

UMA PROPOSTA DE UM MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PADRÃO MMS NUMA ARQUITETURA MINI-MAP

Roberto Willrich
Jean-Marie Farines
Joni da Silva Fraga

Laboratório de Controle e Microinformática - LCM I
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Santa Catarina
88049 - Florianópolis - SC
E mail: LCM I@BRUFSC.BITNET

RESUMO

Este artigo propõe um modelo de implementação do padrão MMS (*Manufacturing Message Specification*) numa arquitetura Mini-MAP, de acordo com o padrão da Interface de Programa de Aplicação MMS (MMSI). Dentro deste contexto, são vistos alguns aspectos acerca da utilização dos padrões MMS e MMSI na arquitetura Mini-MAP.

ABSTRACT

This paper presents a implementation model proposal for the MMS standard in a Mini-MAP architecture according to the MMS Application Program Interface standard. In this context aspects on the utilization of the MMS and MMSI standards in a Mini-MAP architecture are discussed.

1. Introdução

O uso de padrões internacionais de comunicação é atualmente a solução mais adequada a ser adotada pelos fabricantes quando da integração de meios computacionais e de equipamentos de tecnologias diferentes. Na área de comunicação em ambientes industriais, os padrões MAP (*Manufacturing Automation Protocols*) [MAP 88] e TOP (*Technical and Office Protocols*) [TOP 88] se destacam. Estes padrões seguem a arquitetura do modelo de referência OSI da ISO [ISO 84]. Entretanto, para aplicações envolvendo tempos críticos, é também proposta um arquitetura reduzida a três camadas (física, enlace e aplicação) chamada Mini-MAP. É neste contexto que se coloca o trabalho apresentado neste artigo.

Um dos elementos de serviço da camada de aplicação da proposta MAP, chamado MMS (*Manufacturing Message Specification*) [ISO 88] é especialmente dedicado ao fornecimento de serviços para a transmissão de mensagens entre equipamentos programáveis em ambientes fabris. O padrão MMS [ISO 88] especifica a sintaxe e a semântica gerais das mensagens na manufatura, não contendo informações específicas de aplicação. Estas informações são fornecidas pelos diversos *Companions Standards* ([IEC 89], [ISA 90], [ISO 89a] e [ISO 89b]).

Para padronizar também a forma de utilização dos serviços MMS, o padrão MAP [MAP 88] propõe uma Interface para o Programa de Aplicação MMS (MMSI).

Neste artigo é apresentado um modelo de implementação do padrão de comunicação MMS numa arquitetura Mini-MAP, de acordo com o padrão da MMSI. Os principais conceitos do MMS e da MMSI e a utilização destes numa arquitetura Mini-MAP serão objeto de discussão, permitindo desta maneira a introdução do modelo proposto. A apreciação deste modelo é feita diante dos resultados da simulação de sua especificação Estelle e da implementação, ambas realizadas no LCMI-UFSC.

2. Aspectos de Utilização dos Serviços MMS numa Arquitetura Mini-MAP

A seguir serão apresentados alguns dos principais conceitos e definições utilizados nas normas RM-OSI [ISO 84], MMS ISO [ISO 88] e MAP [MAP 88] que são indispensáveis para o entendimento deste trabalho. São também considerados alguns aspectos do uso dos serviços MMS numa arquitetura Mini-MAP.

2.1 A Camada de Aplicação: Os Processos de Aplicação (AP) e as Entidades de Aplicação (AE)

As interações entre sistemas abertos se dão através de interações entre Processos de Aplicação (AP) que são elementos lógicos que podem executar uma ou mais tarefas de processamento da informação. Em cada AP, as funções de comunicação são representadas por uma Entidade de Aplicação (AE). A execução destas funções de comunicações numa comunicação específica, são realizadas por uma Invocação de AE (AE-I). Assim, a comunicação entre uma AE e seu par remoto, se dá através de suas respectivas AE-I. Para existir uma sessão de comunicação entre duas AE-I, estas devem negociar o conjunto de parâmetros que define o ambiente de comunicação, chamado contexto de aplicação. Esta operação é conhecida na norma como estabelecimento de uma Associação de Aplicação (AA).

2.2 O Princípio da Comunicação entre Programas de Aplicação num Ambiente MMS

Na interação entre os AP, o padrão MMS segue o modelo de interação Cliente/Servidor. O comportamento visível externamente de um Servidor MMS é modelado por um Dispositivo Virtual de Manufatura (VMD), que é uma representação abstrata dos recursos e funcionalidades do dispositivo físico, disponíveis através dos serviços MMS.

Para possibilitar esta comunicação, o VMD e o AP Cliente devem ter uma ou mais AE. O padrão MMS define que cada AE-I suporta uma única AA, diferente da visão generalizada do OSI, que permite que uma AE-I tenha mais que uma AA.

A figura 2.1 é uma representação dos conceitos apresentados neste item.

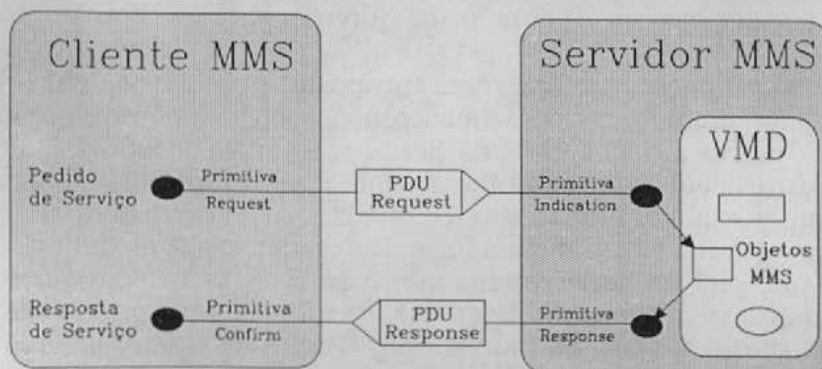


Figura 2.1 Interações entre AP no MMS

2.3 Interface para Programa de Aplicação num Ambiente MMS (MMSI)

2.3.1 Descrição da MMSI

A MMSI é um interface padrão para o fornecimento dos serviços MMS, no qual é definido uma biblioteca de funções padronizadas. Na norma MAP é especificado o modelo da Interface para o Programa de Aplicação genérico na forma apresentada na figura 2.2. Nesta figura são indicados apenas os principais fluxos de informação (linhas cheias) e de controle (linhas tracejadas). Este modelo é composto de blocos que representam funcionalidades que atuam na execução dos pedidos de serviços por parte do usuário. O modelo da interface é dividido em duas partes:

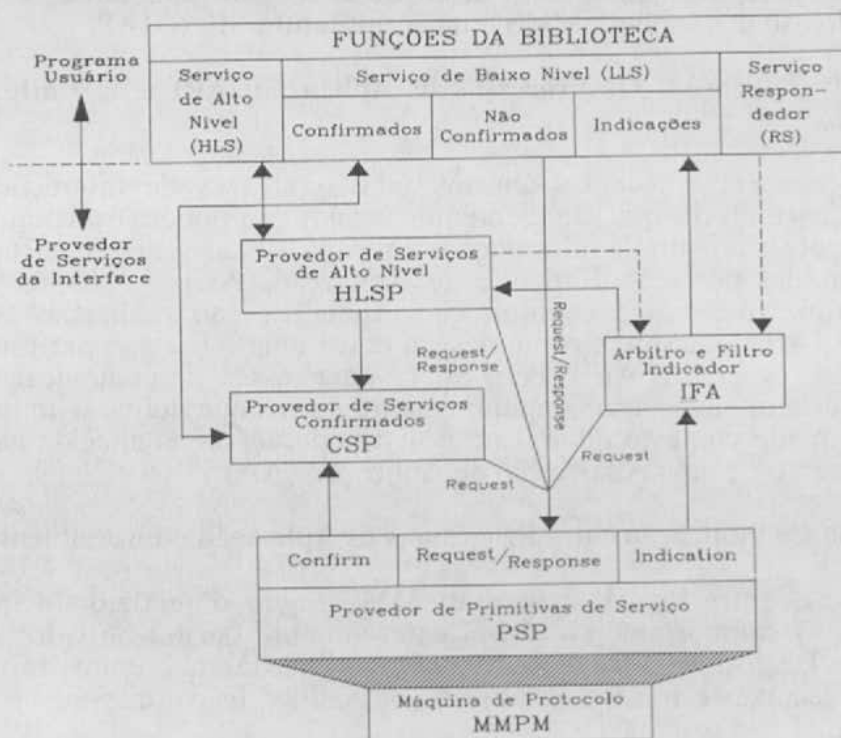


Figura 2.2 Modelo da Interface para o Programa de Aplicação [MAP 88]

A) Parte do Programa Usuário

Os blocos desta parte do modelo são funções de uma biblioteca, pelas quais o Programa Usuário acessa o Provedor de Serviços para a utilização dos serviços MMS.

A especificação da interface proposta pela norma MAP, direciona sua utilização para ambientes com concorrência. Neste ambiente, a interação entre o Programa Usuário e o Provedor de Serviços é feita via serviços de mensagens e de notificação, fornecida por um mecanismo padronizado de gerência de eventos. Quando uma função da biblioteca é chamada, ocorre o envio de pedido de serviço ao provedor associado. Nesta chamada, o Programa Usuário define se o serviço será executado síncrona ou assincronamente; caso a chamada seja síncrona, o Programa usuário aguardará bloqueado o encerramento do serviço; no caso assíncrono, o Programa Usuário faz uso da função WAIT, afim de aguardar bloqueado a resposta do pedido durante o período definido nesta chamada. Ao completar o serviço, o Provedor de Serviços armazena a resposta do serviço na área de dados de saída (previamente definida pelo Programa Usuário) e notifica este encerramento.

B) Parte do Provedor de Serviços da Interface

Segundo a norma MAP, a forma de interação entre os Provedores de Serviços é similar aquela entre o Programa Usuário e os Provedores de Serviços. Ao contrário da anterior, esta forma de interação não é normalizada, sendo objeto de decisões do projetista. O padrão da MMSI normaliza apenas o interfaceamento do Programa Usuário com o Provedor de Serviços da interface.

Os seguintes blocos compõem o Provedor de Serviços:

Provedor de Serviços de Alto Nível (HLSP)

O bloco HLSP fornece serviços de alto nível (serviços compostos), fazendo uso dos blocos CSP, PSP ou IFA para completar seus serviços. Para o MMS, os serviços de alto nível são aqueles ligados ao estabelecimento de uma associação e alguns serviços de gerência de arquivos. O bloco HLSP é específico da Entidade de Aplicação (AE).

Provedor de Serviços Confirmados (CSP)

Este bloco é usado em serviços confirmados, associando primitivas *confirm* às respectivas primitivas *request*. O bloco CSP é específico de associação e tem sua ação baseada no bloco PSP.

Arbitro e Filtro de Indicações (IFA)

O bloco funcional IFA filtra as primitivas de indicação recebidas em uma associação, envia-as ao Programa Usuário ou ao bloco HLSP, ou ainda responde a indicação de serviço automaticamente. Estas funções de filtragens são ativadas pelo bloco HLSP ou pelo Programa Usuário através dos Serviços Respondedores (RS). O bloco IFA, como o CSP, é específico de associação.

Provedor de Primitiva de Serviços (PSP)

O bloco PSP executa as funções de intermediações com a MPPM, enviando primitivas *request* ou *response* para esta máquina de protocolo e recebendo primitivas de *confirm* ou *indication* da mesma. O bloco PSP também é específico de associação.

Máquina de Protocolo da Mensagem da Manufatura (MPPM)

A MPPM define a máquina de estados do protocolo MMS. Suas principais funções são a de tratamento das primitivas recebidas do PSP e mapeando-as em PDU e envio a camada inferior via primitivas do ACSE (Elemento de Serviço de Controle de Associação) ou da camada de apresentação, e vice-versa. Cada associação de aplicação apresenta um único bloco MPPM.

2.3.2 Utilização dos Serviços MMS através da MMSI

A seguir serão apresentados alguns procedimentos a ser realizados pelo Programa Usuário para a utilização dos serviços MMS.

Ativação de AE

Num Processo de Aplicação, as funções de comunicação são suportadas por suas AE-I. Para que o Programa Usuário faça uso de uma AE-I, é necessário que este declare a existência desta ao Provedor de Serviços da interface. Durante a declaração da AE-I algumas funções de gerenciamento local são executadas. A declaração da AE-I é executada na chamada da função AE ACTIVATION, que apresenta entre outros, o parâmetro de entrada *my dir name* que fornece o título registrado no diretório da AE da invocação a ser declarada e o parâmetro de saída *ae label* que identifica a AE-I declarada, permitindo subsequentes pedidos sobre esta. As funções de gerenciamento local e a forma de identificação da AE-I declarada devem ser definidas quando da implementação desta interface.

Estabelecimento de Associação de Aplicação

Para o estabelecimento de uma associação, a MMSI fornece ao Programa Usuário as funções CONNECT, para o pedido de associação, LISTEN e ANSWER para recepção e resposta no pedido de associação. Se as funções CONNECT e LISTEN forem executadas com sucesso, será retornado um identificador de conexão (*connection id*) aos participantes da associação, permitindo posterior identificação desta. Este parâmetro também deverá ser definido durante uma implementação da interface.

Operações com outros serviços MMS

Para enviar o pedido de serviço, o Programa Usuário deverá chamar a função da biblioteca correspondente ao serviço MMS requerido. Os parâmetros das primitivas MMS são fornecidos pela lista de argumentos quando da chamada da função. Para recepção de uma indicação de serviço, o Programa Usuário deverá chamar a função INDICATION RECEIVE. A resposta de um serviço MMS é enviada através da chamada da função MMSI de resposta, correspondente ao serviço solicitado.

2.4 Aspectos da Utilização do Padrão MMS num Arquitetura Mini-MAP

Na arquitetura Mini-MAP há um interfaceamento direto entre a camada de aplicação e a camada de enlace, assim os serviços MMS são diretamente mapeados nos serviços de enlace, oferecidos nos Pontos de Acesso a Serviços de Enlace (LSAP). Portanto na arquitetura Mini-MAP, uma AE está diretamente ligada a um LSAP. A seguir serão discutidos alguns aspectos da utilização do padrão MMS neste ambiente.

Associação de Aplicação

Devido a inexistência das camadas de apresentação e de sessão, o protocolo ACSE não está presente no Mini-MAP, com isso, os serviços de estabelecimento de uma AA não podem ser implementados sobre esta arquitetura. Contudo a norma MAP prevê a possibilidade de continuar oferecendo uma Associação "Explícita", permitindo que a máquina de protocolo opere num ambiente similar aquele criado pelo ACSE. Desta forma, as funções de criação e manutenção da associação são desempenhadas explicitamente pela máquina de protocolo MMS Mini-MAP. As mensagens que transitam no ambiente industrial são classificadas em oito níveis de prioridade. Este níveis são também atribuídos às associações utilizadas na transferência destas mensagens. Sendo assim, o nível de prioridade de uma associação serve como identificador entre as associações que compartilham o mesmo par de endereços LLC (LSAP) e MAC.

Na comunicação sem associação, as informações que seriam negociadas no estabelecimento da associação são substituídas por valores *default*. Adotando este tipo de comunicação é possível apenas a utilização dos seguintes serviços MMS [MAP 88]: *Read, Write, InformationReport, Status, Cancel, Identify, UnsolicitedStatus, EventNotification, AcknowledgeEventNotification, Input e Output*.

Os LSAP, no caso de coexistirem comunicações com associação e sem associação, devem ter definidos os tipos de comunicação a que estão destinados.

Registro de Entidade de Aplicação

Para que duas AE-Is se comuniquem, é necessário o registro em diretório do endereçamento de suas AEs. Para possibilitar a comunicação com outra AE, o LSAP destino deve ser conhecido a priori, obtido através de um serviço de diretório, gerenciamento local, ou simplesmente por acordo entre os programadores das duas aplicações [MAP 88].

No registro de AE são definidos parâmetros de gerenciamento de conexão específicos de AE, que são:

- o número de associações por invocações de AE: para o MMS, o número máximo é um;
- o número de invocações de AE por LSAP: cada par de endereço LLC (LSAP) e MAC podem ter no máximo oito associações.

Codificação/Decodificação ASN.1

A codificação/decodificação ASN.1 [ISO 87] de PDUs, que no MMS ISO é provida pela camada de Apresentação, na arquitetura Mini-MAP deve ser fornecida na própria camada de aplicação.

2.5 Aspectos da Utilização da MMSI numa Arquitetura Mini-MAP

Na MMSI, tanto os modelos de comunicação orientados a conexão (no Mini-MAP, com associação explícita) quanto o sem conexão devem ser suportados, portanto a utilização da MMSI numa arquitetura Mini-MAP permite que estas duas formas de comunicação coexistam. Neste caso é necessário definir previamente o tipo de comunicação que cada AE utilizará.

Devido a inexistência do ACSE na arquitetura Mini-MAP, alguns parâmetros das funções da MMSI associadas ao estabelecimento de uma AA são irrelevantes. A não negociação destes parâmetros causa entre outros a não negociação da sintaxe abstrata (negociada pelo parâmetro *context name*). A sintaxe abstrata usada no MMS é fornecida pelo padrão genérico [ISO 88] e complementada pelos diversos *Companions Standards*. Uma possibilidade é a utilização de AE-Tipos que suportem ou a sintaxe abstrata definida no padrão MMS genérico, ou esta sintaxe e complementações provenientes de um *Companion Standard*.

3. A proposta de Modelo de Implementação

Neste item, será descrito o modelo proposto para a implementação do padrão MMS numa arquitetura Mini-MAP, de acordo com o padrão da MMSI. Em seguida será apresentada a especificação em Estelle deste modelo e os resultados referentes a verificação deste a partir da simulação das especificações Estelle.

3.1 Modelo de Implementação Proposto

O modelo de implementação proposto neste trabalho é o resultado da interpretação feita pelos autores do modelo da MMSI definido na norma.

Os principais pontos propostos para tornar o modelo da interface definido na norma MAP, num modelo de implementação, são os seguintes:

- mapeamento das unidades funcionais definidos no modelo da interface em tarefas (unidades escalonáveis).
- definição das operações envolvidas na ativação/destruição das invocações de AE;
- técnica de identificação das AE-I e associações;

O modelo proposto é mostrado na figura 3.1, sendo que as tarefas envolvidas serão descritas a seguir.

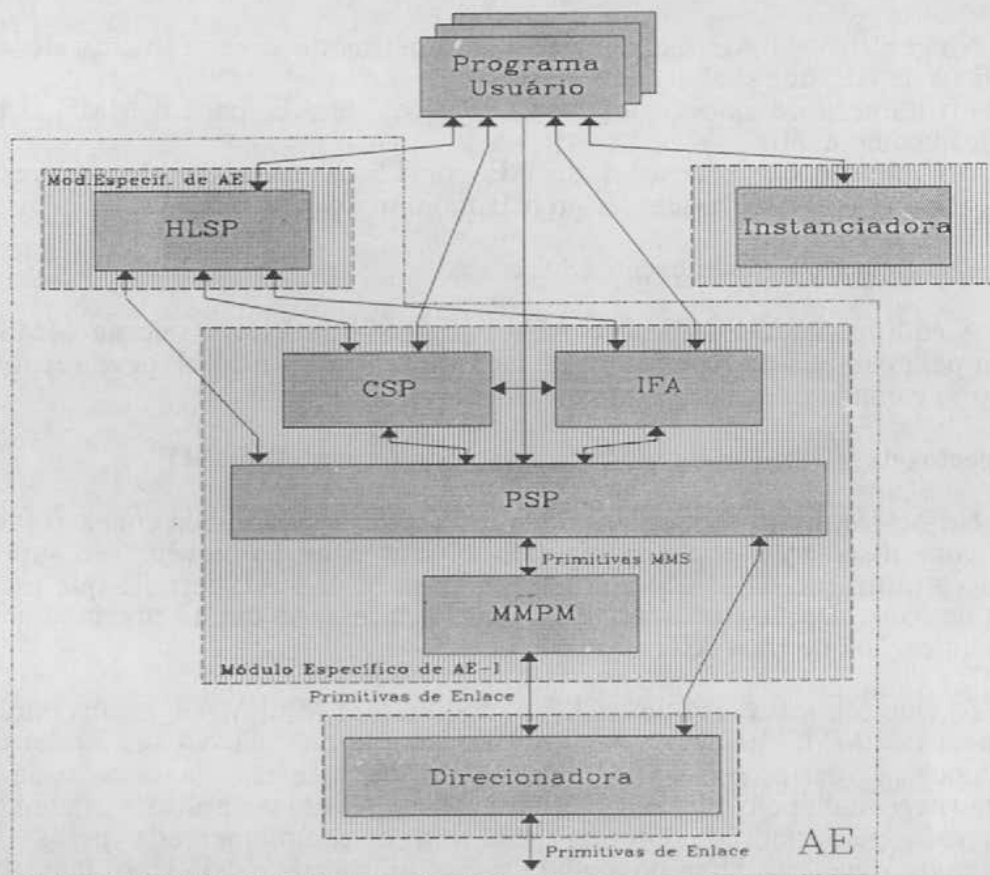


Figura 3.1 Modelo de Implementação para o Padrão MMS

3.1.1 Provedores de Serviços MMS

Para permitir que o Programa Usuário possa interagir assincronamente com o Provedor de Serviços é necessário que ambos sejam implementados como tarefas (unidades escalonáveis) distintas. A partir da constatação na norma, de que os vários blocos funcionais do modelo da interface podem agir de forma concorrente no fornecimento de vários serviços, cada um destes blocos será considerado uma tarefa. No Mini-MAP, a tarefa provedor MMPM terá como funcionalidade adicional o fornecimento da codificação/decodificação ASN.1.

Considerando que o conceito de módulo no modelo proposto é a unidade de instanciação, as tarefas provedoras de serviços são agrupadas da forma seguinte:

- a tarefa provedor HLSP estará contida no **módulo Específico de AE**. No modelo proposto existirá somente uma instância deste módulo para cada AE;
- as tarefas provedoras CSP, PSP, IFA e MPPM são encapsuladas por um **módulo Específicos de Associação**, existindo uma instância deste módulo para cada associação. Desta forma, os recursos associados a uma associação estão presentes em uma instância deste módulo. Como no modelo proposto uma AE-I suporta apenas uma associação [ISO 88], este módulo é também chamado de **módulo Específica de AE-I**.

Uma AE no modelo será representada então, em tempo de execução, por uma instância do módulo Específico de AE, um ou mais instâncias do módulo Específico de AE-I, conforme o número de invocações de AE sendo tratada no instante considerado e ainda pela tarefa Direcionadora (item 3.2.3).

3.1.2 Operações de Gerência Local na Ativação/Destruição de AE: Tarefa Instanciadora

No modelo proposto, parte das operações de gerenciamento local, durante o pedido de AE ACTIVATION, consiste na instanciação dos módulos provedores de serviços Específicos de AE e de AE-I associados ao tipo da AE a ser declarado. Para tanto, é necessário um módulo composto por uma tarefa Instanciadora, responsável pelas instanciações/destruições destes módulos. Este módulo é considerado um provedor da interface adicional. A seguir, as operações de ativação e destruição de AE disponíveis a partir da tarefa Instanciadora são apresentados:

Ativação de AE

Durante a execução da função AE ACTIVATION, a Tarefa Instanciadora gera uma instância do módulo Específico de AE-I e caso seja a primeira invocação desta AE, uma instância do módulo Específico de AE. No modelo proposto, o parâmetro *ae label* é o identificador da instância do módulo Específico de AE-I gerada. A faixa de valores deve de *ae label* ser previamente definida para cada AE; esta informação faz parte dos parâmetros de gerenciamento específicos de AE. O módulo Específico de AE pode ser identificado a partir de qualquer identificador de suas AE-I.

O valor do identificador de uma conexão (*connection id*) será o mesmo de *ae label*, já que é permitido apenas uma associação para cada AE-I.

Destruição de AE

No modelo proposto, a função AE DEACTIVATION executa a operação inversa a anterior, ou seja, destroi a instância das tarefas específicas de AE-I identificadas pelo parâmetro de entrada *ae label* e caso seja a última invocação desta AE, destroi a instância da tarefa específica de AE.

3.1.3 Direcionamento de Informações nos LSAP

Devido ao fato de poder existir várias AE-I associados a cada LSAP, foi introduzido no modelo uma Tarefa Direcionadora, responsável pelo encaminhamento, de mensagens recebidas no LSAP, ao módulo Específico de AE-I apropriado, da AE proprietária deste LSAP. A identificação do módulo Específico de AE-I é baseada no nível de prioridade da mensagem, que identifica a AA estabelecida (ou a ser estabelecido) na AE-I. Existirá uma instância da Tarefa Direcionadora para cada AE.

Alguns procedimentos para o direcionamento de mensagens proposto no modelo de implementação são os seguintes: (i) no pedido de estabelecimento de uma AA, a AE-I que fez o pedido será associada ao nível de prioridade deste; (ii) na recepção de um pedido de estabelecimento de uma AA, este será encaminhado a primeira AE-I sobre a qual foi chamada a função de escuta LISTEN; caso não haja um LISTEN pendente sobre a AE ligada ao LSAP que recebeu o pedido, haverá a rejeição do pedido pela Tarefa Direcionadora; (iii) após estabelecida a associação, as mensagens recebidas serão encaminhadas à AE-I associada ao nível de prioridade da mensagem.

No pedido da função de escuta LISTEN pelo Programa Usuário, o identificador das instâncias das tarefa específicas de AE-I (*ae_label*) será encaminhada a Tarefa Direcionadora associada ao LSAP da AE.

3.2 Especificação e Verificação do Modelo Proposto

Neste item será apresentado uma especificação Estelle do modelo proposto e a verificação deste através da simulação da especificação Estelle utilizando o Simulador de Especificação Estelle ESTIM [Saqui 88], desenvolvido no LAAS-CNRS (França).

3.2.1 Especificação do Modelo Proposto

Neste item é apresentado a especificação Estelle do modelo proposto, destacando-se unicamente o nível de fluxo de informações. O detalhamento desta especificação não será objeto deste artigo.

Na figura 3.2 é mostrada a estrutura hierárquica dos módulos Estelle correspondente ao modelo de implementação.

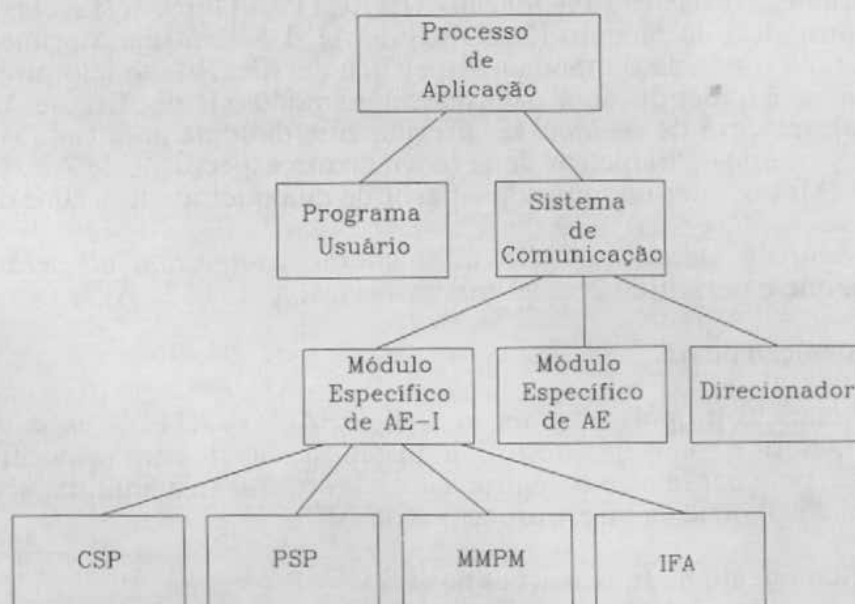


Figura 3.2 Estrutura hierárquica do modelo de implementação

A figura 3.3 apresenta a especificação Estelle de uma Processo de Aplicação (AP) Cliente ou Servidor, segundo o modelo proposto. Nesta especificação, haverá várias iniciações dos módulos Estelle Específico de AE, Específico de AE-I e Direcionador, cujos procedimentos já foram descritos neste trabalho.

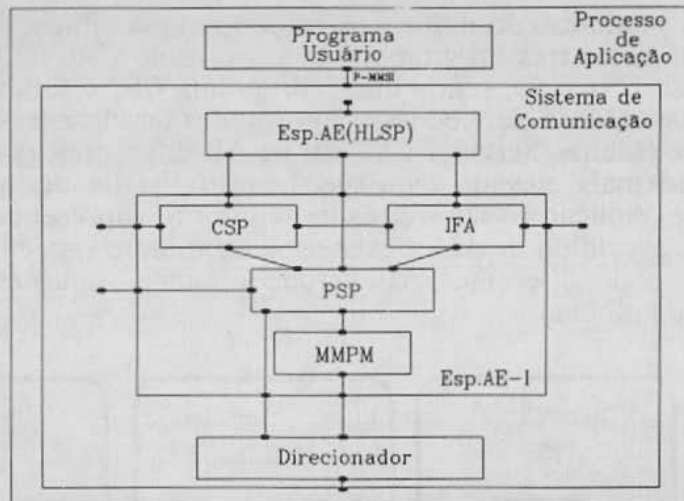


Figura 3.3 Especificação Estelle de um AP adotando o modelo proposto

A seguir são apresentados alguns aspectos relevantes desta especificação:

- na iniciação estática, para cada estação são iniciados os módulos Estelle Programa Usuário e Sistema de Comunicação, bem como definidas suas conexões. A iniciação do módulo Sistema de Comunicação utiliza como parâmetros, informações específicas de cada AE existente na estação;
- o módulo Estelle do Programa Usuário define a chamada de função e recepção da resposta, através do ponto de iteração P MMSI (ver figura 3.3). As declarações de iterações do P MMSI definem os parâmetros de comunicação que são definidos nas funções da MMSI;
- o módulo Estelle do Sistema de Comunicação contém as funcionalidades da Tarefa Instanciadora definida no modelo de implementação proposto. Também especifica o envio do pedido ao provedor correspondente, existindo pontos de interação que permitem a comunicação com todas as instâncias que existam (ou existirão).
- o módulo Estelle Específico de AE contém as operações da tarefa HLSP;
- o módulo Estelle Específico de AE-I contém a iniciação dos módulos Estelle dos Provedores de Serviço;
- os módulos Estelle dos Provedores de Serviço especificam as funcionalidades dos blocos funcionais (CSP, PSP, IFA e MMPM) do modelo da interface.
- o módulo Estelle Direcionador especifica as funcionalidades da tarefa Direcionadora apresentada na descrição do modelo de implementação. Este módulo apresenta pontos de interação para cada módulo Estelle Específico de AE-I.

3.2.2 Verificação do Modelo Proposto

A verificação da proposta do modelo de implementação e a sua conformidade com o comportamento de referência definido na norma MMS são aspectos importantes para consolidar o modelo de implementação como base para uma metodologia segura para a implementação do MMS. Para tanto, foi realizado a verificação do modelo proposto a partir da simulação de sua especificação Estelle.

Em particular, neste trabalho os pontos seguintes devem ser verificados:

- o interfaceamento do programa usuário com os provedores de Serviços da interface está em conformidade com o padrão da MMSI;
- a operação de ativação/destruição de AE;
- a identificação das AE-I e associações;
- o direcionamento de mensagens recebidas nos LSAPs.

Para simulação do modelo, escolheu-se uma aplicação específica, definindo a comunicação entre três Programas Usuários, como visto na figura 3.4: um programa C1 cliente de CS2 e S3, sendo que o programa CS2 é também cliente de S3. Nesta aplicação, as AE-I do Servidor S3 são oriundos da mesma AE, enquanto as AE-I do Cliente C1 e Cliente/Servidor CS2 são de AE diferentes. A figura 3.5 mostra o nível de abstração mais elevada da Especificação Estelle desta aplicação, os módulos Processo de Aplicação são refinados conforme apresentado na figura 3.3. Este exemplo foi escolhido devido a existência na mesma especificação de invocações de mesma AE e de diferentes AE, o que abrange situações necessárias para uma verificação do modelo.

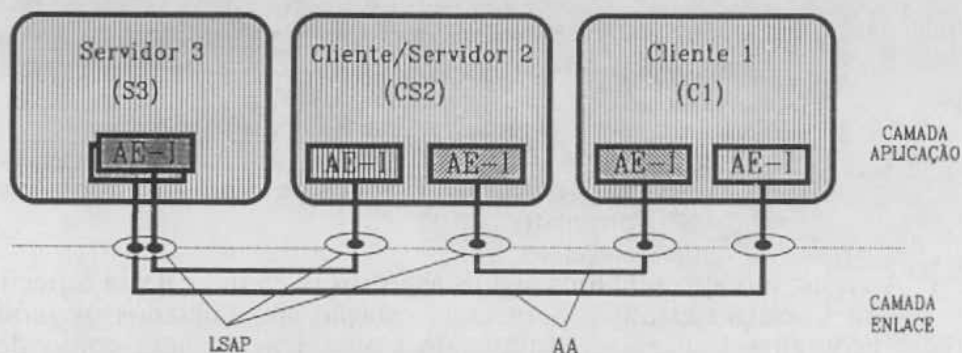


Figura 3.4 Representação da comunicação no exemplo escolhido

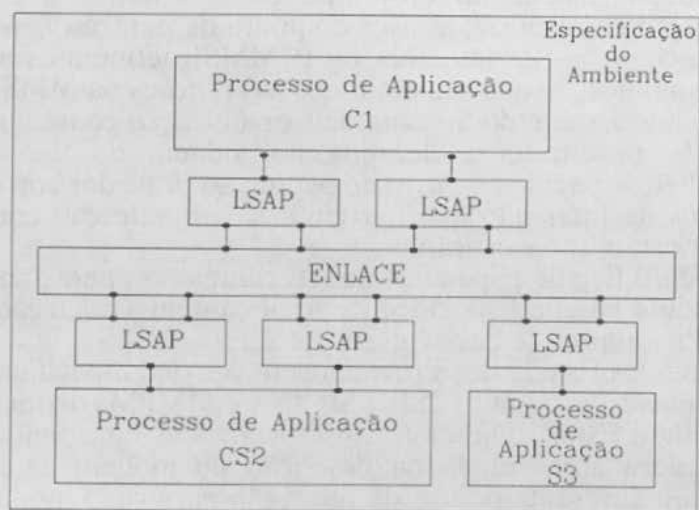


Figura 3.5 Especificação total do exemplo escolhido

A partir desta simulação verificou-se o funcionamento adequado da implementação baseada no modelo proposto e a correção das decisões de implementações feitas pelos autores. Em particular:

- a gerência de ativação/destruição de AE foi executada com sucesso utilizando de apenas os parâmetros passados nas chamadas das funções AE ACTIVATION e AE DEACTIVATION, conforme proposta dos autores;
- foi possível realizar as identificações de AE-Is e associações, da forma definida pelos autores, utilizando apenas os parâmetros *ae label* e *connection_id* definidos nas funções da MMSI que necessitam destas identificações;
- o direcionamento de mensagens recebidas nos LSAPs ocorreu com sucesso utilizando apenas o nível de prioridade da mensagem, conforme definido no modelo de implementação proposto.

4. Implementação do Modelo Proposto

O modelo proposto necessita de um suporte básico de software para a sua implementação; as principais características deste serão definidas neste item. Em seguida, com o intuito de ilustrar detalhes de implementação, será apresentado um exemplo de implementação do modelo proposto para alguns serviços, realizada no LCMI-UFSC.

4.1 Suporte para o Modelo Proposto

A necessidade de concorrência, tanto na implementação do serviço de comunicação como nos processos de aplicação, levam a utilização, como suporte básico do modelo, de um núcleo que proporcione um ambiente multitarefas, com características capazes de satisfazer restrições de tempo.

A seguir serão definidas as características fundamentais de um Núcleo de Tempo Real (NTR) para dar suporte ao modelo proposto.

- Instanciação de Tarefas

Devido a característica necessária de instanciação dinâmica de tarefas de mesmo tipo, é necessário que o NTR apresente esta característica.

- Comunicação Inter-processos (IPC)

Este é um dos elementos mais importantes do NTR, pois tem grande influência no desempenho do sistema, devido ao grande volume e a complexidade de informações trocadas entre tarefas do software de comunicação. Portanto é necessário que o IPC gere o menor *overhead* possível na comunicação e sincronização entre tarefas.

- Gerência de Eventos

Outro ponto a considerar é o fornecimento de um mecanismo para gerência de eventos, que é a forma definida na MMSI para promover a notificação de finalização de um pedido de serviços. Este mecanismo não necessariamente deve ser fornecido pelo NTR. Pode haver outras formas de implementação, uma destas será vista no exemplo de implementação.

- Escalonamento

A política de preempção e a capacidade de mudança dinâmica de prioridade possibilitam um escalonamento razoavelmente adaptado para os requisitos de tempo. Outras funcionalidades requerida ao núcleo são os mecanismos de suspensão e ativação de tarefas controladas por tempo.

- Gerência de Memória

Devido a forma de iteração definida na MMSI é necessário mecanismos de alocação e dealocação dinâmica de áreas de memória.

4.2 Aspectos de Implementação segundo o Modelo Proposto

Para testar o modelo proposto, foi realizada uma implementação simplificada, numa rede de PC do tipo Ethernet, de alguns serviços. As principais simplificações estão descritas a seguir:

- Simulação da camada enlace a partir da rede comercial disponível, onde as primitivas de enlace serão enviadas à estação remota através do mecanismo de comunicação remota disponível no núcleo;
- Ausência do Codificação/Decodificação ASN.1 de PDUs.
- Implementação apenas das seguintes funções da MMSI: CONNECT, LISTEN e ANSWER, para o estabelecimento de uma associação; STATUS, INDICATION RECEIVE e STATUS RESPONSE para a Leitura de Status de um dispositivo remoto.

O NTR adotado foi o existente no LCM [Fraga 87] e componente do projeto Ambiente de Desenvolvimento e Execução de Software para Aplicações Distribuídas (ADES), que suporta o princípio da decomposição modular, onde são definidas entidades elementares de configuração (módulos), apresentando interfaces bem definidas (portos de entrada e de saída). Este núcleo preenche as características levantadas no item 4.1.

A seguir, serão descritos algumas características desta implementação.

A) Procedimento de Iniciação

A primeira operação executada por uma estação é o procedimento de Iniciação, que tem por função registrar todas as informações associadas ao Programa Usuário, informações específicas de AE e informações de diretório, além das instanciações dos módulos do Programa Usuário, da tarefa Instanciadora e dos módulos Direcionadores.

B) Identificadores de AE-I e Associações

Nesta implementação, os módulos de Específicos AE e de AE-I existentes no modelo proposto são definidos como módulos suportados pelo núcleo, proporcionando a identificação diretas das tarefas pertencentes aos módulos do modelo, através do identificador de módulo provido pelo núcleo.

C) Interação Programa Usuário - Provedores da MMSI

No modelo proposto, a biblioteca de funções constitui-se de um conjunto de funções que poderão ser chamada por qualquer tarefa do Programa Usuário. Cada função terá um procedimento de verificação dos parâmetros e de encaminhamento do pedido ao provedor destino apropriado. Para este encaminhamento, todas as funções da biblioteca chamarão uma função de envio de mensagem, que utilizará um porto de saída, a ser criado na primeira chamada de função da MMSI pelo Programa Usuário. Desta forma o sistema de comunicação inter-processos fornecido pelo núcleo será encapsulado pelas funções da biblioteca.

Nesta implementação, a chamada da função WAIT terá como sinalização da chegada da ocorrência de um evento a chegada de uma mensagem em um porto de entrada durante o intervalo de tempo definido na chamada da função WAIT. Este porto de entrada será criado na primeira chamada de função WAIT pelo Programa Usuário.

D) Direcionamento de Mensagens

Nesta implementação, a tarefa responsável pelo direcionamento de mensagens terá oito pares de portos de entrada e saída para cada LSAP de uma AE, cada par de portos é associado a um nível de prioridade (uma AA). Esta tarefa também é responsável pela simulação da camada de enlace.

Apesar do número limitado de funções, foram testados os três tipos de funções existentes na interface (alto nível, confirmada, não confirmada e respondedora). Após a realização de testes de comunicação através da implementação realizada, verificou-se que o modelo proposto mantém as propriedades que caracterizam o comportamento especificado na norma MAP.

5. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi o de propor um modelo de implementação do padrão MMS numa arquitetura Mini-MAP, de avaliá-la através de uma simulação da sua especificação Estelle e de uma implementação parcial, com o objetivo de auxiliar futuras implementações deste padrão.

Nesta proposta de modelo, destacam-se algumas decisões tomadas pelos autores, como:

- Mapeamento das unidades funcionais do modelo da interface em tarefas, agrupando-as em módulos Específicos de AE e AE-I;
- Definição de operações envolvidas nas funções de "AE ACTIVATION" e "AE DEACTIVATION";
- Definição das formas de identificações de AE-I e associações;
- Direcionamento de mensagens recebidas nos LSAP.

Os resultados obtidos na simulação e na implementação permitem concluir a adequação do modelo proposto neste trabalho com o que é exigido pela norma, garantindo desta forma implementações corretas do MMS em arquitetura Mini-MAP.

6. Bibliografia

- [Fraga 87] J.S Fraga, et alli. "Um Núcleo de Sistema Operacional Distribuído para Aplicações em Tempo Real". 5^o Seminário Brasileiro de Redes de Computadores. São Paulo, 1987.
- [IEC 89] "Rough Draft Programmable Controller Message Specification". International Electrotechnical Commission. IEC/SC 65A/WG 6/TF 7. 1989.
- [ISA 90] ISA-dS72.02. "Companion Standard for Process Control". Instrument Society of America. 1990.
- [ISO 84] ISO 7498. "Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model". 1984.
- [ISO 87] ISO 8824. "Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1)". 1987.
- [ISO 88] "Manufacturing Message Specification". ISO 9506/1 and 2. 1988.
- [ISO 89a] "Robots for manufacturing environment - Robot Specific Message System (Robot Companion Standard for MMS)". ISO 9506/3. 1989.
- [ISO 89b] "Numerical Control of Machines - Numerical Control Message Specification (Companion Standard to ISO/IEC 9506/1 + 2)". ISO 9506/4. 1989.
- [MAP 88] "Manufacturing Automation Protocol - Version 3.0. 1988
- [Saqui 88] P. de Saqui-Sannes, J-P. Courtiat, "ESTIM, The Estelle simulator prototype of the ESPRIT-SEDOS project", FORTE 88 International Conference on Formal Description Techniques, Stirling, 1988.
- [TOP 88] "Technical Office Protocols - Version 3.0. 1988