

A popularização de aplicações 3D, tanto na Web como na TV digital (terrestre ou sobre redes baseadas em IP), é uma tendência natural da evolução das tecnologias hoje existentes. Contudo, ainda existem pontos em que a tecnologia é imatura e que devem ser focos de pesquisas nos próximos anos. O desenvolvimento das aplicações ainda se dá de forma complexa e, atualmente, está restrita principalmente aos programadores especialistas, que utilizam geralmente linguagens imperativas.

Utilizar-se de linguagens hipermídia para a descrição de aplicações 3D, por outro lado, permite que uma abordagem declarativa, de mais alto nível e que possibilita a estruturação e navegação em uma grande quantidade de informações, enriqueça essas aplicações 3D. Quando analisamos de forma contrária, utilizar-se de mídias 3D em aplicações hipermídia, da mesma forma, permite enriquecer tais aplicações com objetos mais realistas.

Abordagens para a especificação de aplicações 3D de forma declarativa já existem, como, por exemplo, X3D (eXtensible 3D) ou XMT (Extensible MPEG-4 Textual Format). X3D foca principalmente na disposição espacial de seus objetos, por meio da representação de grafos de cena. O comportamento das aplicações geralmente é especificado por meio dos grafos de rotas, pouco expressivos, ou utilizando-se linguagens imperativas, o que requer um usuário especialista. Por outro lado, XMT entrelaça o conteúdo da cena com o seu comportamento em uma mesma hierarquia o que prejudica o reuso e as diversas otimizações possibilitadas pela organização de uma cena baseada em sua semântica espacial.

Esta dissertação defende outra proposta e demonstra como é possível controlar o comportamento de aplicações 3D de forma expressiva, por meio de uma linguagem declarativa de alto nível, e ainda assim, manter as otimizações possibilitadas pelos grafos de cena. Para isso, é discutida uma abordagem sobre como embutir e controlar objetos 3D em documentos escritos na linguagem hipermídia NCL (*Nested Context Language*).

7.1. Contribuições da Dissertação

Esta dissertação apresenta como é possível embutir objetos de mídia tridimensionais em apresentações NCL. Para isso, foram desenvolvidas técnicas sobre como definir âncoras de conteúdo e de propriedade em objetos de mídia 3D declarativos. Adicionalmente, também foram incorporados novos eventos à NCL específicos de ambientes 3D, o que permite sincronizar esses novos objetos com os objetos de mídia de NCL já existentes.

Como talvez a principal contribuição desta dissertação, e o que é consequência das definições de âncoras de conteúdo e de propriedade, juntamente com a incorporação dos novos eventos, foi demonstrado como NCL pode controlar o comportamento de objetos de mídia representados por grafos de cena. Isso permite que uma linguagem bem mais poderosa que o grafo de rotas seja utilizada no controle da apresentação de cenas 3D. Como diferencial de outras abordagens que incorporam funcionalidades de linguagens multimídia em linguagens para descrição de cenas 3D, tais como XMT, este trabalho ainda permite manter as otimizações possibilitadas pelo grafo de cena.

Como uma contribuição secundária desta dissertação, o Capítulo 5 apresenta várias propostas de extensões às regiões de NCL, permitindo distorcer, rotacionar e apresentar objetos de mídia NCL como superfície de objetos geométricos tridimensionais.

No que se refere ao trabalho de implementação, a modificação do *backend* de renderização da Implementação de Referência para OpenGL possibilita que novas pesquisas envolvendo modelos Hipermídia, Realidade Virtual e Realidade Aumentada também possam ser realizadas no futuro.

7.2. Trabalhos Futuros

Na Seção 4.3 desta dissertação é apresentado um quadro comparativo entre as abordagens de autoria utilizando grafos de rotas, XMT e NCL. Um dos trabalhos futuros vislumbrados é a realização de testes de desempenho nesses modelos em execução, permitindo compará-los também com relação à sua eficiência.

Outro importante trabalho futuro é explorar em mais detalhes a proposta discutida na Subseção 4.2.1, de incluir os elos e conectores NCL em documentos

X3D. Tal proposta permite que o autor especifique uma cena 3D e o seu comportamento em um mesmo documento XML, simplificando o trabalho daquele autor que está interessado apenas em controlar o comportamento da cena 3D, sem utilizar as outras funcionalidades de NCL que a classificam como uma linguagem de cola.

No que se refere à implementação das propostas aqui discutidas, ainda existem alguns pontos que devem ser aperfeiçoados, tais como a renderização *offscreen* utilizada para estender o FreeWRL (conforme discutido na subseção 6.1.2) e a extensão dos exibidores NCL implementados utilizando OpenGL.

A modificação na implementação do FreeWRL, exibidor X3D, visando a renderização *offscreen* desenvolvida por esta dissertação é baseada na API disponível pela biblioteca X11, a qual apresentou baixa performance. Isso se deve, principalmente, devido a constante troca de contextos OpenGL. Por isso, uma nova implementação baseada em objetos de *Framebuffer* OpenGL é necessária.

Durante este trabalho, apenas os exibidores de vídeo e imagem do Ginga-NCL foram portados para OpenGL. Sendo assim, os outros exibidores, em especial o exibidor Lua e o exibidor XHTML, também devem ser portados para que se possa ter a implementação do Ginga-NCL totalmente em OpenGL.

O Capítulo 5 apresentou novas funcionalidades que podem ser adicionadas a versões futuras da linguagem NCL, focando em transformações 2D e 3D nas regiões de objetos de mídia em execução e no seu mapeamento em superfície de objetos 3D. Mesmo assim, alguns pontos ainda estão em aberto e merecem um estudo mais detalhado em trabalhos futuros. É interessante, por exemplo, que o autor tenha mecanismos na linguagem que o permitam especificar como a apresentação desses objetos de mídia é mapeada para a superfície dos objetos 3D.

A utilização de um sistema de coordenadas 3D para a definição de regiões é o próximo passo que permitirá utilizar NCL como uma linguagem 3D. Porém, como discutido na Seção 5.3, vários são os impactos que isso causará na linguagem. Entre os quais estão: a necessidade de descrição de câmera, iluminação e “áudio e vídeo espacializados” – que leve em consideração a posição do usuário e dos objetos na cena.