

Este desarrollo se puede diseñar, implementar, probar y validar gracias a las herramientas que brinda el estudio de la Ingeniería Mecánica y de la Ingeniería de Sistemas y Computación en la Universidad de los Andes. En la actualidad, esta propuesta es presentada a la Armada Nacional y despertó su interés debido a los argumentos aquí expuestos

Simulador inmersivo de ataque con arma de fuego unipersonal, en un ambiente fluvial

Sergio A. Ordóñez M.

• introducción

En Colombia existe un conflicto hace más de 35 años entre el Gobierno y algunos grupos armados ilegales. Este conflicto se ha ido expandiendo a muchos lugares de la geografía colombiana. Colombia es un país muy rico en reservas fluviales; en este país se pueden encontrar toda clase de ríos en condiciones climáticas que varían desde el helado páramo hasta las calurosas selvas amazónicas. Por esto, la Armada Nacional de Colombia, velando por la seguridad de todos los colombianos, está interesada en entrenar infantes de marina para que protejan esta geografía en forma eficaz y eficientemente.

Esta institución invierte mucho tiempo y dinero en combustible y municiones a la hora de realizar estos entrenamientos. Gracias al desarrollo de la tecnología y de los sistemas de información se pueden reducir dichos costos. Un simulador inmersivo realista

permitiría obtener resultados muy similares a los sistemas de entrenamiento comunes. Este proyecto permite iniciar, con el desarrollo de un prototipo, el camino hacia la consecución de estos difíciles objetivos.

El entrenamiento es un problema complejo; no es determinante la manera en la que un ser humano aprende después de entrenar. Un simulador puede también facilitar este proceso, permitiendo la configuración y el tratamiento personalizado.

Es por estas razones que este proyecto adquiere sentido. El desarrollo tecnológico permite el entrenamiento de hombres cuyo objetivo es ofrecer seguridad a sus conciudadanos.

Descripción del problema

Se debe diseñar, desarrollar y construir un simulador inmersivo de combate fluvial. El infante de marina debe poder maniobrar y disparar un dispositivo muy similar a las armas de las lanchas de guerra de la Armada Nacional. Su ejecución debe ser independiente de la conducción del vehículo. Se debe lograr que dicho usuario realmente crea que está en esa situación engañando sus sentidos. Además, se debe lograr que adquiera nuevas habilidades cuando trabaje en este simulador, retroalimentando sus resultados para que conozca sus carencias y fortalezas.

Descripción de la estrategia general de solución

La estrategia de solución es principalmente incremental. Como se trata de un problema complejo, primero se parte de una solución muy básica en la que no se cumple con todos los requerimientos.

Esta solución crece en calidad añadiendo aspectos que permitan al usuario obtener mejores resultados y perfeccionando el engaño a sus sentidos. Para esto es necesario definir niveles de abstracción y de complejidad que funcionen como metas intermedias del simulador.

Desarrollo

El desarrollo del proyecto fue dividido en dos subsistemas. El *software* gráfico, y el dispositivo de interacción (arma).

Primero se presentará el modelo del mundo que simplifica y restringe el ámbito de este proyecto. Posteriormente, la explicación y los resultados obtenidos de cada subsistema serán mostrados.

Modelo del mundo

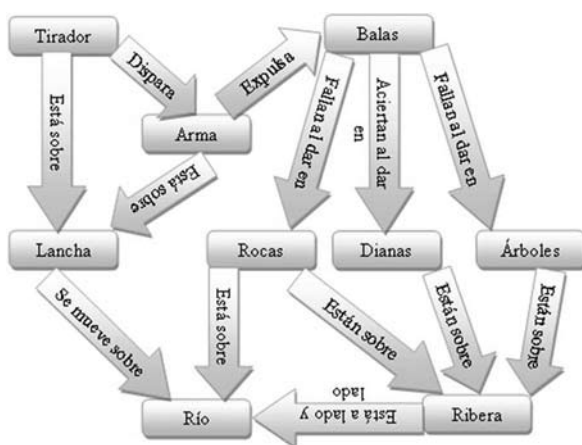


Figura 1: Diagrama del mundo.

En el anterior diagrama se especifican las entidades de interés que deben hacer parte del simulador para un mínimo desempeño (color rojo). También se muestran las relaciones que existen entre ellas (color azul).

Primer subsistema: *software* gráfico

El *software* presenta dos requerimientos principales: la representación, estructuración y visualización de un mundo virtual, y la detección del disparo proveniente del dispositivo de interacción.

En este mundo virtual deben existir todas las entidades mostradas en el modelo del mundo, exceptuando el tirador. La visualización se logró con la librería gráfica de OpenGL[11] para Java (JOGL).

Para la detección del disparo se debe implementar una comunicación entre el dispositivo y el *software*, que será explicada posteriormente en el segundo subsistema. Además, se debe implementar un algoritmo que calcule la trayectoria de los disparos y las colisiones con los elementos del mundo.

A continuación su explicación.

Procedimiento para detección de disparo

- Se obtiene la trayectoria de una bala desde el origen en coordenadas cilíndricas.
- Se obtiene la trayectoria de una bala desde el origen en coordenadas cartesianas:

$$\begin{aligned}
 r(t) &= V_0 \cos(\beta)t \\
 \theta(t) &= \alpha \\
 y(t) &= V_0 \sin(\beta)t - \frac{1}{2}gt^2 \\
 x(t) &= r(t) \cos(\theta(t)) \\
 y(t) &= y(t) \\
 z(t) &= -r(t) \sin(\theta(t))
 \end{aligned}$$

Eq1. Trayectoria de una bala

- Se obtiene la ecuación del plano de un diana con el origen en la posición del arma:

$$\begin{aligned}
 ax + by + cz + d &= 0 \\
 \sin(\theta_{d_i} - \frac{\pi}{2})x + 0y + \cos(\theta_{d_i} - \frac{\pi}{2})z + \\
 (-\sin(\theta_{d_i} - \frac{\pi}{2})(x_{d_i} - x_a) - \\
 \cos(\theta_{d_i} - \frac{\pi}{2})(z_{d_i} - z_a)) &= 0
 \end{aligned}$$

Eq2. Plano de una diana

- Se reemplaza la ecuación de la trayectoria en el plano y se despeja el tiempo. Luego este tiempo se reemplaza en la trayectoria para determinar la posición de la colisión.

$$t = \frac{-d}{aV_0 \cos(\beta) \cos(\alpha) + cV_0 \cos(\beta) \sin(\alpha)}$$

Con a, c y d correspondientes al plano

Eq3. Tiempo de la colisión

e. Con esta posición se halla la posición de la diana relativa al arma y se obtiene la distancia entre el centro de la diana y el punto de colisión. Si la distancia es mayor al radio no hubo acierto, y si es menor se ubica el valor de distancia en uno de los intervalos que determinan diferentes puntajes.

Características finales del *software*

Por último se resumen los resultados del primer subsistema.

- Presenta un usuario unipersonal estático o móvil por un río rectilíneo infinito. Cuando el usuario es móvil, se mueve en una trayectoria que simula el movimiento de la lancha, sólo se puede iniciarla o detenerla.
- Cálculo de trayectoria del disparo; los aciertos quedan marcados en las respectivas dianas.
- Presenta un sistema de puntaje acumulado y parcial de acuerdo con la distancia entre posición del acierto, centro de la diana, y longitud de trayectoria.
- Presenta dianas clásicas fijas y móviles con diferentes tamaños y orientaciones.
- Presenta generación aleatoria de terrenos, posición de las dianas y posición de árboles cada vez que la aplicación inicia. Cuando se mueve el usuario también hay generación automática de las posiciones.
- Presenta la opción de generar una proyección para el ojo derecho y otra para el ojo izquierdo en las proyecciones de perspectiva permitiendo una proyección estereoscópica.
- Presenta dos tipos de arma, la de un solo disparo hace un solo cálculo cuando se accione el gatillo; la de múltiples disparos (simulando un arma automática) hace 10 cálculos por segundo desde que el gatillo se oprime hasta que se suelte.
- Cuenta con un programa de calibración del *joystick* que guarda en un archivo de texto los grados por píxel en el movimiento de elevación y los grados por píxel en el movimiento de rumbo.

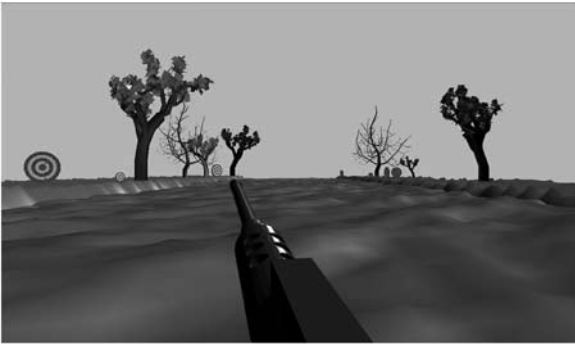


Figura 2: Proyección en perspectiva, diana con disparos marcados.

Segundo subsistema: dispositivo de interacción (arma)

Lo primero que se debe tener en cuenta es que como es una primera versión y una primera etapa en la estrategia incremental, este dispositivo no debe tener las mismas inercias que el arma real. Lo más importante es que pueda comunicarse y estar sincronizado con el *software*.

Para el desarrollo de este dispositivo se implementaron dos opciones con tecnologías y resultados.

A continuación se explica cada uno de estos, y el desarrollo de otro sistema para generar un retroceso físico al disparar.

Implementación de la opción 1 del dispositivo

La estructura básica del dispositivo es un trípode común de cámara fotográfica y de tamaño medio. Esto se decidió porque la estructura sobre la cual está el arma real, también es un trípode con un movimiento que cambia el rumbo y otro que cambia la elevación, con 2 pivotes independientes.

La estrategia consistió en obtener una señal análoga de voltaje por cada grado de libertad y otra para el disparo. Para esto se adaptó un potenciómetro lineal, que cambia la resistencia por rotación a cada pivote, de manera que cuando el usuario maniobre cambiando los ángulos, varíe la resistencia de los potenciómetros. Se obtuvo el evento de disparo por medio de un pulsador anclado al gatillo.

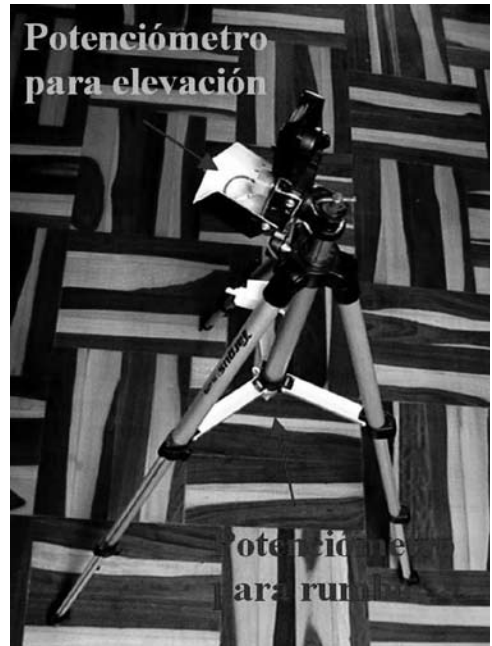


Figura 3: Primera opción para dispositivo de interacción [7] [9].

De tal manera, el circuito para leer la señal análoga fue:

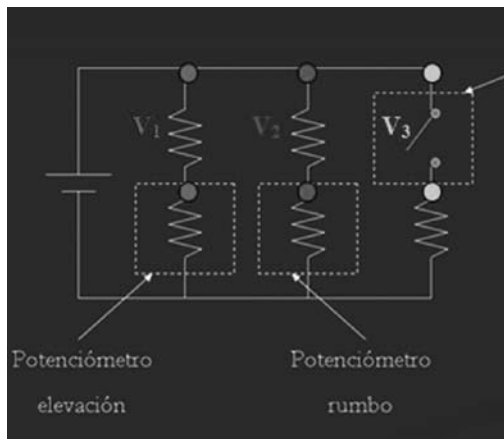


Figura 4: Circuito para la lectura de elevación, rumbo y disparo.

Al medir V_1 y V_2 con una tarjeta de adquisición se puede hallar el valor de la resistencia de los potenciómetros, que es proporcional al valor del ángulo de azimut y el de altura, respectivamente. Para el evento “disparo” se hace la medición de V_3 , toda vez que cuando este voltaje tiende a cero, el gatillo se está accionando.

Entonces, la tarjeta de adquisición sirve como transformador de la señal análoga en señal digital para el computador. El driver de la tarjeta de adquisición devuelve la lectura como un número tipo float, es decir que la señal digital tiene 32 bits.

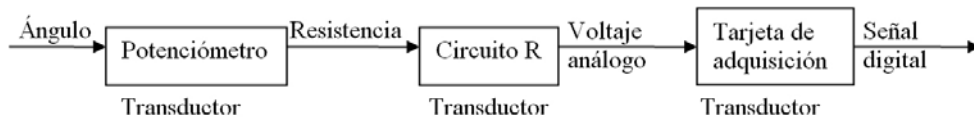


Figura 5: Diagrama de medición generalizado [7], opción 1 del dispositivo.

Implementación de la opción 2 del dispositivo

Considerando las razones expuestas, la solución para el problema de movilidad también fue que la estructura básica del dispositivo fuera un trípode común, de cámara fotográfica y de tamaño medio.

En este caso, se adquirieron digitalmente los ángulos de elevación y rumbo por medio de los encoders de un mouse de bola. Este último cuenta con dos grados de libertad en el desplazamiento horizontal y el vertical del cursor. Esto permite hacer una relación 1-1 con el ángulo de elevación y de rumbo. Es decir, que el objetivo es que cuando se maniobre con el dispositivo, se mueva el cursor en el computador. Se obtuvo el disparo por medio de un pulsador adaptado al gatillo, que permita hacer clic en el circuito interno del mouse (el clic de un mouse es un pulsador).

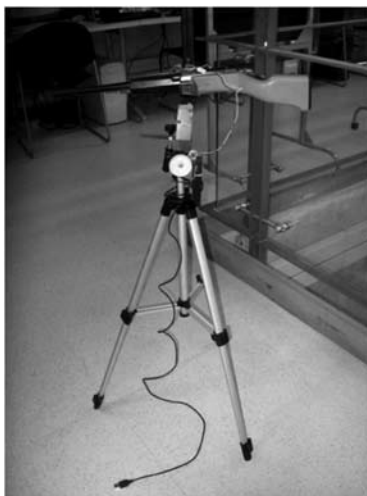
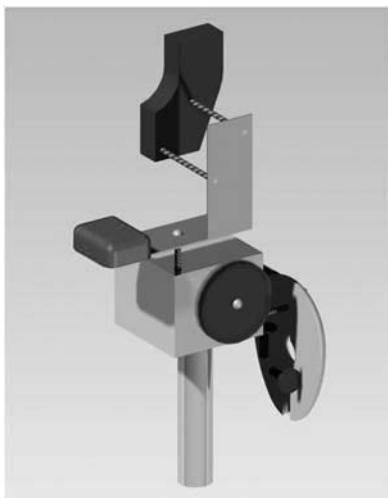


Figura 6: Segunda opción para dispositivo de interacción [7] [9].

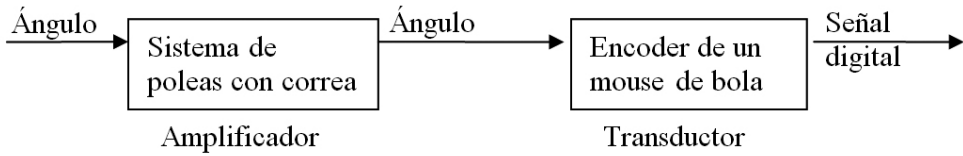


Figura 7: Diagrama de medición generalizado [7], opción 2 del dispositivo.

Implementación de la simulación de un retroceso al disparar

El retroceso se implementó con el accionamiento de una electro-válvula para aire comprimido de 3 vías 2 caminos. Una salida se encuentra tapada todo el tiempo, la otra se encuentra libre. Cuando el gatillo se acciona el aire comprimido irá por la salida libre y chocará contra una pared del dispositivo, simulando el retroceso.

El principal problema fue que el mismo gatillo debía accionar tanto la señal que le informa al computador sobre un disparo, como la señal que acciona la electro-válvula. Para esto, la solución fue utilizar dos relés, uno que independiza las dos señales (relé de 4 patas) y otro que maneja el voltaje AC, que acciona la válvula (relé de 5 patas).

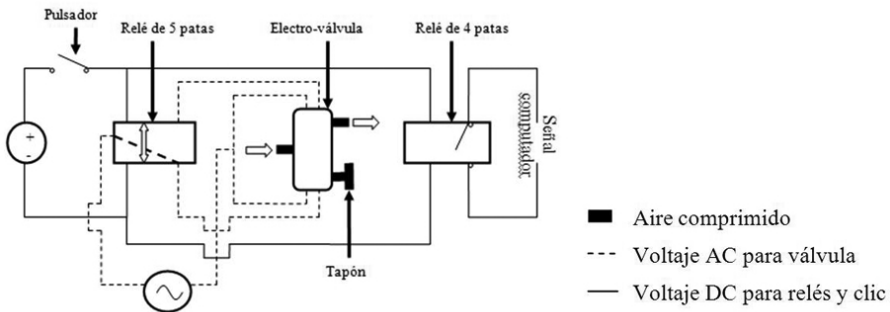


Figura 8: Circuito de accionamiento de electro-válvula y señal a computador en disparo

Conclusiones

- Se desarrolló una primera versión de un simulador de ataque con arma de fuego en un ambiente fluvial.
- Se logró integrar la proyección de un mundo virtual con las acciones de un usuario con un joystick (arma), haciendo una retroalimentación al usuario por medio de puntajes.

- c) La visualización resultó bastante satisfactoria (normal y estereoscópica) y junto a la simulación del efecto de retroceso del arma, permitieron una aceptable inmersión del usuario en el mundo virtual.
- d) Aunque este proyecto presenta inercias bajas, la funcionalidad es adaptable a condiciones más reales.]
- e) La visualización con solo una proyección frontal presenta algunas restricciones para el usuario en este tipo de simulador. Se debe trabajar también en el número de polígonos de algunos elementos, como los árboles, para mejorar la tasa de refresco.
- f) El dispositivo basado en encoders presentó mejores resultados, porque aunque presenta una medición discreta, el ruido al detectar el movimiento es muy bajo comparado con el dispositivo basado en potenciómetros.

Referencias

- [1] CLARK J., KENDIR T., SHECHTER M., ROSA S., “Firearm Laser Training System and Method Employing an Actuatable Target Assembly”, Patente 6575753, USA, Junio 2003.
- [2] LVOVSKIY M., “Training Simulator for Sharp Shooting”, Patente 6942486, USA, Septiembre 2005.
- [3] SUZUKI K., “Shooting Game Machine”, Patente 5366229, USA, Noviembre 1994.
- [4] MORLEY R., BUICK J., “Projected imaged weapon training apparatus”, Patente 4680012, USA, Julio 1987.
- [5] POWELL R., JACOBSEN W., “Laser weapon simulator apparatus with firing detection system”, Patente 5591032, USA, Enero 1997
- [6] EBERT, David S. Texturing and Modeling. Estados Unidos: Editorial AP Professional, 1994 1ed. 323 p.
- [7] SHIGLEY, Joseph E. Diseño en Ingeniería Mecánica .México: Editorial McGraw Hill, 2002 6 ed.1258 p.
- [8] PIAGET, Jean. Psicología de la inteligencia; traducción de Juan Carlos Foix. Buenos Aires: Editorial Psique, c1969. 237 p.
- [9] SHEY, John A. Procesos de Manufactura. México: Editorial McGraw Hill, 2000 3 ed. 1004 p.
- [10] CRAIG, J. J., Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Pearson Prentice Hall, 2005, 3 ed., ISBN 0-201-54361-3
- [11] OpenGL documentation en: <http://www.opengl.org/documentation>



Sergio A. Ordóñez M. Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.