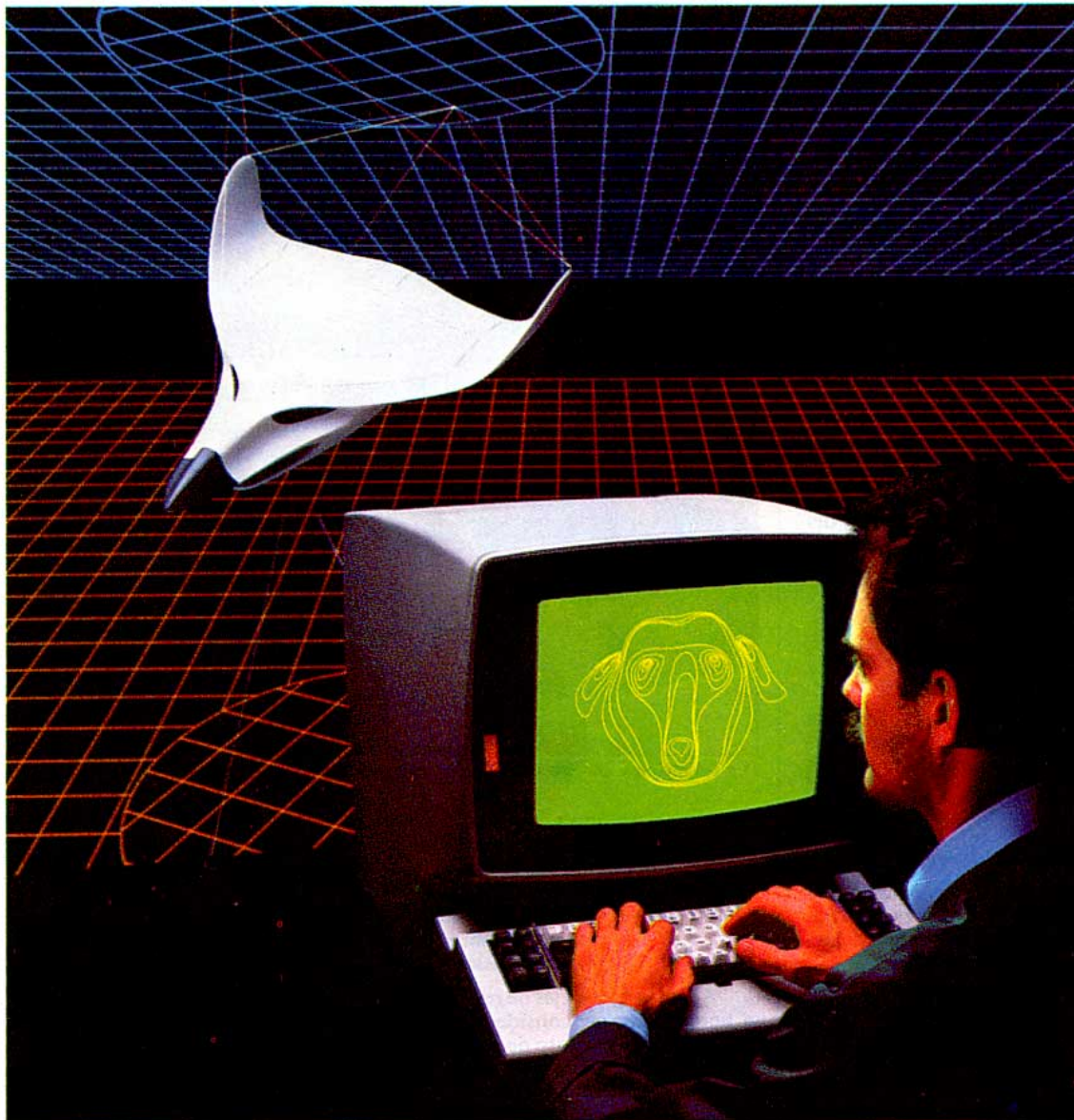




Generación de imágenes por computador en tiempo real

El sentido de la vista es, sin duda, aquel que proporciona al hombre la mayor cantidad de información relativa a la naturaleza de su entorno. Cuando el Punto de Visión del observador se mueve en un escenario, esta información cambia a gran velocidad.

Cualquier Sistema que pretenda simular, en tiempo real, aquello que es capaz de ver el hombre con sus ojos, cuando se traslada de un punto a otro, siguiendo una trayectoria no determinada a priori, se enfrentará con un problema extraordinariamente complejo. Escribe PEDRO GARCIA VEGA.

La complejidad de cualquier Sistema que se quiera simular deriva, fundamentalmente, de la gran cantidad de información que es necesario procesar, en intervalos de tiempo muy pequeños, para dar la impresión de continuidad y realismo en la imagen representada.

La unidad de información visual se denomina pixel (del inglés "picture element") y cualquier imagen puede construirse mediante un conjunto de pixels.

Un análisis de las características del ojo humano nos lleva a la conclusión de que para reproducir una imagen en movimiento con absoluto realismo es necesario generar cada 20 milisegundos del orden de un millón de pixels, a cada uno de los cuales es preciso asignar al menos 12 bits de información (color e intensidad), supuesto un campo visual de 30° por 45° aproximadamente. Esto nos da una idea de la magnitud del problema desde el punto de vista electrónico e informático.

PROCESOS A REALIZAR

Los procesos más significativos que cualquier sistema de generación de imágenes por computador debe realizar son los siguientes:

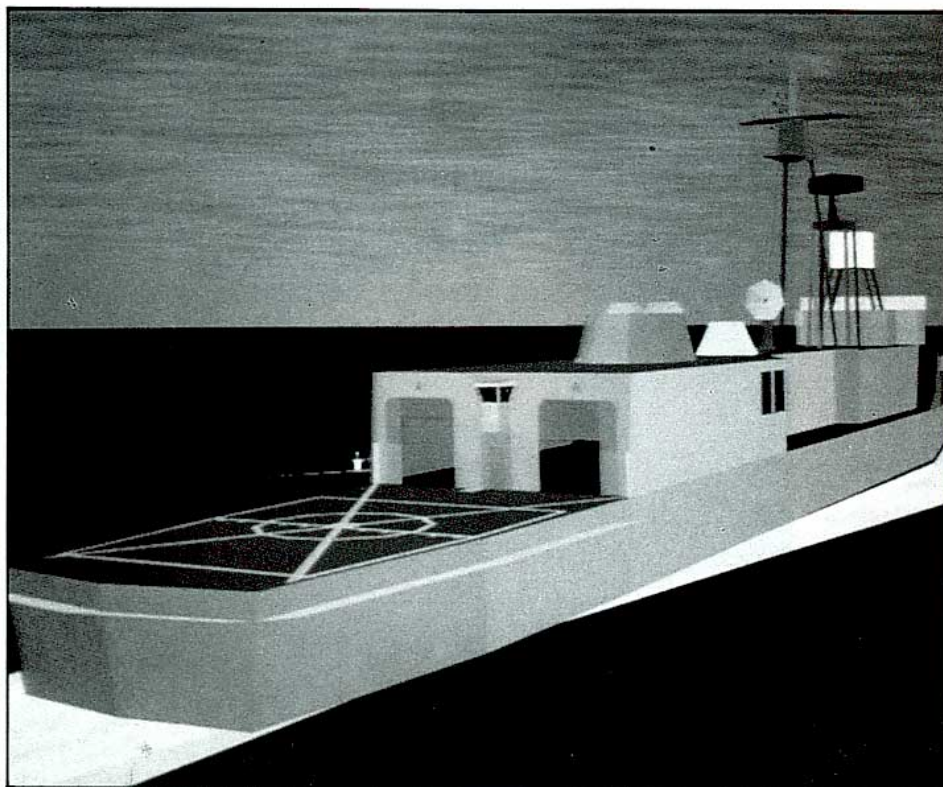
a) Definición del escenario

Esta definición está condicionada por la finalidad de la simulación, que es el entrenamiento en la mayoría de los casos. Dependiendo de este fin se detallarán más o menos ciertas partes del mismo, concentrando el interés en los elementos de mayor utilidad para satisfacer los requisitos de la simulación.

Cualquier escenario está constituido por un conjunto de objetos que hay que modelar debidamente. Un objeto se modela mediante un conjunto de polígonos y de puntos. Dependiendo del número de éstos el objeto gozará de un mayor o menor grado de realismo. Cada polígono se define por las coordenadas de sus vértices referidas a un sistema de ejes fijo, ligado a tierra, así como por su color y reflectividad. Los puntos se utilizan, normalmente, para simular fuentes luminosas discretas.

La definición y construcción de escenarios es una tarea laboriosa y delicada que requiere la ayuda de fotografías, mapas y ciertos programas de ordenador auxiliares, así como digitalizadores. El resultado de esta tarea es un fichero de datos en donde figuran los objetos, las coordenadas de sus polígonos y puntos, y sus características particulares. Toda esta información, que se construye mediante la ayuda de un ordenador, se almacena normalmente en un disco.

Conviene resaltar que, como la cantidad de detalle con que se puede modelar un objeto es muy variable, y que con la distancia los detalles no son observables, es interesante disponer de varios modelos de un



La definición y construcción de escenarios es una tarea laboriosa y delicada.

mismo objeto, cuya utilización dependerá de la distancia a la que se observe.

b) Proyección de datos del escenario sobre el Plano de Visión

Además de los ejes de referencia ligados a tierra, conviene considerar otros ligados al observador o Punto de Visión. Estos ejes se definen, en todo momento, mediante 6 parámetros: los ángulos de Euler y la posición del Punto de Visión, referida a los ejes de tierra.

El plano de Visión está ligado a los ejes que se mueven con el Punto de Visión, desde el que se desea observar una pequeña parte del escenario. El Cuadro de Visión es la ventana a través de la cual se ve el escenario y se encuentra en el Plano de Visión, viniendo definido por el ángulo de visión, tanto horizontal como vertical. Con objeto de no obtener imágenes deformadas, estos ángulos suelen ser del orden de unos 40°. Si se desea obtener una imagen con mayor apertura se disponen varios canales adyacentes, hasta conseguir el ángulo que se desee.

Existe, en primer lugar, una limitación de visión por distancia. En condiciones de visibilidad óptima, existirá una distancia máxima de percepción para cada objeto y con niebla, bruma o calima, esta distancia se reduce considerablemente.

Por lo tanto, todos los objetos cuya distancia al Punto de Visión excedan la visibilidad seleccionada, pueden eliminarse automáticamente. Los restantes serán observados, en un canal, si caen dentro del

Campo de Visión. De los objetos observables habrá que eliminar los ocultos por otros y las partes de ellos ocultos por sí mismos.

Una vez seleccionados los objetos que se encuentran en el Campo de Visión, por cada canal, habrá que proyectar sobre el Plano de Visión la imagen correspondiente, para lo cual es necesario calcular las intersecciones con el Plano de Visión de las rectas que unen el punto de Visión con los vértices y puntos de cada objeto. Es posible que para un polígono en particular, un trozo quede dentro del Cuadro de Visión y otro fuera, por lo que deberá recortarse el polígono debidamente. Esta técnica se conoce como "clipping".

Todos estos procesos, que deben realizarse en tiempo real, conllevan lo siguiente:

- Determinación de objetos en Distancia de Visión.
- Determinación de objetos en Campo de Visión.
- Determinación de polígonos que no son observables, aún estando en el Campo de Visión.
- Proyección de polígonos y puntos sobre el Plano de Visión.
- Recortado de polígonos (Clipping).
- Resolución de problemas de ocultación.

c) Presentación de los datos del Plano de Visión

Independientemente de si la información se presenta sobre un tubo de rayos

catódicos, a través de un colimador, o mediante proyectores, existen dos técnicas de presentación clásicas:

- Caligráfica.
- Barrido.

Las ventajas de esta última técnica, con respecto a la anterior, son significativas, por lo que la tendencia moderna de todos los fabricantes es la de presentación por barrido.

PROBLEMAS ASOCIADOS A LA GENERACION DE IMAGENES POR COMPUTADOR

Los problemas asociados a la generación de imágenes por computador se deben, todos ellos, al hecho de que las imágenes se muestrean de forma discreta y a que los pixels son apreciables para el ojo humano. La información asociada a cada pixel puede observarse en la retina, produciéndose discontinuidades de uno a otro pixel. En una imagen real la información procedente del mundo exterior excede la capacidad de resolución de la retina por lo que las variaciones de uno a otro punto se integran. Las imágenes producidas por la TV ordinaria también están debidamente integradas, mientras que las generadas digitalmente por ordenador no lo están, ya que el color y la intensidad asociados a un pixel corresponden al valor de dichos parámetros en el centro del pixel. Esta es la razón por la que en la TV no son observables problemas que aparecieron asociados a la generación de imágenes digitales.

La realización de muestreo, tanto en el tiempo como en el espacio, ocasiona problemas que se conocen normalmente con el nombre genérico de "aliasing" y del que existen dos tipos: temporal y espacial.

Los fenómenos de **aliasing temporal** son menos importantes y su efecto es apreciable cuando el movimiento de una superficie coincide con la frecuencia de barrido.

Los fenómenos de **aliasing espacial**, pueden llegar a resultar particularmente molestos, sobre todo debido a que el ojo es mucho más sensible a las variaciones de intensidad, color o formas, que a cualquier defecto que no varíe con el tiempo. El resultado es que el observador se concentra en el aliasing y en las fluctuaciones de imagen de forma instintiva, distrayendo su atención del resto de la imagen.

El aliasing es particularmente observable en las fronteras de polígonos, que aparecen como líneas quebradas o escaleras. El resultado es mucho más apreciable cuando estas fronteras se mueven, produciéndose un efecto que se denomina "crawling". En situaciones de imágenes estáticas, las escaleras o "stair-stepping" son menos molestas.

También resulta particularmente desagradable para el observador el fenómeno de "scintillation" que se produce cuando objetos pequeños, cuyo tamaño es del orden de un pixel, se mueven a lo largo de la

pantalla, ya que en algunas ocasiones se pueden observar al caer en el centro de un pixel, y otras no, con lo que el resultado es un parpadeo del objeto, o un aumento y disminución de tamaño altamente molesto.

En general, el aliasing es mucho más apreciable en fronteras que delimitan polígonos de propiedades muy distintas, particularmente las luminosas, ya que el ojo es mucho más sensible a variaciones de intensidad que a variaciones de color. Dos polígonos adyacentes con el mismo color y diferente intensidad son extraordinariamente propensos a originar problemas de aliasing, mucho más que dos polígonos adyacentes con distinto color pero con la misma intensidad luminosa.

La solución a los problemas de aliasing, desde el punto de vista teórico, se conoce. La dificultad estriba en aplicar soluciones que no conlleven procesos excesivamente complejos desde el punto de vista de cálculo.

Una forma de evitar el aliasing es aumentar el número de pixels de la imagen, hasta exceder la capacidad de resolución de la retina, con lo que se produciría una integración natural en el ojo. Esto significaría, para una apertura de 16 x 16 grados, disponer de más de un millón de pixels.

La otra forma de resolver el aliasing es mediante la integración de las variaciones de información allá donde se produzcan. Para ello es necesario resolver la imagen en el Cuadro de Visión con una resolución superior a la del pixel.

Todas las técnicas de antialiasing a aplicar dependen fundamentalmente de las características de la imagen en cada momento y pretenden realizar una integración de la señal, es decir, actúan como un filtro paso bajo.

TECNICAS EMPLEADAS ACTUALMENTE EN LA GENERACION DE IMAGENES POR COMPUTADOR

Desde la aparición del primer sistema de generación de imágenes por computador a finales de los años 50, construido por General Electric, que empleaba técnicas electrónicas analógicas, hasta los modernos sistemas, las prestaciones de los mismos y las características de estos equipos han evolucionado notablemente.

La evolución se produjo inicialmente con las técnicas digitales, introducidas a finales de los años 60, en las áreas de proceso y de cálculo, y posteriormente en los años 70, con la aparición de tubos de alta resolución, que junto con una mayor capacidad de cálculo permitieron abordar el problema de resolución de imágenes a nivel de pixel.

No obstante, y a pesar de los avances de la tecnología, los sistemas actuales siguen proporcionando unas capacidades limitadas, en particular, en condiciones de visibilidad diurna, y sus precios son extraordinariamente elevados.

En general, puede decirse que la tendencia moderna, en cuanto a presentación y tratamiento de imagen, es la del barrido y resolución de problemas a nivel de pixel. Como las capacidades de los sistemas son bastante limitadas en cuanto al número de polígonos que pueden presentar y actualizar en tiempo real, las imágenes que se obtienen resultan bastante planas, perdiéndose la sensación de profundidad o de "masa de aire", por lo que muchos fabricantes en vez de aumentar la cantidad de superficies tienden a mantenerlas en número enriqueciéndolas con lo que se conoce como textura. La textura no es más que una variación de las propiedades de intensidad sobre una superficie. La ley de variación otorga a la superficie una riqueza tonal que la aproxima más a la realidad.

Actualmente se están introduciendo técnicas de digitalización de fotografías que permiten incorporar al escenario objetos de gran realismo.

La cantidad de energía luminosa que se requiere para reproducir una imagen diurna, y su riqueza de color, son las razones principales por las que se emplean monitores de barrido en color, o tubos de tipo TV de alta resolución. En algunos casos se recurre a proyectores, aunque éstos plantean problemas de espacio y de coste.

En cuanto a las técnicas de proceso, los sistemas más modernos en la actualidad, siguen empleando estructuras de cálculo tipo "pipeline" y calculadores específicos (VLSI, multiplicadores, "gate arrays", etc.).

No obstante, es presumible que con la aparición de nuevos y avanzados calculadores de uso general (microprocesadores) algunos fabricantes opten por soluciones basadas en este tipo de circuitería.

Según dos especialistas en la materia, Cohen y Demetrescu, el futuro de estos sistemas estará basado en el empleo de un número elevado de procesadores VLSI idénticos, con lo que se combinarán la simplicidad del diseño y la velocidad del paralelismo. ■



Pedro García Vega, ingeniero aeronáutico, ha desarrollado su carrera profesional en Ceselsa. Actualmente es director de la División de Simulación y Aviónica de dicha empresa.