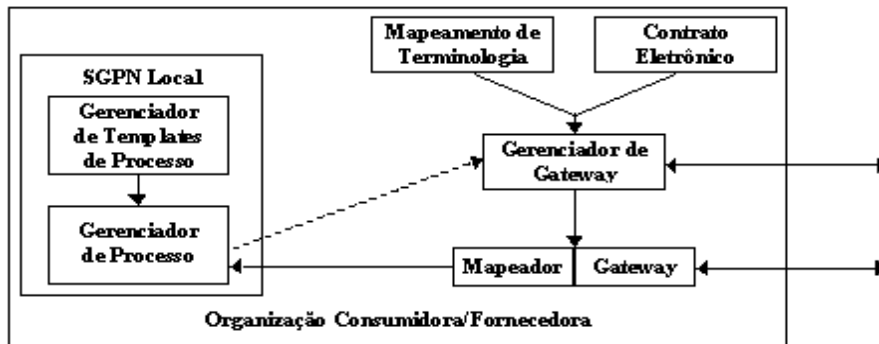


Figura 7: Arquitetura do SGPN VEC

Os principais componentes da arquitetura do sistema VEC são descritos a seguir:

- **SGPN Local:** responsável por gerenciar o processo de negócio local (subprocesso) a cada organização. O SGPN é subdividido em: Gerenciador de Templates de Processos - responsável por oferecer apoio à definição de templates de processos de negócio a serem usados durante a instanciação de subprocessos; e Gerenciador de Processos de Negócio - responsável por oferecer apoio à instanciação de subprocessos de negócio e sua execução;
- **Gerenciador de Contrato:** responsável por gerenciar os contratos eletrônicos definidos pelas organizações envolvidas em um determinado processo de negócio e repassá-los ao Gerenciador de Gateway para que ele possa ser executado. As seguintes informações devem fazer parte de um contrato eletrônico: organização consumidora, organização fornecedora, nome do processo a ser executado, e itens de dados relevantes;
- **Gerenciador de Gateway:** responsável por configurar conexões e administrar os gateways, em função dos contratos eletrônicos estabelecidos entre as partes que informa quais conexões podem ser ativadas. O Gerenciador de Gateway da organização consumidora recebe chamadas de seu subprocesso para estabelecer conexões com a organização fornecedora apropriada, criando um gateway do processo consumidor. O Gerenciador de Gateway da organização fornecedora recebe chamadas externas da

organização consumidora, estabelece as conexões com ela, e cria o subprocesso local apropriado (em função de algum template de processo) e um gateway do processo fornecedor;

- **Gateway:** localizado na fronteira da organização consumidora ou fornecedora, o Gateway é responsável pela comunicação entre os processos das duas organizações. O Gateway do processo consumidor controla o processo consumidor e manipula a interação com o Gateway do processo fornecedor. O Gateway do processo fornecedor garante que a organização consumidora acesse somente o subprocesso que foi definido no contrato eletrônico e que esse repasse para a organização consumidora informações de estado e mudança de dados;
- **Mapeador:** responsável por realizar o mapeamento entre a terminologia usada localmente em cada organização e a terminologia usada no processo interorganizacional. Esse mapeamento é necessário visto que uma mesma organização fornecedora pode desejar disponibilizar seus serviços para várias organizações consumidoras, sendo que cada uma dessas pode usar termos diferentes uma das outras para os mesmos itens de dados tratados pela organização fornecedora.

3.7 ISEE

O sistema ISEE (Internet-based Scalable E-Business Enterprises) [43] é uma infra-estrutura que integra vários ISEE Hubs (que inclui um SGPN local), oferecendo apoio a processos de negócio interorganizacionais e colaborativos. O sistema ISEE é um SGPN descentralizado e que oferece apoio à execução de processos de negócio que seguem a topologia ponto-a-ponto. Os processos de negócio gerenciados pelo sistema ISEE são processos dinâmicos (ativos, flexíveis, adaptativos e customizáveis), o que torna o sistema preparado para acomodar as políticas de negócio altamente suscetíveis a mudanças e as estratégias das organizações envolvidas.

Os processos são modelados usando a linguagem Modelagem de Workflow Dinâmico (DQM - Dynamic Workflow Modeling), que estende a linguagem de modelagem do WfMC - a Linguagem de Descrição de Processos de Workflow (WPD - Workflow Process Description Language) - para incluir as propriedades dinâmicas. A extensão inclui principalmente novos construtores de modelagem (conectores, eventos, gatilhos e regras), além de mecanismo para outros objetivos. A linguagem DQM permite a integração de processos de negócio com eventos e regras de negócio para que restrições, políticas, estratégias e regulamentações de negócio especificados por regras possam ser cumpridos sobre a ocorrência de alguns eventos durante a execução de um processo de negócio.

O sistema ISEE é formado por: uma rede de ISEE Hubs que gerencia um conjunto de organizações que fornecem e/ou consomem serviços eletrônicos, e um servidor Broker centralizado usado para realizar a ligação dinâmica de serviços eletrônicos. A arquitetura dos ISEE Hubs é apresentada na Figura 8.

Cada ISEE Hub é composto, além de outros servidores de serviços, por um SGPN Local e por um componente de Broker Proxy. O SGPN é formado por três componentes: o

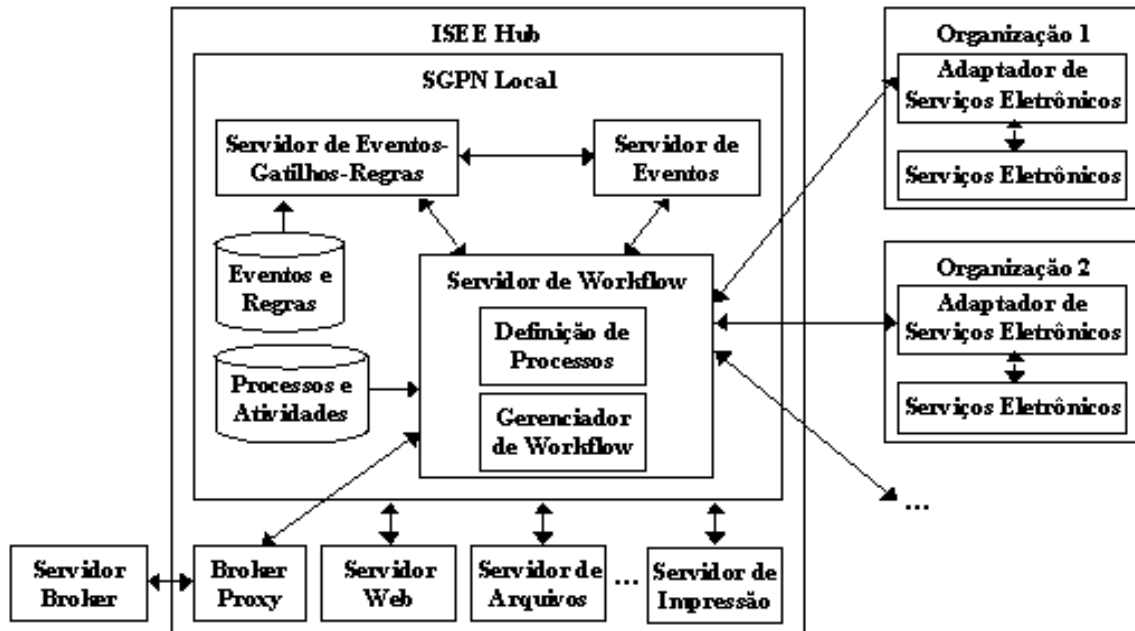


Figura 8: Arquitetura do SGPN ISEE

Servidor de Workflow (o componente principal), o Servidor de Eventos, e o Servidor de Eventos-Gatilhos-Regras:

- **Servidor de Eventos:** responsável pela manipulação dos eventos que chegam e saem do ISEE Hub. Ele recebe os eventos assíncronos do Gerenciador de Workflow e os distribui para os Servidores de Evento remotos dos outros ISEE Hubs e também o caminho contrário;
- **Servidor de Eventos-Gatilhos-Eventos:** responsável por manter e executar todas as regras gerenciadas por ele próprio. Ele recebe eventos do Servidor de Eventos (para eventos assíncronos) ou diretamente do Gerenciador de Workflow (para eventos síncronos), e executa as regras que estão relacionadas, através de gatilhos, a esses eventos;
- **Servidor de Workflow:** é formado por dois sub-componentes: a Ferramenta de Definição de Processos - usada para especificar modelos de processos de negócio interorganizacionais; e o Gerenciador de Workflow - usado para agendar a execução de instâncias de workflow e controlar sua execução, de acordo com os modelos de processo. O acesso a serviços eletrônicos disponíveis em uma das organizações controladas por um determinado ISEE Hub é realizado por meio de mensagens XML trocadas entre o Gerenciador de Workflow e o Adaptador de Serviços Eletrônicos existente em cada organização.

O componente Broker Proxy é usado para a comunicação com o Servidor Broker centralizado e entre os ISEE Hubs, durante a execução de um processo de negócio. O servidor Broker

é usado para gerenciar as especificações de serviços eletrônicos que foram registrados pelas organizações participantes do mercado eletrônicos, e realizar serviços de busca de serviços eletrônicos fazendo o casamento dos pedidos contra as especificações existentes para a seleção dos fornecedores apropriados, em tempo de execução.

Em cada ISEE Hub existem dois repositórios de dados: um para armazenar informações sobre os modelos de processos, suas instâncias, e as atividades modeladas e em execução; outro para armazenar informações sobre os eventos e as regras existentes nos modelos de processos existentes.

4 Arquiteturas Baseadas em Serviços Web

Os SGPN baseados em serviços Web devem oferecer basicamente as mesmas funcionalidades oferecidas pelos SGPN baseados em serviços eletrônicos gerais, conforme apresentado na seção anterior. A principal diferença entre suas arquiteturas é a tecnologia usada na criação da infra-estrutura necessária para a comunicação das aplicações distribuídas entre as organizações envolvidas. Na Figura 9 é apresentado um conjunto de sete camadas de funções para SGPN baseados em serviços Web e os respectivos protocolos usados em cada uma, conforme já apresentados anteriormente [43].

Roteamento, Confiabilidade e Transação:	SGPN	Gerenciamento	Qualidade de Serviço	Segurança
Processo de Negócio:	WSFL ou similar			
Descoberta e Integração de Serviços Web:	UDDI			
Descrição de Serviços Web:	WSDL			
Troca de Mensagens:	SOAP			
Transporte:	HTTP, SMTP, FTP			
Internet:	IPv4/6			

Figura 9: Camadas de Funções para SGPN Baseados em Serviços Web

De acordo com [44], poucos trabalhos foram realizados até o momento em relação a arquiteturas de SGPN baseados em serviços Web. A seguir são apresentadas algumas das principais iniciativas existentes.

4.1 Conductor

O sistema Conductor [45], desenvolvido pela empresa Commerce One, é apresentado como uma plataforma de Colaboração de Negócios - baseada nos padrões de serviços Web. Esse sistema lida com dois tipos de serviços: as atividades humanas, chamadas de Serviços de Portal; e as aplicações de negócio, chamadas de Serviços Web.

A arquitetura do sistema Conductor, apresentada na Figura 10, é uma extensão de uma arquitetura já existente para serviços em geral - o sistema CPM (já descrito neste relatório).

Essa arquitetura possui três componentes principais: o Registro de Serviços, o Gerenciador de serviços Web, e o Gerenciador de Colaboração, que são descritos a seguir.

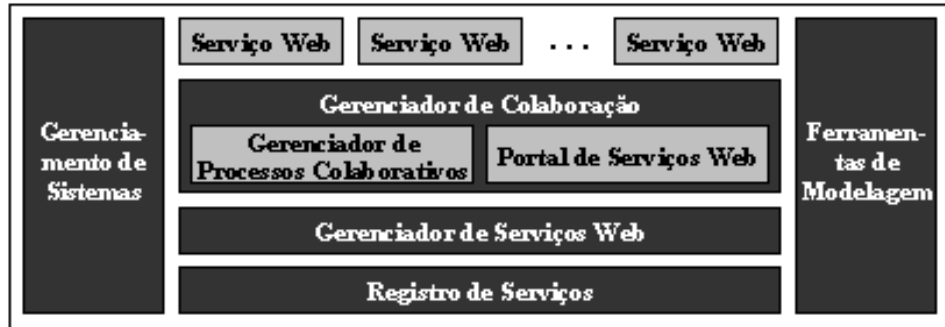


Figura 10: Arquitetura do SGPN Conductor

- **Registro de Serviços:** componente responsável pela descrição e publicação de Serviços de Portal e Serviços Web em um servidor de registros, chamado Conductor Community. Essa descrição é realizada por meio de um mecanismo que estende a linguagem WSDL e o protocolo SOAP. Os serviços publicados são usados para o provisionamento, subscrição e interoperabilidade de serviços;
- **Gerenciador de Serviços Web:** componente responsável por oferecer apoio à troca de mensagens entre serviços Web. Ao invés de oferecer apoio simplesmente à invocação de serviços Web, esse gerenciador oferece apoio a extensões SOAP para interações de negócio mais robustas. As informações necessárias para tal gerenciamento são obtidas pelo componente de Registro de Serviços;
- **Gerenciador de Colaboração:** componente responsável por oferecer apoio à construção de novos processos de negócio, novos modelos de processo e novas interações entre parceiros de negócio. Ele consiste de um Gerenciador de Processos Colaborativos (CPM) e um Portal de Serviços. O Gerenciador de Processos Colaborativos liga e orquestra as ações humanas (Serviços de Portal) e as aplicações de negócio (Serviços Web) entre organizações. O Portal de Serviços é usado para que usuários finais acessem atividades atribuídas a eles no contexto de um processo de negócio.

4.2 Arquitetura de Zhao, Liu & Yang

Em [44] é proposta uma arquitetura de SGPN baseado em serviços Web com ênfase em interoperabilidade, flexibilidade, confiabilidade e escalabilidade interorganizacional. Esse sistema oferece apoio à execução de processos de negócio que seguem tanto a topologia hierárquica quanto a topologia ponto-a-ponto.

Na Figura 11 é apresentada a arquitetura proposta. O principal componente é o Gerenciador de Domínio de Workflow que se comunica com todos os outros componentes presentes nessa arquitetura. Os outros componentes da arquitetura são formados por serviços Web.

Assim, os serviços Web são usados tanto para as funções de gerenciamento do processo de negócio, quanto para a execução das atividades do processo de negócio.

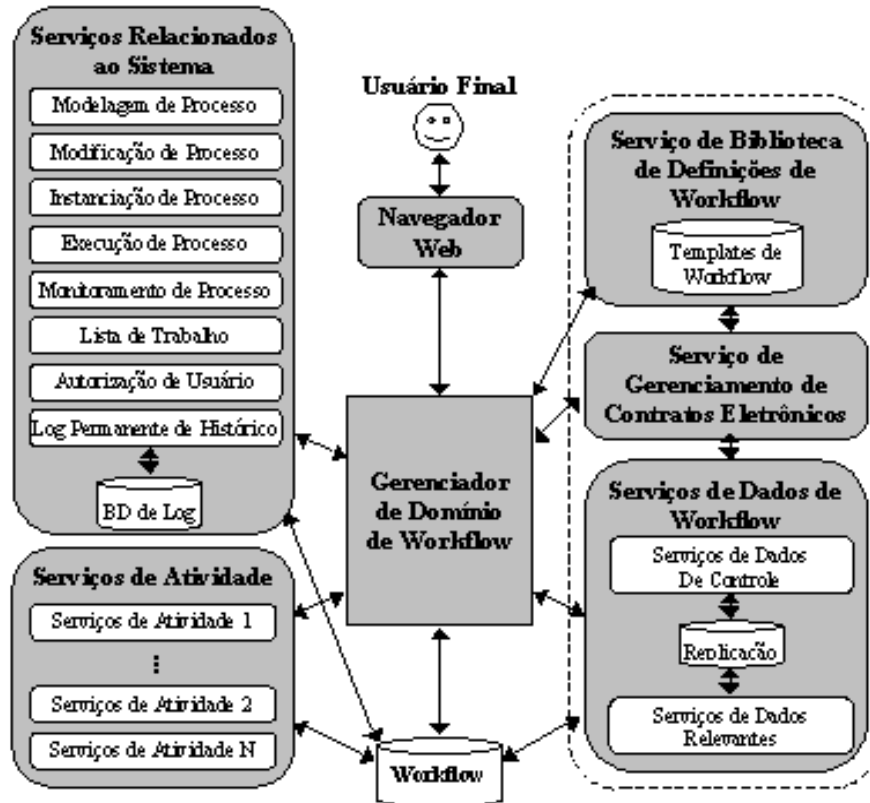


Figura 11: Arquitetura do SGPN de Zhao, Liu & Yang

Existe um banco de dados principal, responsável pelo armazenamento de dados referentes aos processos em execução - que todos os componentes acessam ou diretamente ou por intermédio do Gerenciador de Domínio de Workflow, além de outros bancos de dados específicos que apenas os serviços de um determinado componente possui acesso.

A seguir são apresentados os principais componentes da arquitetura:

- **Gerenciador de Domínio de Workflow:** responsável pelo gerenciamento dos processos de negócio - incluindo sua definição e execução, pela interação com os usuários finais, e pela coordenação dos outros componentes. Esse gerenciador interpreta a sequência de atividades de uma instância de processo - as quais podem ser executadas a partir de qualquer ponto da Internet, e localiza os provedores de serviços Web correspondentes para executar tais atividades. Quando uma atividade é finalizada, o gerenciador atualiza o estado do processo e inicia a manipulação das atividades seguintes. Todas essas ações são realizadas com o apoio dos demais componentes existentes na arquitetura do sistema;
- **Serviço de Gerenciamento de Contratos Eletrônicos:** esse serviço é responsável

pelas atividades de comunicação interorganizacional, tais como: a conversão de dados, a verificação de versão de dados, a localização de provedores de serviços Web, etc. A comunicação é realizada diretamente com outros Serviços de Gerenciamento de Contratos Eletrônicos de SGPN de outras organizações;

- **Serviços de Dados de Workflow:** esses serviços incluem serviços para o gerenciamento de dados de controle de workflow e de dados relevantes de workflow, os quais são armazenados no banco de dados principal de Workflow. Esses dados podem ser produzidos por serviços de atividade executados localmente ou por serviços de atividades executados em SGPN de outras organizações, os quais são importados pelo Serviço de Gerenciamento de Contratos Eletrônicos. Os serviços oferecidos incluem serviços para: a garantia da integridade e da validade dos dados, especialmente no curso da importação/exportação de processos; e a realização de backup e de manutenção de um banco de dados usado para a replicação de dados, que possibilita a recuperação de dados - aumentando a confiabilidade do sistema;
- **Serviço de Biblioteca de Definição de Workflow:** esse serviço é responsável pelo armazenamento de modelos de workflow, e fornecimento de modelos existentes ao Gerenciador de Domínio de Workflow para a instanciação de novos processos de negócio. Os modelos de workflow são descritos usando a linguagem WSFL. Além disso, esse serviço é responsável também pelo armazenamento de templates que podem ser usados para a criação de novos modelos de workflow. Um novo modelo de workflow pode ser definido pelo uso do Serviço de Modelagem local ou então importado de outras organizações através do Serviço de Gerenciamento de Contratos Eletrônicos;
- **Serviços Relacionados ao Sistema:** esses serviços oferecem as principais funções de gerenciamento de processos para o Gerenciador de Domínio de Workflow. Os serviços disponíveis incluem serviços para modelagem, modificação dinâmica, instanciação, execução, e monitoramento de processos. Além disso, são oferecidos também serviços de manipulação de listas de trabalho, autorização de usuários, e criação de um log permanente do histórico de operações realizadas por esses serviços;
- **Serviços de Atividade:** esses serviços são os serviços Web responsáveis pela execução de atividades existentes nos processos de negócio, específicas para cada workflow modelado. Os serviços de atividade são invocados pelo Gerenciador de Domínio de Workflow, recebendo dele os dados de entrada de usuário necessários para sua execução. Quando um serviço de atividade é finalizado, os novos dados de controle e dados relevantes gerados por ele são armazenados no banco de dados de Workflow. Cada serviço de atividade pode ser modificado e melhorado em tempo de execução, oferecendo ao sistema flexibilidade e escalabilidade.

4.3 Arquitetura de Ganesarajah & Lupo

Ganesarajah & Lupo [46] apresentam uma abordagem para arquiteturas de SGPN baseados em serviços Web em que praticamente todo o sistema é tratado como serviços web, sendo -

na maioria deles - serviços web compostos, ou de valor agregado. Na Figura 12 é apresentada uma visão geral dos principais componentes existentes na arquitetura do sistema proposto, os quais são descritos brevemente a seguir.

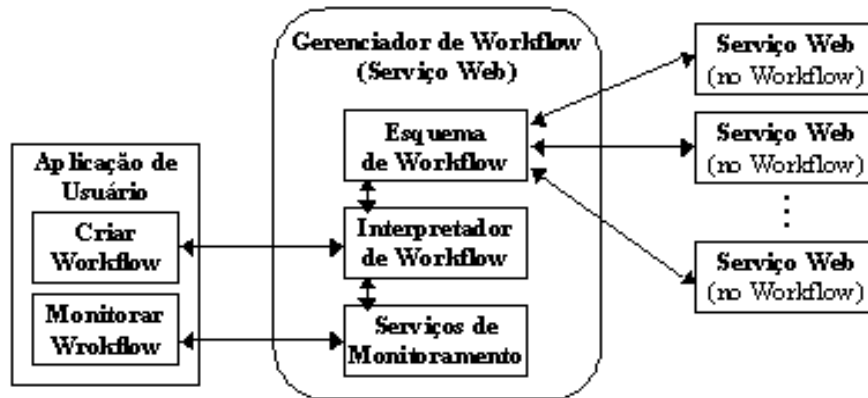


Figura 12: Arquitetura do SGPN de Ganesarajah & Lupo

- **Gerenciador de Workflow:** componente responsável pela execução dos processos de negócio. Ele é encapsulado como um serviço Web que é acessado via protocolo SOAP, permitindo que o sistema seja facilmente acessado por outros sistemas. Portanto, os Gerenciadores de Workflow dos SGPN de outras organizações podem acessá-lo como um serviço Web. O Gerenciador de Workflow é um serviço Web de valor agregado, composto por outros serviços Web responsáveis por: o gerenciamento dos esquemas de workflow (modelos de processo de negócio) e das instâncias de workflow, incluindo o banco de dados que armazena essas informações; a interpretação dos esquemas de workflow; e o monitoramento das instâncias de workflow sendo executadas;
- **Aplicação de Usuário:** componente responsável por interagir com o serviço Web de Gerenciador de Workflow, usando mensagens do protocolo SOAP, para: implantar um esquema de workflow; invocar uma instância de workflow relevante; obter informação sobre o progresso da execução de uma instância de workflow, e desempenhar outras operações tais como o cancelamento de uma instância de workflow. A Aplicação de Usuário oferece tanto uma interface gráfica quanto uma textual. Diferentes aplicações de interface de usuário podem ser usadas, desde que o mesmo protocolo seja usado para interagir com o Gerenciador de Workflow.

4.4 WebTransact

WebTransact [47] é apresentado como um framework que oferece a infra-estrutura necessária para a construção de composições confiáveis de serviços Web. O framework WebTransact é composto por uma arquitetura multicamadas, uma linguagem baseada em XML, chamada de Web Services Transaction Language (WSTL), e um modelo de transações. WebTransact integra serviços Web por meio de duas linguagens baseadas em XML: WSDL e WSTL. A

linguagem WSTL é construída sobre a linguagem WSDL, estendendo-a com funcionalidades para permitir a composição transacional de serviços Web.

A arquitetura do framework WebTransaction, apresentada na Figura 13, é composta por componentes especializados organizados em múltiplas camadas. Os Programas Aplicativos interagem com os Serviços Mediadores Compostos, que são serviços compostos por vários Serviços Mediadores por meio da linguagem WSTL. Os Serviços Mediadores oferecem uma interface homogênea para (diversos) Serviços Remotos equivalentes, que por sua vez integram Serviços Web, oferecendo as informações de mapeamento necessárias para converter mensagens do formato particular do serviço Web para o formato do Serviços Mediador.

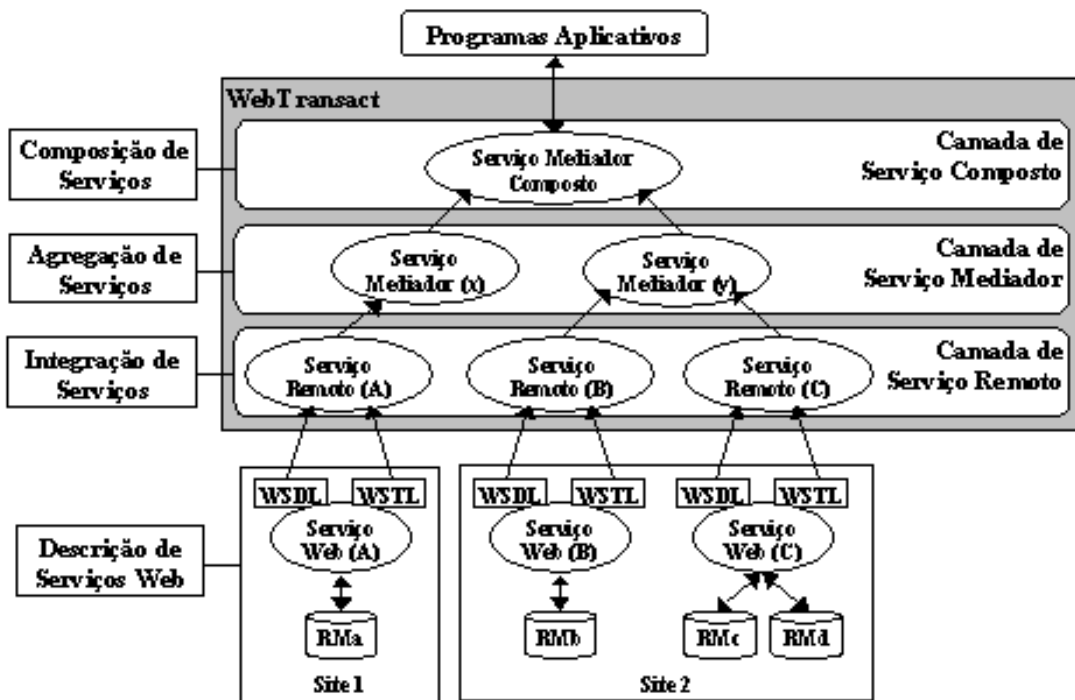


Figura 13: Arquitetura do SGPN WebTransact

Cada Serviço Remoto na arquitetura do framework WebTransact é uma unidade lógica de trabalho que desempenha um conjunto de operações remotas em um site particular. Cada operação remota possui uma assinatura e um comportamento transacional bem definido, que define o nível de apoio transacional que um determinado serviço Web expõe.

Serviços Mediadores agregam Serviços Remotos semanticamente equivalentes, oferecendo, portanto, uma visão homogênea dos Serviços Remotos heterogêneos. Serviços Remotos semanticamente equivalentes são serviços que integram serviços Web expondo diferentes interfaces WSDL, mas que oferecem a mesma funcionalidade semântica.

Serviços Mediadores Compostos descrevem a seqüência de execução de operações de Serviços Mediadores necessária para realizar uma tarefa. Um usuário pode especificar uma tarefa composta agregando as tarefas que são desejadas para realizar uma tarefa alvo.

4.5 Arquitetura de McGregor & Kumaran

Em [48] é apresentada a arquitetura do sistema SMWS (Solution Management Web Service) que oferece apoio à definição de serviços Web a serem disponibilizados por organizações fornecedoras, com atenção especial a análise de desempenho da execução desses serviços Web. Com esse objetivo, o sistema disponibiliza mecanismos para que seja registrado um log da execução dos serviços Web pelas organizações consumidoras, de forma que ambas as organizações - fornecedora e consumidora - possam avaliar posteriormente as informações de desempenho da execução dos serviços Web.

A arquitetura do sistema SMSW é apresentada na Figura 14. Essa arquitetura é dividida basicamente em três camadas de funções: uma camada de gerenciamento e segurança, cujo objetivo é atuar sobre todo o ambiente para garantir a integridade e a qualidade dos serviços oferecidos e consumidos; uma camada operacional, cujo objetivo é oferecer apoio a criação, registro de log e análise dos serviços Web - por meio do uso de Adaptadores de Serviços Web, Agentes e um Data Warehouse; e uma camada de infra-estrutura, cujo objetivo é oferecer os mecanismos para que os componentes dessa arquitetura possam se comunicar.

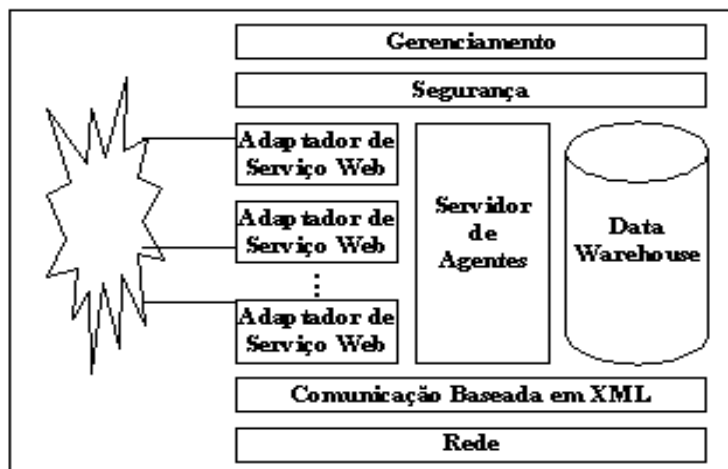


Figura 14: Arquitetura do SGPN de McGregor & Kumaran

As principais características dos componentes da arquitetura do sistema SMWS são apresentadas a seguir:

- **Adaptadores de Serviço Web:** esses adaptadores oferecem um mecanismo para que as organizações executem serviços Web que realizam operações básicas sobre os serviços Web em que elas estão participando. As operações básicas são: definição de serviços Web pelas organizações fornecedoras; registro de log detalhado das informações relacionadas ao progresso de execução das instâncias de serviços Web executados pelas organizações clientes; e análise do uso e do desempenho geral dos serviços Web em relação aos níveis de serviços e outros objetivos predefinidos durante a definição dos serviços Web executados pelas organizações clientes;

- **Servidor de Agentes:** armazena os agentes de software que exploram os dados do sistema para implementar funções de gerenciamento do sistema. Existem sete tipos de agentes disponibilizados pelo Servidor de Agentes: Agentes de Construção de Dados, Agentes de Construção de Modelos, Agentes de Melhoria de Modelos, Agentes de Destruição de Modelos, Agentes de Avaliação de Serviços Web, Agentes de Serviços Web, e Agentes de Usuários;
- **Data Warehouse:** atua como o repositório de dados. Ele armazena dados de quatro categorias: dados de definição - recebidos como um resultado da execução dos serviços Web de definição de serviços Web; dados de log para auditoria - recebidos como um resultado dos serviços Web de registro de log de execução de serviços Web; dados de resumo de auditoria - criados por Agentes de Construção de Dados; e dados de modelo - criados, melhorados e destruídos por Agentes de Construção, Melhoria e Destruição de Modelos;
- **Comunicação Baseada em XML:** responsável por oferecer infra-estrutura necessária para que os componentes do sistema possam se comunicar sobre a rede de computadores em que eles estão localizados. Tanto a comunicação entre os adaptadores de serviços Web com os Agentes localizado dentro do Servidor de Agentes, como a comunicação desses Agentes com o Data Warehouse são realizadas via a troca de mensagens baseadas em XML;
- **Segurança:** responsável por garantir que os seguintes estilos de segurança sejam suportados no sistema: confidencialidade - garantir que o conteúdo de mensagens não seja acessado por indivíduos não autorizados; autorização - garantir que o emissor seja autorizado a enviar uma determinada mensagem; integridade de dados - garantir que as mensagens não sejam modificadas acidentalmente ou deliberadamente durante seu transito; e prova de origem - garantir a identidade do emissor de uma mensagem;
- **Gerenciamento:** responsável por gerenciar todo os sistema, garantindo que todos os demais módulos comuniquem-se entre si e realizem suas tarefas para que o objetivo geral de gerenciamento de serviços Web seja alcançado.

5 Considerações Finais

Os sistemas de gerenciamento de processos de negócio têm apresentado um grande potencial para as organizações tornarem seus processos operacionais mais eficientes. Várias soluções têm sido propostas nos últimos anos em relação a arquiteturas de SGPN baseados em serviços eletrônicos, que visam melhorar a integração entre aplicações distribuídas entre várias organizações. Os primeiros sistemas utilizavam tecnologias de middleware EAI para tratar tal integração, não conseguindo entretanto solucionar os problemas associados à comunicação entre os serviços eletrônicos. Mais recentemente surgiram os serviços Web, tecnologia que tem se apresentado como a solução definitiva para o problema de integração nos SGPN.

Os SGPN são sistemas responsáveis pela condução de processos de negócio entre várias organizações, que devem oferecer apoio a atividades tais como: definição e simulação de processos; estabelecimento de contratos eletrônicos; instanciação e execução de processos; administração do sistema; monitoramento e auditoria de processos; verificação e otimização de desempenho; apoio à inteligência de processos; etc. Dentro desse contexto, foi apresentada neste relatório técnico uma visão geral de arquiteturas existentes de SGPN baseados tanto em serviços eletrônicos em geral, quanto baseados especificamente em serviços Web. De uma forma geral, as arquiteturas se apresentaram bastante semelhantes entre si - possuindo vários componentes comuns em termos de funcionalidades, embora cada uma delas possua suas particularidades em relação a forma em que tais funcionalidades são disponibilizadas.

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] 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.
- [3] 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.
- [4] Papazoglou, M., Georgakopoulos, D. Service-oriented computing, Communications of the ACM: Service-Oriented Computing 46 (10) (2003) 25-28.
- [5] Schmidt, R. Web Services Based Architectures to Support Dynamic Inter-organizational Business Processes. The International Conference on Web Services - Europe 2003 (ICWS-Europe'03).
- [6] Leymann, F., Roller, D., Schmidt, M.-T. Web services and business process management. IBM Systems Journal, vol. 41, no.2, 198-211, 2002.
- [7] Aalst, W.M.P. van der. Process-oriented Architectures for Electronic Commerce and Interorganizational Workflow. Information Systems, 24(8):639-671, 2000.
- [8] 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.

- [9] Nickerson, J. V. Logical Channels: Using Web Services for Cross-Organizational Workflow. *Business Process Management Journal* V11 #3.
- [10] Casati, F., Discenza, A. Modeling and Managing Interactions among Business Processes. *Journal of Systems Integration* 10(2), April 2001.
- [11] 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.*
- [12] 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.
- [13] 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.*
- [14] 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.*
- [15] 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.*
- [16] 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.*
- [17] Grigori, D., Casati, F., Castellanos, M., Dayal, U., Shan, M.-C., Sayal, M. Business Process Intelligence. *Computers in Industry* to appear.
- [18] 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.*
- [19] 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).*
- [20] Web Services Description Language (WSDL). <http://www.w3.org/TR/wsdl>

- [21] Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI). <http://www.uddi.org>.
- [22] Extensible Markup Language (XML). <http://www.w3.org/TR/REC-xml>
- [23] Simple Object Access Protocol (SOAP). <http://www.w3.org/TR/SOAP>.
- [24] Web Services Flow Language (WSFL). <http://www-4.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>.
- [25] Web Services Conversation Language (WSCL). W3C Note, 2002.
- [26] Web Services Choreography Interface (WSCI). <http://www.w3.org/TR/wsci>.
- [27] Business Process Modeling Language (BPML). <http://www.bpml.org>.
- [28] Business Process Specification Schema (BPSS). http://www.ebxml.org/specdrafts/cc_and_bp_document_overview_ver_1.01.pdf
- [29] Web Services for Business Process Design (XLANG). http://www.gotdotnet.com/team/xml_wsspecs/xlang/default.htm.
- [30] Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS). <http://www-106.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-bpel/>.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] Lazcano, A., Alonso, G. Process Based E-services. *Electronic Commerce*, Second International Workshop, WELCOM 2001 Heidelberg, Germany, November 16-17, 2001, Proceedings. *Lecture Notes in Computer Science* 2232 Springer 2001, ISBN 3-540-42878-X: 1-10.
- [35] Casati, F., Ilnicki, S., Jin, L.-j. Vasudev Krishnamoorthy, Ming-Chien Shan: Adaptive and Dynamic Service Composition in eFlow. *Advanced Information Systems Engineering*, 12th International Conference CAiSE 2000, Stockholm, Sweden, June 5-9, 2000, Proceedings. *Lecture Notes in Computer Science* 1789 Springer 2000, ISBN 3-540-67630-9: 13-31.

- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] 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.
- [40] 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.
- [41] Ludwig, H., Whittingham, K. VEC - gateways for cross-organizational document flow. Multimedia, IEEE, Volume: 7, Issue: 4, Oct.-Dec. 2000, Pages:62 - 72.
- [42] 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.
- [43] Meng, J., Su, S. Y. W., Lam, H., Helal, A. Achieving Dynamic Inter-Organizational Workflow Management by Integrating Business Processes, Events and Rules. 35th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-35 2002), CD-ROM / Abstracts Proceedings, 7-10 January 2002, Big Island, HI, USA. IEEE Computer Society, 2002 - Track 1: 7.
- [44] Zhao, X., Liu, C., Yang, Y. Web Service Based Architecture for Workflow Management Systems. Database and Expert Systems Applications, 15th International Conference, DEXA 2004 Zaragoza, Spain, August 30-September 3, 2004, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 3180 Springer 2004, ISBN 3-540-22936-1: 34-43.
- [45] 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.

- [46] Ganesarajah, D., Lupu, E. Workflow-Based Composition of Web-Services: A Business Model or a Programming Paradigm? 6th International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2002), 17-20 September 2002, Lausanne, Switzerland, Proceedings. IEEE Computer Society 2002, ISBN 0-7695-1742-0: 273-284.
- [47] Pires, P. F., Benevides, M. R. F., Mattoso, M. Building Reliable Web Services Compositions. Web, Web-Services, and Database Systems, NODe 2002 Web and Database-Related Workshops, Erfurt, Germany, October 7-10, 2002, Revised Papers. Lecture Notes in Computer Science 2593 Springer 2003, ISBN 3-540-00745-8: 59-72.
- [48] Carolyn McGregor, Santhosh Kumaran: Business Process Monitoring Using Web Services in B2B e-Commerce. 16th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS 2002), 15-19 April 2002, Fort Lauderdale, FL, USA, CD-ROM/Abstracts Proceedings. IEEE Computer Society 2002, ISBN 0-7695-1573-8.
- [49] CORBA - the Common Object Request Broker Architecture. <http://www.corba.org/>.
- [50] DCOM - Distributed Component Object Model . <http://www.microsoft.com/com>.