

LOS COMPUTADORES EN LOS BUQUES DE GUERRA

Todos los computadores esperan a la misma velocidad.

*Kenneth Pugh Olavarría
Teniente 1º*

INTRODUCCION

El empleo masivo de computadores en los buques de guerra o "procesadores de uso naval" es algo que inevitablemente cada día se hace más común y ante lo cual no se puede estar desinformado.

Ya a principios de esta década se incorporaron a nuestra flota unidades con sistemas de procesamiento centralizado, lo que trajo consigo una concepción totalmente renovada de la administración de los sistemas de la unidad, filosofía que se ha extendido incluso a unidades sin estos medios.

A la fecha hemos aprendido mucho con ellos y comprendido la real importancia que tienen para facilitar la labor de coordinación y conducción táctica, especialmente ahora que la guerra en el mar se hace cada vez más compleja y que sin el apoyo de la tecnología parecería imposible de realizar, por lo que se hace oportuno reflexionar y meditar al respecto.

La década que concluyó nos ha dejado algunas lecciones en el ámbito naval, muy interesantes de estudiar, tanto desde el punto de vista humano como del tecnológico.

Como toda lección se aprende con sangre, quizás han sido el enfrentamiento Inglaterra-Argentina (1982), el ataque al *uss Stark* (1987), los enfrentamientos Estados Unidos-Libia (1988) y el accidente del *uss Vincennes* (1988) los hechos más relevantes de estudiar.

En ellos, un común denominador, actor hasta ahora desconocido en los teatros navales, ha comenzado a figurar quizás como la nueva

"estrella" o "el villano"; este es el procesador naval, normalmente reconocido a bordo en los sistemas de mando y control, AIO o NTDS.

Ya ha comenzado a quedar en el olvido la rosa de maniobra y el calculador náutico. Desde el último combate naval en que se enfrentaron lanchas misileras israelíes *Saar 3* y *Saar 4* contra unidades egipcias y sirias el año 1973, la historia no recuerda otra acción naval hasta los incidentes antes mencionados, por lo que se puede deducir que los primeros enfrentamientos en los que se ha hecho uso de procesadores navales corresponden a los de la pasada década (con esto excluimos todos aquellos sistemas que emplean computadores de uso definido y centramos la atención en los procesadores de uso general, como los instalados en los sistemas de mando y control o consolas de nueva generación).

Quizás el caso más relevante que merezca ser destacado es el incidente del *uss Vincennes*, dada la complejidad técnica de la unidad y la forma en que la tecnología induce al ser humano a razonar. (1)

Hoy en día, con la tecnología que está a nuestro alcance cada vez se sabe más de lo que está ocurriendo a nuestro alrededor y por lo tanto debemos preocuparnos más. ¿Estamos realmente preparados para recibir tanta información? En la guerra en el mar existe este compromiso, ya que de no procesarse toda la información la apreciación táctica puede ser totalmente distinta de la realidad y el panorama "sintético" se transforma en un espejismo que hace ver cosas que en la realidad no existen.

Llama la atención que a pesar que se inviertan millones de dólares en tratar de dotar a una unidad a flote con el sistema de procesadores navales más complejos del mercado, ocurran hechos como el comentado, pero esto nos recuerda que siempre detrás del procesador está el hombre, en nuestro caso el operador, ya que la razón de ser de estos sistemas no es reemplazarlo sino que ayudarlo en la toma de decisiones, efectuando las tareas rutinarias y agobiantes, que son las que normalmente desgastan a todo operador y no le dejan tiempo para pensar, tareas que cada día se complican más debido a la saturación del panorama, producto del crecimiento natural de la Humanidad.

Pensar, esa es la palabra, ese es el desafío, ya que el hecho que se masifique el empleo de estos procesadores a bordo traerá consigo más tiempo para ejecutar la función menos practicada hasta el momento, la cual es razonar y pensar, porque esto no es algo que hagan los computadores, a menos que se desarrolle más el área de los Sistemas Expertos de Inteligencia Artificial, especialidad que no ha alcanzado aún el grado de madurez que se requiere para basar en ella un sistema de defensa del que dependan vidas humanas o la seguridad de una nación. (2)

A los oficiales que lean estas líneas y hayan pasado por la Escuela Naval en época similar a la del autor, recordarán con nostalgia aquella regla de cálculo que nos hicieran entrega junto con el resto del equipo después del período de reclutas. Como no olvidar aquellas horas en el estudio resolviendo problemas a mano y aquellas pruebas en que lo que se nos medía era la forma en que empleábamos dicha regla.

Con qué envidia veíamos al curso de Brigadieres que recibía por primera vez de pañol la calculadora "Aristo" (misma marca que nuestra regla de cálculo), la cual les permitía resolver sólo las cuatro operaciones básicas.

Tuvimos la suerte de ir pasando de curso por toda esta nueva etapa de avance tecnológico de la década de los años 70, que en lo personal concluí empleando, en quinto año, una calculadora programable TI-59. Después, en el buque-escuela *Esmeralda*, avancé con una HP-41CV que me acompañó en mi curso de especialidad y ya como especialista utilicé los computadores personales (PC), comenzando por un *Sinclar ZX-81*, para finalmente ahora emplear un PC-AT (sigo fiel a esta línea, aunque hayan otros que prefieran la línea "Mac").

En nuestras unidades este proceso también ha ido en ascenso, existiendo siempre conciencia en muchos oficiales y, lo que es más importante, dedicación en desarrollar complejos sistemas en equipos primitivos, como lo

fue en un inicio los computadores Radio Schak TRS-80 y HP-85B.

Con admiración debemos reconocer a aquellos oficiales y personal que, sin haber sido preparados inicialmente para estas funciones y sólo con el curso DAB, se forjaron en las cubiertas de nuestras unidades, desempeñándose en forma extraordinaria. Ellos constituyeron con esfuerzo propio la vanguardia de los nuevos especialistas que requiere la institución para mantener y hacer funcionar los procesadores navales.

Este artículo está dedicado a ellos como reconocimiento por las tareas efectuadas y estímulo para su preparación personal.

Con los procesadores centrales funcionando, la historia es distinta; ya va a comenzar a quedar atrás el clásico requerimiento del Oficial de Acción o CIC de la unidad, pidiendo: "Táctico, actualice los datos de PMA del contacto que viene cerrando" o, en guerra electrónica, "¿a qué demarcación dijo que estaba la emisión?"

Pero dejémoslos de reflexionar y veamos qué es lo que tenemos que enfrentar y saber.

LOS PROCESADORES NAVALES

Este es un nombre muy amplio para agrupar todos aquellos computadores que son empleados a bordo de unidades navales para cumplir tareas propias de esta área. Estos pueden haber sido concebidos exclusivamente para aplicaciones navales, siendo diseñados de acuerdo a normas estrictas, por lo que se les conoce como equipo de origen militar, o pueden haber sido "robustecidos", partiendo de equipos de origen industrial o incluso comercial.

Estos computadores se encuentran instalados en los distintos equipos o sistemas de a bordo y se pueden hallar en variadas aplicaciones, tales como, por ejemplo, en el navegador por satélite, en las nuevas pantallas de los radares de navegación, en los equipos MAE, en el sonar, en los sistemas de control de fuego y hasta en la central telefónica o en la Oficina de Materiales.

Los hay de arquitectura cerrada o abierta, con capacidad de comunicación con otros procesadores, o del tipo que cumplen una tarea específica sin comunicarse, de proceso centralizado o distribuido y muchas otras variantes, las que dependerán de su aplicación específica.

Tomemos, por ejemplo, el computador digital de un sistema de control de fuego; este está trabajando en tiempo real resolviendo el problema particular del sistema de armas al que está asociado. Normalmente, estos compu-

tadores son de arquitectura cerrada y dependiendo de la época de fabricación tienen la posibilidad o no de comunicarse con otros procesadores; hoy en día, la norma tácita es que esto sí ocurra. Ellos ejecutan una función cuya principal característica es la profundidad teórica del programa, pero la aplicación es particular y normalmente será una sola.

En cambio, en un computador de un sistema de mando y control la profundidad teórica del problema que se está resolviendo puede no ser tan compleja, pero la gran variedad de aplicaciones que ellos deben proveer lo hacen suficientemente complicados como para que sus programas sean incluso más complejos que los de un sistema de control de fuego.

La tendencia actual es conectar entre sí todos los procesadores independientes para permitir un monitoreo y coordinación de cada uno de los sistemas o equipos, permitiendo multiplicar los esfuerzos aislados.

De acuerdo a la forma en que los computadores estén conectados entre sí o la "topología" del sistema, estos tendrán diferentes configuraciones, cada una con sus ventajas y desventajas.

En este aspecto los hay del tipo centralizado que, como su nombre lo indica, reciben la información de distintas fuentes, la procesan y la presentan a una serie de usuarios. En contrapartida, existen también los del tipo distribuido, en donde los recursos computacionales se han dividido entre los usuarios, trabajando cada uno en una aplicación específica y comunicándose entre ellos para intercambiar información. En fin, la variedad de configuraciones es amplia y no existe una norma definida, ya que dependerá de la aplicación específica y del genio del creador o diseñador del sistema.

Para comprender este intrincado mundo es conveniente definir en forma general algunos conceptos y terminologías que el lector puede no conocer.

Componentes de los procesadores navales

Los procesadores sirven para hacer tareas a gran velocidad, la que no es comparable con la del ser humano. La tecnología actual persigue aumentar estas velocidades, lo que permite aplicar esta herramienta a muchas áreas en donde se requiere alta velocidad de procesamiento. En el fondo, el computador es una máquina que hace las cosas en forma rápida; lo "que haga" dependerá de lo que haya programado el ser humano y "con qué lo haga" dependerá de la estructura interna del computador.

"Con qué lo haga" es lo que se conoce hoy en día en forma muy popular como *hardware*, que es la totalidad de los componentes y circuitos electrónicos que constituyen el computador.

Lo "que haga" es lo que se conoce normalmente como *software* o conjunto de elementos de programación, como órdenes, instrucciones y programas que permiten una aplicación en un computador.

Para no entrar en detalles particulares propios de un ramo de arquitectura de computadores, sólo se comentarán aquellos aspectos más relevantes de cada una de estas áreas, para dar al lector algunas nociones básicas de cómo están formados los procesadores navales.

En el área del *hardware*, el componente representativo y principal de todo computador es la unidad central de proceso o CPU. Ella es la encargada de ejecutar el programa; podrá estar constituida por una pequeña "pastilla" o estar formada por un conjunto de tarjetas o incluso gabinetes, dependiendo de su complejidad. Las características principales que permiten definir la CPU son las siguientes:

La velocidad de procesamiento

Estará directamente relacionada con la velocidad del reloj que permite mover las instrucciones dentro de ella y el poder que tengan estas instrucciones. Se puede medir en MIPS (Mega Instruction Per Second) o en MFLOPS (Mega Floating Point Operations Per Second).

El largo de palabras que puede manejar

Las instrucciones e información que maneja todo computador están contenidas en "palabras", que en esta terminología significa un conjunto de *bits* (notación binaria para representar con "unos" y "ceros" o valores a interpretar por la CPU). A mayor largo de palabra se requiere menor cantidad de ciclos de reloj para procesar información con mayor precisión.

La capacidad de memoria que pueda acceder

Permite dimensionar la magnitud del programa y la capacidad de registro de datos. Una memoria se organiza lógicamente en palabras, en que 8 *bits* corresponden a 1 *byte*. Si las palabras son de 8 *bits* se habla de "kilobytes" (1024 palabras de 8 *bits*), *megabytes* (1.048.576 palabras de 8 *bits*) o *gigabytes* (1.073.741.824 palabras de 8 *bits*).

La capacidad de comunicación con un procesador externo

Es un buen indicador para determinar la capacidad de empleo de ese equipo en sistemas modernos en donde se tiende a interconectar los procesadores. Esta se desarrolla a través de un "bus", que es el medio por el cual los procesadores se comunican.

● En el área del *software*, el componente representativo lo constituye el "programa" que contiene las instrucciones para que la CPU pueda funcionar. Este estará almacenado dentro del procesador en la "memoria" para que pueda ser leído e interpretado. El programa no es otra cosa que una larga lista de "palabras" compuestas por "unos" y "ceros" que serán ejecutadas por el procesador a la velocidad a que haya sido diseñado.

Dado que escribir a mano estas largas listas de "unos" y "ceros" es un proceso que hoy en día parecería imposible de realizar, pero que fue la forma en que toda esta historia comenzó, el ser humano pensó y creó herramientas especiales basado en estos mismos computadores, que le permiten traducir palabras que son más entendibles para él, a las "palabras" que entiende el procesador.

Esta herramienta básica no es otra cosa que lo que hoy en día se llaman "lenguajes" y cuyo exponente inicial fue el lenguaje *Assembler*, que actualmente es considerado un "lenguaje de bajo nivel", ya que requiere un conocimiento acabado del procesador al cual se le está confeccionando el programa.

Para facilitar la confección de programas se han desarrollado lenguajes mucho más complejos, que permiten al programador abstraerse del procesador al cual se le está escribiendo el programa y escribir con una cierta metodología en una forma más conveniente para él. A estos se les ha denominado "lenguajes de alto nivel".

Dentro de los programas más importantes que ha desarrollado el hombre como herramientas están los "sistemas operativos". Estos son programas especiales escritos para un cierto tipo de procesador, que contienen una serie de funciones que están directamente relacionados con el *hardware* y sirven de interfaz con los programas de aplicación específica.

Explicación de algunos términos

Más de alguna vez, al comentar o criticar las capacidades de un computador, se mencionan expresiones tales como: "este computador funciona en tiempo real" o "es interactivo", refiriéndose a la velocidad a la que ellos procesan y despliegan la información, pero ¿qué significan estos términos en forma práctica?

Tiempo real

Todo proceso en un computador debe ser "discretizado" para poder ser tratado; esto quiere decir que la información debe ser tomada en instantes periódicos y convertida en formato binario para poder ser manejada por el computador.

En la medida en que el computador sea capaz de procesar la información antes de que se reciba la siguiente muestra, se dice que está trabajando en tiempo real; esto en comparación con el mundo análogo, en donde la respuesta es instantánea y no existe la "discretización".

En nuestro medio particular —la operación en el mar— las cosas no son tan simples como se podría creer; es más, todo proceso análogo en sí es discreto.

Tomemos, por ejemplo, el caso de un radar de rebusca. Este debe procesar la información de un blanco en cada vuelta de antena, producir la integración de pulsos suficientes y presentar el contacto al operador. ¿Cuál es el tiempo real aquí?

Un primer tiempo que se nos presenta es el de la periodicidad de recepción de datos del blanco debido a la rotación de la antena. Para el caso de un radar que rote a 30 rpm este tiempo "real" será de 2 segundos. Es decir, cada 2 segundos se recibirán datos del blanco; si el procesador asociado alcanza a resolver el problema en ese intervalo se dirá que "está trabajando en tiempo real".

Si se va a procesar la información que proviene del instante en que el lóbulo principal está pasando sobre el blanco, se estará recibiendo información del blanco en cada PRI. Si esta es de 1 milisegundo (PRF, 1 KHz), los datos serán recibidos cada 1 milisegundo, por lo que nuevamente, si el procesador resuelve el problema en ese tiempo, se dirá que trabaja en tiempo real.

Si se va a efectuar un procesamiento doppler de la señal se debe efectuar una Transformada Rápida de Fourier (FFT) dentro de la celda de resolución. Si esta considera el ancho del pulso de transmisión y este es de 1 microsegundo, se deberá efectuar una serie de cálculos matemáticos en este intervalo de tiempo, dependiendo de la cantidad de "puntos" a procesar. En este caso vemos que para que el computador trabaje en "tiempo real" debe ser capaz de procesar todas las operaciones que conforman una FFT en 1 microsegundo.

Es por esto que cuando se nos mencione la palabra "tiempo real" se debe tener especial preocupación de preguntar específicamente de cuál tiempo se trata, ya que las variables a procesar son muchas. Este mismo ejemplo se extiende a todos los sensores de uso naval, como MAE, sonar, etc.

Interactividad

Quizás la forma más fácil de explicar interactividad es decir que es aquel tiempo particular para cada operador en que este no notará atraso o demora en la respuesta de un computador. Desde el momento en que el operador se empiece a colocar nervioso porque el procesador no responde, se puede decir que el sistema dejó de ser interactivo.

Este concepto está asociado tanto a la velocidad de respuesta del computador como al diseño de la interfaz de comunicación con el operador, denominada MMI o interfaz hombre máquina, ya que, por ejemplo, si para una emergencia el operador debe pasar por una serie de preguntas o despliegue de pantallas o menús, el programa dejó de ser interactivo.

El ser humano es análogo por naturaleza, tanto en su razonamiento como en su comportamiento. Si a un operador se le pregunta qué prefiere: Si una perilla para dar vueltas que le cambie la escala de presentación, o un bonito menú de selección en la pantalla, sin duda elegirá, basado en su experiencia, la perilla por estar más acostumbrado a ella y esperará que al emplearla la presentación cambie a la misma velocidad de su repetidor análogo. ¿Pero, estará realmente equivocado?

Para los actuales sistemas da lo mismo la perilla o el menú ya que en el fondo es parte del MMI; lo importante es que siempre la función esté fácilmente al alcance del operador. Este caso particular es especialmente importante para aquellas funciones que requieren una velocidad de reacción rápida, como "veto" o "emergencia".

Mantenimiento de los procesadores navales

Por mantenimiento se entiende todas aquellas acciones tendientes a asegurar una alta disponibilidad de un sistema y una prolongación de su vida útil. Esto involucra tareas periódicas de revisión y periodos en que el equipo se deberá someter a pruebas y reparaciones para quedar dentro de las condiciones de diseño.

Este trabajo parece obvio para un sistema mecánico en donde se requieren complejos ta-

lles de máquinas y herramientas y facilidades especiales que algunas veces sólo se encuentran en astillero. Pero, ¿cómo es este trabajo para un procesador y más aún para un programa?

Antes que todo, se debe tratar de comprender que un programa es igual que el manual de un equipo que puede ser modificado con facilidad, por lo que nunca se terminará de escribir ya que el equipo podrá estar en constante evolución, pero siempre se podrá hacer uso de las páginas ya escritas.

Con la actual tecnología se puede cambiar todo el *software* de un equipo y emplear el *hardware* para otra función o se puede cambiar todo el *hardware* y mantener el programa original, obteniéndose todas las ventajas que este nuevo *hardware* puede proporcionar, principalmente constituido por una mayor velocidad. Esto permite que los sistemas vayan creciendo en la medida que los requerimientos originales cambien.

Esta es la diferencia substancial con los equipos mecánicos, en que las posibilidades de crecimiento con lo que ya se ha desarrollado son pocas. Esta es la principal ventaja que debemos saber aprovechar en nuestros sistemas.

El mantenimiento de programas puede ser algo tan simple como corregir unas cuantas líneas de programa para presentarle al operador una nueva variable de proceso en su pantalla, lo que equivale a cambiar una ampollita quemada en un equipo convencional, o tan complejo como agregar nuevas capacidades, lo que equivale a reingenierizar un sistema a válvula para pasarlo a circuitos integrados.

El mantenimiento del *hardware* es conocido, a pesar de que cada vez se emplean más tecnologías que requieren de equipamiento complejo y de capacitación particular para efectuar reparaciones. Todo computador tiene programas de diagnóstico especiales que le permiten individualizar perfectamente la falla, por lo que sólo se traduce en la práctica a cambiar la tarjeta defectuosa. Pero, ¿qué pasará si lejos del puerto base se queman las únicas dos tarjetas de repuesto que se tenía de la CPU?

Quienes deben mantener los procesadores navales debe ser personal especialista, formado en nuestras escuelas, en base al estudio de procesadores de aplicación naval y enlace entre procesadores. Deben dominar tanto el nivel de *hardware*, para detectar y solucionar fallas, como también el nivel de *software* con el objeto de detectar posibles problemas o mejoras y traspasar esa información al centro de apoyo en tierra, encargado de las tareas de

mantenimiento que corresponde efectuar a nivel institucional.

Es en este personal en el que descansan las tareas de mantenimiento que permiten la alta disponibilidad de los sistemas embarcados. Son ellos los que aseguran que a pesar que el buque esté lejos de su puerto base el sistema continúe funcionando. Son los que analizan los buses lógicos de data, cambian y reparan las TCI y corren los programas de diagnóstico para aislar las fallas y corregirlas; son, finalmente, los que más llegan a conocer cómo realmente funciona el programa.

CONCLUSIONES

Cada vez, nuestro compromiso a bordo con los computadores o "procesadores navales" será mayor, dada la tendencia actual de incorporar cada día más equipos interconectados entre sí, ya que los teatros de operaciones así lo demandan por la saturación de ellos y las exigencias de las tácticas modernas. Esta dependencia es recíproca, ya que sin un mantenimiento y operación adecuados, ellos no sirven para nada.

En este artículo se ha expuesto que lo más importante que define la capacidad de un computador, desde el punto de vista técnico, es la velocidad y exactitud con que este puede desarrollar un proceso.

Para no perder nunca de vista el verdadero factor importante a bordo, es que se insertó como un epígrafe una pequeña frase al comienzo de este trabajo, que es la que siempre nos debe preocupar.

Cuando llega el momento de esperar, todos los computadores lo hacen a la misma velo-

cidad; esto quiere decir que a pesar de los esfuerzos que se hagan por tratar de desarrollar computadores más rápidos, incluso a velocidades que hoy en día no imaginamos, cuando llega el momento de esperar una decisión del operador, todos los computadores se detienen y comienza un proceso que todos desarrollan a la misma velocidad. Este es el tiempo que nosotros debemos minimizar. Para llegar a escuchar: "Comandante aprueba" o decidir o no una acción, pasarán algunos segundos (una eternidad para el computador), que diferenciarán el éxito o el fracaso, la victoria o la derrota, la vida o la muerte.

El desafío que esto exige es grande; debemos comenzar a prepararnos para evolucionar con estas nuevas y poderosas herramientas que la institución ha puesto a nuestro servicio y lograr aquello que es lo importante: Pensar tácticamente. Ahora ya no se nos mide qué tan rápido usemos las paralelas o qué tan bien recordemos la regla de los tres minutos. Eso ya ha quedado atrás, al igual que quedó la regla de cálculo; ahora, con herramientas más poderosas a nuestro servicio, debemos asesorar correctamente al mando para permitir que la victoria sea nuestra.

RECOMENDACIONES

Crear una especialidad afín para nuestra Gente de Mar que deba mantener estos sistemas, la que debe ser apoyada con un centro en tierra que permita dar continuidad a su carrera, para desempeñarse tanto a bordo como en tierra, existiendo rotación del personal y formación año a año de especialistas para que esta nueva especialidad pueda crecer en forma armónica.

BIBLIOGRAFIA

- (1) **Hugo Barra Salcedo**: "La inteligencia artificial en el proceso de toma de decisiones", *Revista de Marina* N° 4/1989, pp. 368-372.
- (2) **D.L. Parnas**: "Aspects of Strategic Defense Systems", *Comm. ACM*, 12, 1326-1335 (1985).