

Simulador de Passadiço

Marcos Lage² Esteban Clua² Diego Barboza² Giancarlo Taveira¹ Willian Jefferson²
 Christian Ruff² João Vicente² Pedro Thiago Mourão² Flávio Rivas¹
 Valeriana Roncero¹ Leonardo Valente Ferreira¹ Alex Cutovoi³ Casimiro Barreto³
 Fábio Doreto Rodrigues³ Marcio Cabral³ Olavo Belloc³ Rodrigo Ferraz³ Marcelo Zuffo³
 Antonio Anddre Serpa¹ Cláudio Coreixas¹

1 - CASNAV, Marinha do Brasil

2 - Universidade Federal Fluminense, Instituto de Computação, Brasil

3 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Brasil

Resumo

Este projeto visa o desenvolvimento de um simulador de passadiço, composto por módulos de usuário e instrutor, para um ambiente de multiprojeção com grau elevado de imersão. A instrumentação reproduz com fidelidade as configurações dos equipamentos de navios reais. A versão do simulador desenvolvida neste trabalho é focada em navios da marinha mercante que apresentam particularidades importantes se comparados a outros tipos de embarcações.

Palavras-chave: Simulador de Passadiço, Marinha Mercante, Multiprojeção, Game Engines.

1. Introdução

O desenvolvimento de ambientes virtuais para a simulação do passadiço de um navio é uma alternativa importante, de baixo custo e risco, para a capacitação de recursos humanos e o treinamento de situações de perigo.

Existem diversas soluções comerciais disponíveis para a simulação de navios da marinha mercante, no entanto, os custos elevados destas soluções tornam proibitiva a atualização contínua destes ambientes.

Ainda, o processo de customização de navios e portos disponíveis nestes simuladores é essencial à marinha nacional, entretanto os dados necessários para a adequação destes simuladores por vezes são estratégicos, tanto a nível comercial quanto a nível de segurança nacional.

Neste sentido, este projeto apresenta o desenvolvimento de um simulador de passadiço inteiramente nacional, com aplicação direta no contexto da marinha mercante e extensível para outros órgãos comerciais e militares.

2. Arquitetura Geral

O simulador de passadiço é composto por módulos desenvolvidos independentemente. Esta é uma das características essenciais de sua arquitetura, que o torna facilmente extensível e adaptável. Ainda, esta proposta permite que, no futuro, seja possível estabelecer comunicação com simuladores de outras categorias, via *High-level architecture* - HLA,

viabilizando o funcionamento de um grande simulador de múltiplas operações. O trabalho de [3], serviu como inspiração para o desenvolvimento de alguns dos módulos descritos neste artigo.

De maneira geral, o simulador é composto do módulo de instrutor e do módulo de usuário, descritos a seguir.

2.1 Módulo de Instrutor

O módulo de instrutor é responsável por prover uma interface de interação para os instrutores do treinamento e por coordenar a execução dos exercícios. Neste contexto, um exercício é definido como um conjunto de instâncias de elementos de simulação (tais como cenário, embarcações, elementos ambientais, rotas, entre outros) e suas respectivas condições iniciais.

A implementação deste módulo é dividida em interface gráfica e gerenciador de exercício, conforme ilustrado na Figura 1.

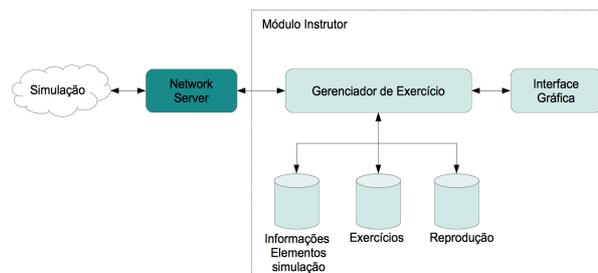


Figura 1 - Implementação do Módulo de Instrutor

2.1.1 Interface Gráfica

Através da interface gráfica, os instrutores podem preparar, monitorar, controlar e rever os exercícios de treinamento. O elemento central desta interface é uma representação gráfica bidimensional em tempo real da simulação. O cenário é representado através da carta náutica da região. Sobre a carta são marcadas as embarcações e outros objetos auxiliares, além de elementos gráficos acessórios, como históricos de posicionamento, vetores de tendências, rotas, áreas, entre outros. Por fim, um conjunto de elementos de interface possibilitam a leitura e modificação de diversos parâmetros da simulação.

O preparo de um exercício consiste na seleção da região onde ele será realizado, na instanciação dos elementos de simulação (embarcações, por exemplo) e na configuração das condições iniciais (posicionamentos, velocidades, parâmetros ambientais, entre outros). Também poderão ser adicionados elementos auxiliares, como pontos específicos no cenário, rotas, marcações de regiões etc.

Após o preparo, o exercício é carregado e executado no restante do simulador. Durante a execução o instrutor acompanha e controla a evolução do exercício, em tempo real. Diversos parâmetros podem ser alterados pelo instrutor, como condições ambientais, introdução de falhas na embarcação, introdução de adversidades (mau tempo, por exemplo) entre outros. O instrutor também tem o controle da execução da simulação, podendo congelar/restaurar a execução, alterar o passo do tempo (compressão do tempo) e reproduzir parte do exercício (*replay*).

Os elementos auxiliares do exercício (como rotas, e marcações) são visíveis somente aos instrutores e são utilizados principalmente para auxiliar no acompanhamento e avaliação do exercício.

2.1.2 Gerenciador de Exercício

O gerenciador de exercício é o componente que coordena o carregamento, o controle e o monitoramento do exercício com os demais módulos de simulação através do *Network Server*. Como função secundária, este componente gerencia o armazenamento das informações dos elementos de simulação, das configurações dos exercícios e das reproduções dos exercícios executados (*replays*).

Durante o preparo dos exercícios, este componente irá receber as entradas dos instrutores e irá armazenar o exercício. Durante a carga, ele irá enviar mensagens de comando para outros módulos pelo *Network Server*.

Durante a execução, o gerenciador recebe as mensagens da simulação, as envia para a interface gráfica e armazena para reprodução posterior. Ele também recebe os comandos da interface gráfica e os traduz em mensagens para os demais módulos.

2.2 Módulo de Usuário

O módulo de usuário está dividido em submódulos, a saber: visualização, física, oceano, painel de instrumentos, radar e AIS (sistema de identificação automática). Cada um destes submódulos será descrito de forma mais detalhada a seguir.

2.2.1 Módulo de Visualização

A visualização da simulação é realizada através de um sistema de multiprojeção desenvolvido utilizando a plataforma Unity3D, onde diferentes instâncias da mesma aplicação podem ser executadas ao mesmo tempo, permitindo ao usuário observar os exercícios de vários pontos de vista.

O sistema funciona com uma aplicação mestre e *n* aplicações-escravas. A aplicação mestre realiza todo o

processamento necessário para a execução da simulação, como os cálculos físicos, e envia os resultados, por exemplo, a posição e rotação dos navios, para o servidor. Estes dados são reenviados para os escravos, que atualizam seus estados de acordo.

A Figura 2 mostra como o sistema de visualização está organizado. A tela central fica responsável pela simulação enquanto as demais realizam somente a visualização. Nenhuma comunicação é feita diretamente entre estas instâncias, ou seja, toda troca de mensagens passa pelo servidor.

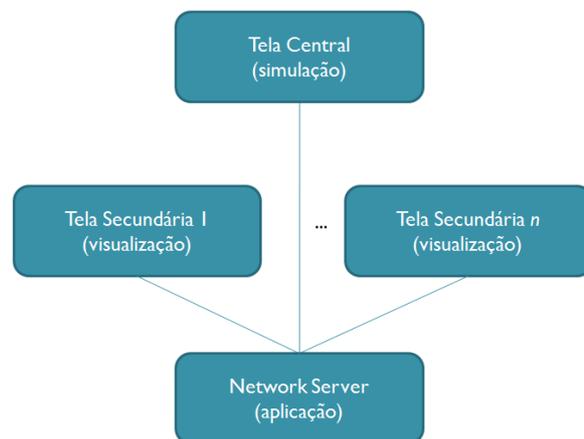


Figura 2 - Arquitetura de multiprojeção do módulo de visualização.

2.2.3 Painel de Instrumentos

O painel de instrumentos (Figura 3) é um dos módulos mais importantes do simulador. É nele que o usuário é capaz de interagir com o navio através do telégrafo de manobra e do leme. Além disso, este módulo possui vários instrumentos que são capazes de informar a direção e o sentido do vento, da corrente, a velocidade do navio, o *heading*, a profundidade do mar, entre outros. Estas informações são muito importantes, pois é através destes dados que o usuário irá tomar decisões para a correta condução e futura atracação do navio.



Figura 3 - Instrumentos do módulo de usuário.

2.2.4 AIS

O AIS (*Automatic Identification System*) é um sistema de monitoramento utilizado por navios para localizar outras embarcações. No simulador, todos os navios que estão presentes em uma cena devem enviar

tais informações para que o usuário seja capaz de identificá-los. Estas informações podem ser recebidas pelo radar ou por outros instrumentos, como programas leitores de cartas náuticas.

Uma mensagem de AIS contém várias informações necessárias para identificação do navio, como nome do navio, número de MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*), número de IMO (*International Maritime Organization*), entre outros. Contem também informações específicas do navio, como tamanho, destino, previsão da chegada ao destino, calado e *etc.*

2.2.5 Radar

O radar é um sistema crucial para garantir a segurança da navegação. Assim como o simulador de passadiço, o simulador de radar ARPA (*Automatic Radar Plotting Aids*) é destinado para uso em exercícios de treinamento dos operadores de radar. As características do simulador de radar devem estar de acordo com os padrões estabelecidos pela IMO (*International Maritime Organization*) [1].

O layout do radar simulado (veja Figura 4) é baseado em um radar real: o *Furuno FAR-2117*. Trata-se de um moderno radar com todas as funcionalidades necessárias para um amplo treinamento dos operadores de radar. É importante que tanto a apresentação quanto a interface de uso sejam semelhantes ao radar que o operador irá encontrar no seu dia a dia, para criar familiaridade e automatismo.

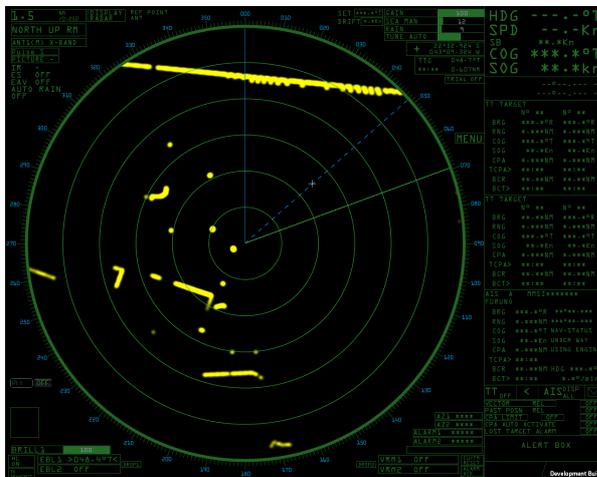


Figura 4 - Captura de tela do simulador de Radar, baseado no Furuno FAR-2117.

Assim como a apresentação, a interação do usuário com o sistema é igualmente importante. Existem duas formas de interação com usuário: mouse e teclado. O uso do *trackball* do mouse permite o deslocamento do cursor pela tela e o *scrollwheel* permite a mudança de valores numéricos. O teclado, diferente de um teclado convencional, permite ligar/desligar diversos elementos como o transmissor, EBL (*Eletronic Bearing Line*), VRM (*Variable Range Marker*), alarmes, permite mudar a escala de visualização e acesso ao menu. Além disto, controles rotatórios permitem um ajuste fino dos valores de EBL e VRM.

Para simular o eco do radar, é necessário que haja uma malha 3D do cenário de navegação, incluindo navios, bóias e terreno. A partir do ponto de origem do radar, traçam-se raios e instanciam-se partículas em todos os pontos de interseção do raio com a malha. Cada partícula possui um decaimento de seu tempo de vida e desaparece após alguns instantes. É importante simular não apenas o eco do pulso eletromagnético do radar mas também todas as funcionalidades de auxílio à navegação.

Dentre as principais funcionalidades do Radar estão a EBL (*Eletronic Bearing Line*), utilizada para obter marcações e a VRM (*Variable Range Marker*), utilizada para fazer medições de distância. A EBL é uma linha tracejada que permite medir o ângulo, em graus, entre o Norte verdadeiro, se *True Mode* estiver selecionado ou a proa do navio, se *Relative Mode* estiver selecionado, e um alvo qualquer. De maneira similar, a VRM é uma circunferência, também tracejada, que mede a distância do próprio navio até um alvo qualquer.

A comunicação do Radar com a simulação é dada da mesma maneira que nos outros módulos, ou seja, por troca de mensagens pela rede através de conexões TCP e UDP. O radar se conecta como um cliente e se inscreve para receber mensagens relativas à posição do navio (Latitude/Longitude), seu aproamento (em graus) e velocidade (em nós). Além disto, o radar também recebe estes mesmos dados de todos os alvos da cena, de maneira que todos os elementos dinâmicos estejam corretamente posicionados ao longo do exercício. Apesar de não ser utilizado neste simulador, o módulo do Radar possui a capacidade de receber e processar mensagens em formato NMEA [2], permitindo assim a sua interoperabilidade com outros simuladores que utilizem este padrão de comunicação.

3. Comunicação de Módulos

A comunicação entre os módulos do simulador é realizada através de um sistema de troca de mensagens que permite que cada instância do sistema se inscreva nas mensagens que deseja receber através da rede. Um servidor central é responsável pelo recebimento, tratamento e redistribuição das mensagens, garantindo um uso eficiente da infra-estrutura de rede (Figura 5).

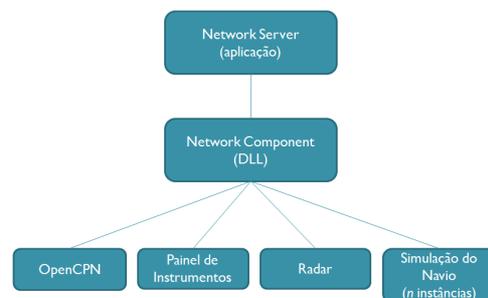


Figura 5 - Arquitetura atual do sistema. Um servidor central serve de interface de comunicação entre todos os subsistemas.

O sistema cliente/servidor desenvolvido permite que os componentes da simulação troquem mensagens utilizando os protocolos TCP ou UDP, dependendo dos requisitos de garantia de entrega de cada tipo de mensagem. Mensagens enviadas constantemente cuja perda pode ser facilmente reparada, como o posicionamento dos navios na simulação, são enviadas utilizando o protocolo UDP para não congestionar a rede. Mensagens que carregam comandos ou trocas de estado na simulação utilizam TCP a fim de garantir seu recebimento.

A API provida pelo componente de rede desenvolvido (*Network Component*, na Figura 5) oferece uma maneira transparente para o desenvolvedor trabalhar com a rede, especificando uma interface onde são codificados os comportamentos de cada componente no envio e recebimento das mensagens que ele provê ou consome.

4. Física do Oceano

Um aspecto importante do projeto é a linha de pesquisa que foi iniciada para estudar e desenvolver modelos realistas para a representação do oceano, que permitam o acoplamento com o movimento das embarcações presentes na simulação e agreguem um comportamento plausível e fisicamente correto ao simulador.

Um dos grandes desafios nesse sentido é simular extensas regiões do mar com um custo computacional aceitável para execução em tempo real. Para isso é necessário o estudo de técnicas de multirresolução, que empreguem o processamento de forma inteligente, dando mais prioridade às regiões de maior interesse.

5. Resultados em Andamento

Nesta seção, mostramos algumas figuras que mostram o estágio atual do desenvolvimento do simulador de passadiço.

As Figura 6 mostra uma instância do módulo do usuário do simulador em execução, do ponto de vista do passadiço do navio com panorama gerado pelo *render* de uma aplicação mestre e três aplicações escravas.



Figura 6 - Simulação em andamento do ponto de vista do passadiço.

A Figura 7 mostra uma simulação na qual o instrutor carregou um exercício específico para o treinamento de navegação em condições climáticas adversas. Em especial, podemos observar que este exemplo de exercício exige que o aluno navegue com FOG (neblina), chuva e mar agitado.



Figura 7 - Variações das condições climáticas da simulação: FOG.

A Figura 8 mostra uma captura de tela dos instrumentos durante a simulação. Observe que os instrumentos passam informações atualizadas sobre a direção e o sentido do vento, da corrente, a velocidade do navio, o *heading*, a profundidade do mar, entre outros.



Figura 8 - Painel de instrumentos durante a simulação: Full Ahead.

6. Conclusão

Este trabalho descreveu os principais módulos que estão sendo desenvolvidos para a criação de simulador nacional de passadiço. O software tem particular interesse em simular navios da marinha mercante, que apresentam características importantes se comparados a outros tipos de embarcações. Como relatado no trabalho, estão sendo implementadas todas as características necessárias para que o simulador forneça total nível de imersão.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha - CIAGA, pelas informações e apoio ao longo do projeto.

Referências

- [1] IMO – InternationalMaritimeOrganization. <<http://www.imo.org>>
- [2] NMEA 0183 - Standard for Interfacing Marine ElectronicDevices. National Marine ElectronicsAssociation (US), 2002.
- [3] Design and Task Analysis of a Open Source Ship Handling Simulator for Naval Academies. Claudio Coreixas de Moraes. Dissertação de Mestrado. Naval Postgraduate School, NPS, EstadosUnidos, 2011.