

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SIMULATORS FROM OUT OF SERVICE PLANES FOR PARKS OF DIVERSIONS ”

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SIMULADORES A PARTIR DE AVIONES FUERA DE SERVICIO PARA PARQUES DE DIVERSIÓN

Msc. Iván Darío Arango, Ing. Mauricio Hincapié M.
Ing. Juan Felipe Tettay

Universidad Eafit

(Laboratorio de mecatrónica)

iarango@eafit.edu.co, maurhin@eafit.edu.co, jtettay@eafit.edu.co

Abstract: commercial airplanes are receive as donations that fulfilled of their service life to recreational center. Generally the airplanes available are Boeing 727, Twin Otter or Fokker which have a capacity of 20 –150 passengers and a weight between 10.000 and 100.000 lb. The simulator, is a tool that allows to realism with experience the behavior of the airplane in flight. In this the translucent windows by flat screens of video are replaced that simulate a real flight. The airplane must move synchronously with different degrees depending on the complexity of the equipment and with the displayed video. A system as presented this operating at the moment in a recreational center to the east of Medellín.

Resumen: Los parques de diversiones reciben donaciones de aviones comerciales que cumplieron su ciclo de vida. Los aviones disponibles son por lo general Boeing 727, Twin Otter o Fokker los cuales tienen una capacidad de 20 -150 pasajeros y un peso entre 10,000 y 100,000 lb. El simulador, es una herramienta que permite experimentar con realismo el comportamiento del avión en vuelo. En este se reemplazan las ventanas translucidas por pantallas planas de video que simulan un vuelo real. El avión debe moverse con diferentes grados dependiendo de la complejidad del equipo y sincronizadamente con el video presentado. Un sistema como el presentado esta operando actualmente en un centro recreacional al oriente de Medellín.

Keywords: Virtual reality, simulation, control, LM628, audiovisual system, algorithm of control

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en los parques de diversiones de las grandes ciudades del país se encuentran aviones del tipo comercial Boeing 727, Twin Otter o Fokker

los cuales han sido donados por compañías aéreas. La mayoría de la población infantil colombiana no ha viajado en avión por lo cual el empleo de un sistema de simulación los lleva a una experiencia cercana al del vuelo real, además provee un medio

de entretenimiento educativo que beneficiara a los niños que participen en la experiencia del vuelo simulado.

Existen dos tipos básicos de simuladores de vuelo, el primero es para el entrenamiento de pilotos o personal que no posee la licencia de piloto y desean tener la experiencia de controlar el avión en vuelo. En el mundo existe múltiples compañías que prestan el servicio de simulación de vuelo, en el cual el piloto del avión se ubica dentro de la cabina de un avión real y el parabrisas del avión consta de pantallas que hacen parecer que el avión estuviera realmente volando y debajo de la cabina se cuenta con un mecanismo que los mueve de acuerdo a los comandos que ejecuta el piloto. El segundo tipo es para personas que desean experimentar el vuelo desde la posición de pasajeros, este segundo tipo es empleado en otras muchas como terapia para tratar el problema del miedo a volar.



Fig. 1: Cabina de un simulador de la compañía (www.surclaro.com)

Es por esto que este proyecto un sistema de simulación de vuelo económico al alcance de los parques de diversiones nacionales enfocado a la sensación equivalente a la de ser pasajero de un vuelo real comercial.

El sistema propuesto consta de un sistema audiovisual, (altavoces y pantallas en las ventanas del avión), , un sistema hidráulico de movimiento ,un control de movimientos desarrollado por el laboratorio de mecatrónica de la Universidad. Eafit y Maquitrónica LTDA. los cuales son gobernados por un software el cual sincroniza la operación de todos los sistemas del simulador para generar un ambiente de realidad virtual.

2. SISTEMAS DE UN SIMULADOR DE VUELO PARA PASAJEROS

2.1 Sistema audio-visual

El sistema audiovisual del avión consiste en un conjunto de aparatos que reproducen el sonido y el video necesario para la simulación. La persona entra al avión, se sienta en la silla y ve que en las ventanas originales del avión se encuentran pantallas planas de cristal líquido (TFT). De esta manera, la persona puede ver por la ventana, lo que normalmente se vería en un vuelo de un avión comercial puesto que esto es lo que el video de la simulación muestra. El sistema de audio reproduce el sonido asociado con el video, a través de un sistema ubicado en la cabina (donde van los pasajeros) del avión. El sistema de reproducción de video y de audio es controlado por computador.

Reproducción de video. La reproducción del video dentro del avión se puede llevar a cabo de dos maneras. Es necesario mostrar dos videos diferentes ya que la imagen del lado izquierdo es distinta a la del lado derecho.

Una alternativa es generar la imagen para cada lado con un computador distinto. La imagen de cada lado es generada por un computador que envía la misma al video splitter y éste se encarga de mostrarla en todos los monitores de ese mismo lado. Los computadores deben estar sincronizados para que una imagen no se desfase con respecto a la otra.

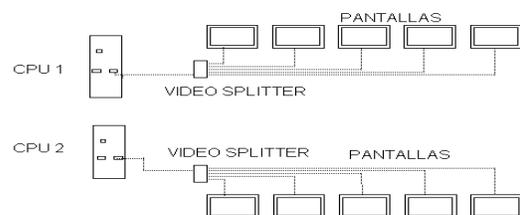


Fig. 2: Configuración con dos CPU para la reproducción del video.

Otra posibilidad es utilizar una tarjeta de video con capacidad para dos monitores, ésta debe tener una memoria de 128 Mb de 8X de velocidad. Para lograr la visualización del video en ambos lados es necesario reproducir los dos videos en el mismo PC y hacer que cada uno de ellos se presente en las pantallas respectivas, y además garantizar la sincronización. El video es una actividad que demanda un alto rendimiento del procesador

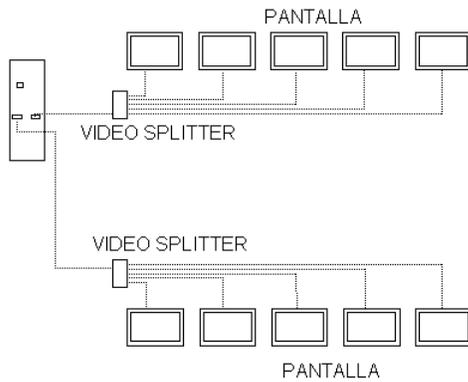


Fig. 3: Configuración con un CPU y doble salida de video para su reproducción.

En el proyecto se selecciono la primer alternativa por su confiabilidad en la reproducción , desempeño técnico y bajos costos.

Reproducción del audio. Para la reproducción de audio se contemplan dos alternativas. El dispositivo principal del sistema es la tarjeta de sonido. Las mainboards integradas de los PC's hoy en día generalmente disponen de un sonido estereofónico solamente. Para este proyecto es preferible un sonido digital 4.1 o 5.1. Este es un formato estándar que quiere decir cuatro o cinco parlantes respectivamente, y un reproductor de bajos. El de cuatro parlantes consta de un parlante frontal derecho, otro parlante frontal izquierdo, otro trasero derecho y otro trasero izquierdo.

El de cinco parlantes tiene los mismos parlantes que el sistema anterior y cuenta adicionalmente con otro parlante frontal central que se encarga de emitir las frecuencias que se encuentran cercanas a las de la voz humana. La tarjeta de sonido debe tener entonces, la capacidad de manejar este tipo de audio, debe poseer audio digital en tiempo real con una velocidad de procesamiento de 320kbps , lo que significa que el sonido se divide en seis canales, cada uno por separado, cuatro son parlantes que manejan un rango de sonido completo, es decir, todas las frecuencias, el otro parlante es un parlante frontal que maneja las voces.

La cantidad de sistemas se deja de acuerdo al gusto del diseñador del simulador y del cliente, dependiendo de la potencia y el espacio que desea cubrir. Estos sistemas están compuestos por 1 bajo, 4 parlantes de rango completo y un parlante frontal que enfatiza voces y frecuencias similares.

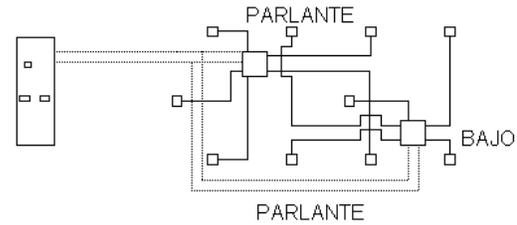


Fig. 4: Conexión sistema de audio alternativa 1

Tarjeta SoundBlaster con dos sistemas de audio (mínimo dos dependiendo del tamaño del avión). Estos sistemas están compuestos por un bajo y cuatro parlantes de rango completo

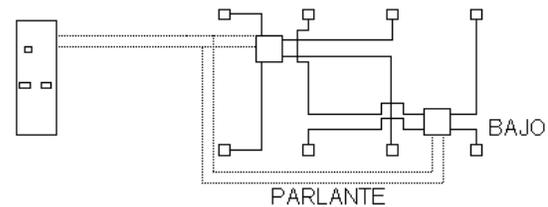


Fig. 5: Conexión sistema de audio alternativa 2

Se selecciono la alternativa con dos sistemas de audio por su mejor desempeño y costos frente a la primer alternativa

2.2 Sistema de movimiento

Para el movimiento del avión se utiliza un sistema hidráulico, ya que el sistema neumático no tiene la suficiente potencia para mover el avión debido a que trabaja a muy baja presión para las cargas que se requiere manejar.

Los grados de libertad posibles para mover un sólido en el espacio son 6; 3 de posicionamiento y 3 de orientación. A mayor numero de grados de libertad la sensación es mas perfecta pero el costo igualmente se incrementa. Aquí se presenta el procedimiento mas económico, es decir un eje pero en caso de presentarse movimientos de mas ejes el procedimiento por eje es igual.

Un movimiento de un grado de libertad permite mover el avión hacia arriba o hacia abajo y orientar la punta en un plano con un restricción en el rango del ángulo. Para lograr que el avión se mueva es necesario pivotarlo en algún punto de manera que

el movimiento sea similar al de un balancín. Para lograr que el avión suba y baje desde la posición horizontal se debe levantar el avión por completo y facilitar que la nariz tenga una inclinación positiva o negativa. Si el avión no se levanta del suelo, como se encuentra actualmente, el avión sólo podrá inclinarse hacia arriba.

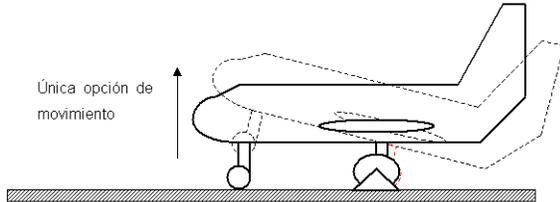


Fig. 6: Movimiento del avión en ascenso.

Una vez se tiene el pivote, se requiere lograr el movimiento en la dirección vertical. Esto se logra conectando un actuador vertical en la punta del avión. Este se fija en el tren de aterrizaje delantero. Este está diseñado para absorber la fuerza de inercia producida por la desaceleración vertical del avión en el momento que toca tierra. Esta fuerza es superior a la estática que es igual al peso del avión luego este es un sitio seguro para ubicar el actuador.

Para lograr que el avión suba y baje desde la posición horizontal es necesario levantar el avión completo y facilitar que la nariz tenga una inclinación positiva o negativa. Si el avión no se levanta del suelo, como se encuentra actualmente, el avión sólo podrá inclinarse hacia arriba, ver Figura 7.

Diseño y selección del equipo hidráulico. Para la selección del equipo hidráulico es necesario definir algunos parámetros que requiere el diseño. Éstos los define el peso del avión, la cantidad de pasajeros, la velocidad que se requiere que alcance el avión en ascenso y descenso, la presión de trabajo y el



Fig. 7: Punto donde se pivota el avión.

Para determinar los parámetros iniciales se toma como base los de el avión Boeing 727 - 200, el cual es el más pesado y común de los aviones que se encuentran en varios parques recreativos aun sin convertir a simulador.

Los datos obtenidos para el montaje final se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros del sistema hidráulico

A. PARÁMETROS	
Peso a levantar con el sistema hidráulico	20000 Kg
Presión de trabajo del sistema	2000 PSI
Velocidad de subida del vástago	10 cm/s
Aceleración de la carga subiendo	g/2
Recorrido	1 m
Cilindro pivotado en los dos extremos	

Selección del cilindro. Es necesario hacer un estimativo del diámetro del pistón para saber cual serie de pistones de las producidas por los fabricantes se puede seleccionar. Con la ecuaciones (1), (3) y (4) es posible determinar el área del pistón y el diámetro.

$$F_T = F_i + F_p \quad (1)$$

$$F_T = ma + mg \quad (2)$$

$$P = \frac{F_T}{A} \therefore A = \frac{F_T}{P} = \frac{29996 * 2.2}{2000 PSI} = 33 in^2 \quad (3)$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 6.48 in \quad (4)$$

La selección del diámetro de cilindro comercial más cercano es 6 pulgadas. Al trabajar con esta área es posible reducir la presión de trabajo a 1560 PSI y obtener una fuerza de 213,810 N en el actuador.

La aceleración posible es suficiente para la sensación deseada.

Las especificaciones son entonces:

Diámetro del pistón: 6 in.
Diámetro del vástago: 4 in

Carrera: 1000
mm
Rosca de la terminación del vástago: UNF.

En la línea de retorno del puerto B del cilindro se adiciona una válvula contrabalance con un presión de ajuste que impida que al bajar la carga no se acelere mas de lo establecido.

La bomba seleccionada fue una de tipo piñones, la cual es impulsada por un motor eléctrico trifásico de corriente alterna con una potencia de 30.13 HP.

2.2 Control de movimientos.

Para realizar el control de movimiento del sistema hidráulico se utiliza el esquema de control de la figura 8. compuesto por: el controlador, el sistema hidráulico que ya se explico en los apartados anteriores, el encoder y el computador cuya única función es parametrizar el controlador y monitorear las diferentes señales del sistema.

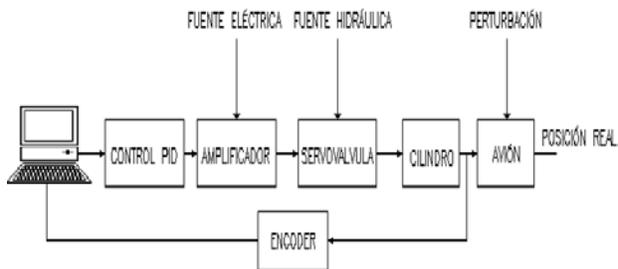


Fig. 8: Diagrama de control del sistema de movimiento

La tarjeta de control. Es una tarjeta Indexer driver diseñada por la empresa Maquitrónica S.A. Esta tarjeta realiza la función del controlador clásico PID cuyo algoritmo digital se encuentra al interior del circuito integrado LM 628. La ecuación discreta que procesa el dispositivo es la siguiente:

$$u(k) = kp e(k) + ki \sum_{K=0}^k e(k) + kd [e(k) - e(k-1)] \quad (5)$$

donde,

$u(k)$: señal del controlador.

$e(k)$: señal de error.

kp , ki , kd : parámetros del controlador PID los cuales se calcularon basándose en la función de transferencia de la válvula proporcional obtenida de la curva del catalogo de la válvula. (figura 9)

$$G(s) = \frac{2500}{S^2 + 69S + 2500} \quad (6)$$

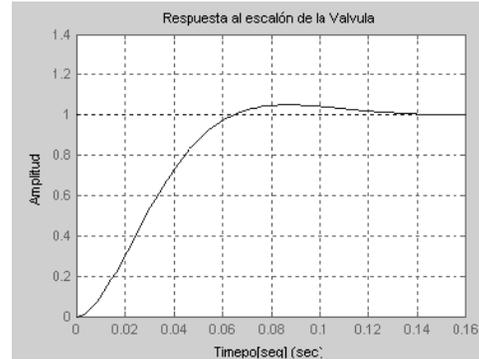


Fig. 9: Curva de respuesta de la válvula proporcional

La ecuación 5 muestra la función de transferencia de segundo orden con una respuesta bastante buena, luego se discretizo esta función y se calcularon los parámetros del controlador PID.

El encoder. Este dispositivo es un sensor de posición que entrega un numero específico de pulsos digitales por cada revolución de su eje, en el sistema hidráulico entregaba 20 pulsos por cada centímetro que se desplazaba el cilindro.

La comunicación entre el controlador y el computador se hace mediante el puerto serial. La tarjeta que contiene el controlador recibe la información del computador vía serial e interpreta los datos y ordena al controlador llevar el actuador a la posición deseada. El mismo controlador recibe la información de los pulsos enviados por el encoder y sabe en qué posición se encuentra el actuador en ese momento.

El software. El control de la parte audiovisual y los movimientos es hecho mediante un programa diseñado para esta aplicación.

Como se vio anteriormente, para el sistema de audio y video se utiliza un solo computador con capacidad para manejar 2 monitores. Este equipo tiene una alta carga de procesamiento, por lo que no es aconsejable que controle también el sistema de movimiento. Así mismo, es necesario que el operario de la atracción tenga una pantalla dónde supervisar los sistemas y desde allí pueda operar el simulador. Debido a esto es necesario que se utilice otro computador para la parte de control del sistema hidráulico y también para que el operario controle el simulador. Este segundo computador, llamado servidor, se encarga de regular los movimientos y activar, reiniciar o detener el

sistema audiovisual mediante una conexión por red.

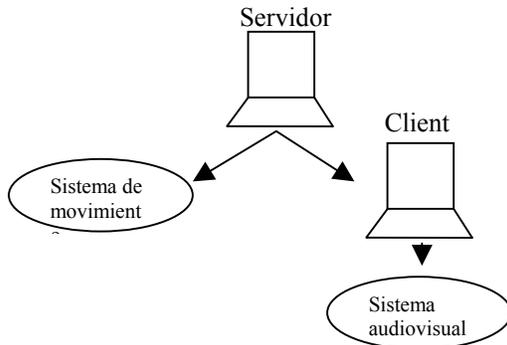


Fig. 10: Administrador de todo el sistema

El servidor es controlado por el operario. En éste es posible regular todas las operaciones del simulador ya que controla el sistema de movimiento directamente y a su vez, controla el computador cliente, quien se encarga de manejar el sistema audiovisual. Para esta aplicación el servidor le ordena al cliente comenzar, reiniciar o detener el audio y el video.

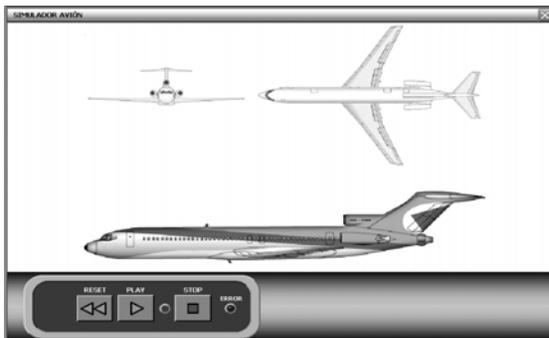


Fig. 11: Aspecto final de simulador de vuelo.

3. CONCLUSIONES

1. La sincronización del video con los movimientos debe hacerse mediante un método asincrónico, es decir, se debe definir una velocidad de reproducción de manera que los dos sistemas funcionen paralelamente.
2. La retroalimentación de posición requiere de una alta tasa de procesamiento

ocasionando que el video se congele por lo que el simulador pierde validez.

3. para este caso los sistemas hidráulicos son los ideales ya que un sistema neumático no es lo suficientemente capaz de mover las toneladas que pesa un avión comercial. Así mismo, los actuadores eléctricos son costosos y aún no muy utilizados en el país, por lo que su consecución, instalación y mantenimiento son complicados.
4. El sistema hidráulico genera mucha inercia haciendo que las prestaciones del controlador sean muy altas.

REFERENCIAS

- Maquitrónica Ltda.(2004). Memorias de fabricación de la Atracción ICARO. Medellín
- Tetty, Juan Felipe. (2004). Tesis 'Diseño de un sistema para simulación de un vuelo en un avión comercial' Universidad EAFIT
- Manual Parker, Parker Hydraulic Products And Total Systems Engineering
- Ogata, K. (1987). Discrete-Time Control Systems. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Merritt, H. (1967). Hidraulic Control Systems . Jhon Wiley & Sons, New York
- www.surclaro.com