

INGENIERÍA NAVAL COOPERATIVA

A. Cebollero*

Sener Ingeniería y Sistemas S.A. España
*alfonso.cebollero@.sener.es

F. Alonso

Sener Ingeniería y Sistemas S.A. España

RESUMEN

La evolución en los últimos años de la industria de construcción naval ha situado a los astilleros ante la necesidad de afrontar, con departamentos técnicos reducidos, una creciente complejidad de la ingeniería de los buques en plazos de entrega cada vez menores. Esta situación les obliga a subcontratar o compartir con otras empresas una parte considerable del trabajo de ingeniería. Como consecuencia, el proyecto del buque es hoy una actividad en la que los diferentes agentes (astilleros y oficinas técnicas fundamentalmente) deben colaborar en un entorno completamente nuevo, caracterizado por la preponderancia de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Esta ingeniería cooperativa puede contemplarse desde varias perspectivas, que se resumen en dos esquemas de trabajo no excluyentes: (a) la ingeniería concurrente, que realizan equipos separados trabajando simultáneamente en el mismo proyecto, accediendo a un único modelo de producto del buque y (b) la ingeniería distribuida, que realizan equipos diferentes trabajando en actividades o áreas distintas de un mismo proyecto. A continuación se dan las claves y se describen las ventajas e inconvenientes de cada esquema. Se reseña también brevemente la experiencia de SENER en el uso y el desarrollo de herramientas que facilitan la ingeniería cooperativa en ambas vertientes.

INTRODUCCION

Como la mayoría de las industrias, la construcción naval está experimentando cambios significativos en su forma de operar. La presión de un mercado global, caracterizado principalmente por el exceso de oferta, está provocando recortes en la fuerza laboral y mayor interdependencia entre astilleros y suministradores. Los astilleros, cada vez menos autosuficientes, subcontratan cada vez más funciones y servicios para mantener su competitividad. A modo de ejemplo, los astilleros europeos subcontratan típicamente entre el 60 y el 80% del valor total del buque [1].

Se está produciendo, pues, un cambio en todos los órdenes de la organización del diseño y la producción, que afecta de lleno a la ingeniería. Con menos recursos humanos, sobre todo para la etapa de proyecto de detalle, los astilleros necesitan, no obstante, elaborar una ingeniería más compleja que les permita mejorar la calidad y acortar el período de producción de los buques.

En este contexto, la práctica de la ingeniería cooperativa está cobrando creciente impulso a medida que se hacen evidentes sus ventajas. Los departamentos técnicos pueden contribuir enormemente a mantener – y a aumentar – la competitividad de los astilleros si cooperan eficazmente con otras empresas, no sólo astilleros o subcontratistas de ingeniería, sino también fabricantes de equipos y sociedades de clasificación.

Las empresas están invirtiendo masivamente en soluciones informáticas y telemáticas para adaptarse a este cambio. Fundamentalmente, la eficacia de un entorno cooperativo depende de la disponibilidad de: (a) un sistema integrado para proyecto y construcción del buque basado en un modelo completo de producto, (b) un sistema de gestión de bases de datos especializado y potente, y (c) una infraestructura de comunicaciones eficiente y asequible.

Atendiendo a su arquitectura, los sistemas CAD navales se desarrollaron inicialmente como aplicaciones independientes para trabajar en un entorno local. La evolución de estos sistemas hacia entornos más amplios no siguió el mismo camino que otros programas por varias razones, entre las que pueden citarse como más importantes el gran volumen y la complejidad de los datos manejados y el requisito de altas prestaciones en los equipos de proceso de datos, debidos a la visualización y la interacción gráficas. Estas características impidieron su evolución hacia arquitecturas cliente-servidor primero y, posteriormente, multi-capas.

Por lo que respecta al almacenamiento, los primeros sistemas CAD navales usaban ficheros simples, independientes, para almacenar la información. Pronto los requisitos de (a) integración de las disciplinas del proyecto y (b) acceso multi-usuario hicieron que se generalizara el uso de bases de datos para manejar esos grandes volúmenes de información de manera rápida y flexible. Primero se usaron bases de datos sólo para almacenar las características alfanuméricas de los componentes del buque, manteniendo en ficheros CAD la información geométrica; en una segunda etapa, se desarrollaron bases de datos específicas (llamadas también

propietarias) para almacenar toda la información del buque. Más recientemente, se ha consolidado el concepto de modelo de producto del buque – repositorio único de información multidisciplinar común para todos los usuarios a lo largo del ciclo de vida del producto – y, como mejor solución para su almacenamiento, la utilización de bases de datos relacionales comerciales, con lenguajes de acceso estructurados y capacidades de servidor de base de datos. Razones adicionales para la adopción de estas bases de datos han sido la facilidad con la que los usuarios pueden desarrollar sus propias aplicaciones a partir del modelo de producto generado por el sistema CAD y la amplias posibilidades de teleproceso, distribución y conectividad que ofrecen.

También en años recientes hemos asistido a un progreso extraordinario de las telecomunicaciones, tanto Internet como otras infraestructuras (intranets, extranets, redes área de extensa, redes inalámbricas, conexiones punto-a-punto, redes de servicios digitales integrados, líneas *frame-relay*, etc.), alentado por una provechosa combinación de avance tecnológico y competencia entre operadores. El acceso a redes de comunicación de altas prestaciones (gran ancho de banda) a costes moderados sea quizá el factor que más está acelerando la implantación de las técnicas de ingeniería cooperativa en la industria naval.

Las diferentes configuraciones posibles pueden resumirse en dos arquitecturas típicas. La primera, denominada concurrente, usa una base de datos única a la que acceden los equipos de trabajo locales o remotos. La segunda consiste en distribuir la información del proyecto entre diferentes grupos de trabajo mediante bases de datos satélites, fragmentos o réplicas de una base de datos maestra.

Además de la coordinación entre equipos de trabajo y del rendimiento general del sistema, la seguridad de la información (integridad y consistencia) y la protección de los accesos (derechos de acceso y autenticación de usuarios) son cuestiones críticas. Los servidores se colocan en zonas seguras detrás de perfeccionados cortafuegos y otros mecanismos de prevención y bloqueo de intrusiones, y las transmisiones se encriptan.

INGENIERÍA CONCURRENTE

Se entiende por Ingeniería Concurrente la integración en un entorno único de una serie de usuarios de diversas disciplinas de proyecto que trabajan simultáneamente en un modelo de producto, tanto local como remotamente. El servidor que controla el acceso a la base de datos central suele situarse en la red de área local del equipo de ingeniería principal, normalmente el astillero constructor.

En los sistemas CAD navales modernos la concurrencia se basa en el empleo de un modelo de producto del buque común, residente en una base de datos central única. Utilizando infraestructuras de comunicación con el ancho de banda adecuado, los usuarios remotos del proyecto pueden acceder de forma controlada al modelo central del buque como lo harían en una red de área local, lo que facilita notablemente la integridad de la información y la coordinación del trabajo. La ingeniería concurrente es extremadamente útil en la etapa de proyecto de detalle, en la que los requisitos de comunicación son muy altos.

Hasta hace pocos años, varios factores impedían la aplicación práctica de sistemas integrados en este tipo de entorno. Uno de ellos era el alto coste de las comunicaciones con el ancho de banda requerido. Otro, el hecho de que las aplicaciones CAD y, en particular, sus sistemas de gestión de base de datos no estaban diseñados para reducir el tráfico de datos. Para cumplir los nuevos requisitos que impone la ingeniería concurrente, los sistemas CAD han empezado a rediseñarse teniendo en cuenta también el objetivo de optimizar la comunicación entre las aplicaciones y la base de datos. Este hecho, que no es tan importante en un entorno local, resulta crítico en entornos remotos como redes de área amplia o de teleproceso.

Vuelve a cobrar fuerza entonces un viejo concepto de los sistemas CAD integrados, que es la topología, entendida como asociación o conectividad entre componentes del buque. Éstos no se definen independientemente, sino referidos a – o asociados con – otros elementos o superficies principales previamente definidos. Aparte de la rápida y precisa propagación de cambios en el proyecto que permite, la gran ventaja de la topología puesta de manifiesto recientemente es la radical reducción del tamaño del modelo y de los paquetes de información que deben transmitirse, con el consiguiente ahorro en ancho de banda.

De lo todo anterior se deduce que el ancho de banda requerido es una consideración de máxima importancia en un entorno de ingeniería concurrente, que debe configurarse de tal forma que el tráfico de datos necesario determine un tiempo de respuesta aceptable a un precio asequible. Esta es la ecuación que resume la viabilidad de la ingeniería concurrente, con esos dos factores críticos: coste del ancho de banda y flujo de información necesario.

Una línea de actuación complementaria, en la que se han empezado a obtener soluciones aceptables en términos de tiempo de respuesta y coste, hace uso de las tecnologías de acceso a servidores de aplicaciones. Consisten básicamente en servidores que centralizan el acceso a la información (base de datos) y las aplicaciones (sistema CAD) mediante el intercambio seguro, fiable y rápido a través de Internet u otras infraestructuras de comunicación de actualizaciones de pantalla y entradas de usuario (movimientos de ratón y pulsaciones de teclado). Una sencilla aplicación cliente, ejecutable en cualquier terminal, no necesariamente una costosa estación de trabajo, discrimina esas actualizaciones y eventos del resto de la lógica de la aplicación, que se ejecuta íntegramente en el servidor, y permite utilizar dispositivos de impresión y de almacenamiento locales. Para la transmisión de actualizaciones de pantalla (comprimidas y encriptadas) y eventos de ratón o teclado se requieren anchos de banda de apenas 5 a 20 Kbit/s. Óptima para revisión, entrenamiento, consulta, es decir,

cuando el tráfico es predominantemente unidireccional, esta tecnología no es, sin embargo, la mejor solución para el trabajo de definición interactiva del modelo tridimensional del buque, que requiere gran potencia de proceso gráfico. Lo que en la estación de trabajo local realizan sofisticadas tarjetas aceleradoras, debe ejecutarlo el servidor mediante un programa de emulación (OpenGL, DirectX, etc.), cuyo rendimiento es muy inferior.

Puede ser ciertamente un complemento perfecto a las infraestructuras más potentes (conexiones punto a punto, líneas RDSI, *frame-relay* y otros servicios digitales conmutados). Pero la principal línea de optimización actual en entornos concurrentes se dirige a la lógica del sistema CAD que tiene que ver con el intercambio de datos entre el usuario y el modelo de producto común, donde el margen de mejora es probablemente mucho mayor.

En resumen, un entorno de ingeniería concurrente asegura que todos los diseñadores trabajan con la información más reciente del proyecto, indistintamente del lugar donde se encuentran. Es simple y asegura la integridad y la consistencia de la información del proyecto. Permite compartir recursos de ingeniería entre astilleros y proyectistas eliminando las tradicionales barreras a la cooperación en ingeniería: pesados procedimientos de coordinación, personal externo residente, información redundante, costoso proceso de datos, etc. Sin embargo, el coste del ancho de banda requerido puede llegar a neutralizar estas ventajas innegables.

INGENIERÍA DISTRIBUIDA

En la denominada Ingeniería Distribuida la información del proyecto se divide entre una serie de usuarios que trabajan en varios modelos de producto, fragmentos o réplicas de un modelo localizado en una base de datos maestra o central.

La distribución del proyecto del buque puede llevarse a cabo de acuerdo con diferentes criterios:

- Funcional, o por disciplinas, ejemplo típico lo tenemos en la subcontratación de la ingeniería de detalle de estructura o de armamento;
- Geográfico, o por áreas, bloques o módulos del proyecto;
- Secuencial, o por etapas, como proyecto básico y proyecto de detalle.

En muchos casos, sobre todo en proyectos medianos o grandes, la organización del proyecto adopta una combinación de estos tres criterios.

La distribución depende en gran medida de las posibilidades del sistema CAD para exportar parte del modelo (con todos los datos de producto asociados) a un fichero de transferencia integrable en la estructura de la base de datos de destino, y para importar y consolidar en la base de datos maestra las contribuciones de los diversos equipos de trabajo. En caso de que se use el mismo sistema en el origen y el destino, la transferencia puede soportarse con formatos nativos o propietarios, si bien el empleo de formatos estándares, como XML, está también generalizando para ciertos tipos de información. En caso contrario, cuando se utilizan sistemas diferentes en cada sitio (o para disciplinas diferentes en un mismo sitio), la transferencia de información entre la base de datos central y las satélites ha de ser soportada por ficheros neutros interpretables por ambos sistemas. Estos ficheros pueden contener la estructura completa del modelo de producto (por ejemplo, siguiendo protocolos de aplicación del estándar STEP, de la Organización Mundial de Estandarización) o, al menos, la geometría 2D o 3D (aprovechando los formatos estándares habituales en la industria). Cabe también la solución de desarrollar una interfaz ad-hoc, pero se trata de un recurso poco habitual.

La distribución de datos en entornos de ingeniería distribuida ha recibido un impulso considerable gracias a Internet. Todos los desarrolladores de sistemas CAD han lanzado al mercado diferentes tipos de herramientas basadas en esta red pública: portales de ingeniería para intercambio de planos y otros documentos, catálogos de componentes (incluidos sus modelos 3D), herramientas de revisión y aprobación del proyecto (incluyendo escenas 3D navegables en formato VRML), etc.

Cualesquiera que sean el criterio y las herramientas de distribución adoptados, el proyecto evoluciona con dos o más réplicas parciales o totales del modelo separadas, que deben actualizarse con los cambios relevantes introducidos en cada sitio. Es importante recalcar que aunque el modelo de producto esté físicamente repartido, para los usuarios siempre debe aparecer como una fuente de información única. El uso de un modelo de producto genuino se caracteriza precisamente por eliminar la necesidad de que el usuario conozca dónde y cómo se almacenan los datos que busca y recupera. De aquí la necesidad de sincronización de modelos y de coordinación de grupos de trabajo.

La presión del tiempo lleva a veces a relajar las actividades de coordinación, lo que puede ocasionar graves problemas, que en muchos casos sólo se harán visibles en las etapas de construcción o ensamblaje y deberán resolverse en grada o dique a un coste elevado. En la división por disciplinas, una falta de coordinación puede dar lugar a colisiones entre objetos definidos por grupos diferentes. Los riesgos se controlan razonablemente bien si los sistemas CAD en ambos sitios proporcionan herramientas flexibles para importar y actualizar, al menos, el modelo geométrico de las otras disciplinas y se sigue una política de actualización razonable que incluya la revisión periódica de interferencias.

En el caso de la distribución geográfica, los problemas pueden ocurrir en elementos que pasan a través de diferentes zonas (tuberías, conductos, cables, etc.). La mejor solución en este caso suele ser la definición de interfaces con puntos obligatorios para los elementos pasantes. También pueden dar problemas las referencias topológicas a superficies, elementos estructurales u otras entidades que no pertenezcan a la zona asignada. Y

sobre todo, la utilización inconsistente de estándares en la definición de elementos del proyecto. Este tipo de organización requiere una estricta disciplina de actualización y utilización de los catálogos de estándares y de las convenciones de denominación de elementos que dependan de los usuarios.

Finalmente, la distribución por etapas de proyecto requiere disponer de mecanismos de propagación de cambios de proyecto hechos en las etapas preliminares a los sitios encargados de las fases sucesivas.

En resumen, la ingeniería distribuida ofrece como principal ventaja la posibilidad de agrupar un elevado número de usuarios con reducido tráfico de datos a través de redes de comunicación. Sus desventajas incluyen mecanismos de coordinación más complejos y procedimientos de gestión de datos más sofisticados.

EJEMPLO PRÁCTICO: SOLUCIONES FORAN

FORAN es el sistema CAD específico para la industria naval desarrollado por SENER. Desde su primera versión comercializada en 1969, se ha licenciado a más de 130 astilleros y oficinas técnicas navales en todo el mundo. Sus versiones más recientes cubren todas las disciplinas y las etapas del proyecto mediante un modelo tridimensional de producto, que reside en una base de datos relacional. En estos casi 45 años, su evolución ha sido permanente, incorporando en cada versión los últimos avances en las tecnologías informática y naval. Una de las direcciones prioritarias de su desarrollo actual es facilitar la ingeniería cooperativa en sus dos acepciones: concurrente y distribuida.

El sistema FORAN es particularmente apto para la ingeniería concurrente, especialmente por dos factores que contribuyen a reducir significativamente el ancho de banda requerido: su carácter marcadamente topológico y la utilización de una moderna base de datos relacional comercial, optimizada para este tipo de entornos.

Un ejemplo excelente lo ofrecen los astilleros Kvaerner Masa, en Finlandia, que han implantado FORAN como herramienta para proyecto básico en sus astilleros de Turku y Helsinki. En cada astillero los usuarios pueden acceder a bases de datos FORAN ubicadas bien en servidores locales o bien en servidores del otro astillero. Sendas redes de área local de 10 Mbit/s están conectadas por una línea dedicada de 30 Mbit/s. Esta solución permite la ingeniería concurrente entre ambos astilleros con prestaciones más que aceptables para un número progresivamente creciente de usuarios (hasta un máximo previsto de 140) [2].

FORAN incorpora también una amplia gama de herramientas y funciones para aquellos casos en los que la arquitectura distribuida deba usarse como alternativa o complemento. Funciones de carga / descarga parcial o total del modelo, importación / exportación de ficheros neutros en múltiples formatos para intercambio de datos con otros sistemas, traductores STEP, aplicaciones web y otras herramientas y utilidades contribuyen a que la distribución de un proyecto sea una tarea fácil y económicamente realizable.

Las ventajas que ofrece FORAN en este aspecto están siendo plenamente aprovechadas, entre otros, por la empresa de ingeniería Rolls-Royce Marine, en Ulsteinvik, Noruega, en colaboración con su subsidiaria Navis Consult, en Rijeka, Croacia. A partir de proyectos básicos desarrollados normalmente en Noruega, usuarios croatas y noruegos, y en algunos casos también del astillero cliente, trabajan en paralelo en los proyectos de detalle, que se distribuyen bien por especialidad o bien por zonas mediante herramientas FORAN. Casos frecuentes son la transmisión mediante ficheros BDG (un formato propio de FORAN) del modelo estructural realizado en Rijeka para que en Ulsteinvik o en el astillero cliente completen la ingeniería de armamento, o el intercambio de ficheros de actualización DMP (volcado completo de base datos relacional).

CONCLUSIONES

Quizá el mejor método para llevar a cabo ingeniería cooperativa en proyectos complejos sea combinar las técnicas concurrente y distribuida, esto es, acceso directo por los grupos de proyecto principales a una base de datos central que almacena el modelo del buque, y distribución selectiva y segura de información entre otros agentes que participan en menor grado.

En entornos donde las comunicaciones sean caras o difíciles de establecer por inadecuada infraestructura, una solución alternativa puede ser la distribución del proyecto en diferentes bases de datos con información parcial del proyecto, junto al uso de herramientas inteligentes para transferir varias bases de datos e integrar el proyecto en una única base de datos al final del proyecto.

La disponibilidad de ancho de banda ofrecida por Internet aún no permite una genuina ingeniería concurrente desde sitios remotos. La arquitectura cliente-servidor resulta muy lenta para trabajar a través de Internet, el elevado número de interacciones da lugar a tiempos de respuesta significativos, frustrantes para los usuarios, incluso después de optimizar los accesos y la programación.

Sin embargo, Internet sí proporciona suficiente flexibilidad y velocidad de acceso para que la información generada a partir del modelo de producto sea intercambiada en paquetes de información parcial (planos, documentos, modelos de equipos, componentes) a otros agentes que participan en el proyecto como usuarios-no-generadores del modelo.

La posibilidad de realizar trabajo de ingeniería concurrente o distribuida está llevando a los astilleros y a las empresas de ingeniería a nuevas formas de cooperación, permitiéndoles acometer proyectos cada vez mayores y más complejos, que requieren más recursos y grupos de diseño diferentes y complementarios. Las estrategias de ingeniería cooperativa permiten coordinar varios grupos de trabajo y asignar a cada uno la parte del proyecto

para la que están mejor capacitados y experimentados.

REFERENCIAS

1. Tjonn A. F., García L.- Internet based collaboration - efficient for the shipbuilding industry?, Proceedings of ICCAS 2002, Malmoe, Suecia.
2. Alonso F., Cebollero A., Gómez A., Rodríguez A.- Collaborative Engineering in Shipbuilding, Proceedings of ICCAS 2002, Malmoe, Suecia.