

Parámetros a evaluar en un sistema de procesado digital de imágenes

L. Gómez González y A. Lago Ferreiro

Dep. de Electrónica de la Fac. de Física y Servicio de Procesado de
Imágenes de la U. de Santiago, 15071 Santiago de Compostela.

A la hora de adquirir, modificar o sustituir un sistema de proceso digital de imagen (P.D.I.), resulta en general difícil y problemático el deducir qué tipo de sistema y/o partes del mismo se deben seleccionar.

En el presente trabajo se hace una evaluación de los diversos parámetros y factores a tener en cuenta, así como su importancia relativa de acuerdo con las circunstancias en las que se va a decidir la adquisición y el entorno en que se va a utilizar el sistema.

Especial atención se presta a los sistemas comercializados de propósito general más fácilmente accesibles al usuario español, analizando con detalle su arquitectura, velocidad de proceso, así como su aplicación al campo que más nos interesa: la teledetección.

Para ello se dividen los sistemas de proceso digital de imagen en tres categorías. La primera comprende aquellos que están constituidos por un ordenador de propósito general, al que se le conectan "placas" que contienen básicamente los convertidores A/D y D/A, así como la memoria RAM que hace de "buffer" adaptativo entre las diferentes velocidades del sistema de captación (cámara de TV, etc.), procesamiento (ordenador de propósito general) y sistema de presentación (monitor TV, etc.).

En la segunda categoría se incluyen aquellos sistemas comerciales con arquitecturas específicas, que permiten realizar algunos tipos de proceso sobre imagen e incluso que son ellos mismos programables, pero que es necesario o aconsejable estén conectados a un ordenador de propósito general.

En la tercera categoría se incluyen los sistemas desarrollados en Universidades o Centros de Investigación que explotan en gran manera el paralelismo a la hora de aumentar la velocidad de proceso, así como la utilización de memorias RAM y masivas de gran capacidad y pequeños tiempos de acceso. Al no estar disponibles de momento comercialmente, así como la existencia de publicaciones especializadas que los describen, ha hecho que se le preste poca atención en el presente trabajo, remitiendo al lector interesado a las referencias (1)-(10), etc.

Un aspecto interesante en relación con esta última categoría de sistemas, que serán los que aparecerán comercialmente en el futuro, es el desarrollo de lenguajes de programación exclusivos o adaptados al proceso de imagen, con el fin de que los sistemas de proceso de imagen sean cada vez más fácilmente manejables por personal menos especializado.

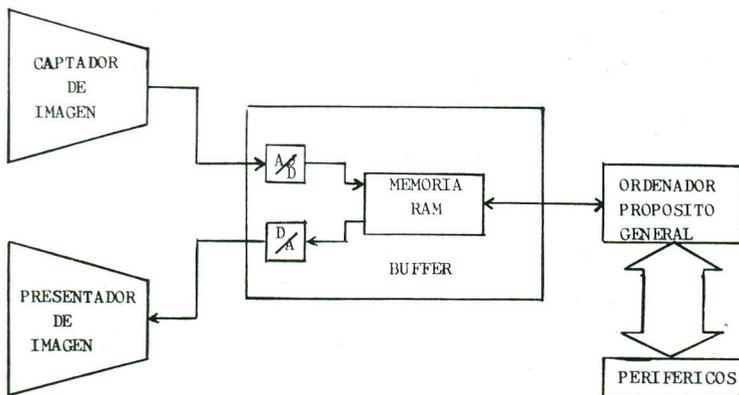


FIG. 1. SISTEMA DE PROCESO DIGITAL DE IMAGEN BASADO EN
ORDENADOR DE PROPOSITO GENERAL

Como se ha dicho los sistemas pertenecientes a la primera categoría presentan una arquitectura como la indicada en la figura 1. Existen varios fabricantes de estos "buffers" con precisión de hasta 512x512 pixels o incluso superior, si bien dudamos de la utilidad práctica de estos últimos.

Su cualidad principal reside en la economía pues permiten disponer de un sistema de procesado de imágenes si se posee o se puede conseguir un ordenador de propósito general, sin más que conectar la placa al mismo.

En la práctica estos sistemas suelen ser lentos, especialmente para realizar determinados algoritmos y es necesario implementar mucho software sobre los mismos. El porqué de todo ello reside en que la arquitectura de un ordenador de propósito general no es realmente la más adecuada para implementar muchos algoritmos de proceso de imagen. Así por ejemplo, no se debe olvidar que una imagen es una matriz de números (512x512, generalmente) y que la arquitectura de un ordenador de propósito general no es la más adecuada para operar con matrices, sobre todo si éstas son de grandes dimensiones, por lo que realmente lo que hacen este tipo de procesadores es simular por software la arquitectura (hardware) de un sistema de proceso digital de imágenes. Por todo ello, las operaciones que realice sobre estas matrices emplearán mucho tiempo de C.P.U., a no ser que sean de poca dimensión, como ocurre por ejemplo, en las aplicaciones de Robótica en las que la matriz correspondiente a una imagen es frecuente que tenga unas dimensiones de sólo 64x64 pixels, ya que en este tipo de aplicaciones es muy corriente que no sea necesaria una mayor precisión. En estas situaciones además, los procesos a realizar sobre la imagen suelen ser simples, por lo que el ordenador podrá ser del tipo PC, aunque deseablemente se elegirán de entre éstos, aquéllos modelos con mayor cantidad de memoria

y velocidad de cálculo (máxima frecuencia de reloj, etc.).

Lógicamente el precio está muy directamente relacionado con la precisión y velocidad deseada, así como por el software suministrado por el fabricante. Opinamos que una precisión de 256x256 pixels es la óptima para los sistemas basados en PCs, teniendo en cuenta la relación entre las prestaciones con respecto a las posibilidades de cálculo, precio y calidad de imagen.

En la segunda categoría, incluiremos aquellos sistemas que están constituidos también por dos bloques o partes, fig. 2. Uno de ellos constituye el ordenador de propósito general, que ya no es tan necesario que sea tan potente como en el caso anterior. El otro bloque lo constituye ya un cierto procesador de imagen. Como se ha dicho, los inconvenientes y el elevado tiempo de proceso empleado por un ordenador de propósito general en implementar algunas rutinas elementales y muy utilizadas de proceso de imagen (por ej., la rotación de una imagen), hizo que algunos fabricantes añadieran una unidad

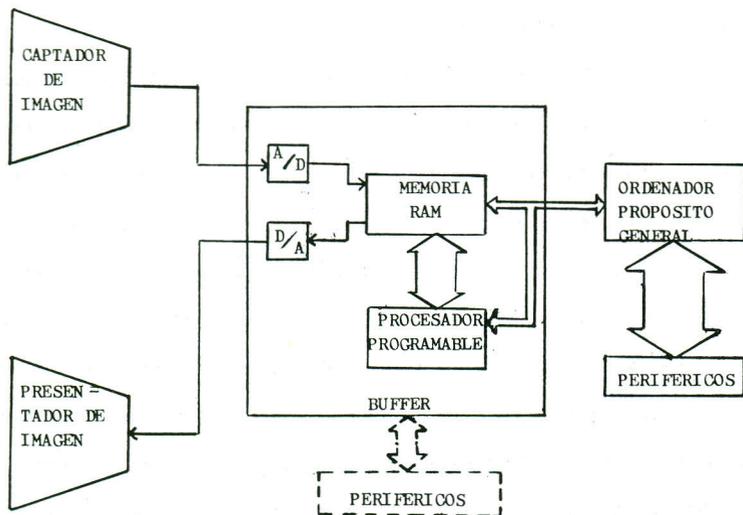


FIG 2 SISTEMA DE PROCESO DIGITAL DE IMAGEN CON PROCESADOR PROGRAMABLE.

de proceso que actuase directamente sobre la memoria RAM del buffer anteriormente descrito, configurada en tal forma que algunas rutinas pudieran ser realizadas en forma simple y rápida con cierta independencia del ordenador de propósito general.

Dentro de esta categoría se incluirían algunos pre-procesos y post-procesos muy frecuentes de realizar sobre un gran porcentaje de imágenes como paso previo o posterior al proceso básico, y que liberan al ordenador de mucho trabajo. A esta categoría pertenecen un gran porcentaje de los sistemas comercializados en la actualidad, que se diferencian por la velocidad de cálculo (algunos incluso utilizan procesadores paralelos), programabilidad para realizar secuencias de operaciones, e interacción con el ordenador de propósito general. En muchos casos las tareas realizadas por ambos procesadores son casi independientes, al ser el procesador de imagen directamente programable, mientras que en otros, son programados y controlada la unidad de cálculo desde el ordenador de propósito general.

Desgraciadamente, la unidad de proceso de imagen no suele conjugar las características de velocidad, con las de programabilidad y adaptabilidad a la tarea o tareas a realizar, por lo que el comprador debe elegir al considerar entre estos factores, entre procesador rápido pero poco versátil o relativamente menos rápido pero más versátil. Cuando se desea un procesador de uso general, se elegirá la segunda alternativa, mientras que si se desea para una determinada aplicación o aplicaciones específicas, se podrá elegir la primera (siempre claro está que realice los procesos encargados), si bien la posibilidad que poseen algunos sistemas de programarlos y adaptarlos para realizar determinados procesos (procesadores microprogramables), puede llegado el caso hacerlos competitivos en velocidad con sistemas que realizan muy rápidamente determinados algoritmos.

En relación con estos aspectos no se debe olvidar que en general la precisión deseable en P.D.I. es solamente de 8 bits, por lo que la utilización de procesadores de gran precisión no está justificada, a no ser por la mayor velocidad de cálculo de estos últimos y al no existir en el mercado procesadores rápidos de 8 bits.

Otro punto a tener en cuenta es la existencia de hardware específico para realizar determinadas operaciones elementales (multiplicadores, operadores de convolución, etc.), bien incluido en el propio procesador o bien en forma de placas conectables, lo que permite disminuir en gran manera el tiempo de proceso en la realización de algoritmos que incluyan estas operaciones.

A continuación se analizarán algunos parámetros básicos a considerar en los sistemas de P.D.I.

VELOCIDAD DE PROCESO: Este parámetro tan básico en un sistema de procesamiento digital de imágenes, resulta en la práctica muy difícil de evaluar. El mismo dependerá de la arquitectura del sistema y su relación con los tipos de algoritmos a realizar, tamaño, precisión, paralelismo y velocidad del procesador o procesadores empleados (array procesor), microprocesadores empleados, su número, precisión, frecuencias de reloj así como la tarea a la que están dedicados (control de periféricos, cálculo, etc.), de los tiempos de acceso de las memorias, procesadores específicos que posean o que sean posible conectarlos, etc. La existencia y/o la posibilidad de conectar procesadores específicos, como se ha dicho, es un aspecto muy importante en un sistema de proceso de imagen, característica que no poseen muchos de los procesadores comercializados.

Algunos de los sistemas diseñados estos últimos años poseen procesadores microprogramables. Aunque en teoría estos procesadores

son más lentos que los directamente cableados, en la práctica, debido a su gran capacidad de adaptación a la tarea o tareas a realizar, hacen que resulten más rápidos. Especial precaución se tendrá al determinar las velocidades de este tipo de procesadores, pues algunos fabricantes evalúan como número de MIPS, el de las microinstrucciones, y no instrucciones, que es lo que realmente interesa. Se recuerda que una instrucción de un procesador microprogramable está constituida por un conjunto de microinstrucciones. Por otra parte, no debe olvidarse que las instrucciones no emplean todas el mismo tiempo en ejecutarse. Si bien la velocidad es un aspecto importante, ésto hay que considerarla en el entorno de circunstancias en que se utiliza el procesador, pues en general suele dar casi lo mismo que un determinado proceso de imágenes tarde 1 minuto que 2, 1 hora que 2, 1 día que 2, sobre todo cuando el proceso se realiza por el ordenador y éste está dedicado en exclusiva al P.D.I. Lo que si ya no suele resultar igual es que tarde 1 minuto que 1 hora, 1 hora que 1 día, etc. Al respecto no se debe también olvidar que un límite en la investigación actual en el campo del P.D.I. reside en la velocidad de cálculo del procesador.

Otro punto que habrá que tener en cuenta en algunos casos, es la posibilidad de procesado en tiempo real. Los módulos o ampliaciones frecuentemente ofertadas habrá que analizarlas con detalle estudiando las posibilidades que presentan.

MEMORIAS DE IMAGEN: Un aspecto importante es la capacidad de la memoria de imagen, así como sus posibilidades de configuración y acceso. Normalmente, se tendrá memoria rápida RAM de imagen en el P.D.I. propiamente dicho, memoria RAM en el ordenador y memorias masivas (discos y cintas magnéticas).

La memoria RAM de imagen en el procesador, aparte de su

capacidad, es muy conveniente que sea posible programarla en los más diversos formatos (por ejemplo, alta precisión 1024x1024, media 512x512, baja 256x256 o muy baja 64x64). Su elevado costo hace que interese adquirir el menor volumen de la misma, debiendo tenerse en cuenta, al determinar su tamaño, el número y precisión de las imágenes a emplear simultáneamente en un cálculo, pues en general, será rápido y sencillo volcar imágenes de una unidad de disco duro a esta memoria y recíprocamente. Así mismo, se analizará la necesidad de memoria para almacenar datos intermedios durante la ejecución de determinados algoritmos (FFT, por ejemplo).

Al ordenador asociado, si su utilización es de uso exclusivo, será preferible y en general más económico, que posea elevada capacidad de memoria RAM. En ella se podrán almacenar imágenes y transferirlas a gran velocidad a la memoria RAM del procesador y recíprocamente, esto claro está si la interactividad procesador de imagen-ordenador es buena, (conexión en paralelo).

Respecto a las memorias masivas, es conveniente que el ordenador posea disco duro de la mayor capacidad posible que permite el presupuesto, así como unidades de cinta, cartuchos y cintas magnéticas, pues esta última es el soporte standar para transferir imágenes digitizadas (por ej., las provenientes de los satélites LANDSAT) y software. Los cartuchos de cinta actuales de algunos ordenadores poseen una gran capacidad y resultan útiles entre otras posibilidades, como archivo.

Estas unidades, por la economía que en general suponen, es aconsejable que formen parte del ordenador, si bien, si el problema de conexión es solucionable, será en general fácil adquirirlos o ampliarlos cuando se desee.

SOFTWARE: Un punto a tener en cuenta es el software asociado con cada sistema, incluyendo en él tanto el suministrado por el fabricante como el que se puede conseguir o implementar. Especial atención se prestará lógicamente a que si el sistema posee el software que se necesita para la tarea o tareas a realizar, lo que puede ser un factor determinante de compra en algunos casos. Si bien el software es importante, sobre todo si no se posee capacidad de programación, sus limitaciones son más fácilmente solucionables que las de hardware, pues en caso de presentarse estas últimas será necesario adquirir otro procesador.

Normalmente, el software asociado a los sistemas comerciales suele ser escaso y estar diseñado para funcionar en un sistema y ordenador asociado determinado. La frecuente existencia en los programas de un cierto porcentaje de instrucciones en lenguajes de bajo nivel para el ordenador y/o procesador, así como órdenes de transferencia de datos entre sistema procesador y ordenador puede plantear problemas a la hora de trabajar con otro ordenador incluso si es "compatible", sobre todo si el personal que lo utiliza o realiza la adaptación del software al nuevo sistema no conoce a fondo éste o/y no se dispone de información detallada sobre el software que está tratando de adaptar.

Existen en la actualidad algunos paquetes de software (SPIDER, ERDAS, MIDAS, etc) practicamente gratuitos y adaptables a un cierto número de ordenadores y sistemas, pero no se debe nunca olvidar, que puede ser en un gran número de casos más rentable adquirir un ordenador en el que se garantiza que corre un software determinado, que no adaptar un software de un ordenador a otro, para lo cual no hay más que evaluar el coste de horas/hombre necesario para realizar la adaptación, aspecto este último muy descuidado en nuestras Universidades y Centros de Investigación.

Finalmente hay que destacar la existencia de algunos procesadores que poseen paquetes de software para diseño gráfico, que en algunos casos es posible utilizar conjuntamente con los programas de P.D.I. Es este un aspecto todavía un poco descuidado pero muy interesante y con grandes perspectivas.

PERIFERICOS: Una gran mayoría de usuarios valoran la calidad de un sistema de proceso digital de imagen por sus periféricos. No se debe olvidar que estos no constituyen realmente el sistema de proceso de imagen y que normalmente a cualquier sistema es posible o fácil acoplarle casi prácticamente todos los periféricos que se precisen, no sólo en número, sino también en tipo y calidad, y que muchas veces será más rentable adquirirlos del fabricante del mismo directamente, en vez de la casa suministradora del sistema de proceso de imagen, a no ser que, como es habitual, el sistema con sus periféricos se suministre como un paquete conjunto, lo que no siempre es lo más deseable

En este punto no se debe olvidar incluir, los correspondientes a memorias masivas, discos y cintas tan necesarios en un sistema de proceso de imagen, incluso más que la memoria RAM. Se debe señalar que en muchos casos no serán necesarios periféricos de alta precisión, por lo que de adquirirlos se analizarán su necesidad con detalle dado su elevado coste.

COSTO: Ningún científico debe ser ajeno a las circunstancias y medios de que dispone para hacer su investigación, y un condicionante básico es el presupuesto. Este cobra una mayor importancia en nuestro caso particular motivado por el elevado coste de los sistemas de P.D.I.

Si bien hoy en día existen ordenadores no mucho menos veloces que los más rápidos del mercado a un precio asequible, y cada

vez serán más económicos, no ocurre otro tanto con los sistemas de proceso de imagen asociados, en los que a pesar de que tanto su software como su hardware suele ser bastante inferior al de los primeros, su precio suele estar multiplicado por 10. Por ello creemos conveniente destinar una parte importante del presupuesto a la compra del ordenador más que a la del sistema de proceso de imagen, sobre todo si no se dispone de él. Su versatilidad y velocidad compensará generalmente la adquisición de un sistema de proceso de imagen de menor categoría.

MANTENIMIENTO: El costo del mantenimiento anual de un equipo suele estar entre el 5% y el 10% del costo total, lo que suele ser una cantidad importante. En algunos casos no será necesario un mantenimiento tan rápido (respuesta de 24-48 horas), por lo que se podrá contratar otro tipo de mantenimiento (respuesta de 1-2 semanas). También existe la posibilidad de abonar por reparación efectuada, sobre todo teniendo en cuenta que no son frecuentes averías en estos equipos, pues no suelen poseer muchas partes mecánicas (que son las que suelen presentar menor fiabilidad). Todo ello dependerá, naturalmente, del tipo o tipos de trabajos a realizar y del tiempo en que sea necesario proporcionar unos resultados.

SISTEMAS BASADOS EN ORDENADORES PERSONALES TIPO IBM PC: El elevado coste actual de los sistemas de proceso de imagen, hace que el usuario tenga que dirigir su mirada a los sistemas basados en ordenador IBM PC o compatible. Los mismos en la actualidad son realmente económicos y se pueden encajar en la primera categoría e incluso en la segunda con ciertas restricciones.

Salvo para aspectos educativos o determinadas aplicaciones para los cuales se tiene la certeza que cumplen su misión, no son aconsejables en general (11). De todas formas un gran esfuerzo se

está haciendo en la programación de estos sistemas especialmente y como es lógico en el campo de la programación a bajo nivel, con el fin de aumentar su velocidad y campo de aplicaciones.

REFERENCIAS

1. M.J. Duff y S. Levialdi. "Languages and Architectures for Image Processing". Academic Press, 1981.
2. J. Kittler (Edit.). "Image Processing System Architectures" J. Wiley. Research Studies Press.
3. "Special Issue: Computer Architectures for Image Processing". Computer, Vol-16, n. 1. Enero 1983.
4. Erik Danielsson y Stefano Levialdi. "Computer Architectures for Pictorial Information System". Computer, Nov. 81, pp. 53-67.
5. K.S. Fu y T. Ichikawa. "Special Computers Architectures for Pattern Processing". CRC. Press. 1982.
6. W.B. Green. "Digital Image Processing: A System Approach". IEEE Proceedings. Vol-72. Nº 1. Enero 1984. Pág. 140.
7. K. Preston y L. Uhr. "Multi-Computers and Image Processing". Academic Press. 1982.
8. Masatsusu Kidode. "Image Processing Machines in Japan". Computers. Enero 1983, pág. 68.
9. B.A. Bowen y W.R. Brown. "VLSI System Design for Digital Signal Processing". 1982.
10. "Image Processing". Computer, Agosto 77.
11. H. Joseph y R. Bernstein. "Image Processing on the IBM personal computer". Proceeding of the IEEE, vol. 73, Nº 6, Junio 1985, págs. 1064-1070.