

# Derivación y Verificación de Algoritmos en Control Numérico a partir de una Interfaz Gráfica

*Ing. Armando De Giusti<sup>1</sup>*

*Lic. Laura Lanzarin<sup>2</sup>*

*Lic. Marcelo Naiouf<sup>3</sup>*

*Sr. Pedro D'Argenio<sup>4</sup>*

*Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática.<sup>5</sup>  
Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas.  
Universidad Nacional de La Plata.*

## **Resumen**

*Se presenta el desarrollo de un sistema gráfico interactivo que permite derivar y verificar un programa en control numérico para máquinas herramienta a partir de una interfaz gráfica, basada en el diseño mismo de la superficie a trabajar realizado con un sistema de CAD.*

*Se exponen algunos resultados obtenidos en la primera etapa de experimentación en el Departamento de Ingeniería de una empresa dedicada al desarrollo de matricería para inyección de plástico, analizándose la generalización del sistema a otra gama de equipos industriales.*

## **Palabras Claves:**

*CAD/CAM, Reconocimientos de Caminos, Compilación, Derivación de código, Simulación*

## **Introducción**

En el ámbito industrial, y en particular en la fabricación de matrices destinadas a procesos, es muy habitual la utilización de sistemas de CAD para el diseño y ajuste de herramientas.

A su vez los procesos de elaboración en matricería incluyen normalmente la utilización de máquinas programables para el fresado, cortado o pulido de las matrices. Estos sistemas de

---

<sup>1</sup>Investigador Principal del CONICET. Profesor Titular Dpto. Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Univ. Nacional de La Plata.

<sup>2</sup>Profesor Adjunto Dpto. Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Univ. Nacional de La Plata.

<sup>3</sup>Jefe de Trabajos Prácticos Dpto. Informática, Facultad de Ciencias Exactas, Univ. Nacional de La Plata.

<sup>4</sup>Alumno avanzado de la Licenciatura en Informática. Becario LIDI.

<sup>5</sup>50 y 115 1er. Piso. La Plata (1900). Bs. As. Argentina

Tel.: +54 21 42738

Email: lidi@cespivm2.bitnet - lidi@cespivm2.unlp.edu.ar

CAM son habitualmente encapsulados y utilizan un lenguaje dedicado muy limitado como los lenguajes para control numérico, o bien una interfaz gráfica reducida.

Por ello existe un "gap" entre el diseño gráfico y el control directo de la máquina herramienta, que normalmente debe resolverse con sistemas de software dedicado de alto costo.

Nuestro objetivo fue a partir del diseño gráfico realizado con un producto estándar (en este caso AutoCAD), derivar automáticamente el programa en control numérico de una gama de máquinas herramientas y, por otro lado, simular el trabajo de la máquina según un programa dado, a fin de verificarlo "off-line". Inicialmente, el desarrollo se centró en las fresadoras y mandrinadoras MAHO, bajo un mando en control numérico modelo CNC 432, pero, posteriormente, se observó la alternativa de extender el sistema para trabajar sobre cualquier tipo de control numérico a partir de un código genérico.

La principal ventaja de este enfoque es el aprovechamiento integral de la potencia de un sistema de CAD muy probado, como el AutoCAD, respecto del cual existe normalmente un conocimiento de parte del usuario. Esto influye fundamentalmente en la disminución sustancial del costo del sistema ya que el ambiente gráfico para el diseño de piezas es obviado. Otra gran ventaja es la posibilidad de trabajar con una variedad de códigos de control numérico.

### **Ambiente Gráfico Interactivo para el Desarrollo de Algoritmos en Control Numérico: AGIDA-CN. Ver 2.0**

En el ambiente industrial normalmente la verificación del correcto funcionamiento de un programa en control numérico se realiza sobre la máquina herramienta, ya sea trabajando sobre la pieza o bien en un "modo de prueba" a fin de analizar recorridos. En consecuencia, los errores de programación se corrigen por un método de "prueba y error" que eventualmente puede redundar en daños de la pieza y que requiere una fuerte interacción con el especialista de diseño.

Dado que esto representa un costo significativo en tiempo y dinero, sobre todo en matricería que fue nuestro punto de referencia, es muy conveniente disponer de un método menos riesgoso de verificación, ejecutable "off-line".

El AGIDA-CN integra todo el proceso de desarrollo de un programa en control numérico. Se compone de dos subsistemas: un derivador de programas y un simulador de trayectorias.

El subsistema de derivación de programas establece un entorno que permite la obtención del código en forma automática a partir de una trayectoria graficada en un ambiente dedicado, o bien en forma asistida sobre el diseño de la pieza a maquinar.

El subsistema de simulación de trayectorias presenta un ambiente que permite visualizar el recorrido a realizar por la herramienta, incluyendo un conjunto de tests de restricciones propias (ej: no exceder determinadas coordenadas absolutas).

El AGIDA-CN está desarrollado utilizando los lenguajes Pascal y C. En lo que refiere al manejo del ambiente AutoCAD, éste fue modificado utilizando el lenguaje AutoLISP, provisto por el mismo producto.

En cuanto al hardware requerido por el ambiente, sólo es necesario una PC-AT con coprocesador y monitor VGA.

## **El Subsistema de Derivación de Código**

El punto de partida para la derivación del código es un archivo en formato DXF (Drawing Interchange File) obtenido desde un gráfico realizado con una herramienta de CAD. En particular hemos trabajado a partir de AutoCAD como ambiente de diseño al cual se le modificaron los menús adecuándolo a los requerimientos de nuestra aplicación.

El archivo DXF es compilado a un conjunto de entidades internas que permiten el manejo de la gráfica tales como líneas, arcos, círculos o entidades más complejas como agujeros, punto de partida de la herramienta, comienzo de trabajo de corte, etc.

Este subsistema tiene dos partes claramente definidas. Una es la generación automática del recorrido de la herramienta y otra es la obtención de tal recorrido en forma asistida.

La generación automática se realiza a partir del dibujo de una trayectoria. Tal trayectoria debe ser continua y el punto de partida de la herramienta está destacado por una entidad especial. El sistema obtiene un conjunto de recorridos posibles que son mostrados al usuario, quien elegirá a su conveniencia. Para completar la información necesaria para concluir en el código en control numérico se solicita al usuario datos adicionales tales como la velocidad de corte, la velocidad de avance, el tipo de herramienta, el tipo de aproximación de la herramienta, etc. Dichos datos serán constantes durante todo el recorrido.

Este tipo de obtención del programa es razonable utilizarlo cuando una única herramienta está involucrada en el maquinado de la pieza y además el corte es continuo sobre la trayectoria.

La generación asistida puede trabajar directamente sobre el diseño de la pieza a maquinar. El usuario establece el recorrido de la herramienta seleccionando puntos dentro del dibujo y estableciendo si el movimiento realizado es de corte o de posicionamiento. En cualquier momento de la descripción de la trayectoria el usuario puede elegir cambiar la herramienta, la velocidad de corte o de avance, la profundidad, la aproximación, etc.

## **El Subsistema de Simulación de Trayectorias**

Este subsistema genera en forma simultánea, un gráfico en planta de la pieza a confeccionar y una indicación de altura o profundidad de la herramienta en cada momento.

Antes de comenzar la gráfica se calculan las dimensiones del dibujo para poder escalarlo correctamente.

Para la simulación de trayectorias se utiliza una base de datos que indica la sintaxis a verificar y la interpretación de cada comando.

A medida que el programa se va ejecutando se construye el contexto corriente dado por:

- Cero del programa
- Punto actual
- Velocidad
- Ultimo comando ejecutado
- Lista de comandos modales

Durante la simulación la pantalla está dividida en cuatro zonas:

- Una zona donde se va construyendo la gráfica.
- Otra conteniendo las últimas ocho líneas ejecutadas del programa en control numérico.
- Una línea o zona de estado para mostrar algunos valores del contexto corriente.
- Area de menú, con los comandos habilitados.

La simulación de la trayectoria es en tiempo real, mostrando la velocidad de desplazamiento de la herramienta. Puede realizarse en forma automática o en modo de "debugging" estableciendo puntos de parada durante la ejecución.

## **Descripción Funcional del Sistema**

El ambiente presentado fue utilizado en forma experimental en el Departamento de Ingeniería de la empresa COZZUOL S.A. (una de las más importantes empresas de la industria del plástico en la Argentina) obteniéndose resultados alentadores.

Esto nos motivó a analizar la generalización del sistema a otra gama de equipos industriales.

La idea fue desarrollar un lenguaje "genérico" intermedio, de manera tal que el subsistema de derivación, antes de obtener el programa en control numérico para una herramienta determinada, obtenga una descripción en dicho lenguaje. En forma análoga, el

subsistema de simulación toma el programa en control numérico y obtiene la descripción genérica.

Para esto se pensó en tener una Base de Datos de traductores ("Cross-compilers") desde y hacia ese código genérico de manera tal de obtener código ejecutable para cada máquina específica.

El siguiente esquema muestra claramente la arquitectura básica del sistema:

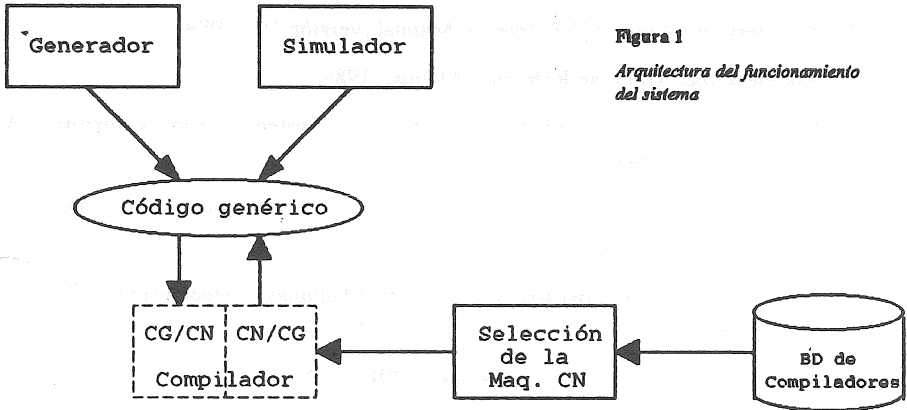


Figura 1  
Arquitectura del funcionamiento del sistema

El compilador se instancia a partir de la selección de la máquina de control numérico.

El código intermedio es, en realidad, una estructura de datos definida por una lista de comandos. Los comandos identifican, por un lado, entidades a maquinar como rectas, arcos, círculos, agujeros, y por otro, datos referentes al corte como herramienta, velocidad de corte y de avance, aproximación de la herramienta, etc.

## Conclusiones

Se ha desarrollado un sistema de CAM experimental, a partir del diseño gráfico en AutoCAD y se lo ha aplicado a una gama-muy utilizada de máquinas herramientas.

No se trata de un producto final, sino de una línea de trabajo en CAD/CAM que representa un área de alto valor agregado en Informática. Esta línea experimental tiene varios temas de interés dentro del LIDI, que se engloban en lo que genéricamente se denomina "Computer Integrated Manufacturing" (CIM).

## **Agradecimiento**

Los autores agradecen al personal del Dpto. Ingeniería de COZZUOL S.A. por su apoyo en el desarrollo y experimentación de este sistema.

## **Bibliografía**

- [1] A. V. Aho, R. Sethi, J. D. Ullman. *Compilers, Principles, Techniques and Tools*
- [2] Autodesk Inc. *AutoCAD Reference Manual (versión 10)*. 1989.
- [3] Autodesk Inc. *AutoLisp Reference Manual*. 1989.
- [4] M. P. Groover. *Automation, Production Systems, and Computer Aided Manufacturing*. Prentice Hall. 1980.
- [5] W. P. Groover, E. W. Zimmers. *CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing*. Prentice Hall. 1984.
- [6] Lopez Navarro. *Automatismo y Control en Máquinas y Mecanismos*. Ed. Gustavo Gili. 1975.
- [7] E. de Paula Ferreira. *Robótica Básica*. V EBAI. 1991.
- [8] C. L. Tozzi, L. P. Magalhães. *Sistemas Gráficos: Técnicas de Modelagem, Desenho, Pac*. V EBAI. 1991.