

6 Conclusão

Este capítulo apresenta alguns comentários e considerações gerais sobre o trabalho de pesquisa realizado durante o desenvolvimento desta dissertação, as contribuições alcançadas e sugestões de trabalhos futuros nessa direção de pesquisa.

6.1 Considerações Gerais

O presente trabalho apresenta a especificação e a implementação de um *middleware* de inteligência artificial fazendo uso de técnicas de engenharia de software de modo a permitir uma maior flexibilidade do mesmo e sua aplicação a diferentes gêneros de jogos.

A definição da arquitetura desse *middleware* é resultado do levantamento das técnicas de IA mais utilizadas, do estudo da literatura sobre o uso de técnicas mais avançadas, da análise do domínio do problema via pesquisa sobre o estado da arte dos *middlewares* de IA e da utilização de princípios de engenharia de software para sua melhor estruturação. A implementação se deu a partir de um primeiro protótipo, passando por ciclos de re-estruturação até se chegar ao resultado atual, o qual pode ser considerado bastante satisfatório. Além de ser flexível o suficiente para a aplicação em jogos de gêneros diversos como FPS, RPG, RTS, jogos de luta e jogos com abordagens mais tipo “simulação” como The Sims.

Além dessa flexibilidade quanto à aplicação a diversos gêneros, também foram tratados os problemas da forma de integração entre o *middleware* e o universo do jogo, o que resultou na opção de oferecer duas possibilidades de utilização do mesmo - como um *framework* (e instanciar suas classes) ou como uma biblioteca (e assim ter maior isolamento).

A implementação do *middleware* proposto nos permitiu ter uma idéia bem mais clara das propriedades e relacionamentos internos de tal tipo de

ferramenta de modo a que possa ser aplicada a diversos gêneros de jogos digitais.

À medida que as camadas de mais alto nível vão sendo melhoradas e implementadas muitas outras questões de projeto podem ser esclarecidas e estudadas em maior profundidade. No seu estado atual, a arquitetura do MIAGI permite fazer uso das técnicas mais comumente empregadas em IA para jogos (assim como algumas um pouco mais elevadas) de maneira bastante genérica e também serve de base para o desenvolvimento de comportamentos e sistemas cognitivos de ainda mais alto nível.

Muito mais esforço terá que ser dedicado (e está atualmente sendo) à questão da interação do *middleware* com o mundo do jogo, bem como com outros *frameworks* de desenvolvimento (motor gráfico, suporte a rede, modelagem física, etc.) e o autor deste trabalho continuará participando (e tentando ajudar sempre que possível) dos esforços nesse sentido do Comitê de Padronização de Interfaces de Inteligência Artificial (AIISC) da IGDA.

O desenvolvimento deste tipo de software ainda enfrenta muitas questões em aberto mas é essencial para alcançar avanços em jogabilidade; como demonstrado na literatura e nos jogos digitais comerciais atuais, mesmo iniciativas um tanto simples nesse sentido propiciam resultados bastante satisfatórios do ponto de vista da experiência do usuário jogador.

Do ponto de vista da engenharia de software, tentar-se-á aumentar a flexibilidade do design proposto identificando novos pontos do *framework* que podem ser generalizados e através da implementação de novas técnicas como componentes intercambiáveis. Outra contribuição da área de engenharia de software são as coleções de padrões de projeto a serem estudadas para determinar como melhor implementar os diversos componentes e a interação entre os vários módulos da arquitetura (o que não exclui a possibilidade de, por exemplo, desenvolver novos padrões de projeto).

Ainda outra direção de pesquisa que se pretende continuar perseguindo é a de criar novas formas de jogo ou novas modalidades de entretenimento, através da integração de técnicas mais poderosas e da criação de novas ferramentas usando a estrutura desenvolvida como base. Áreas com comunicação entre agentes, modelagem de emoções e personalidade, planejamento (de modo mais formal que o utilizado até o momento) e redes neurais são algumas das técnicas cogitadas para tentar alcançar as metas descritas.

Além disso, abordagens menos orientadas a personagem (mas igualmente com uma forte dependência de IA) como geração automática de *quests* para jogos tipo RPG e a integração com outros esforços do grupo

de pesquisa do VisionLab/ICAD/IGames na área de enredo interativos [173] também estão sendo estudadas e podem resultar em novas aplicações para jogos e entretenimento. Uma possibilidade, por exemplo, seria criar agentes inteligentes e usá-los no desenvolvimento de jogos que se comportem como esportes de espectadores, assim obtendo times de personagens controlados por IA que competem entre si. Há muito o que melhorar e desenvolver nesse campo de IA em jogos e os esforços atuais são apenas o começo.

6.2 Contribuições

A criação de *middlewares* de inteligência artificial para jogos digitais é um assunto não bem tratado tanto na indústria quanto na academia. A literatura é escassa nesta área e a pesquisa sente falta de relatos de tentativas, sejam elas bem ou mal sucedidas. Esta dissertação contribui para a pesquisa nesta área apresentando alguns resultados importantes para a comunidade de jogos digitais: uma proposta de uma arquitetura para *middleware* de IA; uma proposta de modelo de agentes orientado para jogos digitais; uma validação das propostas através da implementação de um protótipo de ferramenta; e uma análise crítica da área. Os principais pontos destas contribuições são apresentados a seguir:

Arquitetura proposta. É apresentada a proposta de uma arquitetura para um *middleware* de inteligência artificial flexível e que se adequa a diferentes gêneros de jogos digitais de forma a permitir a inclusão de técnicas mais avançadas sobre o mesmo. Esta proposta aborda as questões de projeto de tal sistema e de sua integração com o universo dos jogos [176].

Proposta de um modelo de agentes para jogos. O modelo proposto para um agente em jogos apresentado na arquitetura aborda diversos componentes geralmente não tratados em jogos e nos *middlewares* de IA atuais. O modelo permite fazer uso de diversas técnicas para modelar o comportamento do agente, permite também que este tenha personalidade, emoções e memória (simples) e que estes atributos influenciem em seu processo de decisão.

Implementação da arquitetura. De modo a validar a arquitetura proposta e possuir uma ferramenta que possa ser usada como base em futuros estudos, foi realizada a implementação da arquitetura e

testes desta em alguns cenários tipo jogo. Um exemplo de utilização possível da implementação em seu estado atual é a sua integração à arquitetura do LogTell [177] de modo a permitir comportamentos mais complexos aos personagens.

Estudo sobre estruturação e evolução de um *middleware* de IA.

Outra contribuição deste trabalho é o estudo e documentação sobre a estrutura e um processo de evolução do MIAGI. Esta documentação se dá através da análise do estado da arte na área e de um catálogo de padrões de projeto utilizados no contexto do desenvolvimento e evolução de um *framework* de IA para jogos, que pode vir a ser utilizado como base para outros projetos do gênero.

6.3

Trabalhos Futuros

Devido ao tempo disponível, foi necessário restringir o escopo do esforço do que seria tratado na dissertação de modo que vários refinamentos e melhorias ainda podem ser implementados sobre o *middleware* proposto. Além disso, com a implementação atual da ferramenta, é possível abordar problemas mais complexos e de mais alto nível, o que não seria possível sem este esforço inicial. A seguir, são apresentados alguns possíveis trabalhos futuros.

Detalhamento do componente de *path-finding*: um primeiro trabalho futuro deve ser detalhar melhor os requisitos do componente de *path-finding*. É necessário implementar o componente usando técnicas mais sofisticadas e realizar uma análise de como é possível se dar a comunicação dos dados relativos ao cenário entre o mundo do jogo e o componente (uma vez que a atual implementação do *path-finding* é muito simples, tendo as posições dos objetos fixos do mundo como únicas informações necessárias ao seu funcionamento, o que claramente não é suficiente em algoritmos mais complexos). Uma possibilidade é, por exemplo, o módulo cola criar uma representação (grafo) do mundo e o *path-finder* trabalhar sobre um grafo genérico.

Padronização de aspectos de interação entre componentes: uma possibilidade de refinamento da implementação atual é oferecer um modo padrão de utilização de “conexões” entre alguns dos componentes já implementados de modo a oferecer funcionalidades já

passíveis de utilização como: mecanismo padrão para FuSMs, HFSSMs, novos módulos de *path-finding* intercambiáveis, *path-finding* em vários níveis, etc.

Comunicação entre agentes: tratar os aspectos de comunicação entre agentes de modo a possibilitar comportamentos táticos e sociais destes. Possivelmente partindo de uma abordagem de comunicação baseada na proposta apresentada por Carvalho [161].

Planejamento: tratar questões de como integrar planejamento de modo mais formal e próximo às abordagens da IA clássica mas levando em consideração as restrições de desempenho em tempo real e universos dinâmicos apresentadas por jogos digitais.

Aprendizado: tratar questões de aprendizado de máquina e representação de conhecimento de modo a oferecer personagens e ambientes de jogo ainda mais interessantes. Além de identificar como a implementação de tais técnicas afetaria o *middleware* e poderia ser realizada de maneira o mais genérica possível.

Emoções e personalidades “reais”: como implementar um modelo mais completo de emoções e personalidade de modo a também aumentar o realismo e atratividade dos personagens e seus comportamentos.

Interação com outros motores e *frameworks*: estudar as questões de projeto resultantes da integração do *middleware* proposto com motores gráficos, de rede e de física. Alguns bons candidatos para tal são: a Lucid Platform [30] do Multimedia Innovation Center da Hong Kong Polytechnic University, que provê funcionalidades de motor gráfico e de redes além de já terem se mostrado interessados nessa integração; o motor Torque [31] da GarageGames, que também provê funcionalidades gráficas e de rede e com o motor de física Havok [2].

Implementação de um jogo que faça uso do *middleware*: também seria bastante interessante a implementação de um jogo que faça uso do MIAGI de modo a identificar novos pontos de flexibilização.

Histórias interativas: estudar o uso do *middleware* implementado em conjunção com o IPG [180] na geração de enredos interativos ou na geração de *side-stories* (como *quests* para RPGs).