

LIGAÇÃO DE CPs EM REDE LOCAL COM A UTILIZAÇÃO DE PROTOCOLO PADRÃO

239443

Antonio J. M. Carvalho (*)

Robert C. Burnett (**)

RESUMO

A automação industrial, a integração de sistemas de controle e a conseqüente padronização dos protocolos de comunicação entre eles é uma prioridade atual em pesquisa.

Essa tendência mundial direciona o desenvolvimento desta pesquisa no Curso de Pós-Graduação do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Neste artigo procurou-se mostrar a pesquisa e desenvolvimento de protocolo padrão utilizando-se de um subconjunto do protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol), o Mini-MAP, a utilização dos padrões MMS (Manufacturing Message Specification) e MMS Companion Standards para CLPs. A conexão física é feita através de rede NET-16-MB com implementação de protocolos LLC e MME através de placa controladora Sistenac.

Os resultados deste projeto estarão sendo utilizados no controle de célula flexível de furação em desenvolvimento no CPGII onde atuarão, também, um ou mais robôs em conjunto com os CLPs.

ABSTRACT

The industrial production automation is a «must» for every country around the world. Large quantities of money and great number of specialists are involved in aspects of communication in flexible manufacturing systems and local area networks among others.

Following this direction, this paper presents a research development in local area networks where programmable controllers and computers are connected using for communication a subset of the MAP protocol, the MiniMap; the MMS Companion Standards for PCs and NET-MB networking physical environment transmission implementing the LLC (Logical Link Control) protocol (IEEE 802.2) and MMS (Manufacturing Message Specification) through the interface IEEE 802.4 for a communication board of Sistenac.

(*) Antonio Joaquim Melo Carvalho, Mestre em Engenharia Elétrica pelo Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas); Coordenador do Grupo de Robótica do CEFET-PR; Pesquisador em Inteligência Artificial e em Sistemas de Comunicação/Telemática Industrial.

(**) Robert Carlisle Burnett, Engenheiro de Telecomunicações; Mestre em Ciência da Computação pela UFRGS; Professor do Curso de Pós-Graduação em Informática Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná; Coordenador do Curso de Engenharia da Computação da PUC-PR; Diretor da Faculdade de Ciências e Informática da SPEI-PR.

1. INTRODUÇÃO

A automação da produção industrial, uma preocupação de todos os povos desenvolvidos e em desenvolvimento, vem tomando cada vez mais um espaço maior nas pesquisas técnico-científicas. Em alguns períodos da nossa história recente, algumas dessas pesquisas e iniciativas foram coroadas de êxito ao especificar e procurar implementar equipamentos e/ou sistemas que tornaram estas esperanças uma realidade.

O aparecimento na década de 60-70 do controlador programável, e o seu conseqüente aperfeiçoamento na década seguinte, ao incluir uma série de novas tecnologias, em especial aquelas ligadas ao microprocessador, que trouxeram grande aumento de flexibilidade e inteligência ao CLP, é um dos marcos deste processo. O passo seguinte, decorrente do aparecimento óbvio de «ilhas» ou «células» controladas localmente por esses equipamentos, tornou-se por conseguinte o controle supervisório hierárquico, a comunicação conseqüente entre as camadas e ilhas e, com isso também, a necessidade de serem resolvidos os problemas referentes às dificuldades de comunicação entre esses vários subsistemas, de origens e fabricação diversas, falando «linguagens» diferentes.

Ou seja, a compatibilização dos protocolos de comunicação próprios de cada sistema, tornou-se imperativa.

Assim, são inúmeros os esforços em andamento a nível mundial entre usuários, fornecedores de equipamentos e organizações internacionais para padronizar a comunicação entre equipamentos digitais de diversas origens e classes. O projeto MAP (Manufacturing Automation Protocol), da General Motors, hoje em dia um dos maiores desses esforços, está voltado para os problemas de comunicação nos setores de produção da fábrica, através da proposição de um conjunto de padrões totalmente de acordo com o modelo de referência OSI (Open Systems Interconnection) da ISO (International Standard Organization).

Dentro desta linha de atuação, o Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná — CEFET-PR, está desenvolvendo o projeto QuasiMAP, que apresenta uma solução para comunicação em ambiente industrial, dentro da realidade das indústrias brasileiras, utilizando os conceitos apresentados no MAP e baseado em rede local com o sistema operacional Net16-MB.

Esta solução proposta no QuasiMAP permite a utilização plena da capacidade de uma rede local, com as seguintes características principais:

a) **PROTOCOLO DE APLICAÇÃO:** O protocolo utilizado para comunicação do usuário (operador) com a rede, bem como dos CPs com a rede, é o MMS (Manufacturing Message Specification) possibilitando a realização mínima dos seguintes serviços (em relação aos CLPs):

- Recuperação de um valor de posição específica de memória;
- Armazenamento de um valor numa posição específica de memória;
- Recuperação do «status» dispositivo, diagnóstico ou identificação;
- Comunicação das condições de erro;
- Comunicação de diagnóstico de resultado de testes;
- Carga e alteração de programas.

b) **INTERFACES DE COMUNICAÇÃO EM UMA PRIMEIRA ETAPA:** Para o projeto QuasiMAP, utiliza-se de microcomputador PC compatível com placa de comunicação da SISTENAC conectada ao «bus» barramento interno do PC, servindo de interface entre os CLPs e o meio físico de interconexão.

c) **CONTROLE E SUPERVISÃO:** Através de uma estação (um nó da rede), o operador solicita e recebe os serviços citados em a), tendo assim controle sobre a rede física, bem como os serviços a serem executados.

2. PROJETO QUASIMAP

A proposta MAP é totalmente baseada no modelo de referência de interconexão de sistemas abertos OSI, e cuja finalidade é de permitir, a partir de um conjunto de protocolos padronizados, a interligação de equipamentos e dispositivos programáveis, como CLPs, de diferentes fabricantes e de diferentes níveis de complexidade (GM87).

Dentro desse espectro de atuação, o MAP utiliza todas as camadas do modelo OSI, o que representa, em alguns casos, um «overhead» inaceitável para os tempos de atuação em uma fábrica.

Baseado nesta realidade, foi criado um subconjunto chamado de MiniMAP (capítulo 13 da norma MAP), que é uma arquitetura simplificada permitindo tempos de transmissão mais rápidos e um custo mais baixo, requisito indispensável para interligar e comandar em tempo real equipamentos de controles simples. Para alcançar esta meta, a rede MiniMAP permite somente um número limitado de equipamentos, com mensagens de tamanho também limitado.

Esta simplificação do MiniMAP foi obtida, através da utilização das seguintes camadas de acesso ao meio físico, enlace e aplicação:

— Camada física — os protocolos físicos e acesso ao meio estão definidos na norma IEEE 802.4, referente ao acesso por ficha ou barramento (Token Bus);

— Camada de enlace — o protocolo LLC (Logical Link Control) da norma IEEE 802.2 assegura uma transmissão confiável de mensagens e a possibilidade de controle imediato sobre as ações dos dispositivos conectados à rede, condição básica para atendimentos de serviços em tempo real;

— Camada de aplicação — esta «janela» por onde o operador controla e solicita serviços dos dispositivos, utiliza o protocolo MMS, que é analisado na seção seguinte.

Esta simplificação existente do projeto MAP, pode ser explicada como:

— As camadas de rede e transporte não se justificam na maioria das situações, pela simplicidade da conexão em topologia de barramento e pelo aspecto localizado da informação;

— As camadas de sessão e apresentação podem ser descartadas, pois, na maioria das vezes, os dados são poucos de comando ou controle.

Utilizando as propostas normativas MiniMAP, o Curso de Pós-Graduação em Informática Industrial (CPGII) do CEFET-PR está desenvolvendo um projeto reunindo

tecnologia brasileira, chamado de QuasiMAP. Este projeto consiste na utilização da rede de interconexão de PCs NET.MB e na implementação dos protocolos LLC (Logical Link Control) MMS (Manufacturing Message Specification) e de diretórios e gerenciamentos MiniMAP, tais como especificados nas propostas MiniMAP. Para os procedimentos de mensagens e controles para os CLPs é utilizado o Programmable Controller Messaging Service Specification (Companion Standard ISO DIS 9506). Estes protocolos estão implementados em microcomputadores PCs, com a utilização do sistema operacional multitarefa NET-16-MB, que fornece as primitivas necessárias as comunicações em rede local.

A figura 1 apresenta a configuração física e lógica de cada nó da rede com a estrutura em camadas para o QuasiMAP.

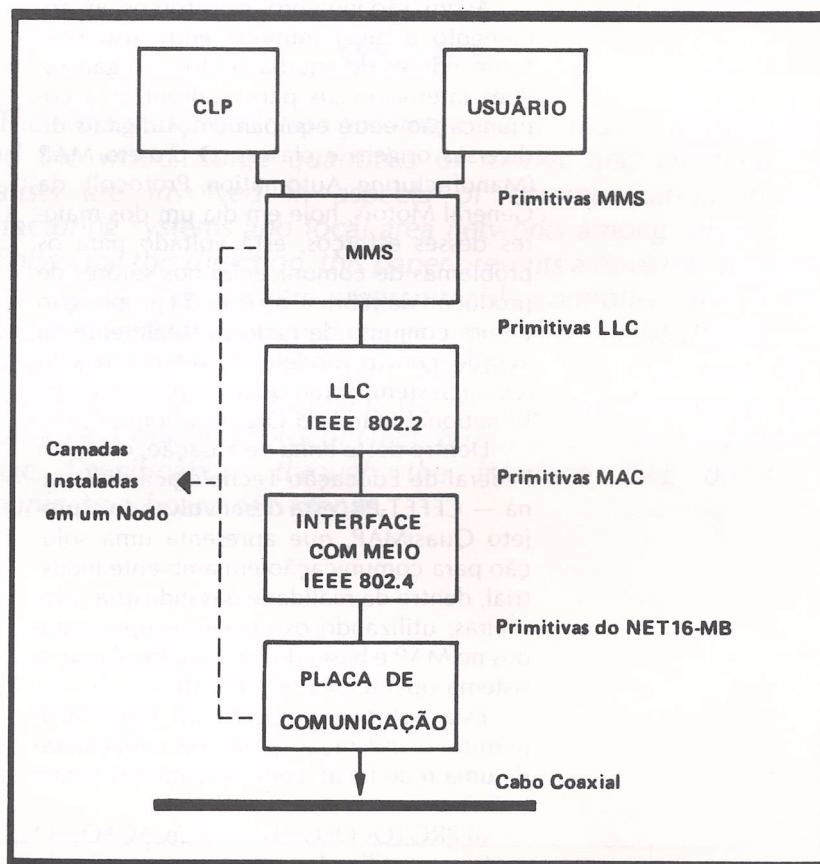


FIG. 01 — Estrutura em Camadas do QuasiMAP.

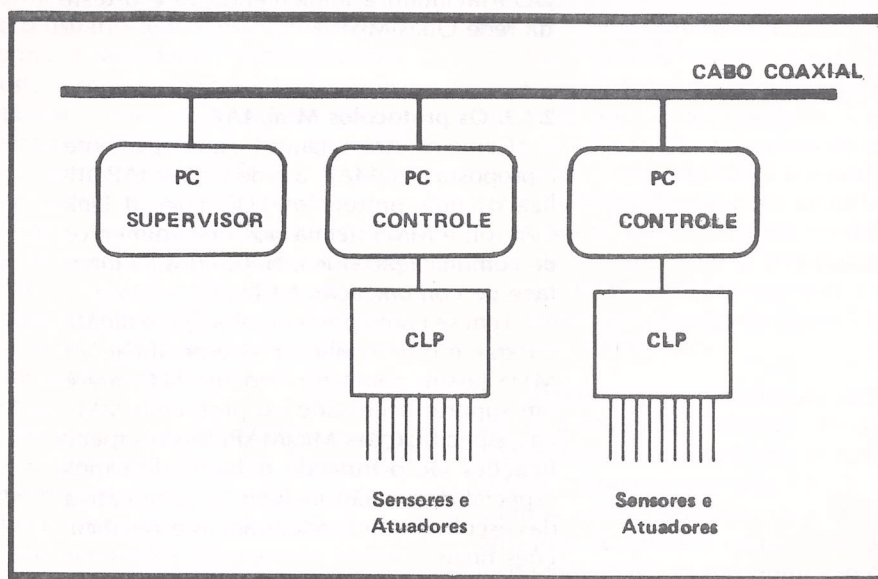


FIG. 02 — Visão Geral da Rede.

A figura 2 apresenta uma versão geral da rede, com os elementos de controle e dispositivos programáveis.

2.1. Características Técnicas

A rede QuasiMAP está constituída de três partes principais, cujas propriedades caracterizam o projeto:

- a placa de comunicação NETMB;
- o sistema operacional NET-16-MB;
- os protocolos MiniMAP.

2.1.1. A placa de comunicação NETMB

A placa de comunicação foi produzida pela SISTENAC Ltda. para interligar PCs. Enquanto a maioria das interfaces de rede usam um protocolo do tipo «Ethernet», esta é uma interface de rede, comercializado no Brasil, utilizando um protocolo por ficha, que por ser um protocolo de acesso ao meio determinístico, atende bem as necessidades dos serviços para ambiente industrial, ou seja, pode-se, a priori, saber o tempo máximo que existirá para uma comunicação entre nós da rede (operador-CLP's).

Esta interface utiliza os circuitos ARCNET, que são comercializados nos Estados Unidos desde 1977 (Thomas 87). Este tipo de interface constitui, atualmente, o padrão industrial de fato para o uso de rede local em meio industrial (Bartram 87). Os circuitos integrando o protocolo normalizado «OSI Token Bus 8802.4», recentemente comercializado nos Estados Unidos, são

ainda muito caros e não encontrados com facilidade no mercado.

Os circuitos ARCNET permitem:

- a utilização de cabo coaxial sobre grande distância (de 300m até 2km com repetidores ativos);
- interligar até 255 interfaces;
- uma taxa de transmissão de 2,5 Mbps;

— a utilização em aplicação devido a seu protocolo de acesso do tipo barramento por ficha simplificado («Modified Token Passing») que é determinístico, ou seja, pode-se saber em quanto tempo uma mensagem será transmitida ou recebida, o que é uma condição básica em controles industriais.

As interfaces NET-MB oferecem, então, propriedades similares às dos protocolos físico e de acesso ao meio da proposta MiniMAP (norma «Token Bus»), com as vantagens de disponibilidade e custo.

2.1.2 O sistema operacional NET-16-MB

O sistema operacional multitarefa NET-16-MB, compatível com o ambiente DOS, foi desenvolvido pela MICROBASE Ltda. para suportar as necessidades de comunicação de rede local, permitindo por exemplo, a transferência de arquivos do tipo DOS, conexão em processador remoto e compartilhamento de banco de dados.

O objetivo do projeto QuasiMAP é de utilizar o núcleo do sistema operacional NET-16-MB (Microbase 88) que permite gerenciar comunicação entre processos locais e remotos, com prioridades numéricas ou

temporais, para desenvolver os protocolos normalizados LLC e MMS. Além disso, os programas de comunicação suportados pelo sistema operacional e a compatibilidade DOS facilitam a implementação e o teste da rede QuasiMAP.

2.1.3. Os protocolos MiniMAP

Como mostra a figura 1 e analogamente à proposta MiniMAP, a rede QuasiMAP utiliza os dois protocolos LLC (Logical Link Control) e MMS acima dos procedimentos de comunicação física, embutidos na interface de comunicação NETMB.

Tem-se como primeiro objetivo o didático, que é o de conhecer as especificações MMS (assim como o protocolo LLC que é um suporte necessário ao protocolo MMS nas especificações MiniMAP). Essas especificações são o fruto do trabalho de vários especialistas e não incluem a justificativa das escolhas que conduziram as especificações finais.

Para alcançar este conhecimento, o CPGII está envolvido, a nível nacional, no comitê CB 21:103.01 da ABNT responsável pelo estudo da comunicação industrial. A existência deste grupo mostra o interesse do governo em seguir a tendência mundial de padronização da comunicação em ambiente industrial. Por outro lado, a necessidade de domínio do país sobre os vários protocolos MAP, para atender a crescente modernização de nosso parque industrial, identifica um fator de motivação para o desenvolvimento do trabalho, objeto deste artigo. A implementação da norma MMS se insere num conjunto de pesquisa desenvolvido por múltiplos laboratórios (CTI, FEE-UNICAMP, LCMI-UFSC.) para atender, validar e propor vários modelos de implementação das especificações MMS.

Uma outra meta alcançada com o projeto QuasiMAP é a implementação de um produto necessário à automatização da produção. A utilização das especificações MMS oferece um conjunto de serviços para comunicação entre dispositivos programáveis, com as seguintes propriedades:

- uma interface de alto nível permitindo a utilização de um conjunto restrito de comandos;
- um conjunto normalizado de comandos independentes dos fornecedores de equipamentos e cujo desenvolvimento internacional deve conduzir à gradual adoção como interface padrão para os dispositivos industriais programáveis;
- uma descrição bem documentada e atualizada com os serviços de comunicação.

2.1.4. Propriedade do conjunto

A rede QuasiMAP é, então, uma solução para interligar dispositivos industriais, utilizando uma tecnologia disponível no Brasil, com uma interface normalizada que permite o aproveitamento da interligação

lógica dos equipamentos, possibilitando uma evolução futura, de tal forma que se obtenha:

- a uniformização dos comandos em função dos diferentes tipos de dispositivos disponíveis no mercado;
- a conformidade aos dispositivos futuramente disponíveis (existem já vários equipamentos disponíveis com uma interface MMS no mercado internacional);
- a fácil mudança para uma rede totalmente compatível às propostas MAP, quando estiverem disponíveis.

2.2. Aplicação em Sistemas Flexíveis de Manufatura

Os protocolos desenvolvidos no CPGII estão implementados de tal forma que se tenha compatibilidade com a norma MMS. Para a validação dos protocolos envolvidos, utiliza-se de um conjunto de técnicas para teste com as descritas em (Bochman 86). Além disso, a aplicação da rede num sistema de controle industrial permite avaliar tanto o desempenho da rede como o potencial da norma MMS.

A aplicação da rede QuasiMAP, no projeto de sistema flexível de duração em desenvolvimento no CPGII, é uma parte fundamental do projeto. O sistema flexível de duração deverá ser composto de vários dispositivos para furar e inspecionar placas de circuitos impressos e de um (ou vários) robô(s) (Tazza 88, Chaouiya 89).

2.3. Controle de CLP's

Nesta primeira etapa do QuasiMAP como um subconjunto da aplicação geral numa célula flexível de manufatura, tem-se a aplicação inicial no controle de CLP's, onde os seguintes passos foram estabelecidos:

a) Emulação de CLP em PC

A partir dos serviços básicos requeridos, citados na seção 1, um programa emulador de CLP, desenvolvido na linguagem C, permite a utilização e teste da faixa da atuação e parâmetros de um CLP, sem a presença física do dispositivo.

b) Ligação via porta serial com PC

Neste caso, conforme visto na figura 2, o PC funciona com a interface entre o CLP e a rede, visto que, no momento atual, não dispomos de interface direta CLP-rede.

Na seção 4, este item é analisado.

c) Arquitetura específica.

Está em estudo uma proposta de arquitetura específica com chip ARCNET, chip de comunicação da rede, CPU de controle de processos e interface para saídas múltiplas para dispositivos programáveis. Esta opção é bastante interessante, pois, além de se ter um custo menor, não são desperdiçados recursos do PC, como drive e vídeo.

A análise dos serviços e protocolos, utilizados neste controle para CLP's, é objeto das seções seguintes.

3. PROTOCOLO MMS

O modelo de um protocolo da camada de aplicação, como o protocolo MMS, é particularmente importante, pois é através dele que o usuário tem acesso ao sistema. Desta forma, a facilidade e serviços disponíveis neste protocolo representam, em última instância, o que o usuário «vê» do sistema. Dentro do definido na norma MAP (GM 87), o protocolo MMS define os serviços de mensagens necessárias para a comunicação entre dispositivos industriais programáveis (como CLP's) e os controladores de células num ambiente integrado por computador (como os PC's).

Nesta norma MMS as funções disponíveis são divididas logicamente em duas partes distintas:

a) A primeira parte define um conjunto de serviços que normalizam a comunicação de mensagens para comando e controle remoto de dispositivos industriais. Estes serviços são agrupados da seguinte forma (Leite 87, Tomlinson 88):

- gerência das comunicações MMS;
- informação sobre dispositivos;
- gerência de recursos de dispositivos;
- carregamento e execução de programa;
- acesso a variáveis;
- gerência de semáforos;
- gerência de eventos;
- gerência de relatórios;
- comunicação com operador;
- gerência de arquivos.

Estes serviços pertencem ao mais alto nível do modelo OSI e podem ser acessados pelos processos de aplicação (os processos aplicativos dos dispositivos usuários da rede na terminologia OSI), funcionando como uma «janela» para acesso ao ambiente.

b) A segunda parte das especificações MMS descreve o protocolo MMS, cujas funções são (Valadier 89):

- codificação e decodificação das mensagens MMS segundo a sintaxe e as regras da linguagem de especificação ASN-1 (Abstract Syntax Notation One) (ISO 86);
- verificação da conformidade à norma MMS dos serviços pedidos;
- execução das máquinas de estado ligando as mensagens MMS transmitidas aos serviços MMS processados pelos usuários.

A figura 3 apresenta um modelo de esquema adotado para a requisição de um serviço MMS, onde fornecedor e rede representam as camadas da figura 1 (exceto a camada MMS).

Observar que a solicitação das primitivas está segundo o modelo de referência OSI onde x representa o tipo de serviço solicitado, como por exemplo, READ. Em parâmetros, estão indicados os endereços de origem e destino e a unidade de dados do protocolo (PDU), que contém a informação propriamente dita. Nesta PDU estão codificados os serviços (READ, WHITE, etc.), que, variáveis, desejam ser manipuladas e códigos de controle para ocorrência de erros.

Além das primitivas de «request» e «indication» existem também as primitivas necessárias para resposta (x.response) pelo equipamento de controle do dispositivo acessado, bem como para confirmação ao usuário (x.confirm) que, para um «request» anterior, chegou a resposta.

O detalhamento de como essas primitivas são tratadas dentro das outras camadas (LLC, MAC), pode ser visto em (GM 87).

Para o projeto QuasiMAP algumas simplificações estão sendo feitas, tendo em vista que se tem aplicação para tempo real, o que justifica plenamente tal atitude.

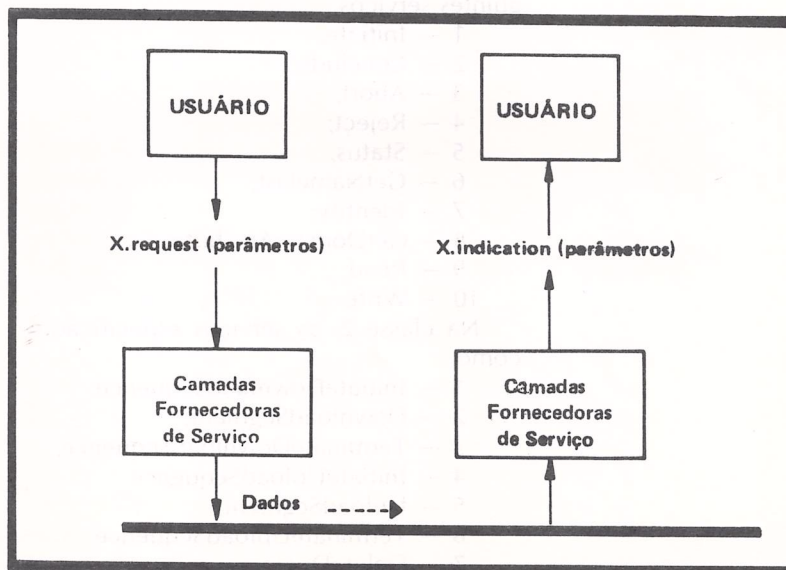


FIG. 3 — Requisição de um serviço MMS.

As principais simplificações referem-se à diminuição do número de primitivas manipuladas entre fornecedores, mantendo somente as necessárias para o encaminhamento da informação. A existência deste protocolo MMS deverá ter enormes impactos nas indústrias, tanto nas usuárias dos servidores de rede local, como nos fornecedores de dispositivos programáveis. Este impacto será sentido, uma vez que o MMS, for fornecer todos os serviços que deverão ser utilizados pelos programas aplicativos de controle e supervisão de produção, passarão a ser usados como padrão para solicitar e liberar serviços em ambiente industrial.

4. CONTROLADOR PROGRAMÁVEL

A comunicação do ponto de vista do controlador tem os seus padrões definidos através do «companion standard» da norma ISO DIS 9506 (TF: EIA 511). Ela é aplicada à comunicação chão de fábrica entre dispositivos e em conformidade com as classes de CLPs envolvidas, atuando como servidor em uma relação Cliente-Servidor.

Estas classes são hierárquicas, isto é, cada classe inclui todos os serviços das classes de mais baixo nível. A classe 2, por exemplo, inclui todos os serviços das classes imediatamente inferiores, isto é, no caso a classe 1. Desta forma são considerados como tipo de serviços nas classes relacionadas:

- classe 1 - Read / write;
- classe 2 - Upload / Download;
- classe 3 - Mensagens não solicitadas;
- classe 4 - Controle distribuído.

Uma lista, contendo serviços requeridos em cada classe, podem ser especificados. No caso do direcionamento dado ao projeto, este inicia pela classe 1 com uma implementação progressiva e sistemática dos seguintes serviços:

- 1 — Initiate;
- 2 — Conclude;
- 3 — Abort;
- 4 — Reject;
- 5 — Status;
- 6 — GetNameList;
- 7 — Identify;
- 8 — GetDomainAttribute;
- 9 — Read;
- 10 — Write.

Na classe 2, os serviços especificados como:

- 1 — InitiateDownloadSequence;
- 2 — DownloadSegment;
- 3 — TerminateDownloadSequence;
- 4 — InitiateUploadSequence;
- 5 — UploadSegment;
- 6 — TerminateUploadSequence;
- 7 — DeleteDomain;
- 8 — GetDomainAttribute;
- 9 — CreateProgramInvocation;
- 10 — DeleteProgramInvocation;

- 11 — Start;
- 12 — Reset;
- 13 — GetProgramInvocationAttributes.

O esforço concentra-se atualmente na interação com CLPs da classe 1, em particular no suporte de serviços preliminares de verificação de dispositivos, aquisição de dados, controle e alarme.

A proposta de pesquisa envolve atualmente, com relação ao controlador programável:

- estudo de lógica seqüencial e não seqüencial;
- análise de aplicação de sistema operacional em tempo real e multitarefa;
- análise e definição dos aspectos de comunicação serial RS 232C, RS 422 e rede;
- software de comunicação em «C».

O software é composto de bibliotecas de funções, permitindo a ligação às demais funções do usuário. As bibliotecas contêm as rotinas de comunicação e as de acesso ao hardware; as primeiras permitindo a comunicação PC com CLP, e as demais como complemento do compilador usado. A biblioteca de funções com as rotinas de comunicação está suportada no PC, enquanto as de acesso ao hardware encontrar-se-ão no ambiente da rede.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa na área de comunicação entre dispositivos industriais envolve a compatibilização de protocolos de diferentes propriedades. Deste modo, o esforço feito no sentido de utilizar-se o modelo ISO/OSI em redes locais onde estes dispositivos são os computadores e os controladores programáveis, como padrão de protocolo, é o motivo principal desta pesquisa.

Neste artigo é mostrada uma sistemática de desenvolvimento e implementação em etapas desta metodologia, cuja formalização permite flexibilidade na adoção de novos padrões e a absorção da tecnologia decorrente de forma segura e metódica.

Como ápice deste desenvolvimento, deveremos ter a utilização desses resultados no projeto de uma célula flexível de fabricação de circuitos impressos ora em desenvolvimento na instituição.

6. BIBLIOGRAFIA

(ABNT 87) Associação Brasileira de Normas Técnicas, «Sistemas de processamento de informações — Interconexão de sistemas abertos — modelo básico de referência», projeto 21:200:02001 agosto de 1987.

(Bartram 87) C. Bartram, «An ARCNET System Link Multivendor Robots» Control Engineering, 2nd edition, outubro de 1987.

- (Bochman 86) G.V.Bochman, M. Deslaurier, S. Bessette, «Applied layer testing and ASN1 support tools», departement d'informatique et de recherche operationnelle, Université de Montreal, julho de 1986.
- (Chaouiya 89) C. Chaouiya, M. Tazza, «Ateliers flexibles de manufacture: projet et analyse», artigo proposto ao «ASME International Conference Signal & Systems», Miami, Florida-USA, 7 a 9 de março de 1989.
- (GM 87) General Motors, Manufacturing Automation Protocol — version 3.0, julho de 1987.
- (Guffin 88) L.J. McGuffin, L.O. Reid, S.R.Sparks, «MAP/TOP in CIM distributed Computing», IEEE Network, vol. 2, no 3, maio de 1988.
- (IEEE 87) Institute of Electrical and Electronics Engineers, «Local and Metropolitan Area Network Standard, Overview, Interworking, and Systems Management», Draft IEEE Standards 802.1, julho de 1987.
- (ISO 84) International Standards Organization, «Information processing system - Open System Interconnection-Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1)», DIS/ISO 8824, setembro de 1986.
- (ISO 88) International Standards Organization, «Manufacturing Message Specification», ISO/DIS 9506, agosto de 1988.
- (Leite 87) J.R.E. Leite, M.J. Mendes, M. Magalhães, «Protocolos de aplicação em redes locais de computadores na automação industrial (MAP/TOP)», 5º Simpósio de redes de computadores, abril de 1988.
- (Lobianco 87) W. Lobianco Jr., «Redes Locais na Indústria: a tendência natural», Automação e Indústria, agosto/setembro de 1987.
- (Mendes 88) M.J. Mendes, M. Magalhães, «Redes Locais Industriais e Projeto de Padronização MAP/TOP, SBA: Controle e Automação», vol.2, nº 1, pp.56-70, 1988.
- (Microbase 88) Micro Base Informática Ltda., «Guia de programação do NET16-MB (vrs 03.1x)», documento da Microbase, 1988.
- (Neves 89) F. Neves, J.C. Valadier, «Estudo do protocolo MMS», documento interno, CPGII, janeiro de 1989.
- (Tazza 88) M. Tazza, C. Chaouiya, «Sistemas flexíveis de manufatura: projeto e análise», Anais do 3º CONAI — São Paulo, 19 a 23 de setembro, 1988.
- (Thomas 87) G. Thomas, «ARCNET Simplifies Factory Floor Communications», Control Engineering, 2nd Edition, outubro de 1987.
- (Tomlinson 88) J. Tomlinson, H. Farb, «Manufacturing Message Specification (MMS) services», Open System Data Transfer, fevereiro de 1988.
- (Valadier 89) J.C. Valadier, F. Neves Jr., «Introdução ao protocolo MMS», documento interno, CPGII, janeiro de 1989.
- (TF1:EIA 511) «Messaging Service Specification For Programmable Controllers», NEMA/ISO SC21/TF1, January 1988.