

MODELAMENTO DA REDE MINIMAP POR BLOCOS FUNCIONAIS (*)

Dr. JEAN-CHARLES VALADIER - KEIKO V. O. FONSECA, MSc
BERNARD HAUTBERGUE, MSc - FLAVIO NEVES Jr., MSc

CPGII (Curso de Pós-Graduação em Informática Industrial)
CEFET-PR (Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná)
Av. Sete de Setembro, 3165 - 80230 - Curitiba-Paraná-BRASIL
Fone: (041) 224-5333 ramal 191 Telex 415562 CFET
E mail CEFETPR@BRFAPESP.BITNET FAX (041) 224 5170

ABSTRACT

This paper presents QuasiMAP research project of an industrial local area network according to MiniMAP proposal. Its purpose is a low implementation cost with a large scope of application. It is assumed that physical and medium access control protocols are supported by a dedicated real time processor, so that remaining communication protocols can be considered as any input/output process control procedure. A function block model has been adopted for QuasiMAP project to support generic process control application. This paper describes how the MiniMAP communication procedures have been modeled and implemented with function blocks.

RESUMO

Este artigo apresenta o projeto de pesquisa "QUASIMAP" de uma rede local industrial baseada na proposta MiniMAP. O projeto visa uma rede de baixo custo de implementação para uma larga gama de aplicações industriais. Assume-se que os protocolos de acesso ao meio e físico são suportados por um processador dedicado e que os demais protocolos de comunicação são considerados como um procedimento de entrada e saída do controle de processo. O modelo de blocos funcionais adotado visa suportar qualquer aplicação genérica de controle de processos. Este artigo descreve como os procedimentos de comunicação foram modelados e implementados com os blocos funcionais.

1. INTRODUÇÃO

A automação da produção fabril através do uso de comandos numéricos computadorizados, controladores programáveis e outros equipamentos de alta capacidade de processamento local requer a interconexão destes para uma supervisão integrada à nível de chão de fábrica.

Um dos maiores esforços para padronização internacional da comunicação entre equipamentos industriais é o projeto MAP [1,2]. Este projeto é baseado nos protocolos de comunicação das camadas padronizadas do modelo de referência OSI [3,4].

(*) realizado com o apoio do CNPQ : projeto 800403/89-4, 301579/88-3 e RHAE 222/88 MP; projeto integrado de pesquisa 500067/90-2 em fase inicial.

Como um subconjunto do projeto MAP, a proposta MiniMAP foi concebida para suportar requisitos particulares de controle e supervisão de equipamentos de produção, tais como aqueles de uma célula flexível de manufatura.

Em ambas propostas, os serviços de mensagens requeridos para estabelecer a comunicação entre equipamentos industriais programáveis (controladores de robôs, CNC, etc) e controladores de células em um ambiente CIM (Computer Integrated Manufacturing) são normalizados pela norma MMS (Manufacturing Message Specification) [5,6].

Desde 1988 desenvolve-se no CEFET-PR o projeto de pesquisa QuasiMAP de uma rede de controle de processos industriais. Baseado na proposta MiniMAP, o seu protótipo é desenvolvido com tecnologia disponível no Brasil. Este projeto visa uma estrutura mínima para uma rede de supervisão de processos industriais, mas compatível com a proposta MiniMAP à nível de camada de aplicação.

Este artigo apresenta inicialmente os objetivos da proposta QuasiMAP, enfatizando as hipóteses e restrições assumidas e a estrutura física das estações de comunicação QuasiMAP. A seguir é descrito o sistema de modelamento por blocos funcionais que serve de base à implementação QuasiMAP e a proposta correspondente de modelamento por blocos funcional do sistema QuasiMAP.

Finalmente, são descritos alguns resultados obtidos a partir da aplicação deste modelamento na implementação de um protótipo da rede QuasiMAP.

2. O OBJETIVO DA PROPOSTA QUASIMAP

A rede QuasiMAP [6] segue o modelo de rede de supervisão de processos da figura 1 com dois tipos de estações:

- Estação de Supervisão de Processos, podendo também atuar como estação de gerenciamento da rede ou de diretório da configuração da rede,
- Estações de Controle de Processos, às quais os equipamentos sob controle estão conectados.

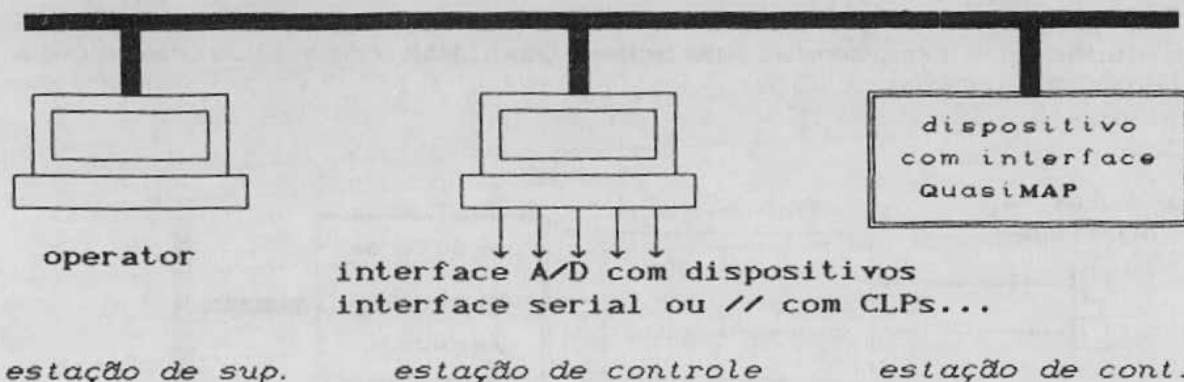


Figura 1 : modelo da rede de supervisão QuasiMAP

Três funcionalidades básicas foram diferenciadas e são apresentadas a seguir.

SUPERVISÃO E CONTROLE DISTRIBUÍDO Como descrito na proposta MiniMAP, a rede QuasiMAP suporta o protocolo MMS (Manufacturing Message Specification - IS 9506) mapeando serviços MMS em serviços de controle de enlace lógico [7]. Os serviços de acesso à variável MMS são suportados para fornecer facilidades que permitem a estação supervisora ler, escrever, criar e deletar variáveis definidas na estação de controle. Tais serviços são suficientes para supervisionar remotamente uma estação de controle.

O GERENCIAMENTO DA REDE O gerenciamento da rede QuasiMAP é especificado seguindo os conceitos genéricos de gerenciamento apresentados no draft IEEE 802.1 e em alguns serviços de gerenciamento da IEEE 802.2 e 802.4 [8]. São propostos os serviços de:

- configuração da interface de comunicação da estação,
- análise de desempenho da comunicação local,
- análise do desempenho global da rede na estação responsável pelo gerenciamento da rede.

O DIRETÓRIO DA REDE O diretório de rede deve permitir o armazenamento, manutenção e acesso à todos os endereços de estações ativas e seus nomes lógicos. Para isto um nome simbólico de um processo controlado remotamente é associado ao seu endereço completo de rede (endereços MAC e LLC) de acordo com a Especificação do Sistema de Dicionário de Objetos MiniMAP [1]. Isto permite ao sistema de supervisão referir-se a um processo remoto através do seu nome simbólico. A estação responsável pelo diretório da rede deverá fornecer uma representação gráfica da configuração dos dispositivos ligados à rede.

3. A ESTRUTURA DAS ESTAÇÕES QUASIMAP

A hipótese considerada para a especificação QuasiMAP foi que ambos os protocolos, da camada física e de controle de acesso, deveriam ser suportados por um processador dedicado (em uma unidade de comunicação), e que os demais protocolos deveriam ser considerados como procedimentos de controle ou de supervisão de processo (em uma unidade de processamento).

Os itens seguintes apresentam uma descrição das várias unidades que compõem as estações QuasiMAP como ilustrado pela figura 2.

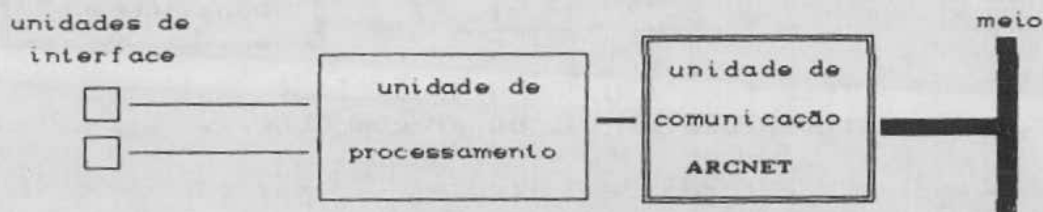


Figura 2 : Unidades que compõem uma estação QuasiMAP

A UNIDADE DE COMUNICAÇÃO ARCNET A unidade de comunicação ARCNET foi escolhida neste projeto por ser seu protocolo de comunicação um padrão de "fato" em comunicação industrial [9]. Enquanto não houverem equipamentos totalmente conforme os protocolos padrões IEEE do MiniMAP, a placa escolhida se revela uma alternativa vantajosa para redes industriais. Uma comparação com o modelo de referência OSI [10] mostra que o protocolo ARCNET consiste em um protocolo de controle de acesso ao meio de tipo de barramento por ficha ("Token Bus") e de um protocolo de controle de enlace lógico ("LLC") de tipo sem conexão e com reconhecimento imediato.

A UNIDADE DE PROCESSAMENTO É a unidade principal que suporta tantos os protocolos de comunicação MiniMAP não providos pela unidade de comunicação, como o próprio aplicativo que pode ser tanto os programas de controle do processo dos dispositivos (estação de controle) como os programas e interfaces gráficas de supervisão (estação de supervisão).

AS UNIDADES DE INTERFACES Estas unidades estão presentes nas estações de controle. Podem ser cartões de entradas e saídas analógicas ou digitais e/ou interfaces seriais ou paralelas que interfaceam os programas de controle com o dispositivo.

4. O SISTEMA DE CONTROLE POR BLOCOS FUNCIONAIS PARA SUPORTE DO QUASIMAP

A necessidade de atender a supervisão e controle de uma grande variedade de processos industriais levou-nos à utilização de um modelo por blocos funcionais. Tal modelo é uma ferramenta utilizada nas mais recentes aplicações de controle produzidas pelos maiores fabricantes na área (Siemens,...). e além disto, as últimas normas complementares do MMS [11,12] estão baseadas na especificação por blocos funcionais de controle de processos.

Em seguida será introduzido o modelo por blocos funcionais ilustrado pela figura 3 tal como aparece na proposta de norma ISA-DS 72.02 [11].

BLOCOS FUNCIONAIS Conforme a norma, o controle de processo industrial pode ser modelado através do algoritmo, das entradas, saídas e parâmetros de um bloco funcional ou de uma composição de blocos funcionais interconectados.

São definidos um conjunto de *tipos de blocos funcionais* que descrevem a organização e a funcionalidade dos blocos. O controle de um processo é modelado por várias *instâncias* dos blocos, junto com as conexões entre as entradas e saídas dos blocos instanciados.

É a invocação (ou execução) de várias instâncias dos blocos interconectados que permite o controle do processo real.

ENTIDADE DE CONTROLE É o agrupamento lógico dos blocos funcionais necessários para o controle de um processo.

UNIDADES DE CONTROLE São os dispositivos físicos que suportam as várias entidades de controle.

A figura 3 ilustra a comunicação por rede entre duas entidades de controle pertencendo a duas unidades de controle distintas. Na figura, o bloco funcional BFj é conectado ao bloco READ para ler a saída de um bloco funcional remoto (BFi).

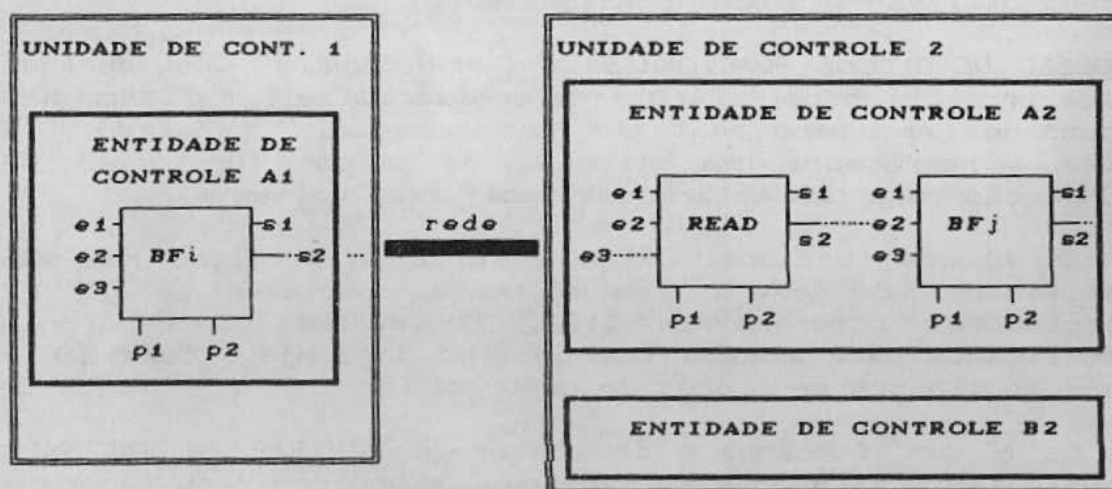


Figura 3 : Modelo de utilização de blocos funcionais de controle de processos

O modelo de implementação QuasiMAP descrito a seguir especifica blocos funcionais especiais para realização das funções necessárias de comunicação para supervisão da rede.

5. O MODELO QUASIMAP EM BLOCOS FUNCIONAIS

Baseado na estrutura das estações QuasiMAP apresentada nas figuras 1 e 2, um modelo de implementação por blocos funcionais foi desenvolvido. O propósito inicial era obter uma implementação completa das especificações MiniMAP a partir das normas dos protocolos, mas devido à alta complexidade da interface MiniMAP, algumas restrições foram feitas para o primeiro estágio.

PREMISSAS DE IMPLEMENTAÇÃO As especificações MAP e especialmente as MMS têm uma vasta gama de aplicações e propõem um grande número de funcionalidades. De acordo com os requisitos iniciais, o modelo de implementação foi limitado a uma estrutura mínima de suporte a uma rede de supervisão MiniMAP. As restrições assumidas são :

- do ponto de vista da comunicação, as estações de supervisão agem somente como cliente e as de controle como servidor,
- somente os serviços READ e WRITE são inicialmente modelados,
- somente um componente de SAP está disponível no primeiro modelo.

No item seguinte, é descrito como foi modelado tal sistema utilizando blocos funcionais.

O MODELO DE BLOCOS FUNCIONAIS DE COMUNICAÇÃO Considerando que os protocolos de controle de acesso ao meio e físico são processados em tempo real por um processador separado, a figura 4 representa uma proposta de blocos funcionais de comunicação para uma estação de supervisão (cliente).

Os blocos funcionais READ e WRITE de serviços MMS são especificados de acordo com a norma complementar MMS de controladores programáveis [12]. Os outros blocos foram especificados para atender o propósito do projeto QuasiMAP e foram denominados de blocos de protocolo.

Os blocos funcionais de protocolo RCV_SAP3 e SND_SAP3 computam respectivamente as máquinas de protocolo enviada e receptora do controle de enlace lógico do tipo 3. O parâmetro T3SC_STATE ("Type 3 Send Component") do bloco SND_SAP3 representa o estado da máquina enviada que pode ou não ser na espera de um reconhecimento.

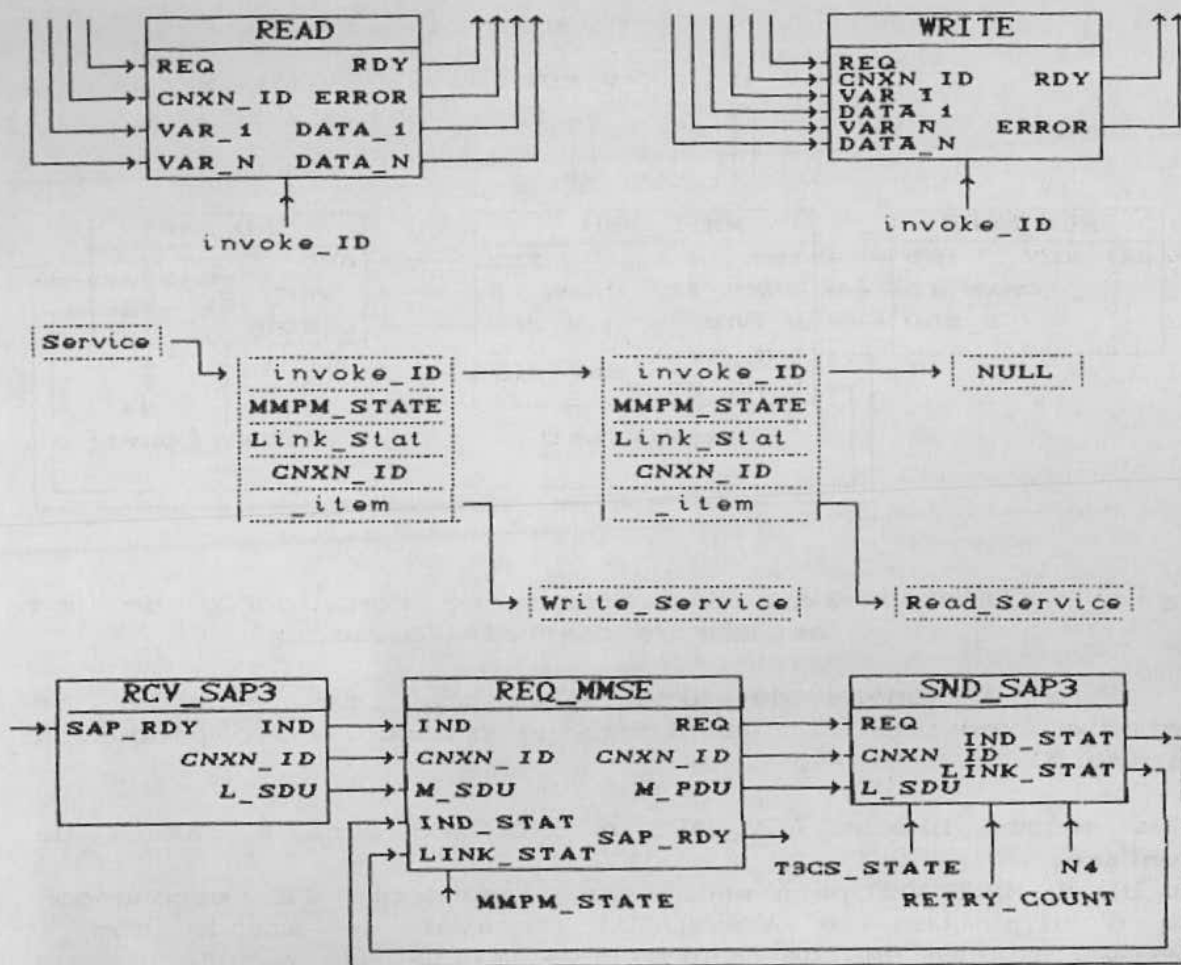


Fig 4 : Interconexão de blocos funcionais de comunicação de uma estação de supervisão (Cliente)

O bloco REQ_MMSE processa a máquina de protocolo MMS requisitante de acordo com o protocolo MMS [7]. Requisições READ e WRITE são codificadas como PDUs MMS de requisição segundo a codificação ASN1 (IS 8824) enquanto PDUs MMS procedentes do bloco funcional RCV-SAP3 são decodificadas.

Para atender múltiplas requisições de usuários, um armazenamento dinâmico é proposto entre os blocos funcionais de serviços MMS (READ e WRITE) e os blocos de protocolo.

Uma estrutura de ponteiro chamada SERVICE (figura 4) armazena o identificador do serviço requisitado (Invoke-ID), o identificador da associação (CNXXN-ID) com endereços de estação e a prioridade da associação. O ponteiro _ITEM aponta para uma estrutura diferente de acordo com o serviço requisitado. O campo MMPM-STATE representa o estado da máquina de protocolo MMS de acordo com o mapeamento MiniMAP [7] e o campo LINK_STATUS fornece o status do reconhecimento do enlace proveniente do bloco SND_SAP3.

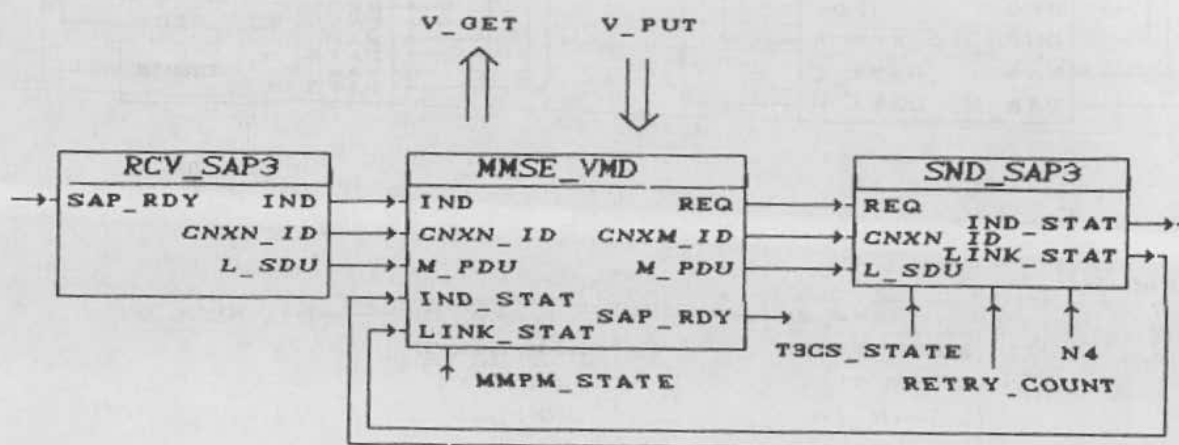


Fig 5 : Interconexão dos blocos de comunicação de uma estação de controle (Servidor)

Para o modelo de bloco funcional das estações de controle (servidor), três blocos de protocolo são propostos (figura 5):

- os mesmos blocos RCV_SAP3 e SND_SAP3 para a camada de enlace,
- o bloco MMSE_VMD para processar o protocolo MMS respondedor e o algoritmo de Acesso à Variável de acordo com a especificação MMS de Dispositivo Virtual de Manufatura ou VMD ("Virtual Manufacturing Device") [5].

O bloco de protocolo MMSE_VMD utiliza-se das funções V_GET e V_PUT para retirar ou colocar valores nas saídas ou entradas dos Blocos Funcionais da estação de controle de acordo com o serviço *Read* ou *Write* recebido.

Para que a descrição das variáveis segundo a norma MMS seja de acordo com a utilização de blocos funcionais, as variáveis foram definidas como nomeadas e identificadas por:

- um identificador do bloco funcional a ser acessado composto do tipo do bloco funcional e do nome da instância do bloco funcional a ser acessado,
- um identificador do parâmetro correspondente a variável no bloco considerado.

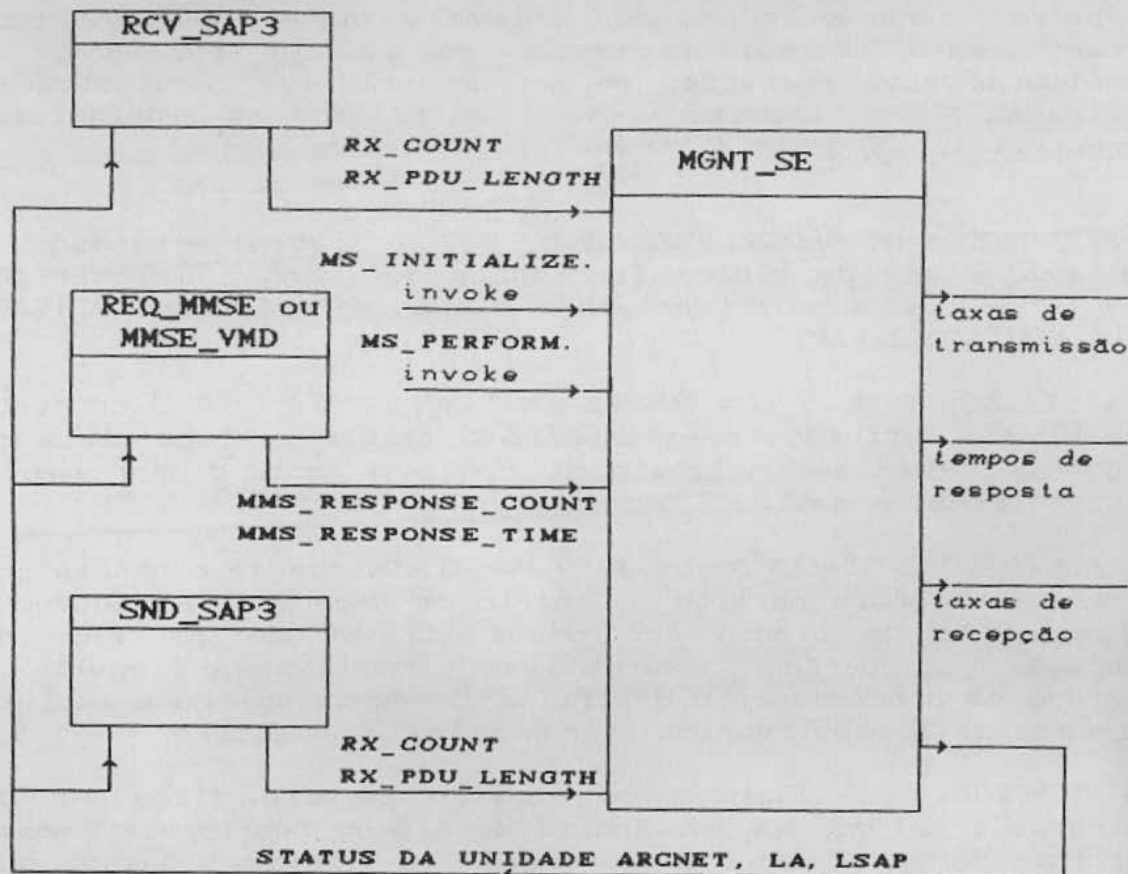


Fig 6 : Conexões dos blocos de comunicação com o bloco de gerenciamento de rede

Neste primeiro protótipo, foi também desenvolvido um bloco de protocolo de gerenciamento MGNT_SE ("Management Service Element) ilustrado pela figura 6. Este bloco inicializa a comunicação com a unidade de comunicação ARCNET quando solicitado pela entrada MS_INITIALIZE.invoke.

O bloco MGNT_SE analisa eventualmente o desempenho de comunicação quando solicitado pela entrada MS_PERFORMANCE.invoke. Para tanto, os blocos de comunicação mantêm uma estatística simples dos serviços processados e o bloco MGNT_SE transforma-as em valores interpretáveis pelo operador : taxa de ocupação do meio, qualidade das transmissões em função dos reconhecimentos positivos, comprimento de mensagens, tempos de resposta dos pedidos de serviços MMS.

Em seguida, será descrita a implementação do modelo apresentado.

6. O PROTÓTIPO DE IMPLEMENTAÇÃO QUASIMAP

A implementação do protocolo QuasiMAP foi concebida como uma extensão do sistema de controle e supervisão de processos industriais desenvolvido na nossa instituição [13]. A

principal característica do sistema é que o operador pode dinamicamente modelar processos por blocos funcionais e configurar suas execuções de acordo com seus requisitos de aplicação. A seguir, são descritas as principais características deste sistema.

A BIBLIOTECA DE BLOCOS FUNCIONAIS O sistema é baseado em uma biblioteca de blocos funcionais que mantém a descrição dos tipos dos blocos funcionais disponíveis (blocos ADIÇÃO, PID, CONTATO BINÁRIO ...).

A LISTA DOS BLOCOS FUNCIONAIS INSTANCIADOS É o conjunto dos blocos definidos pelo usuário a partir da biblioteca de tipos de blocos funcionais. O operador pode dinamicamente criar, listar e destruir blocos funcionais.

AS FILAS DE EXECUÇÃO DO USUÁRIO O sistema de controle por blocos funcionais permite o usuário de organizar a seqüência de execução de blocos funcionais através de uma Fila de Execução. O operador pode ativar, desativar e regular o período de processamento das filas de execução. Pode incluir ou suprimir blocos funcionais nas filas de execução.

AS CONEXÕES Funções de conexão permitem ligações de entradas e saídas das instâncias de blocos funcionais, mesmo pertencendo a Filas de execução distintas, desde que pertençam à mesma unidade de processamento.

AS FILAS GRÁFICAS DO USUÁRIO São filas particulares compostas de blocos funcionais IMAGEM. Esses blocos são construídos dinamicamente pelo operador a partir de ícones predefinidos (quadro, válvula, texto...) e são conectadas aos blocos funcionais de processo. A ativação de uma fila gráfica permite a supervisão do processo pelo operador.

O sistema de controle é atualmente projetado para oferecer "on line" uma interface homem-máquina que permita ao operador o controle de processos através da criação, supressão e atualização dinâmica de blocos funcionais, conexões e filas de execução.

O MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO QUASIMAP Numa primeira etapa, foram contruídos os blocos funcionais READ e WRITE que permitem ao usuário estender o conceito de conexão aos blocos funcionais que não pertencem a mesma unidade de controle, isto é, a estações diferentes da rede. Numa segunda etapa, foram definidas duas filas de comunicação com os blocos funcionais de comunicação descritos anteriormente:

- uma fila de comunicação cliente com um bloco RCV_SAP3, dois SND_SAP3 e um REQ_MMSE nas estações de supervisão,
- uma fila de comunicação Servidor com um bloco RCV_SAP3, dois SND_SAP3 e um MMSE_VMD nas estações de controle.

A figura 7 mostra a seqüência de execução proposta para os blocos de protocolo de uma fila de comunicação cliente. Portanto, a cada execução, a fila Cliente pode processar somente uma requisição de serviço até que receba o status de reconhecimento do enlace geralmente fornecido pelo primeiro bloco SND_SAP3 da fila.

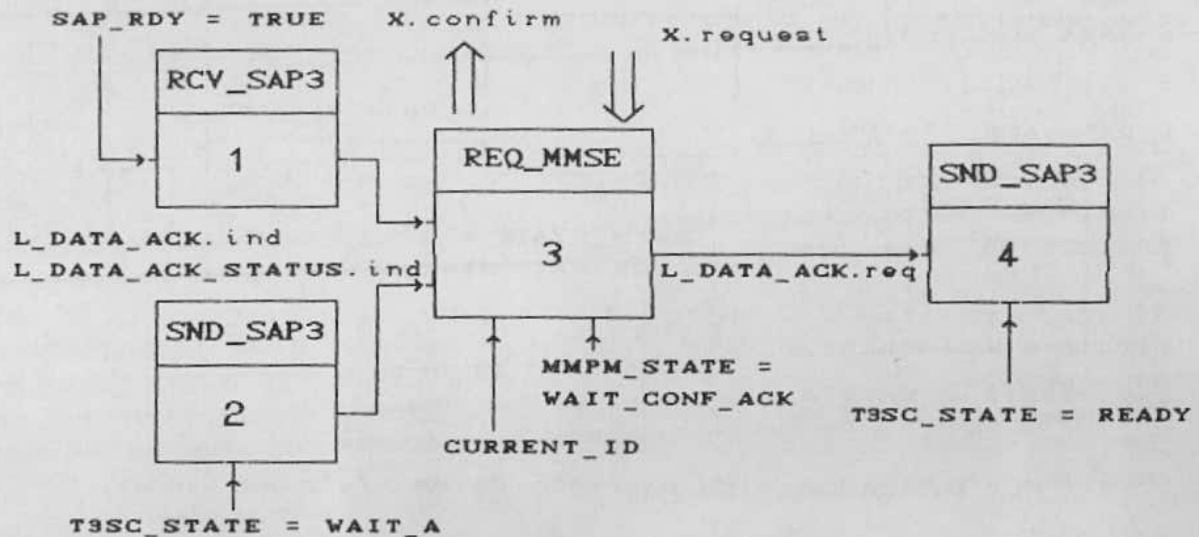


Fig 7 Seqüência de execução de uma fila cliente

Similarmente, a capacidade da fila Servidor está restrita no máximo a um processamento de mensagem por seqüência. A recepção de mensagem vinda da rede é permitida somente se não houver nenhuma mensagem esperando para ser transmitida.

A figura 8 mostra este caso onde o MMSE_VMD libera o bloco RCV_SAP3 através da entrada SAP_RDY (veja figura 5) somente após receber o status de reconhecimento do enlace de um bloco SND_SAP3 da seqüência da fila servidor. Assume-se que o MMSE_VMD ofereça um procedimento rápido para fornecer ou retirar valores de variáveis dos blocos funcionais do Usuário.

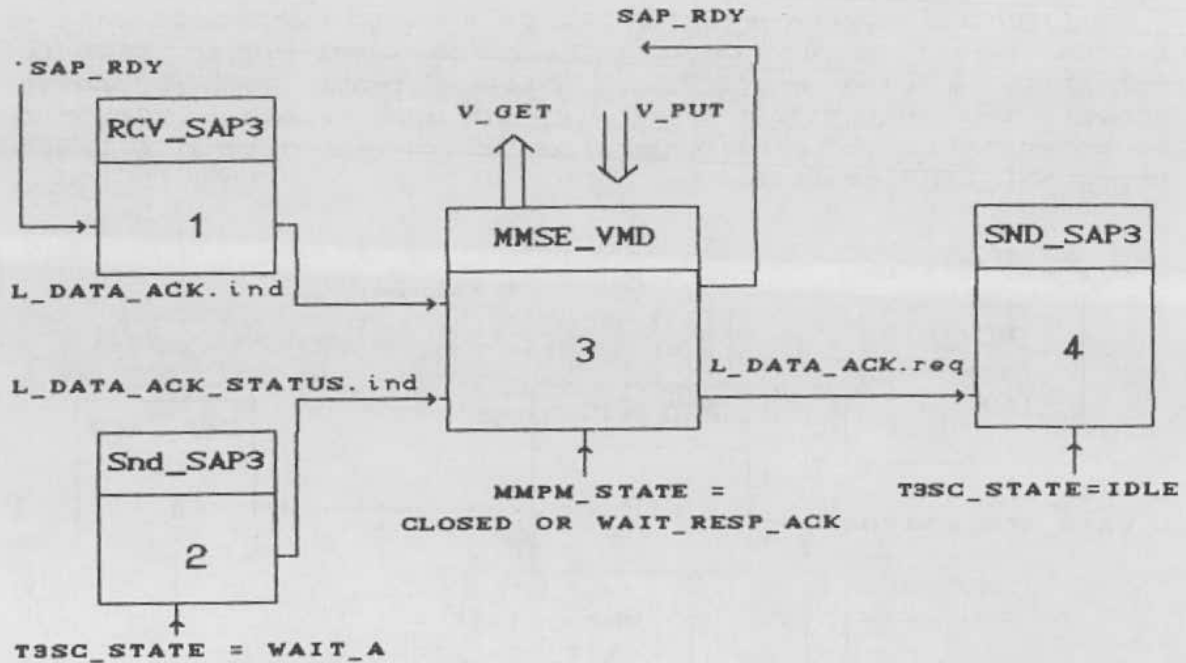


Fig 8 Sequência de execução de uma fila servidor

Tanto para as estações de supervisão como de controle, foram definidas duas outras filas:

- uma fila de gerenciamento com o bloco MGNT_SE, a qual faz a inicialização da unidade de comunicação ARCNET e fornece informação sobre o estado da comunicação e sobre o desempenho do sistema de comunicação,
- uma fila gráfica QuasiMAP que permite a visualização dos valores fornecidos pelo bloco MGNT_SE.

Para otimizar o desempenho do sistema, a frequência de execução das filas de comunicação Cliente ou Servidor é superior a da fila de Gerenciamento. Cabe ao operador ativar a fila gráfica QuasiMAP para supervisionar o sistema de comunicação.

7. CONCLUSÃO

As figuras 4 até 8 mostram um modelo de implementação por Blocos Funcionais da proposta MiniMAP [14,15]. A partir deste modelo, um protótipo da rede de supervisão QuasiMAP foi desenvolvido em linguagem C em microcomputadores tipo PC, os quais são os equipamentos correntemente disponíveis para automação fabril no Brasil. Este protótipo utiliza-se do sistema de controle por blocos funcionais em desenvolvimento na nossa instituição [13], permitindo integrá-lo em rede.

É importante ressaltar, que as filas de comunicação Cliente, Servidor e de Gerenciamento são tratadas como filas de SISTEMA que não podem ser acessadas por um operador de processo. Tal fato justifica que o modelo proposto para os blocos de comunicação á nível do protocolo de aplicação não obedece estritamente o conceito de conexão entre blocos funcionais.

O bloco REQ_MMSE utiliza-se de funções especiais para trocar dados com os blocos funcionais READ e WRITE acessíveis pelo operador. Similarmente, o bloco MMSE_VMD utiliza-se de funções específicas para ler ou escrever nas entradas ou saídas de blocos funcionais da estação de controle.

Assim, o modelo de implementação aqui proposto introduz uma clara distinção entre os blocos funcionais de serviço (READ e WRITE), os quais estão disponíveis na estação de supervisão e dos blocos de protocolo, incluindo o bloco MMSE_VMD, que são transparentes para o usuário.

Somente os blocos READ e WRITE são incluídos na Biblioteca de tipos Blocos Funcionais e podem ser instanciados pelo usuário de uma estação de supervisão. No caso especial de uma estação de controle, todos os blocos de comunicação são transparentes para o usuário. Tais distinções podem ser entendidas através da especificação MMS, mas só apareceram claramente no modelo de implementação.

Até agora, nenhuma análise quantitativa foi realizada no protótipo, mas os conceitos gerais de Blocos Funcionais utilizados na especificação e implementação da rede nos parecem ser uma proposta flexível e eficiente que poderá facilitar o modelamento do controle de sistemas interligados em rede.

O conceito de Cliente/Servidor, Requisitante/Respondedor MMSE e Enviador/Receptor SAP permitem especificações simples de blocos de comunicação, configuração de blocos e tempo de processamento satisfatório, isto é, exatamente o que desejávamos.

A restrição de implementação de somente uma mensagem processada na fila do cliente e servidor por vez, torna mais fácil a especificação da implementação dos blocos funcionais e nos pareceu satisfatória em uma primeira avaliação. Através deste modelo de implementação pode ser vista a importância da frequência de execução da fila de comunicação e que seu valor deve ser adaptado à vazão de comunicação (provavelmente através dos serviços de gerenciamento).

8. CONSIDERAÇÕES FUTURAS

Embora o presente modelo QuasiMAP seja somente uma versão de estudo de uma rede de supervisão mais complexa com mais SAPs e outros serviços de comunicação, o modelamento de processos por blocos funcionais e a extensão proposta para protocolos de comunicação mostra-se conforme os nossos objetivos iniciais. Através desta abordagem de implementação algumas considerações puderam ser feitas.

Com somente dois blocos de comunicação (READ e WRITE) disponíveis para o usuário de uma estação de supervisão, foram levantadas as seguintes dúvidas:

- como facilitar a identificação dos endereços (Diretório de rede), tipos de blocos disponíveis e blocos já instanciados nas estações remotas,
- como processar os erros de comunicação múltiplos que podem ser reportados pela Camada de Enlace (Link_status), pela camada de aplicação MMSE (rejeição do serviço), pelo nível VMD (argumento do serviço não aceitável) ou pela aplicação através dos blocos funcionais de processo (falha na especificação da entrada, saída, parâmetro ou tipo ou instância do bloco).

A solução de tais problemas e a adição de outros serviços tais como Carga de Domínio e Invocação de Programa devem ser modelados para permitir a configuração à distância do próprio processo de controle, sempre em conformidade com nossa premissa inicial de simplicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. General Motors, "Manufacturing Automation Protocol - version 3.0", General Motors Corporation, julho de 1987,
2. M.J.Mendes, M.Magalhães, "Redes locais industriais e projeto de padronização MAP/TOP", SBA : Controle e Automação, vol.2, n^o1, pp.56-70, 1988.
3. L.J.McGuffin, L.O.Reid,S.R.Sparks, "MAP/TOP IN CIM Distributed Computing", IEEE Network, vol.2, n^o3, maio de 1988.
4. International Standard Organization, "Information processing system - Open System Interconnection - Basic Reference Model", IS / ISO 7498, outubro de 1984.
5. International Standard Organization, "Manufacturing Message Specification", ISO / DIS 9506 , agosto de 1988.
6. Jony L. Silveira, R. Wilrich, J-M Farines, J da Silva Fraga, "Um estudo da utilização e da implementação do padrão MMS", anais do 1 seminário sobre Redes de Comunicação Industrial, setembro de 1990.
7. F.Neves, J-C Valadier, K.V.O.Fonseca,"Análise do mapeamento do protocolo MMS na arquitetura MiniMAP", anais do 8^o SBRC, Campinas-SP, 1990.
8. Institute of Electrical e Electronics Engineers, "Local and Metropolitan Area Network Standard - Overview, Interworking, and Systems Management", Draft IEEE Standard 802.1, julho de 1987.
9. G.Thomas, "ARCNET Simplifies Factory Floor Communications", Control Engineering, 2nd edition, outubro de 1987.
10. C.Bartram, "An ARCNET System Links Multivendor Robots", Control Engineering, 2nd edition, outubro de 1987.
11. Instrument Society of America, "Companion Standard for Process Control", ISA-DS72.02-1990, janeiro de 1990.
12. International Electrotechnical Commission, "Programmable Controller Message Specification", rough draft of IEC/SC65A/WG6/TF7, junho de 1989.
13. B.Hautbergue, F.Neves, K.V.O.Fonseca, J-C Valadier, "Configuração, Controle e Supervisão de Processos Industriais On-Line"- relatório CPGII- 1990.
14. B.Hautbergue, F.Neves, K.V.O.Fonseca, J-C Valadier, "Implementation Proposal for Industrial Process Supervision", anais do IX congresso ACCA-90, Pucón - Chile, outubro de 1990.
15. B.Hautbergue, F.Neves, K.V.O.Fonseca, J-C Valadier, "Modeling MiniMAP as Process Control Function Blocks", anais do Factory Automation and Information Management (FAIM 91) Conference, Limerick -Ireland, março de 1991.