

Capítulo

2

Fundamentos de Realidade Aumentada

Claudio Kirner e Romero Tori

Abstract

This chapter presents concepts about mixed reality, augmented reality, augmented virtuality and hiper-reality. It shows the main aspects, devices and applications of those types of reality. Besides, the specific features of those types of reality are discussed and compare and the impacts of that technology on the life of people are presented.

Resumo

Este capítulo apresenta os conceitos de realidade misturada, realidade aumentada, virtualidade aumentada e hiper-realidade, mostrando seus aspectos, dispositivos e aplicações de maneira geral. As características específicas de cada tipo de realidade são discutidas e comparadas e alguns de seus impactos na vida das pessoas são abordados.

2.1. Introdução

O avanço da multimídia e da realidade virtual, proporcionado pela maior potência dos computadores, permitiu a integração, em tempo real, de vídeo e ambientes virtuais interativos. Ao mesmo tempo, o aumento da largura de banda das redes de computadores também vem influenciando positivamente na evolução da multimídia, permitindo a transferência de imagens e outros fluxos de informação com eficiência.

A realidade aumentada, enriquecendo o ambiente físico com objetos virtuais, beneficiou-se desse progresso, tornando viável aplicações dessa tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares.

Diferentemente da realidade virtual, que transporta o usuário para o ambiente virtual, a realidade aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação. Novas interfaces multimodais estão sendo desenvolvidas para facilitar a manipulação de objetos virtuais no espaço do usuário, usando as mãos ou dispositivos mais simples de interação.

O uso de rastreamento óptico de pessoas ou mãos e as técnicas de realidade aumentada podem colocar elementos reais, como as mãos, para interagir com o ambiente virtual, eliminando os inconvenientes dos aparatos tecnológicos. Além disso, é possível também enriquecer uma cena real, capturada por câmera de vídeo, por exemplo, com elementos virtuais interativos, de forma a permitir muitas aplicações inovadoras. Como exemplo, pode-se citar a decoração, em tempo real, de um apartamento vazio (real) com mobiliário virtual. Nesse caso, o usuário pode usar um capacete de visualização com uma câmera de vídeo acoplada, mostrando a visão real enriquecida com os elementos virtuais posicionados adequadamente pelo computador. O sistema é implementado de tal maneira que o cenário real e os objetos virtuais permanecem ajustados, mesmo com a movimentação do usuário no ambiente real.

Assim, a realidade virtual e a realidade aumentada permitem ao usuário retratar e interagir com situações imaginárias, como os cenários de ficção, envolvendo objetos reais e

virtuais estáticos e em movimento. Permitem também reproduzir, com fidelidade, ambientes da vida real como a casa virtual, a universidade virtual, o banco virtual, a cidade virtual, etc, de forma que o usuário possa entrar nesses ambientes e interagir com seus recursos de forma natural, usando as mãos (com ou sem aparatos tecnológicos, como a luva) e eventualmente comandos de voz. Com isto, o usuário pode visitar salas de aula e laboratórios de universidades virtuais, interagindo com professores e colegas e realizando experimentos científicos; pode entrar no banco virtual e manusear o terminal de atendimento virtual, da mesma maneira que o faz com o equipamento real, e mesmo conversar com o gerente, representado no ambiente por um humanóide virtual (avatar).

Nas seções seguintes, serão apresentados os conceitos e os aspectos mais importantes relacionados com realidade aumentada, incluindo suas variações.

2.2. Realidade Misturada

A realidade aumentada está inserida num contexto mais amplo, denominado realidade misturada. No entanto, esses termos geralmente são usados de maneira indiscriminada, predominando o uso da realidade aumentada. Em seguida, a realidade misturada e suas particularizações serão caracterizadas.

2.2.1. Caracterização de Realidade Misturada

A realidade misturada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, em tempo real.

O dispositivo tecnológico, que pode ser um capacete misturador de visão direta ou um capacete de visualização com uma câmera de vídeo acoplada, permite misturar a cena real com objetos virtuais, com o apoio do

computador. Em outros casos, o dispositivo tecnológico pode ser um conjunto de câmeras que capturam imagens de pessoas ou objetos reais para serem usadas em processos de reconstrução e inserção desses elementos no ambiente virtual, em tempo real. Uma maneira mais simples de obter-se realidade misturada consiste no uso de uma webcam para capturar uma cena real, na qual são adicionados objetos virtuais, sendo o conjunto mostrado no monitor.

Assim, ao misturar cenas reais com virtuais, a realidade misturada vai além da capacidade da realidade virtual concretizar o imaginário ou reproduzir o real. Agora, a realidade misturada incorpora elementos virtuais ao ambiente real ou leva elementos reais ao ambiente virtual, complementando os ambientes.

A meta de um sistema de realidade misturada é criar um ambiente tão realista que faça com que o usuário não perceba a diferença entre os elementos virtuais e os reais participantes da cena, tratando-os como uma coisa só.

Tem-se, portanto, um contexto mais amplo, definido como realidade misturada, que combina o mundo real com o mundo virtual, usando técnicas computacionais, conforme a Figura 2.1, adaptada de Reality-Virtuality Continuum [Milgram, 1994].

No ambiente da realidade misturada, a realidade aumentada ocorre, quando objetos virtuais são colocados no mundo real. A interface do usuário é aquela, que ele usa no ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos virtuais colocados no seu espaço. A virtualidade aumentada ocorre, quando elementos reais são inseridos no mundo virtual. A interface do usuário é aquela que transporta o usuário para o ambiente virtual, mesmo que ele veja ou manipule elementos reais ali inseridos.

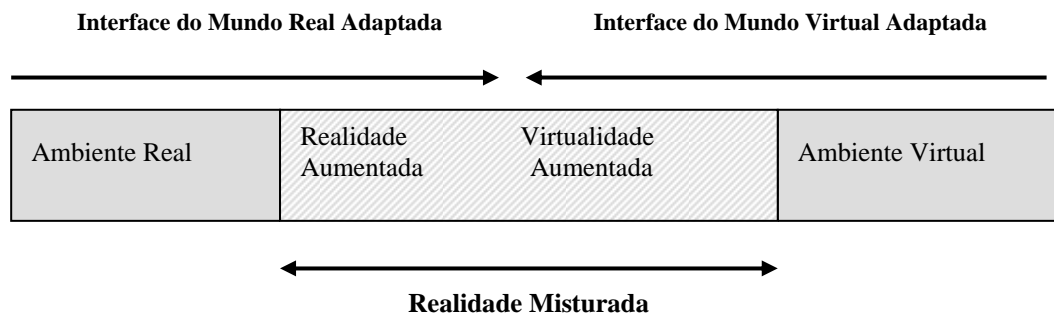


Figura 2.1. Ambiente de Realidade Misturada (adaptada de [Milgram, 1994])

A realidade aumentada e a virtualidade aumentada são casos particulares da realidade misturada, mas geralmente o termo realidade aumentada tem sido usado de uma maneira mais ampla.

A realidade aumentada usa técnicas computacionais que geram, posicionam e mostram objetos virtuais integrados ao cenário real, enquanto a virtualidade aumentada usa técnicas computacionais para capturar elementos reais e reconstruí-los, como objetos virtuais realistas, colocando-os dentro de mundos virtuais e permitindo sua interação com o ambiente. Em qualquer dos casos, o funcionamento do sistema em tempo real é uma condição essencial.

A realidade aumentada envolve quatro aspectos importantes: renderização de alta qualidade do mundo combinado; calibração precisa, envolvendo o alinhamento dos virtuais em posição e orientação dentro do mundo real; interação em tempo real entre objetos reais e virtuais.

O ambiente de realidade aumentada utiliza recursos de multimídia, incluindo imagem e som de alta qualidade, e recursos de realidade virtual, incluindo a geração de imagens dos objetos virtuais e a interação em tempo real.

Assim, a plataforma computacional, para esse ambiente, deve apresentar as características apropriadas para multimídia e realidade virtual, tais como: capacidade de processamento e transferência de mídia (imagem, som, etc.); capacidade de processamento gráfico 3D; interação em tempo real; e suporte a dispositivos não convencionais. Atualmente, os computadores

preparados para processar jogos apresentam essas características.

Uma comparação entre realidade virtual e realidade aumentada pode ser sintetizada da seguinte maneira:

- Realidade virtual trabalha unicamente com o mundo virtual; transfere o usuário para o ambiente virtual; e prioriza as características de interação do usuário.
- Realidade aumentada possui um mecanismo para combinar o mundo real com o mundo virtual; mantém o senso de presença do usuário no mundo real; e enfatiza a qualidade das imagens e a interação do usuário.

Como a realidade aumentada mantém o senso de presença do usuário no mundo real, há uma forte tendência em usar recursos tecnológicos não visíveis ao usuário para deixá-lo livre em seu ambiente. Recursos como rastreamento óptico, projeções e interações multimodais estão, cada vez mais, sendo usados em aplicações de realidade aumentada, enquanto a realidade virtual usa um maior número de dispositivos especiais para equipar os usuários com recursos multisensoriais.

2.2.2. Realidade Aumentada

O termo realidade aumentada foi muito difundido, sendo muitas vezes usado no lugar de realidade misturada.

A realidade aumentada pode ser definida de várias maneiras:

- a) é uma particularização de realidade misturada, quando o ambiente principal é real ou há predominância do real;

b) é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real.

c) é uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador [Insley, 2003];

d) é a mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais [Milgran, 1994];

e) é um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades:

- combina objetos reais e virtuais no ambiente real;
- executa interativamente em tempo real;
- alinha objetos reais e virtuais entre si;
- aplica-se a todos os sentidos, incluindo audição, tato e força e cheiro [Azuma, 2001].

Pode-se, assim, colocar um vaso virtual sobre uma mesa real, conforme a Figura 2.2, ou uma ponte, que só existe no projeto sobre um rio verdadeiro.

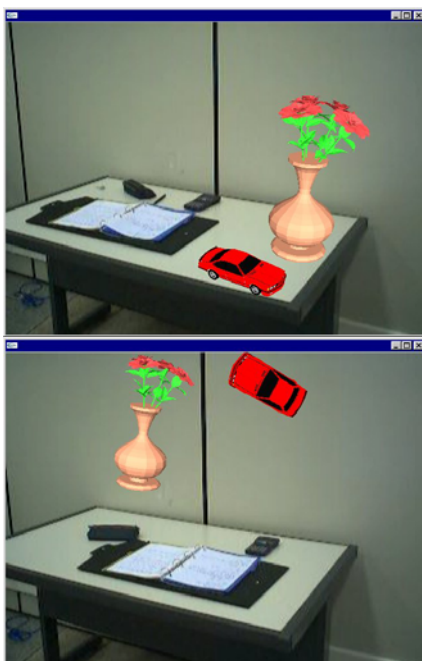


Figura 2.2. Realidade Aumentada com vaso e carro virtuais sobre a mesa.

Pode-se também manipular os objetos virtuais colocados no ambiente real, usando as mãos ou algum dispositivo como uma pá, conforme a Figura 2.3, permitindo a organização ou reorganização do ambiente misturado [Kawashima, 2001], [Kirner, 2004a], [Galana, 2004], [Santin, 2004].

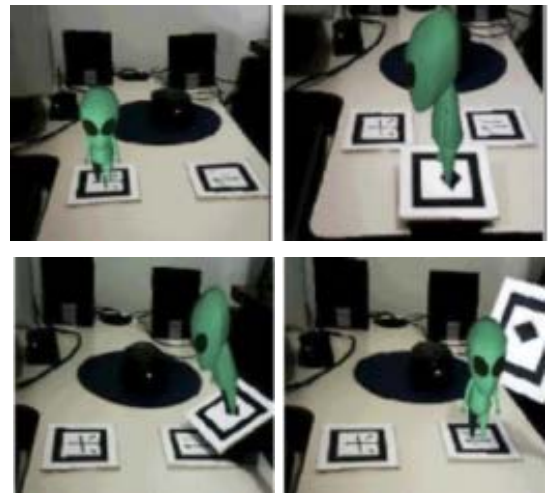


Figura 2.3. Transporte de um objeto virtual com uso de uma pá.

Essa tecnologia deverá ter grande impacto no relacionamento das pessoas, pois facilita a formalização das idéias, através de novas maneiras de visualizar, comunicar e interagir com pessoas e informação.

Apesar de todas as áreas do conhecimento deverem usufruir dos benefícios da realidade aumentada, ensino, aprendizagem e treinamento deverão particularmente passar por uma grande evolução com novas formas de relacionamento do estudante com professor, colegas e informação, propiciados pela mistura do real com o virtual.

2.2.3. Virtualidade Aumentada

A virtualidade aumentada pode ser definida como uma particularização da realidade misturada, quando o ambiente principal é virtual ou há predominância do virtual. Pode ainda ser definida como o enriquecimento do ambiente virtual com elementos reais pré-capturados ou capturados em tempo real.

Além de objetos estáticos, pode-se também levar objetos reais dinâmicos, como mãos e pessoas, para o ambiente virtual. Nesse caso, os objetos são capturados por câmeras de

vídeo, reconstruídos em tempo real, mantendo a animação, e levados ao mundo virtual, onde podem interagir.

Trabalhos como 3D Live [Prince, 2002], Mãos Colaborativas [Kirner, 2004a] e Teleconferência com Virtualidade Aumentada [Siscoutto, 2004] permitem a inserção de avatares (pessoas ou mãos) dentro do ambiente virtual para visitarem e interajam com o ambiente. Usando-se o software ARToolKit [ARToolKit, 2004], pode-se capturar a imagem de uma mão com um marcador preso a ela, mostrando-a em um monitor, ao mesmo tempo em que se faz a captura de sua posição. Com isto, pode-se colocar uma mão virtual sobreposta com a mão real, de forma que as duas se movimentem juntas. A mão real, conduzindo a mão virtual, pode assim tocar os objetos virtuais, analisando-se a colisão da mão virtual com os objetos virtuais. A eliminação das imagens reais vindas da câmera de vídeo, através do controle de parâmetros no ARToolKit [Providelo, 2004], permite mostrar somente os elementos virtuais e mão virtual "reconstruída", fazendo com que o ambiente funcione como virtualidade aumentada.

A virtualidade aumentada tem um potencial de uso bastante grande, na medida em que permite a inserção de avatares humanóides realistas no mundo virtual. Isto melhora as condições de infra-estrutura computacional para as pessoas se encontrarem para: trocar idéias, trabalhar em conjunto, fazer compras, estudar e interagir de muitas outras formas.

2.3. Sistemas de Realidade Misturada

A realidade misturada, abrangendo, tanto a realidade aumentada quanto a virtualidade aumentada, pode ser classificada de acordo com suas diversas formas de visualização [Milgran, 1994]:

- a) realidade aumentada com monitor (não imersiva) que sobrepõe objetos virtuais no mundo real;
- b) realidade aumentada com capacete (HMD) com visão óptica direta (see-through);
- c) realidade aumentada com capacete (HMD) com visão de câmera de vídeo montada no capacete;

d) virtualidade aumentada com monitor, sobrepondo objetos reais obtidos por vídeo ou textura no mundo virtual;

e) virtualidade aumentada imersiva ou parcialmente imersiva, baseada em capacete (HMD) ou telas grandes, sobrepondo objetos reais obtidos por vídeo ou textura no mundo virtual;

d) virtualidade aumentada parcialmente imersiva com interação de objetos reais, como a mão, no mundo virtual.

Além disso, uma definição mais precisa de realidade misturada envolve: a combinação do real com o virtual; a interação em tempo real e o alinhamento tridimensional do real e virtual [Azuma, 1997]. Para isso funcionar, há alguns problemas tecnológicos que precisam ser bem resolvidos, entre eles: rastreamento de objetos reais; alinhamento e calibração das sobreposições no ambiente tridimensional misturado e interação. Em geral, as soluções são específicas, exigindo uma delimitação bem definida para as aplicações, o que se constitui em obstáculos para aplicações de uso geral.

Por outro lado, um ambiente de realidade misturada, que permita a participação simultânea de várias pessoas, proporciona a realização de trabalhos colaborativos, usando interfaces e elementos inovadores mais potentes e motivadores.

A realidade misturada colaborativa baseia-se na existência de espaços reais e virtuais compartilhados acessados por várias pessoas localizadas no mesmo local ou remotas entre si [Benford, 1998], [Billinghurst, 1999]. No mesmo local, as pessoas visualizam e interagem com os elementos reais e virtuais, cada uma do seu ponto de vista, usando capacete com câmera e rastreadores, por exemplo. Como exemplo tem-se os projetos Studierstube e Magic Book, citados em [Azuma, 2001].

No caso de participantes remotos, uma solução é usar ambientes virtuais colaborativos, como espaço compartilhado, inserindo ali objetos virtuais reais como mãos ou pessoas interagindo. O projeto 3D Live [Prince, 2002] apresenta um processo de captura de conteúdo

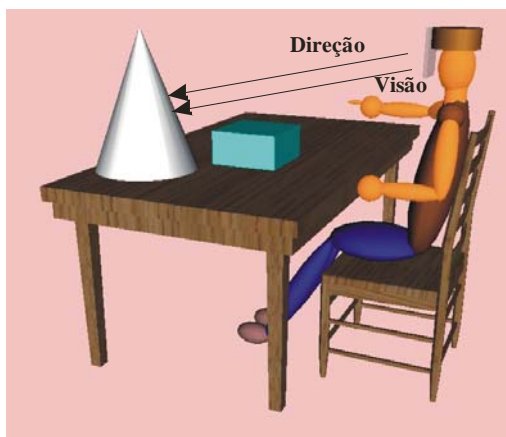
3D para uso em sistemas de realidade aumentada.

A realidade misturada colaborativa tem elevado potencial para ensino/aprendizagem, devido ao fato de poder trazer elementos virtuais interativos para o ambiente do usuário.

2.3.1. Tipos e Componentes de um Sistema de Realidade Aumentada

A realidade aumentada pode ser classificada de duas maneiras, dependendo da forma que o usuário vê o mundo misturado. Quando o usuário vê o mundo misturado apontando os olhos diretamente para as posições reais com cena óptica ou por vídeo, a realidade aumentada é de visão direta (imersiva). Quando o usuário vê o mundo misturado em algum dispositivo, como monitor ou projetor, não alinhado com as posições reais, a realidade aumentada é de visão indireta (não imersiva), conforme a Figura 2.4.

Na visão direta, as imagens do mundo real podem ser vistas a olho nu ou trazidas, através de vídeo, enquanto os objetos virtuais gerados por computador podem ser projetados nos olhos, misturados ao vídeo do mundo real ou projetados no cenário real. Na visão indireta, as imagens do mundo real e do mundo virtual são misturadas em vídeo e mostradas ao usuário.



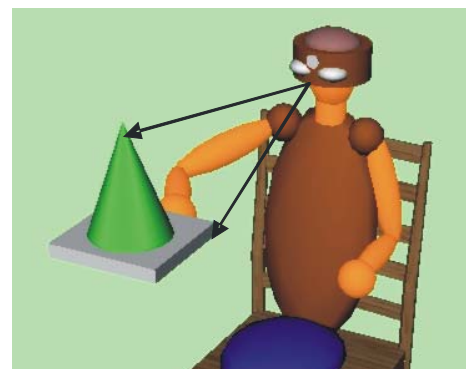
a) Visão Direta – Capacete Óptico



b) Visão Indireta - Monitor

Figura 2.4. Tipos de Realidade Aumentada baseados na visão

A realidade aumentada com visão direta pode ser implementada com o uso de: capacetes ópticos (visão óptica direta), capacetes com microcâmera acopladas (visão direta por vídeo) (Figura 2.5a), visualizadores de apontamento direto baseados em “handheld”, ou projeções de objetos virtuais no ambiente real. A realidade aumentada com visão indireta pode ser obtida com o uso de câmeras e monitores ou projeções. A câmera pode ser colocada em várias posições como: na cabeça da pessoa, gerando uma visão em primeira pessoa; atrás da pessoa, gerando uma visão em terceira pessoa; ou na frente da pessoa, direcionada para ela, gerando uma visão de espelho (Figura 2.5b).



a) Visão Direta com Capacete HMD



Outra forma de classificar sistemas de realidade aumentada (RA) baseia-se na tecnologia de visualizadores, consistindo de: visão óptica direta, visão direta baseada em vídeo; visão baseada em monitor; visão baseada em projetor [Milgram, 1994][Isdale, 2000].

Um sistema de realidade aumentada possui dois componentes básicos: hardware e software. O hardware envolve os dispositivos de entrada, displays, processadores e redes. O software inclui o software de realidade virtual mais posicionadores e misturadores de imagens, funções de interação e interfaces multimodais.

2.3.2. Hardware

O hardware de realidade aumentada pode usar dispositivos de realidade virtual, mas tende a não obstruir as mãos, que devem atuar naturalmente no ambiente misturado. Técnicas de rastreamento visual, usando visão computacional e processamento de imagens são importantes, nesse caso. Para aplicações em espaços abertos, o GPS é uma alternativa interessante para rastreamento. A miniaturização de recursos e a duração da carga da bateria são elementos importantes para garantir o conforto do usuário.

A potência de processamento principal e das placas de apoio, para tratar as necessidades de multimídia e realidade virtual, deve ser alta o suficiente para garantir a execução, em tempo real, das seguintes ações:

tratamento de vídeo; processamento gráfico 3D; geração de imagens misturadas; incorporação de som; execução háptica; controle multimodal; varredura de dispositivos de entrada com ênfase no rastreamento; etc.

2.3.3. Software

Ao mesmo tempo em que a realidade aumentada demanda recursos de hardware, ela também impõe desafios de software, na medida em que são desenvolvidas aplicações mais complexas e potentes. O software de realidade aumentada é usado na fase de preparação do sistema, através de ferramentas de autoria de ambientes misturados, e na fase de execução, como um suporte em tempo real.

Como ferramenta de autoria, o software de realidade aumentada é usado para implementar objetos virtuais e integrá-los ao ambiente real, incluindo alguns comportamentos. Ele pode usar elementos auxiliares para a captura de posições ou os próprios elementos do cenário real.

O ajuste dos objetos virtuais no espaço real, feito na calibração, pode ser interativo e visual ou baseado em parâmetros de posição. Alguns software de autoria são frameworks, que permitem tanto a preparação quanto a interação com objetos virtuais. Muitos deles importam objetos modelados previamente e gerados em linguagens ou bibliotecas como VRML [Web3D, 2006b], X3D [Web3D, 2006a], e OpenGL [ARTlab, 2006], por exemplo. Outros softwares de autoria encapsulam ferramentas mais simples, gerando sistemas mais complexos.

Dentre os softwares de autoria de realidade aumentada, pode-se citar: ARToolKit [Billinghurst, 2006], MRT [Freeman, 2005], Studierstube [Schmalstieg, 2002], Tiles [Poupyrev, 2001], APRIL [Ledermann, 2005], DART [MacIntyre, 2003], MARS [Guvem, 2003], AMIRE [Zauner, 2003], MXRToolKit [Mixed Reality Lab Singapore, 2006], LibTab [Technoecture, 2005].

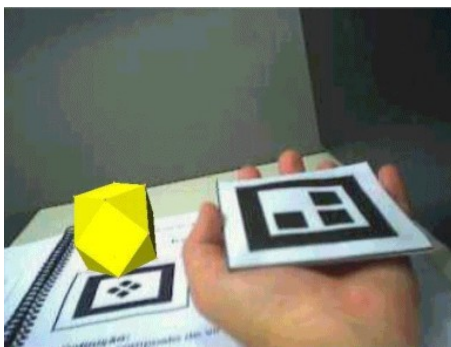
Como suporte em tempo real, o software de realidade aumentada deve promover o rastreamento de objetos reais estáticos e móveis e ajustar os objetos virtuais no cenário, tanto para pontos de vista fixos

quanto para pontos de vista em movimento. Além disso, o software de realidade aumentada deve permitir a interação do usuário com os objetos virtuais e a interação entre objetos reais e virtuais em tempo real. O armazenamento do cenário, com as posições e características dos objetos virtuais associados, pode servir para a fase de autoria ou continuação da interação, a partir de uma situação anterior. O suporte em tempo real também deve: atuar no controle da simulação/animação dos objetos virtuais colocados na cena; cuidar da visualização da cena misturada; e implementar a comunicação em rede para aplicações colaborativas.

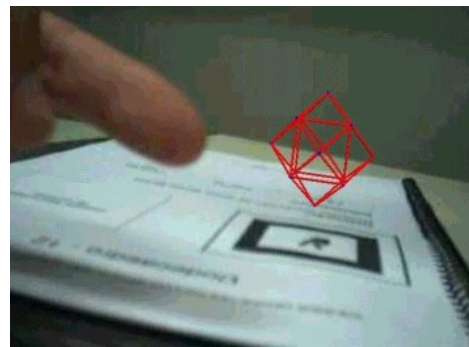
Da mesma maneira que a linguagem VRML é considerada um dos recursos mais populares da realidade virtual, o ARToolKit é

um dos recursos mais populares da realidade aumentada.

ARToolKit é uma biblioteca de software baseada nas linguagens C e C++, usada para o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada. Este ambiente de desenvolvimento baseia-se no uso de marcadores (cartões com uma moldura retangular e com um símbolo marcado em seu interior, funcionando como um código de barra), permitindo o uso de técnicas de visão computacional para calcular a posição da câmera real e sua orientação em relação aos marcadores, de forma a fazer com que o sistema possa sobrepor objetos virtuais sobre os marcadores (Figura 2.6). ARToolKit é um código aberto que possibilita alteração e ajustes para aplicações específicas.



a) Cartão Marcador



b) Objeto Virtual sobre o Marcador

Figura 2.6. Realidade Aumentada usando ARToolKit

2.3.4. Rede de Computadores

As vantagens da realidade aumentada, principalmente nos aspectos relacionados com a facilidade de interação no mundo misturado, fazem com essa tecnologia seja bastante apropriada para trabalhos colaborativos locais e remotos. Nas aplicações locais face-a-face, os usuários se vêem e interagem entre si e com os objetos reais e virtuais, mas em aplicações remotas, o cenário deve ser reconstruído em cada ponto da rede. Isto deve provocar um tráfego normal de informações de realidade virtual, complementado com um tráfego mais intenso de dados multimídia, contendo vídeo, texturas, sons, etc. A rede, nesse caso, pode sofrer saturação, em função do tráfego e dos requisitos de tempo real, restringindo o número máximo de usuários simultâneos, atuando na

aplicação, a um valor bem menor do que aqueles usados em aplicações colaborativas de realidade virtual similares. Técnicas de compressão, degradação na resolução de imagens, dead-reckoning, nível de detalhes e outras ações podem ser usadas para viabilizar a aplicação colaborativa em redes de baixa velocidade ou aumentar o número de usuários em uma rede. Essas mesmas técnicas podem ser usadas para acomodar usuários em redes heterogêneas com larguras de banda diferentes, estabelecendo qualidades da aplicação compatíveis com os recursos de cada usuário.

2.4. Interação em Ambientes de Realidade Aumentada

Inicialmente, os sistemas de realidade aumentada enfatizaram a visualização, sem preocupar-se como os usuários iriam interagir

com esses sistemas. Alguns sistemas limitaram-se a reproduzir, no ambiente de realidade aumentada, as interfaces gráficas já conhecidas em sistemas 2D e 3D, como menus de tela, reconhecimento de gestos, etc.

A interface com dispositivos engloba os recursos de hardware (dispositivos) e software especializado (drivers de dispositivos), que dão suporte para as interações. A realidade aumentada tende a utilizar dispositivos que o usuário não perceba, dando mais naturalidade as suas ações.

Além de usar as interfaces gráficas, os sistemas de realidade aumentada vêm apresentando duas tendências: explorar diferentes tipos de visualizadores e dispositivos; e integrar o mundo virtual com o mundo real, usando interfaces tangíveis [Azuma, 2001].

Visualizadores alternativos, como “handheld”, e dispositivos de controle especiais, explorando interações multimodais, estão sendo testados como elementos de interação em sistemas de realidade aumentada, permitindo a técnica de interação mundo em miniatura – “World In Miniature” (WIN) [Bell, 2002].

Interfaces tangíveis permitem interações diretas com o mundo físico, através das mãos ou de objetos e ferramentas reais como uma pазinha, por exemplo. Uma das maneiras mais simples e populares de implementação de interfaces tangíveis é conseguida no ambiente de realidade aumentada ARToolKit, usando vídeo “see-through”. A presença de um cartão marcador em frente à câmera faz com que o objeto virtual associado a ele seja colocado sobre ele. A manipulação do cartão com as mãos movimenta também o objeto virtual. Além do objeto virtual, sons podem ser iniciados, quando o cartão entra no campo de visão da câmera. Alguns cartões de controle podem ser implementados para interferir em objetos selecionados de outros cartões, fazendo alterações geométricas, troca de objetos, captura ou duplicação, deleção, etc. A seleção pode ser feita com um cartão de controle por aproximação física, inclinação, oclusão, etc. Com isto, os objetos podem ser alterados ou

reposicionados, gerando inúmeras aplicações, incluindo jogos e aplicações educacionais. O sistema Tiles explora esse tipo de interação [Poupyrev, 2001].

Outra aplicação interessante é o Magic Book [Billinghurst, 2001], que implementa a interface transicional AV-VR. O projeto, usando um livro físico, mostrando objetos e cenários virtuais em suas folhas, permite que o usuário use o livro fora do ambiente computacional; depois, ele pode entrar no ambiente de realidade aumentada, colocando o livro no campo de visão de uma webcam; e, finalmente, ele pode mergulhar no mundo virtual do livro, escondendo o vídeo do mundo real.

Uma alternativa, para o desenvolvimento de interfaces de realidade aumentada, consiste no uso de agentes virtuais, cujas ações são ordenadas pelo usuário, através de gestos e comandos de voz. Um agente pode mover objetos virtuais para que o usuário possa inspecioná-lo, por exemplo.

Pode-se, portanto, nos ambientes de realidade aumentada, realizar navegação, seleção, manipulação e controle do sistema.

2.5. Dispositivos de Realidade Misturada

A maioria dos dispositivos de realidade virtual pode ser usada em ambientes de realidade misturada, exigindo adaptações em alguns casos. As principais diferenças então nos visualizadores e rastreadores.

Os visualizadores de realidade aumentada exigem recursos que permitam a mistura do ambiente real com o virtual. Para isto, são usados quatro esquemas [Azuma, 2001]:

a) visualizadores baseados em monitores, constituindo monitores ou telas de projeção, mostrando a imagem capturada pela câmera de vídeo e misturada com objetos virtuais. O usuário pode entrar em cena e interagir com os elementos reais e virtuais, desde que consiga se ver no visualizador. Aplicações baseadas no ARToolKit, mostradas no monitor, funcionam desta maneira;

b) capacete com visão óptica direta, consistindo de um dispositivo com óculos

semitransparente inclinado, de forma a permitir a passagem da imagem real vista diretamente, além de refletir imagens geradas pelo computador e projetadas por miniprojetores posicionados acima dos óculos, conforme a Figura 2.7;

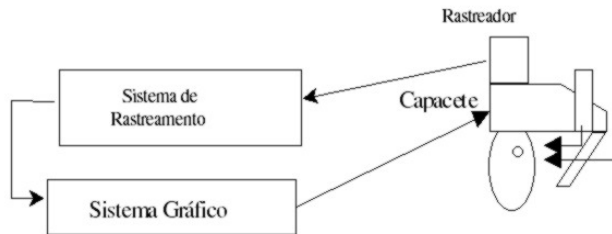


Figura 2.7. Capacete com visão óptica direta

c) capacete com visão de câmera de vídeo, consistindo de um capacete de visualização, usado em realidade virtual, com uma minicâmera presa a sua frente, apontada para onde o usuário estaria olhando. A imagem capturada pela câmera de vídeo, misturada com a imagem dos objetos virtuais gerada por computador, é mostrada ao usuário através do capacete, conforme Figura 2.8;

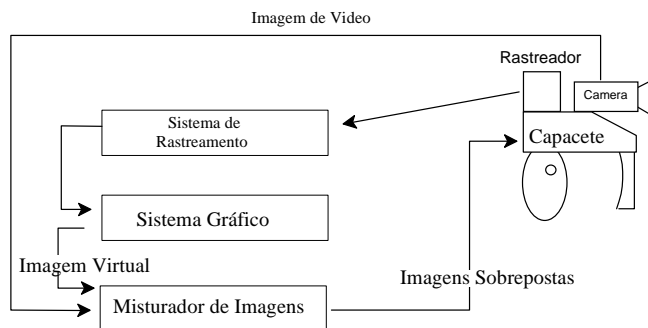


Figura 2.8. Capacete com visão de câmera de vídeo.

d) visualizadores de projeção, consistindo da projeção das informações virtuais diretamente sobre os objetos físicos, cujas características serão aumentadas. O usuário, nesse caso, não necessita de nenhum dispositivo especial. Esse tipo de visualizador é muito útil para incorporar detalhes a certos objetos ou mostrar suas partes internas, sem a necessidade de abrí-los ou desmontá-los.

Os rastreadores, que também servem para realidade virtual, evoluíram no sentido de serem mais precisos e mais fáceis de usar,

explorando principalmente o aspecto visual (rastreadores ópticos). Para espaços externos ou muito amplos, vem sendo usado o GPS (Global Positioning System) ou técnicas de visão baseadas em elementos fixos existentes no cenário.

2.6. Aplicações de Realidade Misturada

Da mesma maneira que a realidade virtual, a realidade misturada pode ser aplicada às mais diversas áreas do conhecimento, em muitos casos com vantagens adicionais por potencializar os ambientes reais.

Azuma [Azuma, 2001] agrupou as aplicações de realidade misturada em três áreas: aplicações móveis, aplicações colaborativas e aplicações comerciais, embora tenha enfatizado anteriormente aplicações em treinamento, inspeção e medicina.

As aplicações móveis incluem:

- visualizar anotações virtuais em edifícios, salas e outros elementos urbanos para orientar o usuário;
- mostrar ou recuperar prédios e outros elementos inexistentes ou em ruínas, enfatizando o planejamento urbano e a arqueologia;
- mostrar campos de batalha, em situações de treinamento militar;
- turismo.

As aplicações colaborativas envolvem: treinamento e montagem; ensino e aprendizagem; jogos e entretenimento; comércio; cirurgia; teleconferência, etc.

As aplicações comerciais, embora ainda em fase inicial, já estão usando anúncios na TV, em eventos culturais e esportivos, incluindo elementos virtuais de propaganda associados a elementos reais da cena exibida.

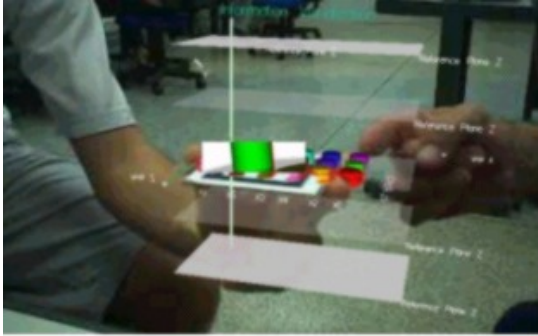


Figura 2.9. Visualização de dados com Realidade Aumentada.

Inúmeras aplicações de realidade misturada estão sendo desenvolvidas em laboratórios de pesquisa como: Studierstube [Studierstube, 2006] e Mixed Reality Lab Singapore, 2006], ou estão citadas em páginas como Jim Vallino [Vallino, 2004] e IUPUI [IUPUI, 2004].



Figura 2.10. Livro interativo com Realidade Aumentada

Essas aplicações consistem em: reparo mecânico, modelagem e projeto de interiores, cirurgia apoiada por computador, manufatura e diagnóstico de placas de circuito impresso, experimentação de roupas e adornos, manutenção de instalações industriais, reparo e manutenção de ruas e estradas, visualização de instalações embutidas, visualização de temperaturas em máquinas e tubos, ferramentas para educação e treinamento, exposições e museus virtuais, visualização de dados [Belcher, 2003], [Kirner, 2004b], conforme a Figura 2.9, e livro interativo [Akagui, 2004], conforme a Figura 2.10.

2.7. Comparação de Realidade Aumentada com Realidade Virtual

A realidade aumentada e a realidade virtual podem ser inseridas num diagrama que considera a dimensão da artificialidade e a dimensão do espaço [Benford, 1998], conforme a Figura 2.11.



Figura 2.11. Diagrama das artificialidades e espaços

Ambos os casos tratam de objetos gerados por computador, mas, no mundo físico, a realidade aumentada está ligada com a realidade física, enquanto a realidade virtual refere-se ao sentido de telepresença.

Assim, pode-se comparar realidade aumentada com realidade virtual [Bimber, 2004], levando-se em conta que:

- a realidade aumentada enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais, enquanto a realidade virtual é totalmente gerada por computador;

- no ambiente de realidade aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, enquanto que, na realidade virtual, a sensação visual é controlada pelo sistema;

- a realidade aumentada precisa de um mecanismo para combinar o real e o virtual, enquanto que a realidade virtual precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual.

2.8. Processamento da Realidade Aumentada

Um sistema de realidade aumentada possui vários módulos de processamento para tratar os aspectos de realidade virtual e do mundo real, que realizam a junção dos mundos e asseguram a interação do usuário e a interação entre objetos reais e virtuais.

Um ciclo de processamento pode ser resumido em: captura de vídeo e execução do rastreamento de objetos; processamento do sistema de realidade virtual, incluindo leitura de dispositivos e simulação/animação; calibração, misturando o real com o virtual; e renderização sensorial, envolvendo os aspectos visuais, auditivos e hápticos. Como o sistema funciona em tempo real e deve apresentar tempo de latência igual ou menor que 100 ms, o processamento envolvido é muito maior que aquele considerado durante a discussão do processamento de sistemas de realidade virtual. Agora, o processamento do sistema de realidade virtual é uma das partes de um conjunto maior e mais complexo, envolvendo também técnicas de multimídia.

2.8.1. Realidade Aumentada e Simulação

A realidade aumentada pode ser usada para visualizar dados e comportamentos de uma simulação, colocados no ambiente físico do usuário. Por outro lado, a simulação pode fazer parte do ambiente de realidade aumentada, implementando comportamentos específicos nos objetos virtuais misturados ao cenário aumentado.

2.8.2. Usando Simulação em Sistemas de Realidade Aumentada

Um dos objetivos da realidade aumentada é inserir objetos virtuais no mundo real, criando a ilusão de que todo o cenário é real. Para isto,

a simulação é usada para fazer com que os objetos virtuais tenham comportamentos apropriados, como movimentação, colisão, reação, simulação física, etc. Os comportamentos não precisam imitar a realidade, mas devem dar, aos elementos sintéticos, propriedades específicas. Como a simulação usa processamento intensivo, a plataforma computacional deve ter potência suficiente para executar todos os módulos em tempo real.

2.8.3. Usando Realidade Aumentada para Visualização de Dados e Comportamentos da Simulação

A realidade aumentada pode levar o ambiente simulado, seus dados e seu comportamento para o espaço do usuário, permitindo sua manipulação com: as mãos, ferramentas simples ou comandos multimodais. A simulação pode também ser integrada ao ambiente real, cujos resultados serão a ele incorporados, como a simulação do tráfego aéreo, sendo mostrado no aeroporto real. Nesses casos, as interações do usuário com o ambiente podem ocorrer de duas maneiras: o curso do mundo real pode ser modificado pelos objetos virtuais ou os objetos virtuais são forçados a operarem de acordo com as regras do mundo real [Gelembé, 2005].

Os objetos virtuais simulados poderão ser autônomos (inteligentes) ou controlados pelo usuário. Em qualquer dos casos, deverá haver uma interface do usuário para estabelecer parâmetros de comportamento ou realizar interação com o ambiente de realidade aumentada.

Em função da complexidade, a tendência é que o módulo de realidade virtual seja separado da simulação, uma vez que os objetos virtuais deverão ser atualizados e registrados no mundo físico, em tempo real.

2.9. Hiper-realidade

Assim como o virtual foi combinado com o real, o próximo passo é incrementar essa combinação, adicionando novos elementos para facilitar e potencializar a interação do usuário com os recursos de que necessita no dia a dia.

Surge, desta maneira, o conceito de hiper-realidade [Tiffin, 2001], cuja definição é a seguinte: hiper-realidade é a capacidade tecnológica de combinar realidade virtual, realidade física, inteligência artificial e inteligência humana, integrando-as de forma natural para acesso do usuário.

Ambientes de hiper-realidade permitirão que habitantes reais interajam com habitantes remotamente localizados, bem como com formas de vida imaginárias ou artificiais, geradas por computador, em um mundo misturado. Esse mundo será formado por pessoas, animais, insetos, plantas, terrenos, construções e objetos virtuais inteligentes, todos integrados. Com a visão do mundo misturado, cada usuário poderá enxergar o que lhe interessa, de acordo com seu perfil ou sua necessidade, e interagir com os objetos, de forma a ter suas necessidades satisfeitas. Como exemplo, o usuário, ao caminhar ou dirigir seu automóvel por uma cidade (usando um capacete de visão óptica direta), poderá fazer solicitações por comandos de voz e ver legendas virtuais nos prédios e ruas orientando-o ou mostrando opções como: o melhor caminho para chegar a um destino; restaurantes de determinados tipos ou padrões; entretenimentos específicos; lojas; supermercados; hospitais; e assim por diante.

Muito do que se desenvolveu na Internet para facilitar a vida do usuário, poderá ser transportado para o mundo misturado de forma gráfica e seletiva. Assim, nesse mundo misturado com hiper-realidade, as pessoas deverão ter satisfeitas muitas de suas necessidades, atuando num ambiente integrado inteligente, sendo atendidas de forma explícita ou implícita.

2.9. Referências

- Akagui, D., Kirner, C. (2004) "LIRA - Livro Interativo com Realidade Aumentada", Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP, outubro de 2004.
- ARTLab (2006) "OpenGL: The Industry's Foundation for High Performance Graphics" <<http://www.opengl.org/>>
- ARToolKit (2004) "ArtoolKit versão 2.6 (with VRML support)"

- <http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/download>
- Azuma, R. (1997) "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v .6, n.4, August, p. 355-385.
- Azuma, R. et al. (2001) "Recent Advances in Augmented Reality." *IEEE Computer Graphics and Applications*, v .21, n.6, p. 34-47.
- Belcher, et al. (2003) "Using Augmented Reality for Visualizing Complex Graphs in Three Dimensions." *Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'03)*, Tokyo, Japan, Oct., p. 84-92.
- Bell, B., Hollerer, T., & Feiner, S. (2002) "An Annotated Situation-Awareness Aid for Augmented Reality". In Beaudouin-Lafon, M. (Ed.), *15th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 213-216), Paris, France: ACM Press.
- Benford, S. et. al. (1998) "Understanding and Constructing Shared Spaces with Mixed Reality Boundaries". *ACM ToCHI*, v.5, N.3, p. 185-223.
- Billinghurst, M. (2006) "ARToolKit" <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>>
- Billinghurst, M., Kato, H. (1999) "Collaborative Mixed Reality", *Proc. of the International Symposium on Mixed Reality, ISMR'99*, Springer -Verlag, p. 261-284.
- Billinghurst, M., Kato, H., & I. Poupyrev, I. (2001) "The MagicBook - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality". *IEEE Computer Graphics & Applications*, 21(3), 6-8.
- Bimber, O., (2004) "Augmented Reality - Part 1 - Introduction and Overview" <<http://www.uni-weimar.de/~bimber/Pub/AR/>>
- Freeman, R., Steed, A., & Zhou, B. (2005) "Rapid Scene Modelling, Registration and Specification for Mixed Reality Systems". In Chrysanthou, Y., & Darken, R. (Ed.), *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology 2005* (pp. 147-150), Monterey, California: ACM Press.
- Galana, S.C., Silva, R.R.P.C.L., Kirner, C. (2004) "Autoria Colaborativa de Mundos Virtuais Educacionais com Realidade Misturada" *Anais do 1º Workshop de Realidade Aumentada*, Piracicaba, SP, maio de 2004, p. 17-20.
- Gelenbe, E., Kaptan, V., & Hussain, K. (2005) "Simulating Autonomous Agents in Augmented Reality". *Journal of Systems and Software*, 74, 255-268.
- Guvem, S., & Feiner, S. (2003) "Authoring 3D Hypermedia for Wearable Augmented and Virtual Reality". In *7th International Symposium on Wearable Computers* (pp. 118-126), White Plains, NY: IEEE Computer Society.
- Insley, S. (2003) "Obstacles to General Purpose Augmented Reality" <<http://islab.oregonstate.edu/koc/ece399/f03/final/insley2.pdf>>
- Isdale, J. (2000) "Augmented Reality". <http://vr.isdale.com/vrTechReviews/AugmentedReality_Nov2000.html>
- IUPUI (2004) "Augmented Reality Applications", <<http://www.cs.iupui.edu/~tuceryan/AR/applications.html>>
- Kawashima, T. et. al. (2001) "Magic Paddle: A Tangible Augmented Reality Interface for Object Manipulation", *Proc. of ISMR2001*, p. 194-195.
- Kirner, C. (2004) "Mãos Colaborativas em Ambientes de Realidade Misturada" *Anais do 1º Workshop de Realidade Aumentada*, Piracicaba, SP, p. 1-4.
- Kirner, C. et al. (2004) "Uso de Realidade Aumentada em Ambientes Virtuais de Visualização de Dados" *Proc. of VII Symposium on Virtual Reality*, SP.
- Ledermann, F. & Schmalstieg, D. (2005) "APRIL: A high-level Framework for Creating Augmented Reality Presentations". In *IEEE Virtual Reality 2005* (pp. 187-194), Bonn, Germany: IEEE Computer Society.

- MacIntyre, B., et. al. (2003) "DART: The Designer's Augmented Reality Toolkit". In *The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp.329-330), Tokyo, Japan: IEEE Computer Society.
- Milgram, P. et. al. (1994) "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum". *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE, V.2351, p. 282-292.
- Mixed Reality Lab Singapura (2006) "MXRToolkit".
<<http://mxrtoolkit.sourceforge.net/>>
- Poupyrev, I. et. Al. (2001) "Tiles: A Mixed Reality Authoring Interface". In Hirose, M. (Ed.) *Interact 2001 8th IFIP TC.13 Conference on Human Computer Interaction* (pp. 334-341), Tokyo, Japan: IOS Press.
- Prince, S. et. al. (2002) "3D Live: Real Time Captured Content for Mixed Reality" Proc. of the IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR'02, IEEE/ACM, p. 7-13.
- Providelo, C. et al. (2004) "Ambiente Dedicado para Aplicações Educacionais com Realidade Misturada" Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP.
- Santin, R. et al. (2004) "Ações interativas em Ambientes de Realidade Aumentada com ARToolkit" Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP.
- Schmalstieg, D., et. al. (2002) "The Studierstube Augmented Reality Project". *PRESENCE – Teleoperators and Virtual Environments*, 11(1), 32-54.
- Siscoutto, R. et al. (2004) "Augmented Virtuality Tele-conferencing", Proc. of VII Symposium on Virtual Reality, SP.
- Studierstube (2006) "Studierstube Augmented Reality Project". <<http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/>>
- Technoecture Labs (2005) "LibTap - Rapid Open Reality".
<<http://www.technoecture.com/projects/libTAP/>>
- Tiffin, J., Terashima, N. ed. (2001) "Hyper-reality: Paradigm for the Third Millennium". Routledge.
- Vallino, J. (2004) "Introduction to Augmented Reality",
<<http://www.se.rit.edu/~jrv/research/ar/>>
- Web3D Consortium (2006a) "X3D Documentation".
<<http://www.web3d.org/x3d/>>
- Web3D Consortium (2006b) "VRML Specifications".
<<http://www.web3d.org/x3d/specifications/vrml/>>
- Zauner, J., Haller, M., & Brandl, A. (2003) "Authoring of a Mixed Reality Assembly Instructor for Hierarchical Structures". In *The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp.237-246), Tokyo, Japan: IEEE Computer Society.