

# Integração de Rastreadores Magnéticos a um Framework para Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual

Antonio Deusany de Carvalho Jr <sup>1,1</sup>, Daniel Faustino Lacerda de Souza<sup>1,2</sup>, Liliane dos Santos Machado<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática, Universidade Federal da Paraíba  
{<sup>1</sup>deusanyjunior, <sup>2</sup>danieltidus}@gmail.com, <sup>3</sup>liliane@di.ufpb.br

**Abstract.** More intuitive modes and devices to interact in virtual reality environments have been subject of several researches. In this context, the inclusion of motion tracking to applications can improve user's experience. This paper presents the integration of a magnetic tracker to CyberMed, a tool for developing medical applications based on virtual reality. Some particularities about magnetic trackers and an application developed to verify integration possibilities will also be presented.

**Keywords:** magnetic trackers, interaction, virtual reality

## 1. Introdução

Ambientes Virtuais (AV's) proporcionam o desenvolvimento de diversas aplicações com potencial em simulação e treinamento em várias áreas [1]. A construção de ambientes com alto grau de interatividade é uma dessas possibilidades. Estes ambientes podem prover um ambiente de trabalho virtual para o usuário onde, por exemplo, as mãos podem ser utilizadas para manipular objetos virtuais em espaços complexos.

Com o objetivo de permitir o envolvimento em ambientes tridimensionais, muitos dispositivos comerciais foram desenvolvidos. Alguns exemplos são os *head-mounted-displays* (HMD's), rastreadores *eletro-magnéticos*, além de luvas e outros dispositivos que podem ser atrelados ao usuário ou a algum objeto por ele manipulado [2]. Uma das dificuldades relacionadas ao uso destes dispositivos está associada ao seu custo, tanto para aquisição, quanto manutenção. Tal fator que tem sido utilizado como motivação para a pesquisa e desenvolvimento de dispositivos mais acessíveis aos usuários.

Sendo assim, este trabalho visa à especificação e o desenvolvimento de um sistema de rastreamento magnético que permita a integração de rastreamento aos ambientes de Realidade Virtual (RV). Este sistema será integrado ao CyberMed [3], uma ferramenta para o desenvolvimento de ambientes de RV com o objetivo de apoiar a educação e a prática médica. O CyberMed atualmente possui um componente que permite a integração de dispositivos e técnicas de rastreamento a simuladores de RV. Este componente será apresentado, bem como a proposta de incorporar suporte a rastreamento magnético no CyberMed.

Por fim, uma aplicação foi desenvolvida a fim de verificar as principais características dos rastreadores magnéticos. Em busca de alguns resultados, a aplicação foi apresentada a um grupo de alunos demonstrando sua utilidade no auxílio a aulas expositivas baseadas em novas tecnologias. Estes resultados serão comentados, além de outras peculiaridades que servirão de base para a finalização da integração.

## **2. Motion Tracking**

Motion Tracking pode ser denotado como o processo de obter as coordenadas de objetos em movimento em tempo real [4]. Em muitos casos a posição e a orientação destes objetos são recuperadas compondo sistemas de interação com seis graus de liberdade. Uma vez que aplicações de realidade virtual e aumentada exigem geração em tempo real de cenas tridimensionais a taxas constantes de 30 Hz, sistemas de rastreamento devem rastrear todos os objetos desejados sem causar atrasos na geração destas cenas.

Uma vez que é possível se obter a posição de objetos em tempo real, abre-se a possibilidade para a construção de inúmeros sistemas com finalidades específicas, mas que se utilizem deste mesmo artifício. Algumas das principais áreas onde tais sistemas podem ser utilizados são: controle de visualização, navegação, rastreamento de instrumentos, seleção e manipulação de objetos e animação de avatar.

### **2.1. Características de um sistema de rastreamento**

Sistemas de rastreamento devem atender a requisitos mínimos para que não comprometam o desempenho das aplicações de RV. Tais requisitos estão relacionados ao comportamento do dispositivo em relação às múltiplas interações do usuário, bem como, ao estado particular de quando o agente não interage com o dispositivo. A seguir são citados alguns dos principais requisitos que deveriam estar presentes em um sistema de rastreamento ideal [4]:

- **Accuracy (Precisão/Exatidão):** Especialmente em sistemas de Realidade Aumentada sistemas com alta precisão são requeridos, uma vez que o conteúdo da cena virtual deve ser mapeado na cena real. Sistemas ideais deveriam oferecer precisão por volta de 1mm para a posição dos objetos e erros de orientação menores que 0.1 graus.
- **Jitter (Perturbação):** Quando não há movimentação, as informações de rastreamento devem ser constantes.
- **Robustness (Robustez):** Pequenos movimentos devem sempre implicar em pequenas modificações na cena. Movimentos fora do espaço de atuação da aplicação devem ser descartados. Operações de rastreamento devem ser contínuas ao longo do tempo, de forma que não hajam perdas significativas da trajetória rastreada.
- **Mobility (Mobilidade):** Os usuários devem possuir uma mobilidade irrestrita dentro do espaço de atuação do sistema. Um sistema ideal seria um em que não se utiliza cabos conectados aos dispositivos, e as partes que compõem o sistema

móvel fossem leves. Com o objetivo de oferecer mobilidade total, nenhuma das partes do dispositivo deveria estar atrelada a algum tipo de plataforma.

- Prediction (Predição): Uma vez que a renderização de uma nova posição requer algum tempo, a predição de posições futuras se faz necessário. Através desta predição evitamos a inserção de atrasos no rastreamento e apresentação dos objetos, principalmente em momentos em que há uma rápida movimentação do objeto rastreado.

## 2.2. Mecanismos de rastreamento

No contexto da área de rastreamento espacial existe uma série de técnicas e algoritmos que descrevem formas de se rastrear objetos reais. Estas técnicas se diferem pelos meios físicos utilizados para se fazer este rastreamento. Em geral, sensores mecânicos, inerciais, acústicos, magnéticos, óticos e de frequência de rádio são utilizados. Cada técnica possui suas vantagens e limitações. As limitações estão relacionadas a fatores físicos, como o seu campo de atuação, processamento dos sinais eletrônicos e design. Basicamente podemos classificar os tipos de rastreadores baseados nos tipos de sensores que os dispositivos utilizam para fazer o rastreamento. A descrição de alguns tipos de sensores pode ser observada abaixo:

- Sensores mecânicos - geralmente envolvem alguma forma de ligação física direta a entidade rastreada e o ambiente. As construções mais típicas envolvem uma série articulada de duas ou mais partes mecânicas interligadas e transdutores eletromecânicos, como por exemplo, potenciômetros. Utilizando um conhecimento sobre as partes mecânicas rígidas e as medições em tempo real dos transdutores é possível estimar a posição da entidade rastreada em relação ao ambiente à medida que se movimentam.
- Sensores inerciais - oferecem baixa latência, podem mensurar a posição a taxas relativamente altas (milhares de amostras por segundo), além de poderem estimar, através da velocidade e aceleração, a posição de uma cabeça ou de uma mão 40 ou 50 ms no futuro. Bons sensores inerciais também oferecem pouco ruído.
- Sistemas acústicos - utilizam-se da transmissão por ondas sonoras. Todos os sensores acústicos comerciais funcionam através da medição da duração de um breve pulso ultra-sônico.

Existe uma série de outros sensores que podem ser utilizados para o desenvolvimento de dispositivos de rastreamento espacial. Basicamente uma lista mais completa destes tipos de sensores engloba os sensores mecânicos, inerciais e acústicos, já citados acima, ópticos, rádio, micro ondas além dos sensores magnéticos abordados neste trabalho.

Os rastreadores magnéticos são dispositivos que utilizam um conjunto de bobinas em um transmissor para gerar campos magnéticos que terão seu tamanho e direção calculados pelos sensores, os quais também apresentam bobinas ao longo de três eixos ortogonais. Com a passagem de corrente elétrica pelas bobinas do emissor, um campo magnético é criado e uma corrente elétrica é gerada no sensor com intensidade

proporcional ao campo e inversamente proporcional à distância, permitindo o cálculo da posição e orientação do sensor em relação ao emissor.

### 3. Sistema de Rastreamento no CyberMed

O CyberMed [3] é uma ferramenta que auxilia o usuário no desenvolvimento de aplicações baseadas em RV. Ele é também caracterizado por ser um conjunto de bibliotecas livres para o rápido desenvolvimento de aplicações em realidade virtual, principalmente na área médica. Tais bibliotecas podem ser utilizadas individualmente ou em conjunto e oferecem sincronização total entre as diversas funcionalidades selecionadas pelo programador destas.

O CyberMed pode ser utilizado por programadores de todos os níveis, oferecendo acesso de alto-nível à programadores menos experientes e de baixo nível aos mais experientes. O acesso de baixo nível permite a inclusão ou extensão das funcionalidades das bibliotecas. A inclusão de interatividade através de sistemas de rastreamento permite a criação de aplicações mais robustas, oferecendo ao usuário um número maior de funcionalidades suportadas para a construção de simuladores.

Dessa forma, surgiu a idealização do sistema de rastreamento para integrar o CyberMed. Através deste sistema é possível integrar dispositivos de rastreamento espacial a aplicações, bem como utilizar técnicas específicas para um determinado tipo de rastreamento. A idéia principal é que o sistema possa dar suporte a diversos tipos de dispositivos.

A especificação do sistema de rastreamento foi construída a partir da análise de características comuns aos dispositivos e técnicas de rastreamento diversas. Em função desta especificação, o usuário pode estender o CyberMed para prover suporte às características individuais referentes a cada tipo de rastreador. O diagrama ilustrado na figura 1 apresenta a especificação do sistema de rastreamento. Neste diagrama pode-se observar como foi concebido o sistema de rastreamento e todo o seu esquema de integração. Do ponto de vista técnico, a integração de novos dispositivos e métodos podem ser feitos através da herança das duas classes abstratas responsáveis pela construção e execução (*CybTrackerFactory* e *CybTracker*). Uma vez implementados os métodos destas duas classes, basta invocar o método *setTracker* da fachada para acessar as funcionalidades disponíveis através de um novo dispositivo.

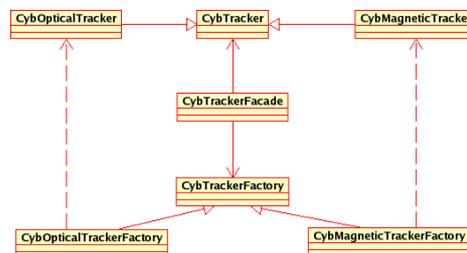


Figura 1. Diagrama geral do sistema de rastreamento do CyberMed.

Atualmente o CyberMed já provê suporte a sistemas de rastreamento óptico. O sistema oferece suporte a rastreamento espacial através da utilização de duas *webcams* convencionais. O sistema óptico também oferece suporte à utilização de duas técnicas de rastreamento, uma para a identificação de elipses nas imagens (*blobs*) [5] através da classe CybBlob e outra para a identificação de objetos utilizando o classificador de Haar [6], funcionalidade implementada na classe CybHaar. Além disso, o sistema oferece rotinas para a reconstrução 3D do ponto que se deseja rastrear.

A idéia de dar suporte a sistemas de rastreamento magnético ao CyberMed proporcionará o desenvolvimento de aplicações com maior possibilidade de interações intuitivas além de adaptar a biblioteca a uma tecnologia bem utilizada atualmente. Pelo fato de os rastreadores magnéticos oferecerem alta precisão e apresentarem altas taxas de amostragem, sua utilização em ambientes de RV pretende aumentar o grau de imersão das aplicações levando em conta que respostas em tempo real determinam uma boa aproximação da realidade.

## 4. Sistema de Rastreamento Magnético

Baseados no cálculo de campos magnéticos, os sistemas de rastreamento magnético utilizam bobinas tanto no emissor quanto no receptor dispostas ortogonalmente entre si. Estimuladas por corrente elétrica no emissor, estas bobinas geram campos magnéticos que serão captados pelas bobinas dos sensores. Após isso, as informações sobre orientação e posicionamento dos sensores são calculadas e passadas para o controlador que irá enviá-las posteriormente para o computador. Estas e outras características tornam estes sistemas ótimos para serem utilizados em ambientes sem interferências magnéticas e em aplicações com necessidade de alta precisão e mobilidade.

A integração do suporte a sistemas de rastreamento magnético ao CyberMed tem como objetivo dar suporte a dispositivos mais robustos que atendam às características citadas na seção 2.1. Como base para esta integração utilizou-se o dispositivo de rastreamento magnético *Flock of Birds*. Este dispositivo serviu tanto para estudo quanto para testes a partir de uma aplicação desenvolvida. As características principais do dispositivo e da aplicação serão descritas nas próximas seções.

### 4.1 Características do Dispositivo

O *Flock of Birds* (FOB), fabricado pela *Ascension Technology Corporation*, é um dispositivo que oferece até 6 graus de liberdade (6DOF) e que pode ser configurado como rastreador de posição e orientação de múltiplos sensores através de um transmissor (Figura 2). Cada sensor é capaz de realizar de 20 a 144 mensurações por segundo de sua posição e orientação. A partir da utilização de um *Extended Range Controller* (ERC) e um *Extended Range Transmitter* (ERT), tais medições podem ser realizadas efetivamente até 3 metros de distância do transmissor. Tais informações podem ser requisitadas de apenas um dispositivo ou de vários ao mesmo tempo.

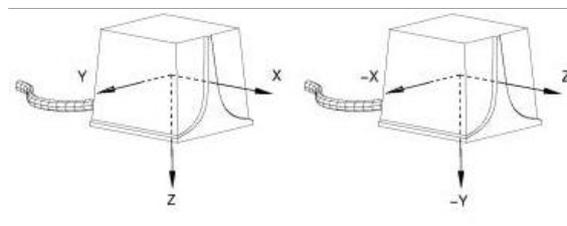
Pelo fato de ser um dispositivo de rastreamento magnético, sua eficiência em relação aos requisitos para um rastreamento ideal depende de algumas características do ambiente. A superfície na qual o transmissor será disposto e o ambiente ao seu redor devem conter o mínimo de materiais metálicos para garantir a precisão, exatidão e evitar perturbação. Estes materiais afetam a transmissão e o cálculo do campo magnético, dificultando o rastreamento dos sensores e diminuindo a precisão necessária em alguns casos, como aplicações médicas. Além disso, a robustez do sistema é garantida levando em conta que o rastreamento ocorre com altas taxas de velocidade evitando a necessidade de predição.

Em função das características medidas a partir do campo magnético, cada sensor calcula independentemente sua posição e orientação para transmiti-las ao computador. Essa transmissão de dados para o computador pode ser realizada através de diversas interfaces tais como Serial RS232/422/485 ou *Fast Bird Bus* (FBB). Com o intuito de facilitar a troca de informações com o FOB, buscou-se a utilização de uma biblioteca que disponibilizasse uma interface prática e segura: a libfob. Esta biblioteca de uso livre é uma interface em C++ desenvolvida para o sistema FOB.



**Figura 2. Sensor, controlador e transmissor do Flock of Birds .**

Com a libfob, todas as operações de troca de dados são abstraídas pela interface, deixando a cargo do programador apenas a chamada de métodos através de uma instância representante do FOB. A biblioteca ainda adianta uma vantagem em sua utilização com a biblioteca gráfica OpenGL, pois a mesma altera a orientação dos dados recebidos pelo FOB para que eles estejam de acordo com o sistema de coordenadas utilizado pela OpenGL. A figura 3 ilustra a orientação utilizada pelo dispositivo e a pela libfob respectivamente.



**Figura 3. Orientação utilizada pelo FOB e libfob, respectivamente.**

## 4.2 Integração ao CyberMed

A integração com o CyberMed irá partir do relacionamento das características do FOB com algumas pré-definições já existentes no CyberMed sobre rastreadores. Em uma integração *top-down*, temos a *CybTracker*, classe abstrata responsável pelas regras de implementação e integração de dispositivos, a qual se relaciona com outras duas classes importantes neste caso, que são a *CybMagneticTracker* e a *CybTrackerFacade* (Figura 4).

A *CybTrackerFacade* apresenta uma correspondência direta com a classe *CybIterator* e a *CybTrackerFactory*, sendo esta responsável por ditar certas regras de construção de novos dispositivos, e aquela apresentando-se como classe contentora de métodos para acessar os rastreadores integrados.

### 4.2.1 Integração de famílias de rastreadores

Neste ponto da integração, verifica-se a necessidade da criação de uma nova classe, *CybTrackerFamily*, relacionando-se diretamente à *CybMagneticTracker*. A *CybTrackerFamily* abstrairá a comunicação do sistema com o *tracker* a partir da utilização de alguma biblioteca. As principais funções de controle de informações que possam ser requeridas do *tracker* estarão definidas nesta classe, a fim de satisfazer a qualquer operação desejada para efetivar o rastreamento. O diagrama da figura 5 ilustra seu o relacionamento desta classe com o sistema de rastreamento.

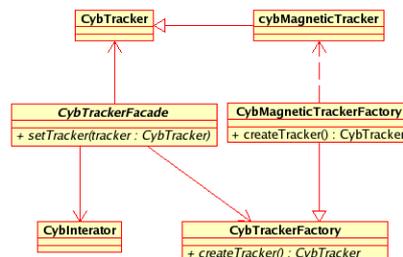


Figura 4. Integração do sistema de rastreamento magnético ao CyberMed.

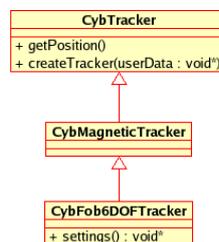


Figura 5. Ilustra o relacionamento de um rastreador específico, o FOB, com o sistema de rastreamento.

Na CybTrackerFactory haverá a necessidade de criação de métodos específicos para o *tracker* já que este depende da porta na qual está conectado ao computador *host*, da velocidade desejada para transferência de dados, do hemisfério de rastreamento desejado em relação ao transmissor de campos magnéticos e do tipo de dados a serem requisitados.

A aquisição de informações poderá ser realizada através de matrizes, pontos e ângulos ou *quaternion*, pois os *trackers* transmitem tanto informações de rotação quanto de translação utilizando-se de diversos formatos, logo se tornam práticos e diversificados os possíveis tratamentos da posição e orientação dos sensores.

## 5. Estudo de Caso e Resultados

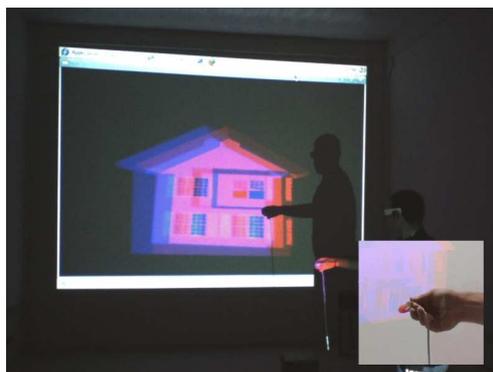
Para verificar a viabilidade de utilização deste rastreador magnético com o *framework* CyberMed foi desenvolvida uma aplicação. Esta aplicação foi um visualizador de objetos em ambientes 3D com interação através do rastreador FOB. A aplicação permite a exibição simultânea de diversos objetos no formato VRML 2.0, incluindo a definição de material e outras características associadas. Adicionalmente, a aplicação configura o sensor do rastreador magnético para associa-lo a um objeto que, após definida a posição inicial, permite seguir o movimento realizado pelo usuário, estando aplicado ao objeto na cena 3D de maneira intuitiva.

Por apresentar até 6 graus de liberdade, todas as informações sobre posição e orientação do sensor são capturadas e aplicadas ao objeto. Anexando o sensor a uma luva, por exemplo, ao girar a luva para a direita, o objeto relacionado a tal sensor realizará o mesmo movimento com a mesma precisão, assim como, caso a luva seja movimentada para frente, para trás, para cima, para baixo, e rotacionada em torno de todos os eixos, seus movimentos serão todos reproduzidos instantaneamente na cena gráfica.

Uma vez que vários modelos podem ser inseridos simultaneamente na visualização, a aplicação oferece a possibilidade de seleção do modelo que se deseja manipular. Sendo assim, em um exemplo com dois ou mais modelos torna-se possível a seleção de qual ou quais serão visualizados. Com o intuito de tornar compatível a manipulação e a visualização, a aplicação oferece visualização estereoscópica. Neste caso, quando for utilizada manipulação tridimensional a visualização também permitirá observar os objetos no espaço utilizando anaglifos. Os anaglifos são figuras que utilizam de cores complementares, geralmente vermelho e ciano, para gerar relevo. Com isso, cada olho do usuário utiliza um filtro para visualizar o par de imagens da cena gráfica gerado pelo computador. A partir da imagem apreciada por cada olho, o cérebro reconstitui o relevo da imagem original dando a impressão que o objeto está flutuando no espaço. Além desta funcionalidade, a aplicação permite que durante a visualização algumas opções possam ser alteradas, como o fator de transparência e o ajuste da paralaxe.

Na apresentação desta aplicação a um grupo de alunos, observou-se a viabilidade do uso deste tipo de dispositivo para auxiliar aulas expositivas ou quaisquer apresentações que necessitem de interação em ambientes 3D. Foi também observada a

precisão do rastreador magnético e sua utilização na prática pedagógica, o que permite expor e manipular objetos em sala de aula gerando discussões mais aprofundadas nas características visuais (Figura 6).



**Figura 6. Utilização da aplicação com o rastreador em aula expositiva.**

Com estes resultados confirmou-se a viabilidade e benefícios de integração destes dispositivos ao CyberMed a partir da especificação e desenvolvimento da interface para suporte a rastreadores magnéticos. Assim, deu-se início ao desenvolvimento das interfaces do sistema como foi citado na seção 4.2 baseando-se em alguns padrões de projeto, como o *Abstract Factory*, *Factory Method* e *Facade* [8]. Estes padrões foram selecionados a partir da experiência com o desenvolvimento da aplicação. Além disto, tais padrões permitem focalizar o desenvolvimento no suporte à abstração de classes, remover a dificuldade de utilização dos dispositivos e gerar um ambiente de criação capaz de tornar ágil a integração de novos dispositivos sem necessidade de re-estudo sobre seu funcionamento.

## 6. Conclusão

Ambientes virtuais podem oferecer o desenvolvimento de inúmeras aplicações com elevado potencial de simulação e observação de forma a cobrir diversas áreas do conhecimento. A interatividade é um dos fatores decisivos para a construção de tais ambientes. Uma ferramenta que se proponha a oferecer um modo automatizado para a construção deste tipo de ambiente deve oferecer meios para que formas variadas de interação possam ser integradas.

Para verificar a viabilidade e benefícios oferecidos por rastreadores magnéticos foi desenvolvida e testada uma aplicação que integrou rastreadores magnéticos e visualização estereoscópica em um ambiente de RV. Este ambiente foi testado em uma aula expositiva onde um conjunto de modelos pode ser manipulado em tempo-real, aproximando e modificando a direção e ângulo de visualização automaticamente através do sensor. O fato deste tipo de dispositivo ser mais robusto do que

rastreadores ópticos que utilizam câmeras convencionais, permite que aplicações com um grau maior de precisão e complexidade possam ser desenvolvidas.

Atualmente o sistema está em fase final de desenvolvimento e integração a um *framework* para desenvolvimento de aplicações médicas chamado CyberMed com o objetivo de oferecer um número maior de possibilidades ao desenvolvimento de aplicações baseadas em RV e a forma como interagir com estas aplicações.

## 7. Referências

1. M. Wögerbauer, A. L. Fuhrmann, "Wheelie – Using a Scroll-Wheel Pen in a Complex Virtual Environment Applications", Journal of WSCG, pp. 41-44, 2006.
2. Perales F. J. "Human motion analysis and synthesis using computer vision and graphics techniques. State of art and applications". Proc. World Multiconf. on systemics, cybernetics and informatics (SCI2001), 2001.
3. Machado, L.S., Campos, S.F., Cunha I.L.L., Moraes, R.M. (2004) "CyberMed: Realidade Virtual Para Ensino Médico". In:IFMBE Proc. 2004; 5(1): pages 573-576.
4. Welch, G. and Foxlin, E. Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal. IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 22, No. 6, pp 24-38, 2002.
5. Mulder, J.D.; Jansen, J.; Rhijn, A.V., "An Affordable Optical Head Tracking System for Desktop VR/AR Systems". Eurographics Work. Virtual Environment, 2003.
6. Viola, P.; Jones, M., "Robust Real-Time Object Detection". Anais do II International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision – Modeling, Learning, Computing and Sampling, Vancouver, Canadá, 2001.
7. Ascension Technology Corporation. <http://www.ascension-tech.com>
8. Erich Gamma et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley Professional Computing Series.