**Capítulo 1**

**Introdução**

Esta introdução tem por objetivo apresentar: a motivação para este trabalho de conclusão de curso; os objetivos gerais e os específicos deste trabalho; as principais contribuições; e a estrutura e organização deste documento.

1.1 Motivação

A necessidade de soluções em sistemas distribuídos complexos vem substituindo a visão de sistemas distribuídos homogêneos onde aplicações de domínio específico são desenvolvidas usando plataformas e *middleware* projetados especificamente para esse domínio. Soluções tecnológicas independentes têm sido interconectadas para criar estruturas ainda mais ricas, os chamados sistemas de sistemas (SoS). Um dos principais desafios dessas interconexões é a questão da interoperabilidade: a habilidade desses sistemas se conectarem, de trocarem dados e de se comunicarem [blair2011interoperability], [inverardi2010theory], [bromberg2011bridging].

Uma técnica que tem sido amplamente utilizada nos últimos anos no desenvolvimento de plataformas de sistemas distribuídos é a ESBC (Engenharia de Software Baseada em Componentes) [rouvoy2009leveraging]. Como consequência do sucesso no uso de componentes de *software*, vários modelos de componentes diferentes emergiram. OpenCOM~\cite{coulson2008generic}, Fractal~\cite{bruneton2006fractal}, Spring~\cite{spring2007}, EJB~\cite{ejb2005}, OSGi~\cite{alliance2013osgi}, CCM~\cite{ccm2002} e SCA~\cite{sca2007} são alguns exemplos destes modelos.

Diversas soluções têm sido criadas para lidar com a interoperabilidade entre sistemas distribuídos desenvolvidos em diferentes modelos de componentes. Uma dessas soluções é o objeto de estudo deste trabalho: O InteropFrame (Nascimento, 2013).

O InteropFrame é um *middleware* extensível desenvolvido em Java que trata a questão da interoperabilidade entre sistemas desenvolvidos nos modelos de componentes OpenCOM ou Fractal através da geração automática de *proxies* para a comunicação remota. Esses *proxies* atuam como representantes locais a um sistema que repassam as chamadas de métodos para outros computadores dentro de uma rede, seja ela local ou a própria internet. No InteropFrame, as chamadas de métodos podem ser repassadas pela rede utilizando o mecanismo Java RMI (*Remote Method Invocation)* ou *Web Services* do tipo SOAP. Com isso o InteropFrame é capaz de fazer o *binding* (ligação remota) entre partes distribuídas de modo que o utilizador não precise se preocupar com detalhes de comunicação remota nem de aspectos de interoperabilidade entre os modelos de componentes suportados. O InteropFrame é extensível do ponto de vista do desenvolvedor que deseje implementar o suporte a novos modelos de componentes e de *binding* através do desenvolvimento de *plug-ins* à parte.

Embora o InteropFrame funcione para os modelos de componentes propostos, ele possui algumas limitações. Uma dessas limitações é que o InteropFrame não é desenvolvido numa plataforma de componentes específica, sendo totalmente desenvolvido em Java. Esse fato acaba limitando o processo de extensibilidade do *middleware*. (Pendendo fontes). Outra limitação é a quantidade de modelos de componentes suportados – apenas Fractal e OpenCOM.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral:

* Superar limitações do InteropFrame e estender o suporte a novos modelos de componentes.

Objetivos específicos:

* Fazer a portabilidade do InteropFrame para o modelo de componentes OSGI como forma de separa-lo em *plug-ins*. Dessa forma o suporte à extensibilidade ficará facilitado.
* Implementar o suporte ao OSGI como um modelo de componentes interoperável dentro do InteropFrame.
* Avaliar impactos no desempenho do *middleware* devido à introdução do OSGI;
* Desenvolver o configurador distribuído do InteropFrame com *Web service* RESTful.

1.3 Contribuições deste Trabalho de Conclusão de Curso

As principais contribuições deste trabalho de conclusão de curso são:

* Evolução do InteropFrame.
* Disponibilização do código-fonte como forma de possibilitar estudos futuros à respeito da interoperabilidade entre sistemas distribuídos desenvolvidos em diferentes modelos de componentes.

1.4 Organização do Trabalho

Os capítulos subsequentes deste trabalho serão organizados da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Apresentação dos conceitos básicos necessários para o entendimento do tema.

- Capítulo 3 – Descrição do InteropFrame e apresentação da solução proposta.

- Capítulo 4 – Considerações finais.

**Capítulo 2**

**Conceitos Básicos**

Com o objetivo de firmar o embasamento teórico do projeto e do aprimoramento do InteropFrame, serão elucidados neste capítulo os conceitos que foram utilizados no decorrer da pesquisa. Serão discutidos conceitos como Modularização, Componentes e Modelos de Componentes, Sistemas Distribuídos, Invocação Remota de Métodos, Serviços Web e Geração Automática de Código. Por fim, será feita uma breve discussão acerca dos conhecimentos elencados.

2.1 Modularização

Modularização significa a concepção de um sistema completo formado por módulos logicamente independentes {Hall2011}. Ela é capaz de reduzir a complexidade do problema, dividindo-o em subproblemas mais simples, ou seja, dividindo-o em módulos {Knuth1996}. Um módulo define um limite lógico executável. Dessa forma os detalhes internos de um módulo não são visíveis a outros módulos ou sistemas. Os únicos detalhes visíveis são aqueles que ele expõe explicitamente, ou seja, a API pública {Hall2011}. Com isso é mais fácil de detectar problemas e resolvê-los, pois os módulos são, em princípio, independentes. Em sua característica um módulo é implementável, gerenciável, reutilizável, combinável e é uma unidade independente de software que provê interfaces a outros módulos ou sistemas {Kirk2012}.

É confuso o conceito de Modularização e Orientação a Objeto. As duas suportam a especialização, ou seja, elas quebram o sistema em partes pequenas dando a cada uma delas a sua devida responsabilidade. Entretanto elas atuam de formas diferentes. Com a Orientação a Objeto é possível modularizar de forma lógica, ou seja, essa modularização se referencia a visibilidade do código. Dessa forma a Orientação a Objeto utiliza parte da Modularização em seu contexto. Entretanto a Modularização abrange mais que isso. Ela pode ser utilizada tanto da forma física, onde é possível subdividir o código em vários arquivos, entretanto mantendo as mesmas dependências e comunicação entre eles, quanto da forma lógica, como na Orientação a objeto {Hall2011}.

A modularização ganhou a popularidade no início da década de 70. Entretanto é algo que ainda hoje não está tão presente nos requisitos não funcionais do desenvolvimento de software. Apesar disso é algo tão importante que trás grandes benefícios para a aplicação. Para isso é preciso aplicar os princípios de modularização para obter bons resultados. Princípios esses como alta coesão e baixo acoplamento. Com eles, uma das grandes vantagens que a modularização oferece é a reutilização. Isso se torna fácil quando um módulo é responsável por aquilo que realmente deve ser e não tem um grande número de dependências. A depender do framework utilizado, para a aplicar a modularização, a declaração das dependências pode ser feita de forma explíci. O que trás um ganho para a manutenção no código e para o melhor entendimento do mesmo {Hall2011}.

2.1.1 Componentes e Modelos de Componentes

A engenharia de software baseada em componentes surgiu como uma abordagem para softwares de desenvolvimento de sistemas com base no reúso de componentes de softwares {sommerville2011}. {Pressman2011} menciona que componente é um bloco construtivo modular para software. Não existe consenso sobre um componente ser uma unidade independente de software que pode ser composta com outros componentes {sommerville2011}. Segundo {councill2001 apud sommerville2011}, componente é um elemento de software que está de acordo com um modelo de componente padrão e pode ser independentemente implantado e composto de acordo com um padrão de composição. Entretanto, {szyperski2002 apud sommerville2011} menciona que um componente de software é uma unidade de composição de interfaces contratualmente especificadas e pode ser implantado de forma independente, além de estar sujeito a ser composto por parte de terceiros.

Um componente funciona como um provedor de um ou mais serviços. Dessa forma, quando um sistema precisa de um serviço, ele chama um componente para fornecer esse serviço -- sem se preocupar onde esse componente está sendo executado, nem mesmo características de linguagem de programação que o componente foi desenvolvido -- por meio de uma interface {sommerville2011}. De acordo com {crnkovic2011}, uma interface de componente define um conjunto de propriedades funcionais de um componente. Sendo assim, os componentes possuem dois tipos de interfaces relacionadas que refletem os serviços que o componente fornece (interface provides) e os serviços que o componente necessita (interface requires), como mostra a Figura {figuras/001 – Interfaces de componentes.png} {sommerville2011}.

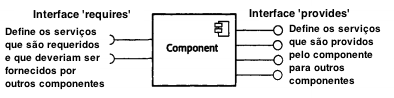


Figura {figuras/001 – Interfaces de componentes.png} – Interfaces de componentes {sommerville2011}

Um modelo de componente é uma definição de normas para implementação, documentação e implantação de componentes que garantem a interoperabilidade deles {sommerville2011}. Existem diversos modelos de componentes, entretanto neste trabalho serão abordados os modelos OpenCOM, Fractal e OSGI.

2.1.1.1 Modelo OpenCOM

O OpenCOM é um modelo de componentes de baixo peso projetado para o desenvolvimento de middlewares em dispositivos de computação com poucos recursos (processamento, memória, armazenamento). Além de ser um modelo de baixo peso, o OpenCOM provê a capacidade de reconfiguração dinâmica de middlewares tanto no domínio estrutural quanto no comportamental {rocha2008}.

O OpenCOM é fundamentado em três tecnologias {nascimento2013}:

- Componentes - O modelo permite a especificação da estrutura de sistemas através do uso de componentes e conexões entre componentes (ROCHA, 2008).

Os conceitos fundamentais no OpenCOM são interfaces, receptáculos e conexões. Uma interface representa uma unidade de provisão de serviços, enquanto que um receptáculo representa uma unidade de requerimento de serviços e é usado para tornar explícita a dependência de uma interface de um componente com outra. Uma conexão representa uma ligação entre um serviço fornecido por uma interface de um componente e um serviço requerido por um receptáculo de outro componente {clarke2001};

- Reflexão computacional - O modelo OpenCOM foi projetado para suportar a reflexão computacional - que é a capacidade que um sistema tem de observar sua própria representação/estrutura e modifica-la em tempo de execução;

- Frameworks de componentes – Uma característica chave do OpenCOM é o uso da noção de frameworks de componentes. Um framework de componentes é definido no OpenCOM como um conjunto fortemente acoplado de componentes que coopera para resolver alguma área de interesse. O OpenCOM também fornece um protocolo de extensão bem definido para a aceitação de componentes adicionais que modificam ou estendem o comportamento do framework de componentes, além de restringir o modo como os componentes são organizados {coulson2008}.

Cada componente OpenCOM implementa quatro interfaces, além de interfaces personalizadas, como mostra a Figura {002opencom.png} {grace2007 apud nascimento2013}:

- ILifeCycle - fornece as operações para a inicialização e a finalização do ciclo de vida de um componente;

- IConnections (opcional) - oferece os métodos para modificar as interfaces ligadas aos receptáculos de um componente. Esta interface deve ser implementada por todos os componentes que possuem receptáculo;

- IMetaInterface – suporta a inspeção dos tipos de interfaces e receptáculos declarados pelo componente;

- IUnknown - é equivalente à interface do mesmo nome no Microsoft COM, isto é, é usada para obter a referência para a interface solicitada na instância do componente.

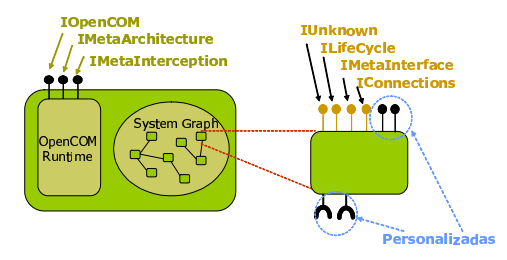


Figura {figuras/002opencom.png} – Interfaces dos metamodelos do OpenCOM {rocha2008}

O OpenCOM implanta um substrato padrão em *runtime* que está disponível em todo o espaço de endereçamento. Insto é implementado através de um componente *singleton* chamado "OpenCOM” que exporta uma interface chamada IOpenCOM. O papel do *runtime* do OpenCOM é o de gerir um repositório de componentes disponíveis e, assim, permitir a criação e exclusão de componentes. Além disso, a interface IOpenCOM serve como um ponto centralizado para a submissão de todas as solicitações de conexão ou desconexão entre receptáculos e interfaces no seu espaço de endereçamento. Para facilitar a reconfiguração, o *runtime* registra cada criação e exclusão de cada componente ou conexão em um espaço de meta-estrutura chamado de *system graph* (grafo do sistema). Isto permite que o OpenCOM suporte consultas que, através de um identificador de conexão, fornece detalhes sobre o receptáculo e as interfaces participantes da conexão, juntamente com detalhes de seus componentes que os implementam {clarke2001}.

2.1.1.2 Modelo Fractal

O Fractal é definido em {bruneton2006} como um modelo de componentes geral e extensível, projetado para implementar, implantar e gerenciar sistemas de *software* complexos, incluindo, em particular, sistemas operacionais e *middlewares*. As principais motivações do modelo são: (i) Composição de componentes, onde um componente pode conter outros componentes, permitindo uma visão uniforme das aplicações em vários níveis de abstração; (ii) Compartilhamento de componentes entre estruturas compostas de componentes, como forma de compartilhar recursos enquanto se mantém o encapsulamento de um componente; (iii) Capacidades reflexivas, para monitorar e controlar um sistema em execução; (iv) Capacidades de reconfiguração, como forma de implantar e configurar dinamicamente um sistema.

De acordo com {coupaye2007}, o modelo de componentes Fractal suporta várias linguagens de programação, como por exemplo, Java e C, e de forma experimental .NET, SmallTalk, Python e C++.

No contexto do Fractal os **componentes** são entidades de *runtime* que estão em conformidade com o modelo, estão encapsuladas, possuem identificações únicas e suportam uma ou mais interfaces. As **interfaces** são os pontos únicos de interação entre os componentes e expressam a dependência desses em termos de interfaces requeridas e providas. Os ***bindings*** são os canais de comunicação entre as interfaces dos componentes {coupaye2007} {bruneton2006}.

Um componente Fractal é a composição de uma **membrana** e um **conteúdo**, como pode ser observado na Figura {figuras/004fractal.png}. A membrana tem o papel de fornecer interfaces para um controle reflexivo sobre o conteúdo. O conteúdo consiste num conjunto finito de outros subcomponentes. A membrana de um componente pode ter interfaces internas, acessíveis somente pelos subcomponentes internos, e externas, acessíveis de fora do componente. Além disso, uma membrana possui diversas interfaces de controle, que atuam como interceptadores entre as operações de chamada que entram e saem do componente, e adicionam comportamentos aos manipuladores de tais operações {bruneton2007}.

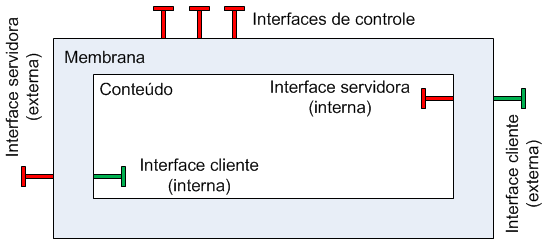


Figura {figuras/004fractal.png} – Estrutura de um componente Fractal {bruneton2006 apud nascimento2013}.

2.1.1.3 Modelo OSGI

Segundo {osgi}, o OSGi é um conjunto de especificações que definem um sistema de componentes dinâmico para o Java. Com essas especificações é possível criar um sistema composto dinamicamente por diversos componentes reusáveis. O OSGi permite que os componentes escondam suas implementações de outros componentes enquanto se comunicam através de **serviços**. Os serviços são objetos compartilhados de maneira especifica entre componentes.

A arquitetura do OSGi é composta por camadas como mostra a Figura {figuras/005osgi.png}. Elas são brevemente descritas a seguir {osgi}:

- *Bundles* – OS *bundles* são os componentes OSGi implementados pelos desenvolvedores.

- *Services* – A camada de Serviços conecta os *bundles* de maneira dinâmica. Os serviços são publicados pelos *bundles*, e são passíveis de busca e conexão posteriormente.

- *Life-Cycle* – Parte da API do OSGi que permite a instalar, desinstalar, executar, parar, e atualizar *bundles*.

- *Modules* – Camada que define como um *bundle* pode importar e exportar código.

- *Security* – Camada que manipula os aspectos de segurança do OSGi.

- *Execution Environment* – É o ambiente de execução. Define quais métodos e classes estarão disponíveis na plataforma específica.

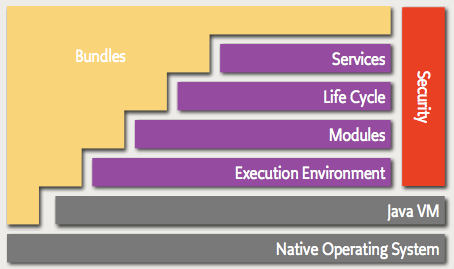


Figura {figuras/005osgi.png} – Camadas da arquitetura OSGi {osgi}.

O OSGi é apenas uma especificação de um framework para o desenvolvimento de aplicações modulares. Existem diversas implementações dessa tecnologia, sendo as mais conhecidas: Equinox, Felix e Knopflerfish. A primeira é uma implementação da especificação OSGi desenvolvida pela Eclipse Foundation. Ela é utilizada em diversas aplicações, inclusive na IDE Eclipse. Já a implementação Felix é desenvolvida e mantida pela Apache Software Foundation. A implementação Knopflerfish é desenvolvida e mantida pela Makewave.

2.2 Sistemas Distribuídos

Um sistema distribuído é aquele no qual os componentes localizados em computadores interligados em rede se comunicam e coordenam suas ações apenas passando mensagens {Coulouris2007}. {Tanenbaum2007} definem um sistema distribuído como uma coleção de computadores independentes que aparece para o usuário como um único sistema. {Sommerville2011} menciona que os sistemas distribuídos são mais complexos que os sistemas centralizados, o que os torna mais difíceis de projetas, implementar e testar. Apesar dessa complexidade, praticamente todos os grandes sistemas computacionais são distribuídos.

{Sommerville2011 apud Coulouris2007} identifica vantagens da utilização de uma abordagem distribuída no desenvolvimento de sistemas:

- Compartilhamento de recursos: Um sistema distribuído permite o compartilhamento de recursos de hardware e software.

- Abertura: Os sistemas distribuídos são projetados para protocolos-padrão que permitem que os equipamentos e software de diferentes fornecedores sejam combinados.

- Concorrência: Em um sistema distribuído, vários processos podem operar simultaneamente em computadores separados na rede.

- Escalabilidade: Em princípio, os recursos de um sistema distribuído podem ser aumentados pela adição de novos recursos a depender da necessidade do sistema.

- Tolerância a defeitos: Um sistema distribuído pode ser tolerante a algumas falhas de hardware e software dispondo de vários computadores e replicando as informações importantes para o sistema.

2.3 Invocação Remota de Métodos (RMI)

A RMI é uma extensão da invocação a método local que permite a um objeto que está em um processo invocar os métodos de um objeto que está em outro processo {Coulouris2007}. {Nascimento2013 apud Harold2004} menciona que a diferença entre objetos remotos e objetos locais é que os objetos remotos estão localizados em máquinas virtuais diferentes, assim como na Figura {figuras/006 – Invocação Remota de Métodos.png}. Devido à possibilidade de falhas independentes dos objetos invocadores e invocados, as RMIs têm semânticas diferentes das invocações a métodos locais, onde a transparência total não é necessariamente desejável {Coulouris2007}.

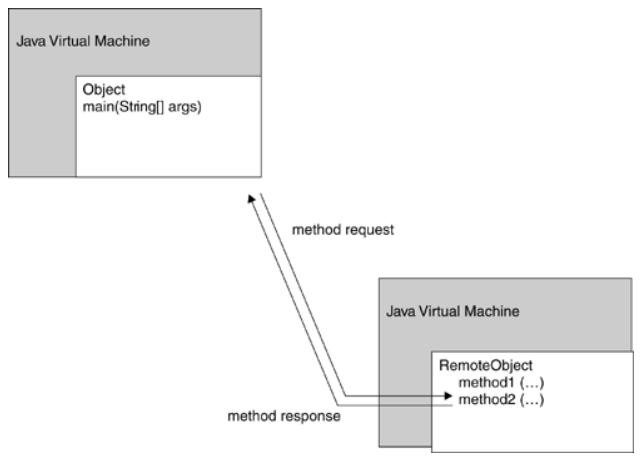


Figura {figuras/006 – Invocação Remota de Métodos.png} – Invocação Remota de métodos. {Reilly2002}

De acordo com {Reilly2002}, cada serviço RMI é definido por uma interface que descreve os métodos dos objetos que podem ser chamados remotamente. Segundo {Nascimento2013} e {Reilly2002}, essa interface deve ser compartilhada por todos os desenvolvedores uma vez que eles são incentivados a definir os métodos que podem ser chamados remotamente antes mesmo da implementação. {Nascimento2013} menciona que várias implementações da interface podem ser criadas, e os desenvolvedores não precisam estar cientes de que a implementação está sendo usada e nem aonde está localizada.

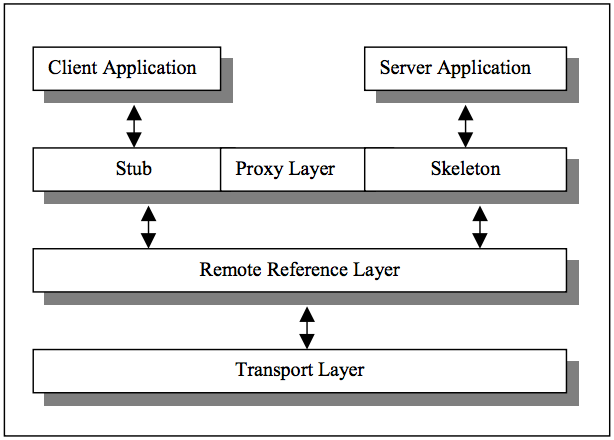


Figura {figuras/007 – Arquitetura em Camadas de RMI.png}: Arquitetura em Camadas da RMI. {Ruixian2000}

Segundo {Ruixian2000}, a arquitetura do RMI baseia-se em quatro camadas, assim como a Figura {figuras/007 – Arquitetura em Camadas de RMI.png}: Camada de Aplicação, Camada de Proxy, Camada de Referência Remota e Camada de Transporte.

A camada de mais alto nível, a de aplicação, localizam-se as implementações das aplicações tanto do lado cliente quanto do lado servidor. A segunda delas, a camada de proxy, é responsável pelas chamadas aos objetos remotos. Nela é feito o empacotamento do parâmetros e o retorno do objeto. Para isso o lado cliente e o lado servidor assumem papéis diferentes. O primeiro é representado por *Stub*, já o segundo é representado por *Skeleton*. Em seguida vem a terceira camada, a de referência remota. Nela é feita a abstração entre a Camada de Proxy e a Camada de Transporte. Por fim vem a camada de transporte que define uma conexão entre as máquinas cliente e servidor {Ruixian2000}.

2.4 Serviços Web

Um serviço web (*web service*) fornece uma interface de serviço que permite aos clientes interagirem com servidores de uma maneira mais geral do que acontece com os navegadores web {Coulouris2007}. De acordo com {Deitel2010}, um serviço web é um componente de software armazenado em um computador que pode ser acessado por um aplicativo(ou outro componente de software) em outro computador por uma rede. Um serviço web possui uma interface descrita em um formato processável por máquina, especificamente a WSDL (Web Services Definition Language). Outros sistemas interagem com um Web Service utilizando mensagens de acordo com um padrão, tipicamente utilizando HTTP com uma serialização de XML, além de outros padrões relacionados a Web.

Os clientes acessam as operações na interface de um serviço web por meio de requisições e respostas formatadas em XML (Extensible Markup Language) e, normalmente, transmitidas por HTTP (HyperText Transfer Protocol) {W3c2004}. A XML é uma representação textual que, embora mais volumosa do que as representações alternativas, foi adotada por sua legibilidade e pela consequente facilidade de depuração {Coulouris2007} De acordo com {Deitel2010}, o serviço web pode ser apoiado em duas arquiteturas. A primeira é baseada no Simple Object Access Protocol (SOAP) e a segunda é baseada no Representational State Transfer (REST).

Segundo {Sommerville2011}, SOAP é um padrão de trocas de mensagem que oferece suporte à comunicação entre serviços. O SOAP é um protocolo independente de plataforma que utiliza a XML para fazer chamadas de procedimento remoto, geralmente sobre o HTTP {Deitel2010}. De acordo com {Coulouris2007}, originalmente o protocolo SOAP era baseado apenas em HTTP, mas a versão atual é projetada para usar uma variedade de protocolos de transporte, incluindo o SMTP, TCP ou UDP. É incomum mencionar os protocolos HTTP e SMTP como protocolos de transporte. Baseado no modelo de referência OSI (Open System Interconnection), esses são protocolos da camada de aplicação, entretanto em serviços web o termo protocolo de transporte é empregado para referenciar qualquer protocolo que sirva como “meio de transporte para uma mensagem SOAP.

Segundo {Deitel2010}, o REST refere-se a um estilo arquitetônico de implementar serviços Web. O REST é uma estratégia com um estilo de operações muito restrito, no qual os clientes usam URLs e as operações HTTP, GET, PUT, DELETE e POST para manipular recursos representados em XML {Fielding2000}. Segundo {Deitel2010}, o REST também não está limitado a retornar dados no formato XML. Ele pode utilizar vários formatos, como XML, JSON, HTML, texto sem formatação e arquivos de mídia.

2.5 Geração Automática de Código

Um gerador de código é um sistema desenvolvido para criar automaticamente código fonte de alto nível em linguagens de programação como .NET, C++, C#, Java e outros (ADAMATII, 2006). A geração automática de código ajuda a aumentar a eficácia da produção de software complexo, reduzindo o custo e tempo associado com o esforço de codificação (KORNECKI; JOHRI, 2006). Segundo {Adamatii2006}, é possível criar, a partir de um banco de dados, objetos de acesso à base de dados, telas para consulta, pesquisa e edição de dados e toda a base para um sistema, restando à equipe de desenvolvimento, implementar regras de negócio e especialização das funcionalidades. Com isso, um gerador de código automático pode trazer vantagens como qualidade no código, consistência, produtividade e abstractão.

Algumas plataformas utilizam mecanismos ou ferramentas para automação de geração de código para melhorar a produtividade e eficiência nos processos de desenvolvimento de software, como por exemplo, O MDA (Model-driven Architecture) ( OMG, 2012) - que é uma abordagem para desenvolvimento de sistemas dirigido a modelos e o Acceleo ( ACCELEO, 2012) - que é um plugin do Eclipse que baseado em MDA permite a geração automática de código a partir de modelos, como por exemplo, um modelo UML ou um metamodelo definido pelo usuário.

2.6 Discussão

A proposta de extensão e modularização do InteropFrame exige conhecimentos diversos que foram elencados nesse capítulo. Mais especificamente foi observado o conceito de modularização, como forma de reconstruir o InteropFrame de forma modular utilizando a distribuição Equinox do OSGi. Além disso, será feita a extensão do *framework* para o suporte ao modelo de componentes OSGi de forma interoperável dentro da ferramenta.

Além da proposta de modularização, o módulo Configurador Distribuído, que será apresentado no capítulo 3, será refeito a partir de soluções existentes no OSGi, que utilizam conceitos de comunicação remota.

**Capítulo 3**

**Solução Proposta**

Neste capítulo será apresentado inicialmente o InteropFrame em sua implementação atual. Em seguida será apresentada a solução proposta para lidar com as limitações do InteropFrame, além de uma proposta de extensão para o suporte ao modelo de componentes OSGi dentro da ferramenta.

3.1 InteropFrame

Segundo {nascimento2013}, o papel do *framework* InteropFrame é o de prover uma solução de *binding* (interconexão) transparente entre componentes distribuídos de modelos diferentes. Ele possibilita que os componentes envolvidos na construção de aplicações distribuídas interajam através dos mecanismos de interoperabilidade providos pelo *framework*.

Com o InteropFrame é possível tornar interoperáveis sistemas desenvolvidos nos modelos de componentes OpenCOM e Fractal. Esta interoperabilidade pode ocorrer tanto em sistemas locais, como também com partes distribuídas pela rede. O *binding* remoto entre os componentes é suportado através dos mecanismos Java RMI e Web Services SOAP.

A Figura {figuras/interopframe.png} apresenta a arquitetura do InteropFrame. A seguir são explicados os módulos dessa arquitetura {nascimento2013}:

- Configurador Distribuído (CD) – módulo responsável pelo gerenciamento do serviço de interoperabilidade entre os componentes distribuídos. Este módulo coordena e controla as operações dos demais módulos do framework distribuído;

- Plug-ins de Modelos de Componentes (PMC) – cada plug-in permite que o InteropFrame suporte um modelo de componentes específico. Um Plug-in de modelo de componente é composto pelos seguintes submódulos:

- Gerador de *Proxies* (GP) – responsável pela geração automática dos *proxies* que possibilitam a interoperabilidade entre os componentes distribuídos de modelos diferentes. Este módulo baseia-se na geração de código a partir de *templates* pré-definidos para cada modelo de componentes específico;

- Montador de *Proxies* (MP) - responsável pela execução sob demanda dos *proxies* criados pelo GP, bem como a disponibilização do serviço de interoperabilidade entre os componentes distribuídos;

- Repositório de *Proxies* (RP) – repositório para armazenamento dos *proxies* gerados pelo GP.

- Plug-ins de Geradores de *Bindings* (GB) - cada plug-in gerador de *binding* é responsável pela geração automática do código-fonte de um tipo diferente de *binding* entre componentes remotos. O módulo Gerador de *Proxies* faz uso de um tipo específico de Gerador de *Binding* para enxertar nos *proxies* o código que promove a interconexão remota.



Figura {figuras/interopframe.png} – Arquitetura do InteropFrame {nascimento2013}.

A Figura {figuras/interopframe02.png} mostra o funcionamento do InteropFrame. Neste cenário o usuário deseja interconectar os componentes “A” e “B”, desenvolvidos respectivamente em OpenCOM e Fractal. O componente “A” é tratado aqui como componente cliente pois requisita os serviços do componente servidor “B” de modo remoto.

O detalhamento deste processo de funcionamento para o exemplo da Figura {figuras/interopframe02.png} é descrito a seguir {nascimento2013}:

- Do lado do componente cliente

(1C) O Configurador Distribuído (CD) verifica se o *proxy* do lado cliente, necessário para promover a interoperabilidade, já se encontra no Repositório de *Proxies* (RP), caso contrário ele solicita a geração do mesmo no passo 2C. Caso o componente *proxy* já exista, o próximo passo será o 5C, onde esse componente será utilizado pelo Montador de *Proxies* (MP);

(2C) O CD solicita ao submódulo Gerador de Proxies (GP) do modelo de componentes OpenCOM para gerar automaticamente o código do componente “X” que representa o *proxy* do lado cliente;

(3C) O GP solicita ao submódulo Gerador de *bindings* (GB) do RMI para gerar automaticamente a parte do código do componente “X” responsável pela comunicação remota;

(4C) O GP armazena no RP o componente “X” gerado;

(5C) O CD solicita ao MP que proceda com a inicialização do *proxy* do lado cliente;

(6C) O MP obtém e inicializa o componente “X” do lado cliente no ambiente de execução OpenCOM conectando o receptáculo do componente “A” à interface provida do *proxy* “X”. O *proxy* “X” do lado cliente representa o componente “B” no lado cliente e tem seus serviços requisitados pelo componente “A”.

- Do lado do componente servidor

(1S) O Configurador Distribuído (CD) verifica se o *proxy* do lado servidor já se encontra no Repositório de *Proxies* (RP), caso contrário ele solicita a geração do mesmo no passo 2S. Caso o componente *proxy* já exista, o próximo passo será o 5S, onde esse componente será utilizado pelo Montador de *Proxies* (MP);

(2S) O CD solicita ao submódulo GP do modelo de componentes Fractal para gerar automaticamente o código do componente “Y” que representa o *proxy* (também chamado de *skeleton*) do lado servidor;

(3S) O GP solicita ao submódulo GB do RMI para gerar automaticamente a parte do código do componente “Y” responsável pela comunicação remota;

(4S) O GP armazena no RP o componente “Y” gerado;

(5S) O CD solicita ao MP que proceda com a inicialização do *proxy* do lado servidor;

(6S) O MP obtém e inicializa o componente “Y” do lado servidor no ambiente de execução Fractal conectando o receptáculo do *proxy* “Y” à interface provida do componente “B”. O *proxy* “Y” do lado servidor representa o componente “A” no lado servidor que requisita os serviços do componente “B”.



Figura {figuras/interopframe02.png} – Funcionamento do InteropFrame {nascimento2013}.

Com o *binding* executado, o componente “A” agora pode utilizar os serviços do componente “B” de forma transparente. Quando uma requisição é feita no componente “A” ela é repassada via RMI do componente *proxy* “X” para o componente *skeleton* “Y” e este por sua vez repassa para o componente “B”. A resposta dessa requisição é feita pelo caminho inverso, de “B” para “Y”, de “Y” para “X” e de “X” para “A”. Na prática, “A” e “X” são componentes do modelo OpenCOM, assim como “B” e “Y” são do modelo Fractal. Os componentes “X” e “Y” se comunicam através de RMI, garantindo assim a interoperabilidade entre os componentes “A” e “B”.

3.2 Modularização do InteropFrame

O InteropFrame foi desenvolvido em Java “puro”, de forma a permitir a extensibilidade para novos modelos de componentes e de *bindings*. Cada plug-in de modelo de componentes ou de *binding* fornece o suporte a um modelo de componentes ou de *binding* específico. Com o desenvolvimento de novos plug-ins a ferramenta passa a suportar novos modelos.

Segundo {hall2011}, o Java provê alguns aspectos de modularização através da orientação a objetos, porém não foi proposto para suportar modularização de alta granularidade. {hall2011} ainda cita algumas limitações do Java no quesito modularização:

- Baixo nível de controle de visibilidade de código: Os modificadores de acesso do Java (*public, protected* e *private*) tratam em baixo nível o encapsulamento da orientação a objetos e não no nível de particionamento lógico do sistema. Em Java, um *package* (pacote) é tipicamente utilizado para particionar código. Para este código ser visível por um outro *package*, ele deve ser declarado como *public*. Algumas vezes, a estrutura lógica da aplicação faz chamadas a códigos de *packages* diferentes, significando que qualquer dependência entre os pacotes deve ser exposta como *public*. Dessa maneira, os detalhes de implementação tornam-se públicos, dificultando a evolução do sistema devido a possível criação de dependências da API não pública.

- Conceito de *Classpath* propenso a erros: Aplicações são compostas de várias versões de bibliotecas e componentes. O *Classpath* do Java não lida com versões de código, retornando assim o primeiro que encontra. O modo de construção do *Classpath* não permite especificar versões de um mesmo código. Em Java apenas se vai colocando as bibliotecas (comumente arquivos JAR) até que a JVM (*Java Virtual Machine*) pare de acusar erros sobre classes faltantes.

- Implantação limitada e suporte a gerenciamento: Não há maneira fácil em Java de se implantar um conjunto particular de dependências de código versionadas e executar a aplicação. Também é dificultada a evolução da aplicação e seus componentes após a implantação. O Java não possui um suporte direto à criação de plug-ins dinâmicos, o que é conseguido apenas através do uso de *Class Loaders* – mecanismos de baixo nível e propensos a erros.

Tendo em vista as limitações do Java, necessita-se de uma maneira mais eficiente para a modularização do InteropFrame. A proposta deste trabalho consiste na adoção do OSGi como plataforma de modularização. A extensibilidade do InteropFrame passará a ter um suporte facilitado, uma vez que a aplicação será desenvolvida em *bundles* independentes como mostra a Figura {figuras/008 - Interop.png}.Cada Plug-in de Modelo de Componente e seus respectivos submódulos seriam portados para *bundles* OSGi individuais. Da mesma forma, cada Gerador de Binding também se tornaria um *bundle* independente, bem como o núcleo do InteropFrame e o Configurador Distribuído.

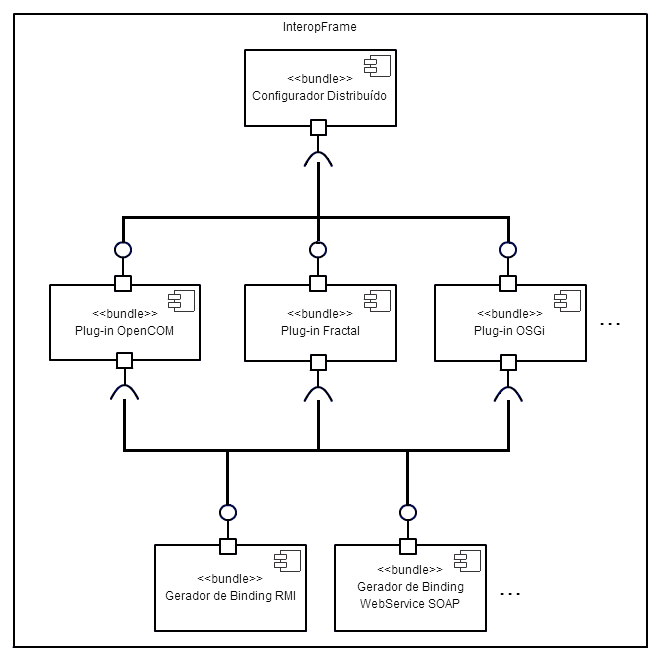


Figura {figuras/008 - Interop.png} – *Bundles* do InteropFrame em OSGi.

3.3 Solução de comunicação do Configurador Distribuído

O Configurador Distribuído, módulo responsável pelo gerenciamento entre as partes distribuídas do InteropFrame, é desenvolvido utilizando a tecnologia Java RMI. O Configurador Distribuído atua na comunicação remota entre os lados servidor e cliente do InteropFrame. O lado servidor é responsável por propagar pela rede uma interface provida de um componente de um dado sistema. O lado cliente faz a utilização desse serviço fornecido pelo lado servidor.

Para garantir uma comunicação distribuída de forma modular, este trabalho propõe a adoção da comunicação remota baseada no ECF (*Eclipse Communication Framework*) para a implementação do Configurador Distribuído. O ECF consiste num conjunto *frameworks* para a construção de servidores distribuídos e aplicações. Provê implementação modular do padrão de serviços remotos do OSGi, juntamente ao suporte para Web Services REST {ecf2014}.

3.4 Extensão para o modelo de componentes OSGi

Além da modularização utilizando o OSGi, também é proposto neste trabalho a extensão para o suporte ao modelo de componentes OSGi dentro do InteropFrame.

Após a portabilidade do InteropFrame para a plataforma OSGi, será criado um novo plug-in para que o *framework* passe a suportar o OSGi como um modelo de componentes interoperável com os já existentes (OpenCOM e Fractal). Essa proposta tem como objetivo avaliar o processo de desenvolvimento de um novo plug-in de modelo de componentes.