

TECNOLOGIAS DE SUPERVISÃO E MONITORAMENTO EM MÁQUINAS FERRAMENTAS COM CNC DE ARQUITETURA ABERTA

Fábio Ferraz Júnior

Universidade de São Paulo/ Escola de Eng. de São Carlos – Dep. de Engenharia Mecânica
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos-SP tel. (16) 3373 9438
fferrazj@sc.usp.br

João Fernando Gomes de Oliveira

Universidade de São Paulo/ Escola de Eng. de São Carlos – Dep. de Eng. de Produção Mecânica
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos-SP tel. (16) 3373 9393
jfgo@sc.usp.br

Adriano Fagali de Souza

Instituto Superior de Tecnologia – IST / Sociedade Educacional de Sta. Catarina - SOCIESC
Rua Albano Schmidt, 3333 CEP 89201-972 Joinville-SC tel. (47) 461 0133
adriano.fagali@sociesc.com.br

Resumo: *Este trabalho apresenta tecnologias para a aquisição e o compartilhamento automático de informações de máquinas-ferramenta, bem como alternativas para a implementação de sistemas de monitoramento em máquinas cujos CNC são baseados em ambientes PC, e possuem arquitetura aberta. As soluções e alternativas propostas foram desenvolvidas e implementadas em três máquinas-ferramenta (um torno e dois centros de usinagem) do chão-de-fabrica do laboratório NUMA – OPF (Núcleo de Manufatura Avançada – Otimização de Processos de Usinagem) da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. Os resultados mostram que é possível monitorar grandezas envolvidas no processo de usinagem com grande facilidade via rede de comunicação.*

Palavras-chave: *supervisão, monitoramento, CNC, arquitetura aberta*

1. INTRODUÇÃO

Nos ambientes industriais, assim como nos acadêmicos, notam-se crescentes discussões a respeito da evolução dos comandos numéricos, na qual vem despontando os chamados CNC de arquitetura aberta. O principal objetivo dessa arquitetura é facilitar a implementação e integração de aplicações específicas através de aberturas de interfaces e configurações de métodos em um ambiente neutro, padronizado. Isto resulta em uma redução de custos e aumento de flexibilidade, pois *softwares* podem ser reusados e algoritmos específicos de usuários ou aplicações podem ser integradas. Essa tendência vem sendo forçada pelo aumento do número de máquinas com propósitos especiais e com altos níveis de automação, que levam a altos custos no desenvolvimento de *softwares*.

Dentre as diversas configurações de CNC de arquitetura aberta, tem-se a chamada arquitetura híbrida. Nesta arquitetura, o cerne do CNC permanece fechado, no entanto a sua IHM (interface homem-máquina) é baseada em PC (*Personal Computer*) com padrões e recursos abertos (não proprietários) para a integração e implementação de aplicativos. Apesar deste tipo de configuração ter uma infinidade de recursos, ainda é pouco explorada no desenvolvimento e integração de sistemas de supervisão e monitoramento.

Diante desse panorama, o presente trabalho apresenta este tipo de arquitetura, e expõe aplicações para a aquisição e o compartilhamento automático de informações de máquinas-ferramenta (sistemas de supervisão), bem como sistemas de monitoramento para CNC de ambiente PC. Os sistemas propostos foram desenvolvidos e implementados em três máquinas-ferramenta com CNC SIEMENS, (um torno e dois centros de usinagem) do chão de fabrica do laboratório NUMA – OPF (Núcleo de Manufatura Avançada – Otimização de Processos de Usinagem) da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

2. CNC DE ARQUITETURA ABERTA

Segundo Pritschow *et al*⁽¹⁾, inicialmente o mercado de CNC foi dominado por heterogeneidades e sistemas orientados à equipamentos, com componentes de *hardware* e *software* proprietários, o que levou à sistemas inflexíveis e complexos, conforme ilustrado na figura 1, sendo estes tipos de CNC ainda comercializados. No entanto, atualmente alguns modernos CNC, visando alta qualidade e flexibilidade, utilizam-se de ambientes homogêneos baseado em PC, sistemas orientados a *software* e interfaces abertas, buscando atingir uma arquitetura aberta e suas vantagens.

Grandes esforços vêm sendo realizados para atender as novas exigências de mercado. Vários projetos no mundo estão voltados para o estudo e definição de um controle de arquitetura aberta, destacando-se, segundo Pritschow *et al*⁽¹⁾ e Liang *et al*⁽²⁾, o OSACA (*Open System Architecture for Controls within Automation Systems*) na Europa, o OSEC (*Open System Environment for Manufacturing*) e o JOP (*Japanese Open Promotion Group*) no Japão, e o OMAC (*Open Modular Architecture Controllers*) nos Estados Unidos, entre outros.

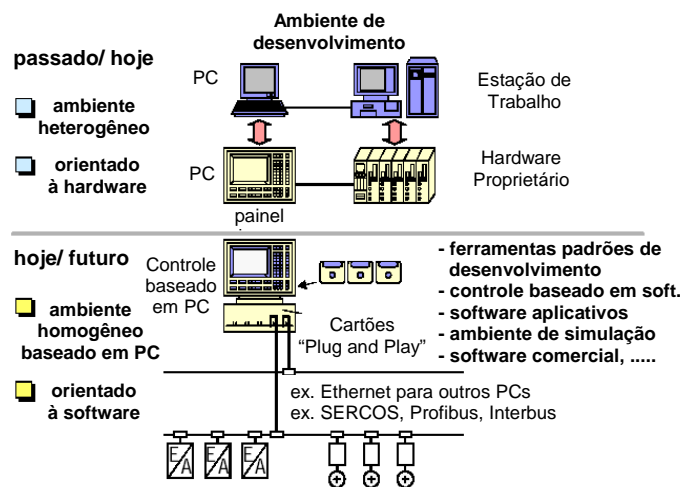


Figura 1. Estruturas de CNCs – passado, atualidade e tendência (Pritschow⁽¹⁾ modificado)

Paralelamente às fases de tecnologias de automação e controle industrial, houve uma evolução vertiginosa de computadores pessoais, que passaram a invadir o ambiente industrial. Inicialmente empregados na administração e supervisão de tarefas *"off-lines"*, passaram a ser utilizados para coleta de dados de chão de fábrica, interligação em redes, e, mais recentemente, em lugar de CPUs de CNCs e substituindo totalmente tarefas antes desempenhadas por CLPs, afirma Buzatto⁽³⁾.

Implementações de CNC baseadas em PC possuem diversas configurações. Desde sistemas cuja única CPU é o processador do PC, na qual toda a arquitetura do CNC é construída em *software*, passando-se por sistemas cujas funções do PC são complementadas por cartões dedicados, cada qual com sua própria CPU, até finalmente às arquiteturas híbridas, na qual o cerne do CNC permanece fechado, e algumas áreas são abertas, como, em geral, as interfaces homem-máquina com ambiente PC (Buzatto⁽³⁾, Mintchell⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾, MDSI⁽⁶⁾, Nourse⁽⁷⁾).

As arquiteturas na qual o cerne do CNC permanece fechado e a interface homem-máquina é de ambiente PC são as mais comumente encontradas em chão de fábrica. Nestes sistemas, os controles de movimento e de seqüências de operações são tipicamente manuseados por *hardware* dedicados, tendo o PC somente para prover a interface de operação, o armazenamento de programas CNC e a execução de tarefas de comunicação (Turner⁽⁸⁾). É importante salientar que a característica de se ter um CNC com ambiente PC não o torna um CNC de arquitetura aberta. Para tal, necessita-se ao menos disponibilizar protocolos e tecnologias abertas (não proprietárias) para a troca de dados, tais como o DDE (*Dynamic Data Exchange*), NetDDE (*Network Dynamic Data Exchange*), OPC (*OLE for Process Control*), ActiveX, entre outras, e redes de comunicação padrões como as redes Ethernet TCP/ IP, SERCOS, Profibus, etc. Assim, pode-se ter um CNC com a interface externa

aberta, no entanto mantendo o seu cerne (interface interna) fechado, caracterizando-o como uma arquitetura híbrida. Sistemas baseados em PC podem ter um grau maior ou menor de abertura (MMSONline⁽⁹⁾). Todos ou parte dos componentes de *hardware* e/ou *software* podem ser proprietários ou não, assim como as interfaces entre o CNC e as demais unidades do sistema de controle, tais como os servo sistemas (MMSONline⁽⁹⁾).

A interface externa, foco do presente trabalho, é caracterizada por conectar o sistema de controle com unidades superiores (estações CAD/CAM, sistemas MES e ERP) através de redes LAN (*Local Area Network*), com unidades subordinadas (servo-motores, drivers, painéis de operação, etc) utilizando-se de redes de campo, e com usuários (tanto para a operação, quanto para a programação) através de normas para a elaboração de programas CNC (linguagens “G” – DIN 66025) e para a programação de CLP (IEC 61131-3).

2.1. Vantagens de CNC de Arquitetura Aberta

São vários os benefícios para os fornecedores e usuários de sistemas de controle aberto. Projetistas de CNC e acadêmicos beneficiam-se do alto grau de abertura que cobre as interfaces internas do CNC, e para os usuários finais, a abertura externa é a mais importante, notando-se que a grande vantagem em comum é a redução geral de custos (Pritschow *et al*⁽¹⁾). Para os fornecedores de controles e de máquinas-ferramenta, a arquitetura aberta permite o reuso de *softwares*, facilita a implementação de controles específicos de clientes, possibilita maior flexibilidade e facilidade na utilização de *hardwares*, utilizando-os de forma mais eficiente e de acordo com os interesses de seus clientes. Quanto aos usuários finais e ainda aos fornecedores de máquinas-ferramenta, tem-se como vantagens a capacidade de adaptação de interfaces de usuários e padronização das mesmas, além da possibilidade de integração de *softwares* específicos, tais como sistemas de monitoramento capazes de trocar informações *on-line* com os sistemas de controle, e sistemas de coleta e geração de históricos de informações (de máquina, de processo, etc) com capacidade de compartilhá-las via Intranet e/ou Internet (Pritschow *et al*⁽¹⁾, Ferraz Jr. e Coelho⁽¹⁰⁾). Segundo Krar e Gill⁽¹¹⁾, os CNC de arquitetura aberta tornam-se geradores de informações, registrando e exibindo milhares de informações sobre a máquina-ferramenta, produção e o processo de usinagem, o que é essencial para a integração com sistemas de gerenciamento da produção e administração corporativa, tais como sistemas MES (*Manufacturing Execution Systems*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Particularmente, a arquitetura de CNC baseada em PC traz uma infinidade de benefícios, destacando-se a flexibilidade, conectividade, integração, redução de custos, capacidade de armazenamento e recursos de multimídia. Através de um ambiente PC, tem-se no mundo do CNC um ambiente neutro para a utilização de *softwares* e *hardwares* que não necessitam obrigatoriamente serem provenientes do fabricante do CNC, reduzindo custos de atualizações e de mão de obra especializadas. Permite a fácil conectividade e a integração com outros sistemas, máquinas e aplicações específicas. O ambiente PC possibilita a utilização de uma infinidade de recursos de multimídia além da alta capacidade de armazenamento e manipulação de dados, facilitando a operação através da utilização de interfaces gráficas, podendo ser personalizadas conforme a necessidade de cada usuário (Mintchell⁽⁴⁾, MMSONline⁽⁹⁾, Krar e Gill⁽¹¹⁾, Herrin⁽¹²⁾).

2.2. Aplicações em CNC de Ambiente PC

Utilizando-se das vantagens de um ambiente PC em CNC de arquitetura aberta, sistemas de supervisão e monitoramento podem ser implementados e integrados aproveitando-se de todos os recursos já disponíveis nas máquinas-ferramenta, tais como sensores, redes de comunicação, servidores e base de dados, aplicativos, etc. Deste modo, evita-se a utilização de sensores adicionais e de *hardwares* e *softwares* de alto custo para a aquisição e tratamento de sinais (amplificadores e filtros), eliminando-se até mesmo uma possível intrusão dos mesmos nos processos de usinagem. Adicionalmente, através da rede comunicação entre os componentes da máquina-ferramenta (IHM, CNC, PLC, Driver de potência e painel de operação) pode-se adquirir dados e informações dos mesmos, bem como através de aplicativos da máquina-ferramenta, com o uso de protocolos padrões e métodos, tais como o DDE, NetDDE, OPC, ActiveX, etc. Assim, o

CNC com o ambiente homogêneo do PC e com sua arquitetura aberta permite a escolha de ambientes para o desenvolvimento de aplicativos, tais como o Visual Basic, Delphi, LabView, entre outros, evitando-se o uso obrigatório de *softwares* de fornecedores específicos. A seguir, tem-se uma breve descrição destes sistemas, com exemplos de aplicações utilizando-se de CNC SIEMENS Sinumerik 810D e 840D.

2.2.1. Sistema de Supervisão

Segundo Daneels e Salter⁽¹³⁾, uma arquitetura típica de um sistema de supervisão, ou sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), é composta por estações clientes e estações servidoras de dados. Uma estação servidora de dados comunica-se com equipamentos de campo através de seus controladores, por exemplo CLP e CNC, que podem ser conectados diretamente com a estação servidora, ou conectados via redes de campo (*fieldbus*). Através destas estações servidoras de dados pode-se armazenar e compartilhar informações do chão de fábrica para as estações clientes através de redes locais Ethernet, conforme ilustrado na figura 2. Assim, informações da estação servidora podem ser acessadas de qualquer ponto da rede corporativa através de *softwares* especiais (SCADA View), ou através de navegadores de páginas HTML (*browsers*), tendo-se, neste último caso, algumas limitações de recursos. Adicionalmente, obedecendo-se as regras de segurança da rede corporativa (*firewall*), pode-se até mesmo disponibilizar estas informações para a Internet.

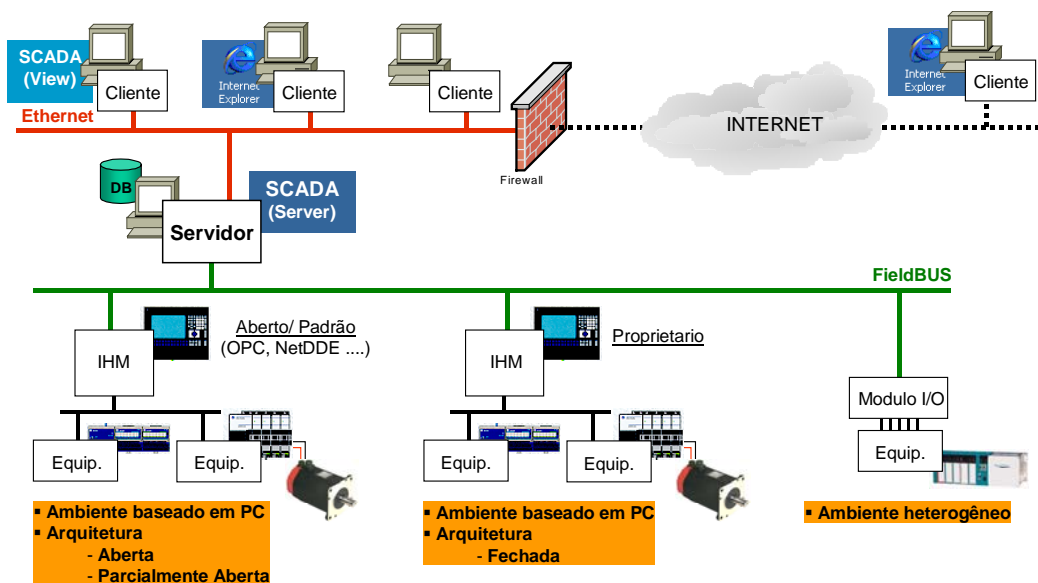


Figura 2. Arquitetura típica de um sistema de supervisão

O chão de fábrica pode ser composto de máquinas de diferentes configurações, com maior ou menor dificuldade de integração com o sistema SCADA e, como consequência, integração com os sistemas corporativos e de gestão da produção, tais como sistemas ERP e MES. Máquinas de ambiente PC facilitam esta integração por permitirem a captura de dados utilizando-se de protocolos padrões já disponíveis nos sistemas SCADA, ou utilizando-se de protocolos proprietários, sendo neste caso necessário a compra ou o desenvolvimento de *drivers* para a comunicação. Quanto às máquinas que não apresentam ambiente PC (ambientes heterogêneos), quando o fabricante não disponibiliza recursos e *drivers* de comunicação, torna-se difícil a integração das mesmas com os sistemas SCADA, exigindo-se em muitos casos a utilização de módulos digitais e/ou analógicos para a aquisição de sinais (bits, words, sinais analógicos de sensores, etc) que podem ser convertidos em informações, como por exemplo uma combinação de bits (sinais) que indicam uma determinada situação da máquina (informação).

A seguir, tem-se um exemplo de sistema de supervisão com três máquinas-ferramenta de CNC SIEMENS Sinumerik 8x0D, todos com IHM de ambiente PC: um torno INDEX GU 600 (Sinumerik 810D), um centro de usinagem ROMI DISCOVERY 560 (Sinumerik 810D) e um centro de usinagem HERMLE C800U (Sinumerik 840D). Nessa arquitetura, tem-se um PC externo com um aplicativo, desenvolvido em LabVIEW, que executa o sistema de supervisão e a comunicação com os PC das IHM das três máquinas-ferramenta, conforme esquematizado na figura 3. Assim, a comunicação e integração são realizadas entre o PC externo (com o sistema de supervisão) e os PC das IHM das máquinas-ferramenta. A comunicação é realizada via rede com padrão Ethernet TCP/ IP. A integração com o *software* IHM da SIEMENS, no caso o MMC (*Man Machine Communication*), dá-se através do protocolo NetDDE, permitindo troca de informações e dados entre o servidor DDE (NC-DDE Server) de cada IHM e o sistema de supervisão desenvolvido em LabVIEW. Portanto, tendo-se os PC das IHM como intermediários, tem-se a comunicação do sistema de supervisão com cada máquina-ferramenta, obtendo-se dados das IHM, CNC, CLP, drivers de potência e painéis de operação. Deste modo, através de manipulações desses dados, pode-se obter informações de produção (ritmo de produção, total de peças produzidas, refugadas e re-trabalhadas, tempos de paradas e de trabalho), de processo (tempos de ciclos, tempos de corte, velocidades e avanços de *setpoint* e reais), de ferramentas (número de peças produzidas por ferramenta e/ou por aresta de corte), de históricos de alarmes (frequência de ocorrência, tipo e descrição de alarmes: alarmes de IHM, CNC, PLC e de Driver de potência), entre outras informações.

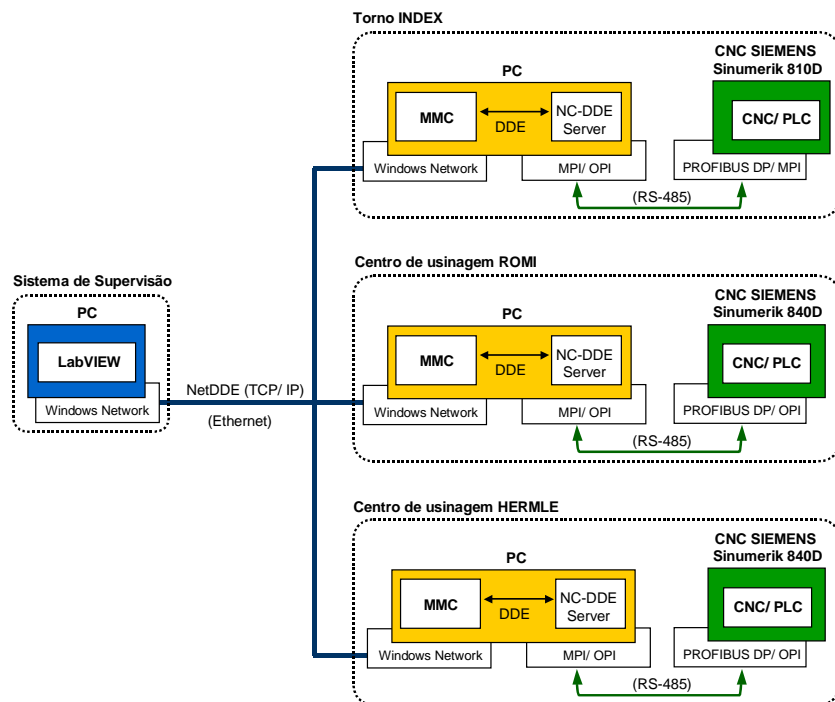


Figura 3. Arquitetura da comunicação do sistema de supervisão com as máquinas-ferramenta

Exemplos de telas de supervisão de cada máquina-ferramenta, desenvolvidas em LabView, são expostos na figura 4.



Figura 4. Exemplos de telas de supervisão

2.2.2. Sistema de Monitoramento

As tarefas do monitoramento conforme esquematizado na figura 5, segundo Du *et al* ⁽¹⁴⁾, são compostas principalmente por três partes: aquisição do sinal, processamento do sinal e tomada de decisão.

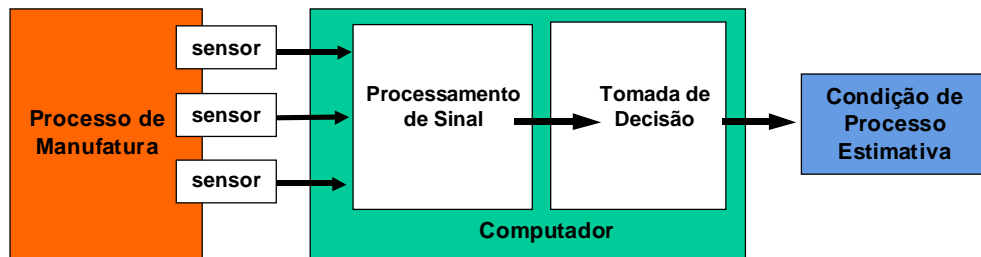


Figura 5. Monitoramento de Processos de Manufatura. (Du *et al* ⁽¹³⁾ –modificado)

Os sensores são os elementos chaves de muitos sistemas de monitoramento de processos e ferramentas, afirma Jemielniak ⁽¹⁵⁾. Segundo Liang *et al* ⁽²⁾, Blum *et al* ⁽¹⁶⁾ e Byrne *et al* ⁽¹⁷⁾, em geral os sensores podem ser categorizados em sistemas contínuos (*in-process* ou *on-line*) e sistemas intermitentes (*in-cycle* ou *off-line*). Um sistema contínuo monitora durante o processo de usinagem, enquanto um sistema intermitente examina os atributos periodicamente, como por exemplo nos intervalos da usinagem de cada peça. Adicionalmente, técnicas de sensoriamento podem ser classificadas em medições diretas e indiretas. Em técnicas indiretas, a informação é obtida depois do processamento do sinal e interpretação baseadas em modelos (por exemplo, a utilização de sensores de emissão acústica para detectar quebra ou desgastes de ferramentas), enquanto nas técnicas diretas, a informação é obtida diretamente do sinal (por exemplo, sistemas de visão para a medição direta de desgastes, ou detecção de quebras de ferramentas), afirma Liang *et al* ⁽²⁾.

O processamento do sinal é utilizado para obter os índices do monitoramento que descrevem as características das diferentes condições do processo. Assim, a tomada de decisão é baseada na relação entre as condições do processo e os índices de monitoramento. Esta relação pode ser descrita de diversos modos, como, por exemplo, através de padrões e limites de sinais, sistemas *fuzzy*, redes neurais, entre outros métodos, afirma Du *et al* ⁽¹⁴⁾.

A seguir, tem-se um exemplo de arquitetura de sistema de monitoramento em CNC de ambiente PC. Nesta arquitetura pode-se implementar tanto sistemas contínuos de monitoramento quanto sistemas intermitentes, utilizando-se de recursos já disponíveis na máquina-ferramenta, conforme mencionado anteriormente. Nesta arquitetura tem-se uma comunicação direta do PC externo com os componentes digitais do sistema de controle da máquina-ferramenta, evitando-se a IHM como intermediária (figura 6). Desta forma, tem-se uma rede de comunicação determinística e de maior taxa de aquisição.

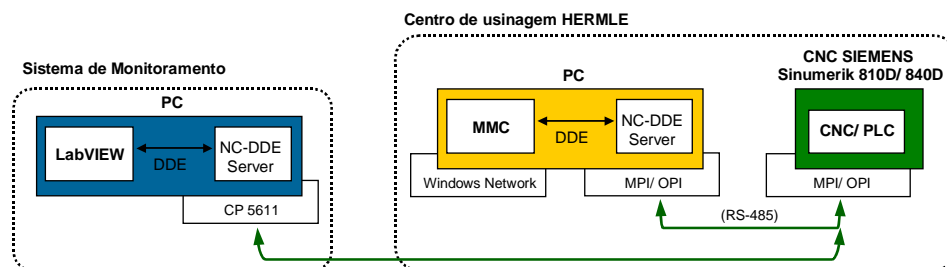


Figura 6 – Arquitetura da comunicação e integração do sistema de monitoramento

O PC externo executa um aplicativo, desenvolvido em LabView, para o monitoramento e a comunicação com a máquina-ferramenta. É utilizada uma rede RS-485 com protocolos MPI (*MultiPoint Interface*), para CNC 810D, ou OPI (*Operator Panel Interface*), para CNC 840D, e protocolo DDE, ao invés de uma rede Ethernet TCP/ IP e protocolo NetDDE como utilizado na arquitetura proposta para o sistema de supervisão. No PC externo executa-se também um servidor DDE (NC-DDE Server), como ocorre no PC da HMI, que “encapsula” as particularidades da rede MPI/OPI, permitindo a comunicação através de um protocolo padrão, o DDE. Assim, o PC externo passa a ser um ponto adicional na rede interna da máquina-ferramenta, na qual fazem parte a IHM, CNC, CLP, drivers de potência dos motores e o painel de controle.

Com este tipo de arquitetura, pode-se desenvolver sistemas de monitoramento com aquisição *on-line* de informações provenientes do CNC, PLC e Drivers de potência, e até mesmo sincronizar a aquisição de tais informações com sinais provenientes de sensores adicionais instalados na máquina-ferramenta. Na figura 7 tem-se exemplos de sistemas de monitoramento com tal arquitetura. A figura 7-A expõe a aquisição de velocidades de avanço real e programada (*setpoint*), permitindo a análise *on-line* da variação da velocidade de avanço real ao longo do perfil da peça, o que pode prejudicar no acabamento superficial da mesma. Na figura 7-B tem-se o sincronismo e a aquisição *on-line* de sinais de coordenadas X e Z do perfil da peça, provenientes do CNC, e da força na direção Z, provenientes de um dinamômetro instalado adicionalmente na máquina-ferramenta. Assim, pode-se fazer análises detalhadas da variação de forças de usinagem conforme a variação de tipos de interpolações, bem como detectar pontos críticos do perfil da peça quanto a forças de usinagem e acabamentos superficiais.

Sistemas de monitoramento também podem ser implementados no próprio PC da IHM, desde que utilizem protocolos DDE ou OPC, dependendo do tipo do CNC, e possam ser executados em sistemas operacionais Windows95/NT. Pode-se também desenvolver lógicas, utilizando-se de dados do sistema de controle, no próprio programa CNC através de linguagens de alto nível baseadas em Visual Basic. Neste caso, tem-se a limitação da lógica ser executada somente durante a execução do programa CNC. Uma forma de contornar essa limitação é utilizar-se de recursos avançados, no entanto de alto custo, que permitem a implementação e execução contínua de lógicas na própria CPU do CNC, como as ferramentas conhecidas como ações sincronizadas (*Synchronized Actions*) disponíveis nos comandos SIEMENS.

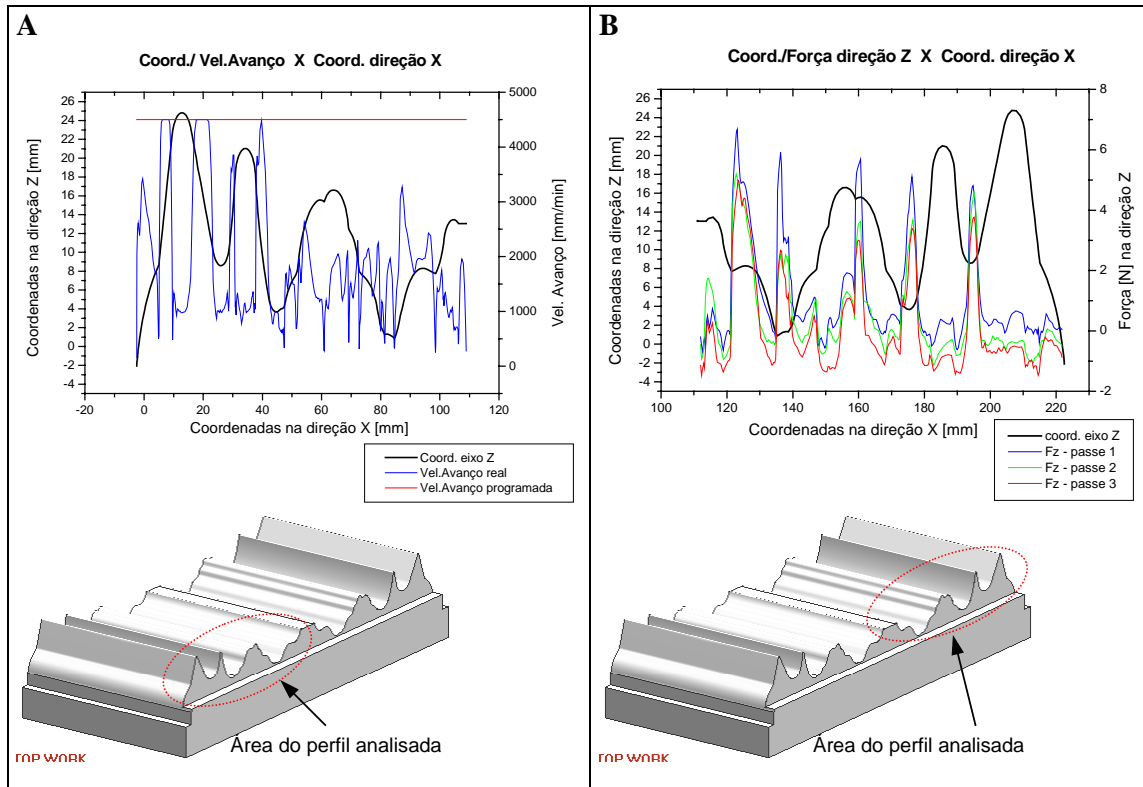


FIGURA 7 – Exemplos de aplicações de sistemas de monitoramento em CNC de ambiente PC

3. CONCLUSÃO

Seguindo tendências e pressões de mercado, cada vez mais fornecedores de sistemas de controle disponibilizam recursos e aberturas para a implementação de aplicações personalizadas de seus usuários. Apesar da infinidade de recursos que estes sistemas fornecem, poucas aplicações de supervisão e monitoramento vêm sendo implementadas no ambiente industrial.

Com relação aos CNC de ambiente PC de arquitetura aberta ou híbrida, e sistemas de supervisão e monitoramento que podem ser desenvolvidos e integrados nos mesmos, pode-se concluir:

- CNC de ambiente PC mostra-se excelente para o desenvolvimento e integração de sistemas de supervisão e monitoramento, contribuindo para a integração de todo o sistema de manufatura, melhorias na qualidade de produtos, otimização dos processos de fabricação e redução de custos da produção.
- CNC de arquitetura aberta dispõe de protocolos padrões para a comunicação e integração de aplicativos, permitindo a livre escolha de ambientes de programação, reaproveitamento de *softwares* e redução de mão de obra especializada.
- Sistemas de supervisão e monitoramento podem ser implementados utilizando-se de todos os recursos (rede de comunicação, sensores, etc) já disponíveis nas máquinas-ferramenta, eliminando a necessidade de sensores adicionais, sendo estes muitas vezes de altos custos, e evitando uma possível intrusão dos mesmos nos processos de fabricação.

Apesar do presente trabalho expor somente exemplos de aplicações de supervisão e monitoramento em comandos SIEMENS, implementações semelhantes podem ser executadas em vários outros CNC de arquitetura híbrida cujas IHM são de ambiente PC, tais como os comandos GE-FANUC, Allen-Bradley, Indramat, ECS, etc.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à INDEX Tornos Automáticos pela doação do torno INDEX GU600, à SIEMENS pelo apoio técnico e pela doação dos comandos numéricos Sinumerik 810D do torno INDEX GU600 e do centro de usinagem ROMI DISCOVERY 560, e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

1. PRITSCHOW, G. *et al.* Open Controller Architecture – Past, Present and Future. **Annals of the CIRP**, v. 50, n. 2, p. 1-7, 2001.
2. LIANG, S. Y. *et al.* Machining Process Monitoring and Control: The State-of-the-art. **ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition**, n. IMECE2002-MED-32640, November, 2002.
3. BUZATTO, W. T. Open CNC. **Controle & Instrumentação**, p.70-71, Janeiro, 1999.
4. MINTCHELL, G. A. New at IMTS PCs Boost CNC Capability. **Control Engineering Online**, November, 1998. Disponível em: <<http://www.controleng.com/archives/1998/ctl11101.98/11d955.htm>> . Acesso em: 5 de abril de 2001.
5. MINTCHELL, G. A. CNC Technology: Another weapon in integrated manufacturing's arsenal. **Control Engineering**, v. 47, n.12, p. 62-70, November, 2000.
6. MDSI – Manufacturing Data Systems, Inc. When is open architecture machine control really open? Disponível em: <<http://www.mdsi2.com/products/openarch.htm>>. Acesso em: 12 de maio de 2003.
7. NOURSE, B. E. Achieving Hard Real-Time for CNC on Windows NT. Disponível em: <<http://www.mdsi2.com/products/MDSIRealTimeCNC.htm>>. Acesso em: 4 de abril de 2001.
8. TURNER, J. M. Evaluating CNC Technology: Fact Vs. Rhetoric. **Reprinted from Production Magazine**, October, 1994.
9. MMSONline. Scanning the horizon: Control Builder says Open Architecture should mean Open Architecture. Disponível em: <<http://www.mmsonline.com/articles/0496scan2.html>>. Acesso em: 5 de abril de 2001.
10. FERRAZ JR, F.; COELHO, R. T. Data Acquisition and Monitoring in Machine Tools with CNC of Open Architecture using Internet. **The International Journal of Advanced Manufacturing and Technology**. Disponível em:< <http://www.springerlink.com>>. DOI: 10.1007/s00170-003-1977-3.
11. KRAR, S.; GILL, A. Exploring Advanced Manufacturing Technology – Part 2: Open Architecture CNC. **Advanced Manufacturing**, March, 2002. Disponível em: <<http://www.advancedmanufacturing.com/March02/exploringamt.htm>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2003.

12. HERRIN, G. E. CIM Perspectives – Who Benefits from Open Architecture. **MMSonline**. Disponível em: <<http://www.mmsonline.com/articles/0698cim.html>>. Acesso em: 4 de abril de 2001.
13. DANEELS, A.; SALTER, W. What is SCADA? **International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems**. p.339-43, 1999.
14. DU, R. *et al.* Automated monitoring of manufacturing process, part 1: monitoring methods. **ASME Journal of Engineering of Industry**, v.117, n.2, p.121-32, 1995.
15. JEMIELNIAK, K. Comercial tool condition monitoring systems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.15, p.711-21, 1999.
16. BLUM, T. *et al.* Development of a condition monitoring system for cutting tools using an acoustic emission sensor. **Bulletin of the Japan Society of Precision Engineering**, v.22, n. 4, p. 301-308, 1988.
17. BYRNE, G. *et al.* Tool condition monitoring – the status of research and industrial application. **Annals of the CIRP**, v. 44, n..2, p.541-67, 1995.
18. SIEMENS. The SINUMERIK System DOC ON CD – 04/2000 Edition. 2000. CD-ROM.

SUPERVISION AND MONITORING TECHNOLOGIES IN MACHINE TOOLS WITH OPEN ARCHITECTURE CNC

Fábio Ferraz Júnior

Universidade de São Paulo/ Escola de Eng. de São Carlos – Dep. de Engenharia Mecânica
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos-SP tel. (16) 3373 9438
fferrazj@sc.usp.br

João Fernando Gomes de Oliveira

Universidade de São Paulo/ Escola de Eng. de São Carlos – Dep. de Eng. de Produção Mecânica
Av. Trabalhador Saocarlense, 400 CEP 13566-590 São Carlos-SP tel. (16) 3373 9393
jfgo@sc.usp.br

Adriano Fagali de Souza

Instituto Superior de Tecnologia – IST / Sociedade Educacional de Sta. Catarina - SOCIESC
Rua Albano Schmidt, 3333 CEP 89201-972 Joinville-SC tel. (47) 461 0133
adriano.fagali@sociesc.com.br

Abstract: *This work presents technologies for acquisition and for automatic sharing of machine-tool information, as well as alternatives for the implementation of monitoring systems in machine-tool with open architecture CNC based in PC environment. The solutions and alternatives proposed were developed and implemented in three machine-tool (one lathe and two machining centers) in the laboratory NUMA - OPF (Nucleus of Advanced Manufacture - Optimization of Fabrication Processes) of the School of Engineering at Sao Carlos – University of Sao Paulo. The results show that is possible the monitoring of variables involved in the machining process with great easiness through network.*

Keywords: *supervision, monitoring, CNC, open architecture*