

SIMULACION DEL ENTORNO DE UNA EMBARCACION PESQUERA

Juan D'Amato, Cristian García, Marcelo Vénere

PLADEMA-Universidad Nacional del Centro, Provincia de Buenos Aires

Pinto 399, 7000 Tandil

[jdamato, crgarcia, venerem}@exa.unicen.edu.ar](mailto:{jdamato, crgarcia, venerem}@exa.unicen.edu.ar) ; Tel./Fax: 02293-442202

Palabras Claves: Realidad Virtual, Simulación Computacional, Algoritmos Geométricos, Computación Gráfica.

RESUMEN

En el presente trabajo se describen los desarrollos recientemente realizados en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) para simular tanto el entorno visual como el instrumental de embarcaciones pesqueras de alta-mar. Los instrumentos modelados son: ecosonda vertical, ecosonda de red y un sonar de exploración, para los cuales se han propuesto algoritmos originales que permiten una simulación realista en tiempos aceptables. Además se incluye la representación de la visual desde el puente de mando de una de estas embarcaciones, para lo cual se utilizó un motor gráfico recientemente desarrollado en la UNICEN orientado a la representación de escenarios tridimensionales exteriores.

INTRODUCCION

Después de tres décadas de crecimiento exponencial en la performance de las computadoras, no debería asombrarnos que una simple PC permita hoy realizar simulaciones que estaban restringidas a super-computadoras solo diez años atrás. Sin embargo no deja de ser impactante el cambio observado en los últimos tres años en materia de computación gráfica (sin duda impulsado por la industria de los juegos). Hoy una placa gráfica de 150u\$s permite renderizar cientos de millones de polígonos por segundo, implementando completamente en hardware a lenguajes como OpenGL. Esta situación nos pone en un momento excitante en que un mundo de aplicaciones de computación gráfica y realidad virtual esperan a ser desarrolladas. Un ejemplo interesante son las aplicaciones en medicina (ver [1] por ejemplo) que están yendo más allá del diagnóstico por imágenes para comenzar con operaciones en base a imágenes virtuales.

Los sistemas de realidad virtual son sin duda una herramienta de importancia para el entrenamiento de operarios, llegando en algunos casos a formar parte obligatoria de los cursos de formación. Por ejemplo, un piloto de aeronaves debe primero cumplir un cierto número de horas en un simulador antes de obtener su habilitación. La implementación de estos sistemas requiere del trabajo multidisciplinario de investigadores en computación gráfica, simulación computacional y hardware, como así también con los usuarios y operarios con experiencia en el área particular. Es sin duda por ello que son muy pocas las empresas en el mundo que ofrecen estos productos con la calidad requerida para formar y licenciar operarios en áreas estratégicas.

Particularmente en Argentina se está desarrollando desde el año 2001 un sistema llamado MELIPAL orientado a la simulación de embarcaciones, que pretende competir con los mejores productos del área. Ya se encuentra en operaciones el módulo MELIPAL-R, presentado en [2], que contempla la consola de comandos del barco, un módulo para el manejo de cartografía y otro para radares-Arpa con toda su funcionalidad. El sistema consta de cinco puestos de entrenamiento (cada una con tres computadoras) y un puesto para el instructor que monitorea el ejercicio y plantea situaciones a los alumnos.

Este sistema no contemplaba aun la visualización de escenarios tridimensionales, pero el desarrollo del simulador de radar requirió de elementos de geometría computacional no triviales (presentados en [3]). La primera aplicación realizada por nuestro equipo para el entrenamiento mediante la visualización de

escenarios fue el sistema SIPER 2, presentado en [4], y consistió en la simulación del periscopio de un submarino utilizando lentes de realidad virtual.

El caso que nos interesa en este trabajo es el desarrollo de un simulador de embarcación pesquera en distintas condiciones ambientales y de operación. Para ello fue preciso modelar distintos instrumentos, como sonar de exploración y ecosondas, la visual a través de las ventanas e incluso una visión del fondo marino. Se describe la forma en que cada uno de los instrumentos se simuló y las técnicas utilizadas para la visualización.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

MELIPAL ha sido desarrollado como una arquitectura distribuida en una LAN, donde cada puesto de entrenamiento puede requerir de varias computadoras y la coordinación de todos los procesos se realiza desde la computadora asociada al puesto del instructor, utilizando para ello una arquitectura Cliente-Servidor.

El módulo instructor es el encargado de la creación del ejercicio y los datos de entrada para cada uno de los puestos de entrenamiento. El envío de mensajes se encuentra dividido en dos grandes grupos: mensajes de control y mensajes de datos. El primer grupo, sirve para que todos los puestos de entrenamiento sincronicen sus valores de entrada, y se mantenga una consistencia entre los diferentes módulos que integran un puesto de entrenamiento. En cambio, los mensajes de datos, se envían regularmente (cada 1.0 segundo) para mantener actualizada la información del ejercicio, como posiciones de barcos, cardúmenes, etc. Estos mensajes de datos son utilizados por los diferentes módulos de simulación incluidos en los puestos de entrenamiento. Al modificarse los datos iniciales del ejercicio constantemente por parte de los puestos de entrenamiento, el envío de mensajes debe ser bi-direccional. Así, cada módulo reenvía la información modificada hacia el puesto Instructor, para que éste tenga un seguimiento exacto de las acciones tomadas por el alumno en su puesto.

En particular, el puesto de entrenamiento de una embarcación pesquera requiere de cinco computadoras: Una, con monitor de 21" para la simulación del radar, otra para el manejo de cartografía, otra para simular el movimiento de la embarcación y los controles (timón, motores, etc.), otra para los instrumentos específicos de pesca (sonar de exploración y ecosondas) y por último la que simula la visual por la ventana. Esta última puede estar dividida en tres computadoras cada una con un monitor o proyector, logrando así la posibilidad de representar una escena tridimensional de 180 grados.

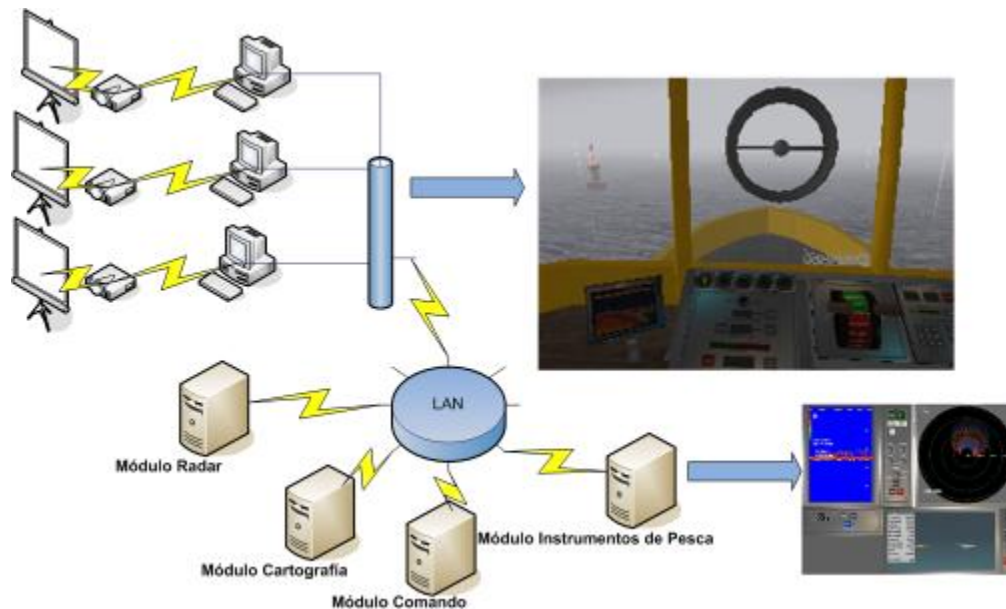


Figura 1: Módulos en un puesto de entrenamiento de embarcación pesquera

El detalle de la arquitectura del sistema, la simulación de un radar y los modelos para el movimiento de los barcos ya han sido descritos en [2] y [3], por lo que a continuación se describen solo los modelos para las ecosondas, el sonar de exploración y la metodología para la simulación de la visual de un escenario marítimo como el que se debería observar desde la cabina de mandos del barco.

SIMULACION ECOSONDA

El principio de funcionamiento de una ecosonda consiste en la emisión de pulsos de sonido y la escucha del eco correspondiente luego del rebote contra el fondo marino o eventuales cardúmenes que se encuentren debajo del barco, tal como se indica en la figura 1. El tiempo que demora el eco en retornar se utiliza para inferir la distancia hasta el objeto que originó el eco.

Los objetos a detectar son fundamentalmente el fondo marino y los eventuales cardúmenes de peces. El primero está especificado como líneas de nivel, por lo cual la profundidad en un punto dado arbitrario deberá ser interpolada, mientras que el segundo ha sido discretizado, tratándose como una caja de $N_x.N_y.N_z$ voxeles a los que se le asigna un valor según una función de distribución de densidad de peces característica del cardúmen. A su vez estos voxeles son ubicados y desplazados en el espacio tridimensional por el instructor.

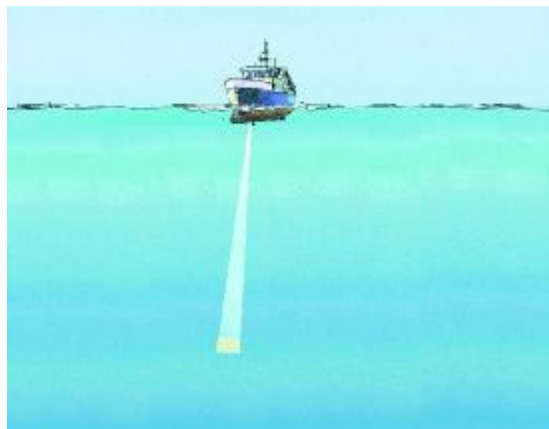


Fig. 2: Funcionamiento de una ecosonda de profundidad.

De esta forma la simulación de la ecosonda consiste en emitir un rayo vertical y detectar las intersecciones con los voxeles y fondo marino tal como se indica en la figura 3. El valor asignado al voxel según la función densidad de peces puede utilizarse para indicar intensidad del eco, la cual decae con la distancia al barco. El resultado entonces del proceso de emitir un rayo será una lista de intersecciones (ecos) con un dado valor de intensidad de eco que luego se mapea a colores.

Obsérvese que para cada proceso de emisión deberán computarse las intersecciones entre una recta y todos los voxeles. Para el caso de la ecosonda se deben generar entre tres y cinco pulsos por segundos, y dado que solo se emite en forma vertical, el proceso no resulta demasiado costoso.

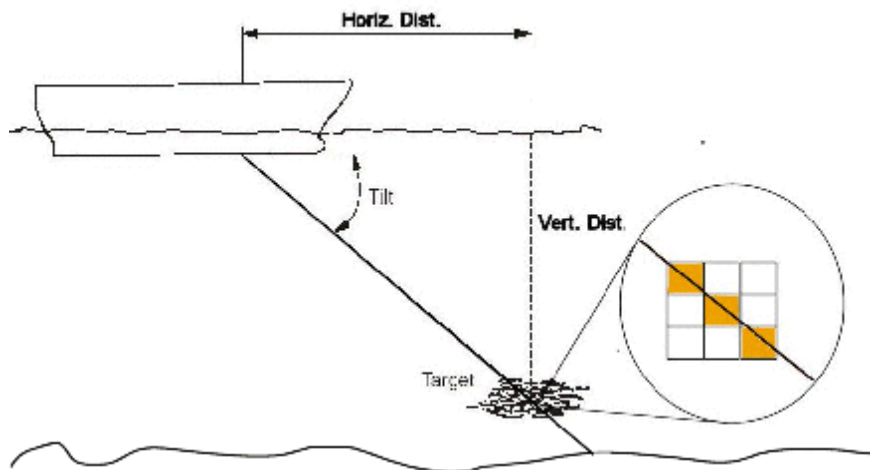


Figura 3: Simulación de los ecos generados por un pulso arbitrario

En la figura 4 se muestra una imagen de la ecosonda finalmente implementada, donde los ecos observados corresponden a un cardumen de anchoita. Cada tipo de pez genera ecos distintos, por lo que la función de densidad de peces debe ser calibrada con la ayuda de personas experimentadas en ese tipo de pesca.



Fig. 4: Imagen sintética de la ecosonda.

SIMULACION SONAR DE EXPLORACION

Un sonar de exploración es una extensión de una ecosonda, donde ahora el sonido se emite hacia otras direcciones en la forma más colimada posible. Existen distintos tipo de sonares dependiendo de la forma en que se realiza esta emisión, pero a grandes rasgos puede pensarse en que el sonido es emitido en forma de un cono hueco como se indica en la figura 5.



Fig. 5: Funcionamiento de un sonar de exploración.

Utilizando el concepto general anteriormente planteado de la intersección de rayos con voxels, se extiende la funcionalidad inicial para generar un haz de rayos que siguen un recorrido circular y que generan un cono hipotético, asociando un rayo con un grado del barrido. Tal recorrido es luego generado en sentido horario y plasmado en la visualización del Sonar de Exploración como una superficie de intensidades (en la ecosonda vertical, bastaba una recta). Aquí, utilizando un mayor número de rayos, se obtendrá una imagen mucho más nítida, pero con el consiguiente incremento de esfuerzo computacional.

Como la calidad de los transductores es más baja en este dispositivo, la señal resultante suele ser siempre menos nítida, por lo que es aceptable utilizar menos rayos y suavizar luego la imagen mediante interpolación.

La figura 6 muestra una imagen típica de un cardumen cerca del barco y cerca de los límites de la pantalla aparecen algunos ecos provenientes del fondo marino.

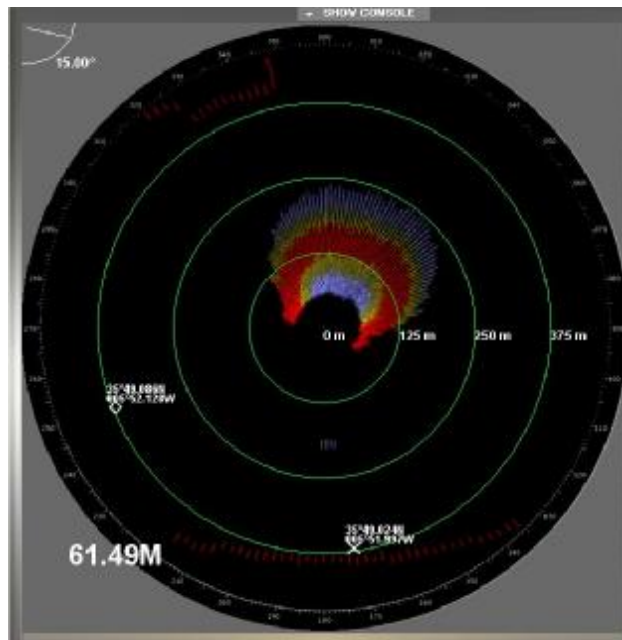


Fig. 6: Vista del sonar de exploración simulado.

SIMULACION DEL ESCENARIO MARITIMO

La aplicación del módulo de simulación visual se creó utilizando tecnología propia: un motor gráfico creado en la UNICEN recientemente, llamado Impromptu. Algunas de las características de este motor son:

- proveer un grupo de herramientas que trabajen en conjunto sobre el basamento de una arquitectura híbrida de capas.
- proveer además un manejo de recursos efectivo por parte de una variedad seleccionada de Managers.
- primordialmente proveer técnicas para poseer menos líneas de código para el desarrollo de aplicaciones más fiables y robustas en el campo de la simulación tridimensional basada en escenarios.

El modelo visual, como ya se dijo, puede ser representado comprendiendo 60 grados de visión, en un solo equipo, o se permite la posibilidad de que se configure para comprender 180 grados de visión panorámica, distribuida en tres máquinas con sus monitores o cañones de proyección. Para lograr esto, se utilizó un repositorio de objetos comunes para acceder a las mismas variables y reducir el envío de mensajes en la red y se ejecutó una aplicación en cada una de las tres máquinas, manteniendo mecanismos de sincronización entre ellas.

Dado que el sistema debe responder en tiempo real, la performance del motor de visualización debe ser tal que permita renderizar no menos de diez imágenes por segundo (en realidad se trata de mantener más de 20 frames/seg.). Para ello, los métodos utilizados para la representación de los diferentes elementos del escenario deben compatibilizar realismo con performance. A continuación se listan para los principales elementos, cuales fueron las estrategias para su visualización.

Oleaje: Se utilizó para la simulación una superficie en forma de grilla conteniendo alrededor de 40000 triángulos. La triangulación de esta grilla es dinámica de forma de tener elementos pequeños cerca de la posición del barco y grandes en el horizonte. Además la posición vertical de los vértices se modifica con funciones periódicas para simular el avance de las olas. Para la coloración de la superficie se utilizó la técnica de multi-textura con una textura base que brindara color natural al mar de acuerdo a la fase del día y el clima, y una textura de detalle para representar olas, corderitos, etc. Además esta textura no está fija a la grilla, sino que es desplazada y deformada continuamente.

Barcos: Se trata de modelos tridimensionales para los cuales se trató de utilizar menos de 10000 polígonos en cada uno, ya que los mismos deben ser desplazados (movimiento propio) y rotados (rolido y cabeceo) al ritmo de al menos diez veces por segundo. De acuerdo al ejercicio armado en el módulo instructor, pueden convivir en la escena, barcos petroleros, pesqueros industriales, etc. En la escena representada se le da prioridad al barco que representa al puesto alumno, es decir, al barco que el alumno ve en su pantalla de visualización, mostrando todo el interior del barco en primer plano con detalle completo.

Es importante aclarar, que un mismo barco en el ejercicio, según el puesto de alumno desde lo cual se lo visualice, puede ser visto desde el interior (el alumno navega en este barco) o desde el exterior (el alumno navega desde otro barco pesquero). Todo este control es llevado a cabo por el módulo encargado de la visualización y simulación del escenario marítimo.

Estela: Se trata del agua que deja en forma de espuma por detrás el barco. Esta espuma es más densa al momento de tirar la red y luego al recogerla. Se utilizaron técnicas de transparencia para combinar la textura del agua con la textura de la espuma generada.

Costas: Un barco pesquero, de acuerdo a su tamaño y otras características, pesca en diferentes profundidades y distancia a la costa. Con lo cual, no pueden acercarse demasiado a la misma ya que para operar pescando requiere de profundidades superiores a los 20 m. Esto permite una representación muy económica de la misma que consiste en mapear una foto de la costa real a modo de textura sobre un polígono ubicado a la distancia correcta.

Lluvia, nieve y granizo: Algunos de estos efectos, a diferencia de [4], no pudieron ser simulados como texturas móviles, debido a que el entorno donde se encuentra la cámara es un ambiente completamente

inmersivo, donde el alumno se ve rodeado por toda la cabina del barco pesquero. Se utilizaron entonces, técnicas de aproximación con sistemas de partículas.

Cielo: Se consideran distintos estados de cielo: despejado, parcialmente nublado o totalmente nublado. Este efecto se logra de diferente manera de acuerdo al estado de cielo que se simule. Mediante técnicas de nubes volumétricas, se logró brindar mayor sensación de realidad en situaciones de días tormentosos. Para días despejados, se utilizó una técnica de texturas procedurales las cuales son generadas mediante algoritmos tipo Perlin Noise y luego son mapeadas a un casquete esférico.

La figura 7 muestra algunas de las imágenes que se obtienen con el sistema implementado. Las mismas corresponden a la visión desde el interior del Barco Escuela “Luisito”, utilizado regularmente para el dictado de los cursos en la Escuela Nacional de Pesca en Mar del Plata.



Figura 7: Algunas vistas desde el interior de “Luisito”

El sistema así implementado requirió dos ajustes: por un lado la información con la posición de los barcos en la escena es enviada por la dirección del ejercicio una vez por segundo. En general las embarcaciones no presentan grandes desplazamientos en un lapso de tiempo tan corto, y generalmente la velocidad en la cual se pesca es muy baja (menos de 3 nudos); pero bajo ciertas circunstancias, tales como navíos cercanos con velocidades importantes, se observaba un salto no deseado. Dado que no era posible reducir este intervalo a menos de 0.5 segundos por problemas de sobrecarga de la red, se optó por trabajar un paso de tiempo atrasado e interpolar internamente entre dos posiciones cada 0.1 segundo.

El otro problema, fue la sincronización entre los monitores para la visualización de 180°. Al brindar la posibilidad de representar la escena visual en más de un monitor, se tuvieron que desarrollar algoritmos de sincronización para las distintas aplicaciones, que en conjunto, cada una con su monitor, representaban la escena global; además agregar mensajes de sincronización en el módulo instructor con datos correctivos cada cierto intervalo de tiempo.

CONCLUSIONES

Se consiguió desarrollar un ambiente de realidad virtual en el cual pueden entrenarse navegantes de embarcaciones pesqueras en condiciones prácticamente idénticas a la realidad. Utilizando equipamiento de muy bajo costo y herramientas de software modernas se simuló en tiempo real tanto los instrumentos de

este tipo de embarcaciones como las imágenes de un escenario tridimensional que se corresponden con lo que debería observarse por las ventanas del barco.

Estos desarrollos han sido incorporados al sistema MELIPAL formando el módulo MELIPAL-P. Este sistema se encuentra instalado en la Escuela Nacional de Náutica desde el año 2001, ha sido certificado por la OMI (Organización Marítima Internacional) y se utiliza regularmente como parte obligatoria de los cursos que allí se dictan. El nuevo módulo se está instalando en la Escuela Nacional de Pesca, en la ciudad de Mar del Plata.

REFERENCIAS

1. **Gallangeher, AG.**, *Virtual reality training in laparoscopic surgery: a preliminary assessment of minimally invasive surgical trainer virtual reality. (MIST VR)*, Endoscopy 1999, May, 31 (4), pp. 310-313.
2. **G. Boroni, M. Vénere**, *Un simulador distribuido para entrenamiento de operarios*. VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2002, Buenos Aires, 2002.
3. **I. Otheguy, M. Soriano, G. Boroni, M. Vénere**, *Simulación en tiempo real de un radar de barrido horizontal*. First South American Congress on Computational Mechanics, MECOM 2002, Santa Fé, 2002.
4. **G. Boroni, M. Tossini, P. Vagliati, M. Vénere**. *Simulación en tiempo real de un escenario marítimo mediante técnicas de realidad virtual*. 32^o Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa, JAIIO 2003, Buenos Aires, 2003.