

CÉLULAS FLEXÍVEIS DE MANUFATURA EMPREGANDO TECNOLOGIA WIRELESS

Marcelo do Nascimento Bueno

Universidade de Taubaté - UNITAU, Departamento de Automação, mnbueno@universiabrasil.net

Victor Orlando Gamarra Rosado

Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG-UNESP, victor@feg.unesp.br

Wilton Ney do Amaral Pereira

Faculdade Radial - São Paulo SP, wilton@radial.com.br

Resumo. O objetivo deste artigo é propor conexões via radio-freqüência (RF) e seu emprego em redes locais sem fio (Wireless Local Loop) visando integração de dispositivos em ambientes industriais e potencial na aplicação em Células Flexíveis de Manufatura (CFM), tornando-as efetivamente flexíveis e viabilizando futuras aplicações em escala mais ampla no âmbito industrial. O trabalho mostra tecnologias emergentes designadas genericamente como wireless entre elas os protocolo Bluetooth ou o padrão IEEE 802.11, possibilitando aplicações híbridas com outras técnicas de transmissão digital no ambiente industrial. Visando avaliar experimentalmente a viabilidade desta proposta, foram realizados ensaios com um sistema protótipo de medição conectado por rádio-freqüência a um sistema de aquisição de dados situado remotamente. Os dados coletados foram analisados comparativamente buscando-se estabelecer limites e aplicações futuras dessa concepção.

Palavras-chave: Células flexíveis de manufatura, Wireless, Controle de sistemas de manufatura, Automação da produção.

1. INTRODUÇÃO

Células Flexíveis de Manufatura (CFM) têm como objetivo atender com vantagens as rápidas mudanças de *set-up ou lay-out* de uma linha de produção, em face da demanda do mercado por determinados produtos. Estas mudanças poderão ser mais rápidas se mais facilmente as linhas de produção puderem ser adaptadas a esta nova configuração.

No inicio dos anos 70, com o advento do Comando Numérico Computadorizado (CNC), as empresas de manufatura tornaram o processo de usinagem automatizado e consequentemente obteve-se um pouco mais de mobilidade numa eventual alteração na operação ou configuração da linha de produção.

Em linhas de produção tradicionais, o sistema de aquisição e controle é interconectado via cabo metálico ou óptico até o computador de supervisão ou sala de controle. No final dos anos 90 o numero de aplicações com Controlador Lógico Programável (CLP) cresceu devido a redução de seu custo, aumento da complexidade das operações e a necessidade de uma maior integração com os sistemas de planejamento e de produção.

Nas empresas de manufatura visando o gerenciamento das operações, empregam-se diversas soluções desde a conexão dos dispositivos de campo como sensores, indicadores, atuadores e até redes digitais como por exemplo o *fieldbus*. Estes dispositivos por sua vez são interligados a um computador de processo ou mais comumente a um CLP. Esta arquitetura é pouco flexível pois

sempre será dependente das interligações físicas entre os componentes. Eventuais mudanças nesta configuração podem se tornar complexas e onerosas.

O emprego de sistema sem fio ou *wireless* pode proporcionar uma maior flexibilidade na tarefa de alteração do *lay-out* da linha de produção, através de soluções híbridas ou em conjunto com as redes digitais de cabeamento ou até mesmo na sua substituição.

Aplicações de sistemas *wireless* em empresas de tratamento de água e efluentes, oleodutos, plataformas de petróleo, têm obtido sucesso em sua utilização, especialmente na monitoração e controle do processo. Ehrfeld (2001) mostra um outro aspecto relevante: o desenvolvimento crescente de sensores e transdutores que já incorporam a tecnologia de transmissão em *wireless* os micro-sensores mecânicos ou MEMS. Nestas aplicações, os próprios micro-sensores podem formar uma rede sem fio entre si e trocar dados automaticamente com uma estação de controle principal. Uma das vantagens deste sistema é o baixo consumo de energia em função de seu tamanho reduzido, proporcionando também sensível redução de custo como mostrado no trabalho de Wendi et al (2000).

2. MANUFATURA FLEXÍVEL

Upton (1994) define Células Flexíveis de Manufatura (CFM) como sendo o conjunto de sistemas de produção automatizados, capacitados a produzir uma variedade de diferentes peças e produtos empregando o mesmo equipamento e sistema de controle. Sob uma ótica geral, pode-se afirmar que as CFM devem apresentar ao menos três subsistemas:

- Sistema de Armazenamento e Processamento de material - equipamentos automatizados ou robotizados que fornecem e gerenciam materiais.
- Sistema de Processamento - grupo de máquinas com comando numérico (CN) ou comando numérico computadorizado (CNC).
- Sistema de Controle - realiza o controle operacional da célula, que emprega um Sistema Computadorizado. Existem diversos conceitos sob manufatura flexível segundo Correa (1994), desde flexibilidade de mix de produto até de volume de produção.

Neste artigo será tratado sob a ótica da integração dos sistemas de controle e sua conexão com o processo. A Figura (1) exemplifica uma célula de produção com dois tipos de dois produtos: “A” e “B”. Sua conexão é realizada através de infra-estrutura convencional por eletrodutos e cabos de cobre.

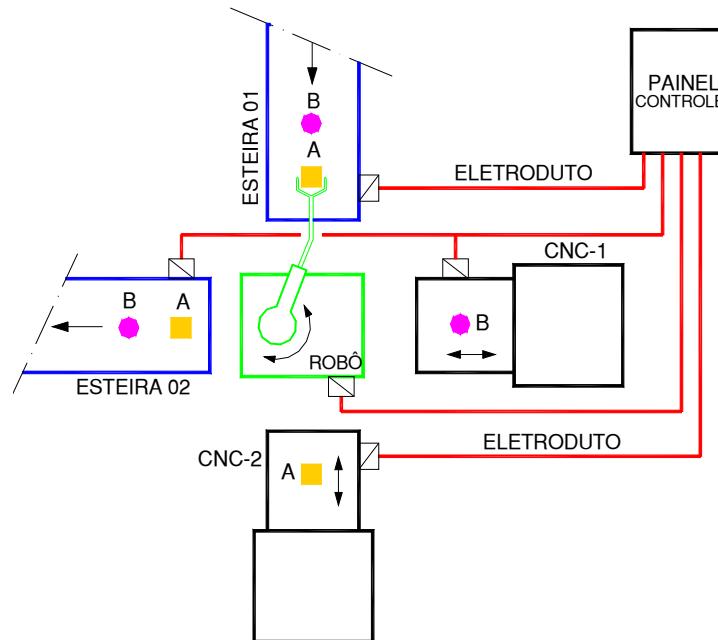


Figura 1. Exemplo de célula de manufatura utilizando cabeamento convencional.

A mudança de *lay-out* desta célula seria relativamente complexa em função das conexões rígidas como mostrado em Lopez (2000).

3. CONCEITO WIRELESS

Wireless é o nome genérico que se dá à utilização de todos os sistemas com o objetivo de comunicação ou controle sem contato físico e de forma bidirecional, isto é, recebe e envia dados ou informação. Atualmente verifica-se um pequeno aumento na aplicação de *wireless* em sistemas automatizados de manufatura, principalmente devido à:

- Redução do custo de sua utilização (comparado à infra-estrutura do cabeamento convencional);
- Facilidade de sua instalação, evitando cabos e conexões elétricas;
- Rápida mudança em uma linha de manufatura.

Processos mecanizados e de produção em série, necessitam empregar cada vez mais sistemas de controle efetivamente no chão de fábrica. Tradicionalmente, estas informações são transmitidas através de rede convencional transmitindo sinais elétricos digitais ou analógicos. O cabeamento metálico e sua infra-estrutura colocam obstáculos na conexão de novos sensores ou atuadores. Também em equipamentos que precisam de mobilidade, como por exemplo, sistemas mecanizados ou máquinas que se movimentam em sua operação.

Os sistemas *wireless* têm uma tendência de um emprego cada vez maior em função do avanço de sua tecnologia proporcionando maior capacidade de transmissão de informação (até 100mBps), refletindo em sua redução de custo. Já existem aplicações em banda larga com a transmissão de vídeo e voz facilitando a integração de vários sistemas por meio de protocolos específicos. Em um futuro próximo esta conectividade poderá chegar a programas de gerenciamento (MRP, ERP).

3.1 Vantagens da wireless sobre o Cabeamento Convencional

Weisman (2002) mostra que a utilização de sistemas wireless em arquitetura de rede local, proporciona conectividade de dados com mobilidade do usuário. Com estas redes, os usuários podem acessar informações compartilhadas sem se preocupar com um lugar do processo para se conectar a rede, e administradores de rede podem gerenciar redes sem instalar ou mover cabos. Atualmente, redes locais sem fio começam a ser reconhecidos como uma alternativa de conexão de propósito geral para um grande conjunto de mercados substituir o cabeamento convencional estático. A Figura (2) apresenta uma linha de manufatura, com uma solução *wireless* em substituição a esta estrutura de cabeamento convencional.

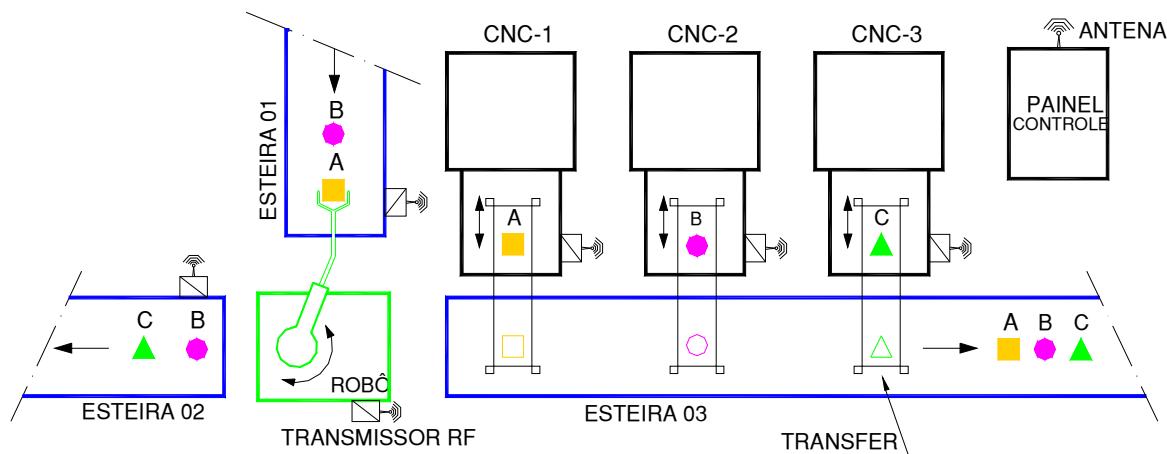


Figura 2. Linha de manufatura empregando um sistema wireless.

Redes sem fio oferecem algumas vantagens sobre as tradicionais redes fixas: financeira, de produtividade, podendo-se ainda citar:

- Mobilidade: sistemas de redes locais sem fio podem proporcionar aos usuários acesso a informação em tempo real em qualquer lugar de suas organizações;
- Instalação comparativamente mais rápida e simples ao cabeamento convencional: instalar uma rede local sem fio pode ser rápido e fácil, além de eliminar a necessidade de atravessar cabos através de paredes e andares;
- Flexibilidade: tecnologia sem fio permite que as redes cheguem a onde cabos não podem ir;
- Custo reduzido: enquanto que o custo inicial de uma rede local sem fio pode ser maior que de uma rede local fixa, a instalação e o ciclo de vida são显著mente mais baixos;
- Escalabilidade: redes locais sem fio podem ser configuradas segundo diversas topologias de acordo com as necessidades. Configurações podem ser alteradas facilmente, e a distâncias entre as estações adaptadas desde poucos usuários até uma centena.

3.2. Principais Padrões Existentes em Wireless.

Em 1990, o Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) organizou um comitê para desenvolver um padrão para *wireless* operando em 1 e 2Mbps.

O Instituto Europeu de Espectro de Telecomunicação (ETSI) formou um comitê em 1992 para estabelecer e padronizar as redes de radio-freqüência de alta performance (HIPERLAN) operando na faixa de 20Mbps. Recentemente surgiram redes voltadas para aplicações domésticas mais avançadas. Ao contrário deste padrão, o desenvolvimento da norma IEEE 802.11 foi fortemente influenciado por produtos para redes sem-fio disponíveis no mercado. Adicionalmente, esta norma levou um tempo relativamente longo para ser desenvolvida devido às numerosas propostas de diferentes fabricantes. Os padrões mais utilizados são resumidamente descritos a seguir.

3.2.1 O padrão IEEE 802.11

Para comunicação *wireless* a padronização foi estabelecida pelo Comitê de Padronização de Redes da Área Metropolitana (LMS) da Sociedade de Computação do IEEE. O padrão evoluiu em seis versões preliminares e o documento final foi aprovado em 26 de junho de 1997. O padrão permite a qualquer fabricante desenvolver produtos para LAN globalmente interconectáveis operando a 2,4GHz, que é chamada de banda ISM (*Industrial Scientific and Medical*).

Segundo Eklund et al (2002) o padrão IEEE 802.11 está em evolução, com versões de maior taxa de transmissão e freqüência chegando até 5GHz. Basicamente o protocolo detalha a forma de conexão para comunicações sem-fio, com nós ou redes fixas portáteis ou móveis em uma área geograficamente limitada. O padrão IEEE 802.11 define basicamente uma arquitetura para as redes locais *wireless* (WLAN) que abrange o nível físico até o de enlace.

No nível físico são tratadas apenas as transmissões com freqüência de rádio (RF) ou infravermelho (IR), embora outras formas de transmissão sem fio possam ser usadas, como microondas e laser, por exemplo. No nível de enlace o IEEE definiu um protocolo de controle de acesso ao meio (protocolo MAC), bastante semelhante ao protocolo usado em redes locais Ethernet. O padrão 802.11 possibilita a transmissão de dados numa velocidade de 1 a 2Mbps, e especifica uma arquitetura comum, métodos de transmissão, e outros aspectos de transferência de dados, permitindo a interoperabilidade entre os diversos produtos WLAN.

Apesar da significante elevação da taxa de transferência de dados, que subiu de 10kbps para 2Mbps, as WLAN não atendiam satisfatoriamente a necessidade de largura de banda das empresas como citado em Wicklgren (1996). Com isso o IEEE investiu no aprimoramento do padrão 802.11 (que passou a ser chamado de 802.11b) tendo a mesma arquitetura e tecnologia, porém com uma taxa de transferência maior entre 5 e 11Mbps. Este aumento de capacidade estimulou a comunidade científica e industrial a produzir mais produtos para este padrão.

3.2.2 *Bluetooth*

O *Bluetooth* também trabalha na faixa não licenciada ISM a 2.4GHz. Um transceptor de salto em freqüência é usado para combater interferências e desvanecimentos. Uma modulação Gaussiana FSK (deslocamento de fase) binária é usada para minimizar a complexidade do transceptor. A taxa de símbolos é de 1Ms/s (1 milhão de símbolos por segundo). Um canal intervalado é usado com duração nominal do intervalo de tempo de 625μs. A informação é trocada no canal através de pacotes. Cada pacote é transmitido em uma freqüência diferente da série de saltos em freqüência. Um pacote geralmente utiliza somente um intervalo de tempo, mas pode ser estendido para utilizar até cinco intervalos.

Dornam (2001) abordou essa tecnologia como talvez a mais atraente de todas as tecnologias *wireless* e isso se justifica, uma vez que ela se traduz em tecnologia para conexões e comunicações sem-fio de baixo custo. Com esta tecnologia, os usuários podem conectar uma grande variedade de dispositivos de computação e de telecomunicações de maneira fácil e simples sem a necessidade de conectar cabos.

Esse padrão estabelece como os dispositivos devem se comunicar a uma distância de até 10 metros um do outro. O sistema promete incluir uma solução *wireless* completa em um único *chip* com rádio-transmissor incorporado e de baixo consumo. Esta tecnologia pode viabilizar a comunicação entre várias unidades como pequenas LAN via radio-freqüência. Isto permitirá ao usuário implementar um grande número de aplicações, inclusive na automação industrial.

4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

Um sistema de aquisição de dados wireless foi implementado no laboratório de Automação Industrial da Unitau, tratado em Bueno (2003). O objetivo foi a aquisição de uma grandeza de medição e seu comportamento em um ambiente industrial simulando condições adversas como ruído eletromagnético, distanciamento da fonte de sinal, obstáculos naturais, configurando um ambiente ideal para avaliação da proposição.

Basicamente foi instalado um sistema de medição em Freqüência Modulada (FM) com a aquisição de uma variável analógica, que é a técnica de medição mais sujeita a erros e interferência em um ambiente industrial. Seguramente as técnicas de transmissão digitais (802.11 e *Bluetooth*) são superiores a técnica adotada no experimento. A Tabela (1) ilustra as técnicas mais utilizadas e a comparação com a técnica utilizada pelo rádio-transmissor no experimento. A maior dificuldade desta simulação foi em adquirir o rádio transmissor, pois não existia de fabricação nacional e também sua adaptação ao procedimento de teste como abordado por Knaian (2000).

Tabela 1- Comparaçao entre as técnicas de transmissão wireless

ITEM	802.11b	Bluetooth	Experimento
Freqüência	2.4GHz	2.4GHz	433Mhz
Tecnologia	DSSP	GFSK	FM
Alcance	100m	10m	100m
Velocidade	11Mbps	1Mbps	10bps
Custo Aproximado (R\$)	400 a 1.000	200 a 400	250

4.1 Sensor e transdutor de pressão

O transdutor de pressão utilizado foi do tipo pressão diferencial, que possui uma célula capacitiva como elemento sensível, sendo de grande aplicação no controle de processos e sistemas de instrumentação industrial. Sua função foi converter a medição de pressão em um sinal elétrico. A Figura (3) apresenta seu aspecto final com o rádio-transmissor que foi adaptado e acoplado ao mesmo.

Para alimentação elétrica do transdutor de pressão, utilizou-se de uma fonte de 15VCC de 15W de potência. Com isso também foi necessária adaptar a tensão de alimentação que supria o rádio-transmissor, pois este recebe alimentação na faixa de 0,7 até 9VCC.

O sinal de entrada representado o valor da pressão que vai de 1 a 5VCC, precisava estar na mesma referência da fonte de alimentação, segundo as recomendações do fabricante. Decidiu-se reduzir a tensão de 15VCC da fonte por meio de um regulador a transistor, mantendo a tensão em aproximadamente 6,2VCC, também utilizada para alimentar o rádio-transmissor.

Foram realizados alguns testes com o objetivo de suprir o transdutor com baterias em série, porém, sem sucesso. Esta opção facilitaria em uma aplicação em maior escala, pois um dos obstáculos aos sistemas wireless é, sem dúvida, sua dependência de cabos para o suprimento de energia ou baterias mais eficientes. Uma solução seria a redução do tamanho dos dispositivos consequentemente reduzindo seu consumo de energia.



Figura 3 - Aspecto do Transdutor e seu rádio-transmissor incorporado

4.2 Transmissor de sinal via radio-freqüência

O rádio-transmissor usado foi o modelo TXM 433-10 da empresa Radiometrix de origem inglesa. Este transmissor opera na faixa de freqüência de UHF a 433MHz com uma taxa de transmissão de 10Kbps, baixo consumo de energia e estabilidade de operação.

A tensão de alimentação está de 6,0 a 9,0VCC, que pode ser fornecida por meio de baterias diminuindo sensivelmente as dimensões do sistema de transmissão em RF. Os dados técnicos relevantes do rádio-transmissor TXM podem ser vistos na Tabela (2) com dados do fabricante.

Tabela 2- Dados técnicos principais do Transmissor modelo TXM .

Parâmetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidade
Tensão de Operação	6,0	----	9,0	VCC
Energia Irradiada	-13	-8	-5	dBm
Freqüência de Transmissão		418.00	433.92	MHz
Precisão Inicial Freqüência	-80		80	kHz
Alcance (sem obstáculo)		1340 m		
Largura de Pulso-Modulação Digital	100			μs

4.3 Receptor de radio-freqüência

O módulo rádio-receptor empregado neste trabalho foi o SILRXM 433-10 da mesma empresa Radiometrix. Estes equipamentos (transmissor e receptor) foram projetados para trabalharem em conjunto na mesma faixa de freqüência de 433MHz.

O receptor possui um alcance nominal de 200 metros a partir de seu módulo transmissor. Este valor, porém, pode variar em função de diversos fatores como: tipo de antena empregada, fontes de ruído ao longo da trajetória do sinal irradiado, obstáculos no percurso do sinal, espalhamento do sinal. Este receptor possui algumas características interessantes que, segundo o fabricante, o tornam ideal para pequenas aplicações industriais como:

- Tamanho reduzido devido à montagem em SMD;
- Sensitividade típica da ordem de $0,5\mu\text{V}$ (-113 dBm) a 20 dB S/R;
- Boa capacidade de recepção de dados da ordem de 10Kbps;
- Detecção de recepção de sinal, através de saída específica;
- Ampla faixa de alimentação de 4,0 até 9,0VCC com baixo consumo de energia.

Além das características citadas acima, o conjunto receptor-transmissor possui uma relação custo-benefício aplicável a sistemas de aquisição de dados de uma variável apenas.

4.4 Disposição física da simulação

Toda a simulação do sistema foi realizada em um laboratório de calibração de instrumentos, buscando anular algumas condições de ensaio que se aproximassesem de uma instalação industrial. Para tal, foram inseridos, no experimento, alguns obstáculos: distância do receptor, estruturas de concreto, fontes de ruído (computador, motor). A Figura (4) mostra o *lay-out* do posicionamento do transmissor, receptor e a fonte de ruído, durante o experimento.

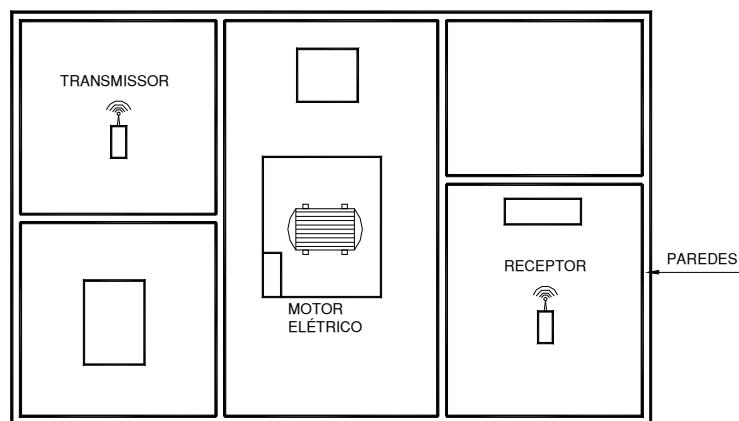


Figura 4- Disposição do transmissor e receptor no laboratório na distância de 60 metros

Os testes verificaram o comportamento do sistema de medição entre o transmissor e seu receptor. Inicialmente mediu-se o sinal a uma distância de um metro, para verificar se a montagem estava correta e obter parâmetros iniciais para a comparação. Em seguida, o mesmo procedimento a uma distância de 10 metros e depois 30, e 60 metros. Todo o procedimento foi repetido pelo menos 3 vezes em dias alternados.

Na fase final dos testes buscou-se a situação mais crítica, uma distância de 60 metros e com a presença de uma fonte de ruído: um motor elétrico de 250W, 60Hz, 220VCA.

5. RESULTADOS

Um dos obstáculos ao sistema de medição proposto foi a dependência de uma fonte de alimentação. Isto obrigou ao receptor estar conectado a rede de energia elétrica (220VAC/60Hz) e a sua retificação posterior em 15VCC para alimentar o transdutor.

Essa dificuldade poderia ter sido superada com a diminuição da potência requerida pelo conjunto transdutor-transmissor ou também, pela utilização de baterias de alta capacidade e

longa duração. No aspecto da interferência externa o conjunto transmissor-receptor mostrou-se bastante estável e imune em todos os ensaios, como pode ser observado na Fig (5).

Outros testes, com fatores de influência externos, como por exemplo: umidade, temperatura ambiente, fontes de ruído mais potentes, poderiam complementar o trabalho desenvolvido com o objetivo de se comprovar a eficácia deste sistema.

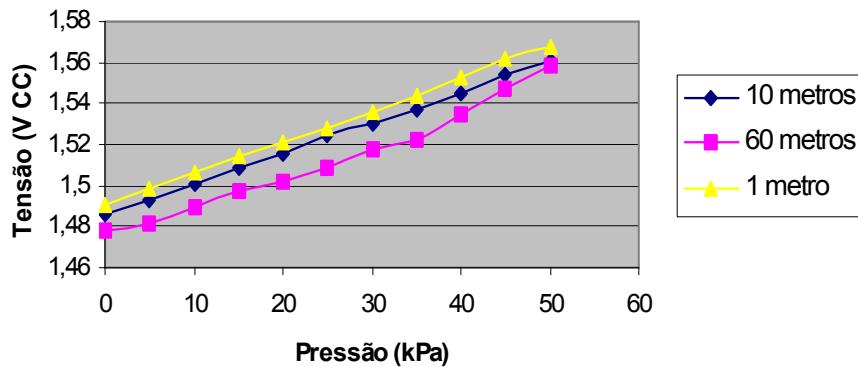


Figura 5 – Medidas principais obtidas na simulação do sistema

5.1 Custo do sistema

Um aspecto de elevada importância na decisão de qual deve ser a tecnologia empregada em sistemas de automação é, sem dúvida, o seu custo. Este fator pode ser decisivo na escolha final de um determinado equipamento. Foi avaliado comparativamente ao sistema convencional com cabo, o investimento necessário para compor uma solução tipo *wireless*.

O sistema montado para os ensaios tem seus custos detalhados na Tab (3).

Tabela 3 - Comparaçāo de custos sistema convencional versus radio-freqüência

Sistema de Transmissão	Convencional (R\$)	Wireless (R\$)
Transdutor de pressão	2.000 (1)	2.000 (1)
Instalação/Partida	300 (2)	200 (3)
Estrutura Cabeamento	500 (4)	-----
Transmissores de radio	-----	150 (5)
Total	2.800	2.400

Notas:

1. Estrutura de cabeamento considerada: 60 metros lineares e custos de materiais.
2. Colocação em operação e calibração do transdutor.
3. Colocação em operação e calibração dos rádios transmissores.
4. Custo dos rádios transmissores convertidos em rela na época de aquisição Dez/2002.

A Tabela 3 mostra um valor final menor no sistema sem fio de RF, indicando que essa conexão pode ser competitiva e atraente sob o ponto de vista financeiro. Para aplicação em CFM estes custos podem ser otimizados em função da quantidade de pontos exigidos pela rede.

Ainda observando a Tabela 3 o sistema convencional por cabos, pode se tornar extremamente oneroso no caso da instalação em rede. Uma solução seria adotar um sistema híbrido conforme o trabalho de Bonadio (1999).

6. CONCLUSÃO

Toda nova tecnologia é passível de enfrentar obstáculos em sua implementação. Com os sistemas *wireless* destacam-se: dependência de tecnologia e componentes importados, inexistência de um protocolo padrão, interferências eletromagnéticas no sinal de RF. Estes problemas podem ser minimizados com uma avaliação criteriosa durante a fase de projeto e especificação.

de um protocolo padrão, interferências eletromagnéticas no sinal de RF. Estes problemas podem ser minimizados com uma avaliação criteriosa durante a fase de projeto e especificação.

O artigo mostrou uma implementação pontual de medição de uma variável analógica, visto que é a mais complexa de se fazer e mais sujeita a erros devido a influências externas.

A solução proposta por este trabalho pode ser eficaz para sistemas mais simples e próximos do sistema central de controle ou CLP.

Na avaliação final o sistema mostrou-se estável e com boa imunidade aos ruídos de fontes espúrias, sendo pertinente o desenvolvimento de novos estudos e outras aplicações no chão de fábrica.

Sistemas wireless são uma alternativa promissora para substituir o cabeamento convencional estático. Novas configurações devem ser estudadas inclusive com a implantação de sistemas híbridos utilizando os atuais os atuais barramentos digitais (*fieldbus*) em conjunto com sistemas *wireless* e a interligação com novos protocolos de gerenciamento e também aplicações com redes de micro sensores distribuídos (MEMS).

7. REFERÊNCIAS

- Bonadio, R., Argolo, R., 1999, "For remote stations, fieldbus + PLC + radio = economical network". InTech Networking, 12^a edition, pp. 46-51.
- Bueno, M. N., 2003, "Sistema de medição remota via rede sem fio". Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade de Taubaté, Unitau, S.P. 145 p.
- Correa, H.L., Slack, N.D.C., 1994, "Flexibilidade Estratégica na Manufatura" Publicado nos Anais do Enegep, São Paulo, Brasil pp.2-7.
- Dornan, Andy., 2001, "Wireless Communication: O Guia Essencial de Comunicação Sem Fio: de sistemas de celulares a WAP e M-Commerce" Rio de Janeiro, Ed Campus, pp. 36-57.
- Ehrfeld, W., Ehrfeld U., 2001 "Progress and profit through micro technologies. Commercial applications of MEMS/MOEMS" VII Micromachining and Microfabrication Process Technology, Jean Michel Karam and John Yasaitis Editors, Vol. 4557, 10p.
- Eklund, C., Marks, R. B., Stanwood, K. L. e Wang, S., 2002, "A Technical Overview of the Wireless Man Air Interface for Broadband Wireless Access IEEE Standard 802.16" IEEE Communications Magazine. pp. 98-108.
- Knaian, A. N., 2000, "A Wireless Sensor Network for Smart Roadbeds and Intelligent transportation Systems" Dissertação (Mestrado em Engenharia) Massachusetts Institute of Technology, pp 27-68.
- Lopez, R. A., 2000, "Sistemas de redes para controle e automação". Rio de Janeiro: Book Express; pp 28-34.
- Upton, D.M., 1994, "A Flexible Structure for Computer-Controlled Manufacturing Systems" Manufacturing Review -Harvard Business School -Volume 5 (1), pp. 58-74.
- Weisman, C. J., 2002, "The Essential Guide to RF and Wireless", 2^a ed., Prentice Hall PTR, 25 p.
- Wicklgren, I.J., 1996, "Local-area networks go wireless", IEEE Spectrum, 24th edition, pp 34-40.
- Wendi R. H., Anantha C., Hari B., 2000, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks" Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences- Massachusetts Institute of Technology, pp.2-7.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

FLEXIBLE MANUFACTURING CELLS USING WIRELESS TECHNOLOGY

Marcelo do Nascimento Bueno

Universidade de Taubaté - UNITAU, Automation Department, mnbueno@universiabrasil.net

Victor Orlando Gamarra Rosado

Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - FEG-UNESP, victor@feg.unesp.br

Wilton Ney do Amaral Pereira

Faculdade Radial - São Paulo SP, wilton@radial.com.br

Abstract

The target of this paper is propose connections by radio frequency (RF) and this utilization in Wireless Local Loop (WLL) aiming connect manufacturing devices on industrial environment and potential application in Flexible Manufacturing Cells making it effectively flexible, and to enable future applications on large scale in industrial environment. This work show emergent technologies generically assigned wireless, mainly Bluetooth protocol and the IEEE802.11 standard, to achieve hybrid applications with another digital transmission techniques on industrial floor. To check the possibility of this proposition an experiment was done, and did tests with a prototype linked by RF with data acquisition system. The collected dates was analyzed comparably searching establish limits and future applications of this conception.

Key words. *Manufacturing Flexible Cells, Wireless, Manufacturing Control System, Automation of Production.*