

7o. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES**TESTES DE UMA IMPLEMENTAÇÃO DE FTAM
(File Transfer Access and Management)****AUTOR:**

Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho
Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia - FOTE
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP

SUMÁRIO:

Este artigo discute aspectos relativos aos testes de operacionalidade, conformidade e desempenho efetuados sobre uma implementação dos serviços de transferência de arquivos, especificados com base nas normas de padronização da ISO (International Organization for Standardization) correspondentes ao FTAM (File Transfer Access and Management) e que foram desenvolvidos para duas redes locais, usadas em ambientes de automação de escritório e de automação industrial.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo descrever aspectos relacionados aos testes de uma implementação dos serviços de transferência de arquivos desenvolvidos para duas redes locais, usadas em ambientes de automação de escritório e de automação industrial.

Tais serviços de transferência de arquivos foram implementados tomando por base as normas de padronização da ISO (International Organization for Standardization) correspondentes ao FTAM (File Transfer Access and Management).

Estas normas de padronização definem vários subconjuntos de serviços, que englobam o acesso, o gerenciamento e a transferência de arquivos propriamente dita. Dentro do contexto do modelo OSI (Open Systems Interconnection), estes serviços são prestados pelo elemento de serviço da camada de aplicação ASE_FTAM (Application Service Element - File Transfer Access and Management), que foi implementado através de uma máquina de protocolo responsável pela geração e interpretação corretas dos elementos do protocolo em questão.

Com o objetivo de verificar se tal máquina de protocolo gera e interpreta corretamente os elementos do protocolo de transferência de arquivos correspondente, foram realizados vários tipos de testes. Dentro deste escopo, apresentam-se, nos próximos itens, alguns aspectos relevantes da especificação da ISO e da implementação considerada, e discutem-se os tipos de testes efetuados.

2. SERVIÇOS DE TRANSFERENCIA DE ARQUIVOS E O MODELO DA ISO

O modelo da ISO especifica para o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM os seguintes subconjuntos de serviços:

a) Subconjunto de Serviços Básicos

Este subconjunto é constituído dos serviços de estabeleci-

mento e liberação da associação (conexão) de aplicação e dos serviços de seleção e "deseleção" de arquivos. O serviço de seleção é usado para verificar se um dado arquivo existe ou não no sistema de arquivos de uma estação remota; caso tal arquivo exista, o mesmo passa a ser associado à conexão de aplicação anteriormente estabelecida. Esta associação é desfeita através do serviço de "deseleção".

b) Subconjunto de Serviços de Transferência de Dados

Os serviços deste subconjunto têm por função prover meios para que seja possível transferir dados de um arquivo entre dois sistemas abertos. Assim sendo, este subconjunto inclui os serviços de abertura, fechamento, leitura e gravação de dados de um arquivo no sistema de arquivos de uma estação remota.

c) Subconjunto de Serviços de Gerenciamento de Arquivos

Este subconjunto inclui os serviços de criação e remoção de um arquivo do sistema de arquivos de uma estação remota, além dos serviços de leitura e alteração dos atributos deste arquivo.

d) Subconjunto de Serviços de Acesso

Este subconjunto é constituído dos serviços de localização, remoção e movimentação de registros de um arquivo do sistema de arquivos de uma estação remota.

e) Subconjunto de Serviços de Controle de Erro

Os serviços deste subconjunto provêem meios ao usuário de controlar a recuperação de erros, que pode requerer, por exemplo, a retransmissão de dados de um arquivo que estava sendo transferido.

Os elementos de serviço de aplicação ASE_FTAM, que prestam os serviços acima descritos, comunicam-se entre si segundo algumas etapas, definidas a partir dos regimes e fases apresentados na figura 2.1. Através desta figura, pode-se constatar que a existência de um regime de nível mais interno pressupõe a existência dos regimes dos níveis mais externos. Desta maneira, o regime de transferência de dados apenas pode ser estabelecido depois do estabelecimento do regime de acesso a

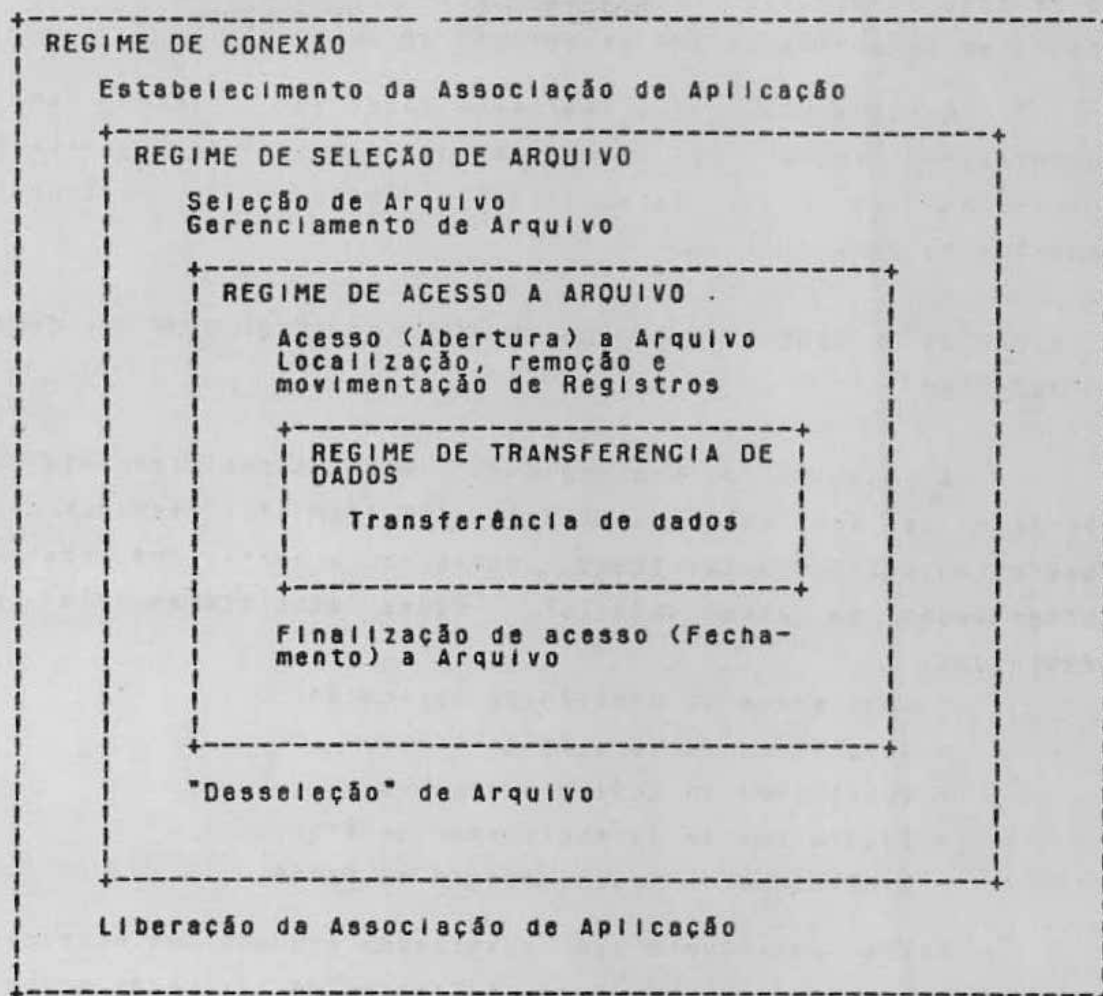


Figura 2.1 - Regimes e Fases de Comunicação dos Elementos de Serviço de Aplicação que prestam os Serviços de Transferência de Arquivos.

arquivo. Este, por sua vez, depende do estabelecimento do regime de seleção de arquivo, que também pode ser estabelecido somente depois de estabelecida uma associação de aplicação.

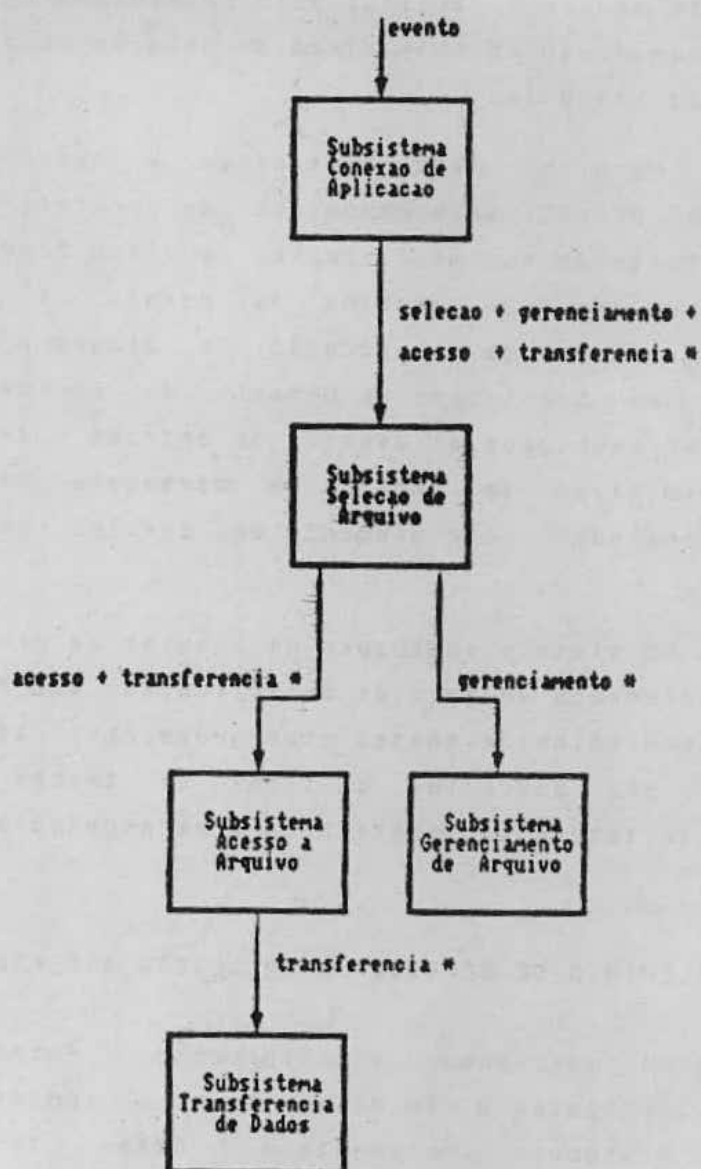
Considerando tais regimes e fases que caracterizam a comunicação entre os elementos de serviço de aplicação correspondentes, foi especificada a máquina de protocolo descrita no próximo item.

3. ASPECTOS DE ESPECIFICAÇÃO DO ELEMENTO DE SERVIÇO DE APLICAÇÃO ASE_FTAM

A máquina de protocolo ou, mais especificamente, o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM foi especificado considerando cinco subsistemas, definidos a partir dos regimes apresentados no item anterior. Estes subsistemas são os seguintes:

- Subsistema de Conexão de Aplicação;
- Subsistema de Seleção de Arquivo;
- Subsistema de Acesso a Arquivo;
- Subsistema de Gerenciamento de Arquivo;
- Subsistema de Transferência de Dados.

Estes subsistemas são organizados segundo uma estrutura hierárquica, em que o Subsistema de Conexão de Aplicação ocupa o nível superior e os demais subsistemas ocupam os níveis inferiores na ordem apresentada acima (Figura 3.1). Nesta estrutura, o subsistema 1 trata somente das primitivas de serviço e mensagens de protocolo a ele relacionadas: se este subsistema 1 estiver no estado ativo (Exemplo: o Subsistema de Conexão de Aplicação está no estado ativo, se existir uma associação de aplicação estabelecida) e receber primitivas de serviço ou mensagens de protocolos não tratadas por ele, as mesmas são encaminhadas ao subsistema 1-1, que procede de maneira análoga. Por exemplo, se já existir uma associação de aplicação estabelecida e o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM receber uma primitiva de serviço de pedido de seleção



(*) - primitivas de serviço e mensagens de protocolo

Figura 3.1 - Subsistemas do Elemento de Serviço de Aplicação ASE_FTAM implementado

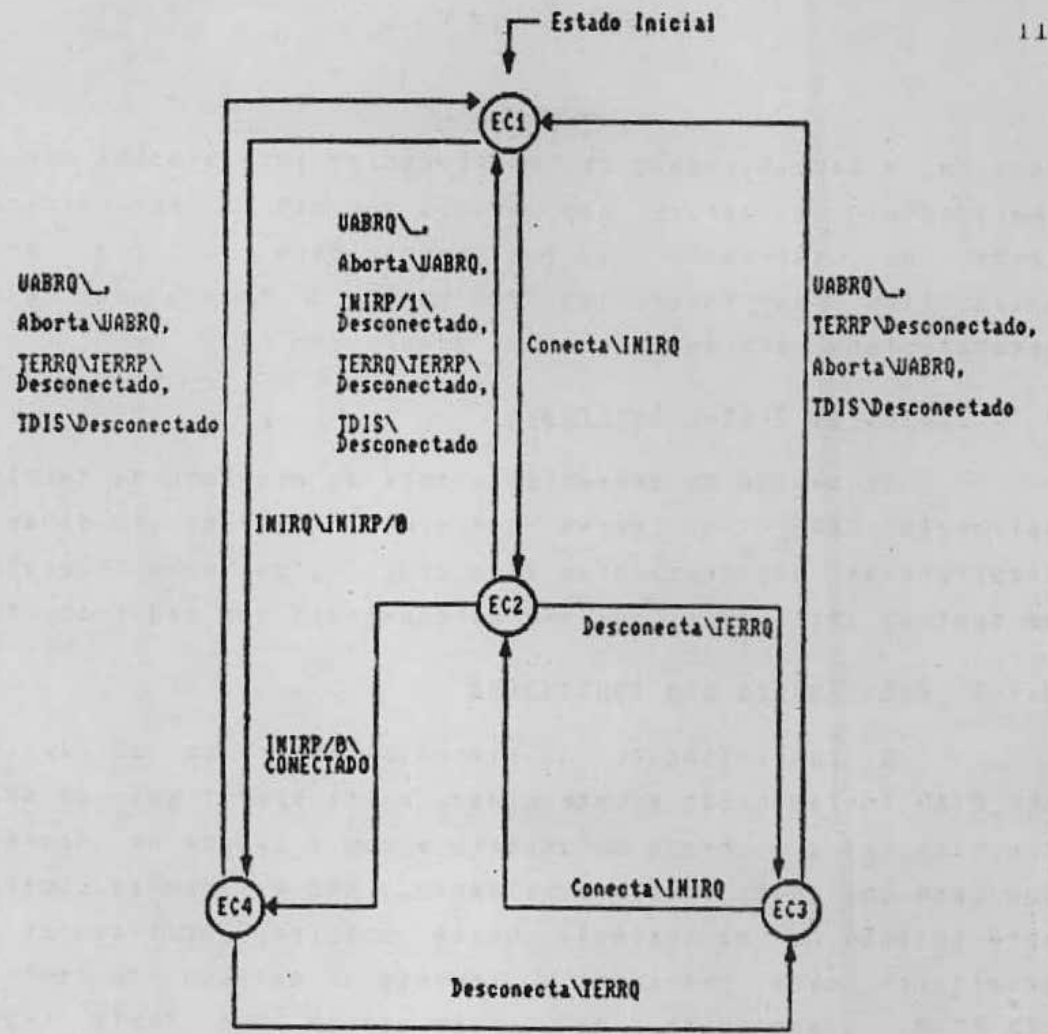
de arquivo, este pedido é recebido pelo Subsistema de Conexão de Aplicação e encaminhado ao Subsistema de Seleção de Arquivo, que vai efetivamente tratá-la.

Desta maneira, cada subsistema é responsável pelo tratamento das primitivas e mensagens de protocolo, válidas dentro do contexto do regime corrente, e o seu funcionamento é descrito através de uma máquina de estado. A figura 3.2 apresenta, a título de ilustração, o diagrama de estado correspondente ao Subsistema de Conexão de Aplicação. Neste diagrama são representados os eventos de entrada e de saída, ou seja, as primitivas de serviço e mensagens de protocolo recebidas e enviadas pelo elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM.

Tendo em vista a estrutura da máquina de protocolo, que implementa o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM, foram definidas as sequências de testes empregadas para testá-la. No próximo item, são descritos os tipos de testes aplicados, incluindo a arquitetura dos testadores e as sequências de testes utilizadas.

4. TESTES DO ELEMENTO DE SERVIÇO DE APLICAÇÃO ASE_FTAM

Conforme mencionado anteriormente, foram definidos vários tipos de testes a fim de verificar o comportamento da máquina de protocolo implementada. Estes testes foram classificados em três categorias: operacionalidade, conformidade e desempenho. O objetivo dos testes de operacionalidade é examinar como a máquina de protocolo implementada responde às primitivas de serviço e aos elementos de protocolo gerados, em condições normais ou na presença de erros, verificando-se as propriedades de repetitividade (dada uma entrada observa-se sempre a mesma saída) e a inexistência de impasses. O segundo tipo de testes é usado para certificar que o protocolo implementado está em conformidade com as normas de padronização tomadas por base [5], [6], [7] e [8], garantindo, desta



Legenda:

Estados:

- EC1 - Estado Desconectado
- EC2 - Estado Pediu Conexão
- EC3 - Estado Pediu Desconexão
- EC4 - Estado Conectado

Mensagens e Primitivas:

Nome	Mensagens de Protocolo e (Primitivas de Serviço)
UABRQ	F_U ABORT request_PDU
INIRQ	F_INITIALIZE_request_PDU válido
INIRP/0	F_INITIALIZE_response_PDU indicando sucesso
INIRP/1	F_INITIALIZE_response_PDU indicando falha
TERRQ	F_TERMINATE_request_PDU
TERRP	F_TERMINATE_response_PDU
TDIS	T_DISCONNECT_indication

Nota - No Anexo A, são descritas as funções das primitivas de serviço e das mensagens de protocolo contidas neste figura.

Figura 3.2 - Diagrama de Estado relativo ao Subsistema de Conexão de Aplicação

maneira, a possibilidade de interconectar este sistema com outro implementado a partir das mesmas normas. E, por último, os testes de desempenho são realizados para verificar se são satisfeitos os requisitos de vazão e tempos de resposta estabelecidos para as aplicações envolvidas [3].

4.1. Testes de Operacionalidade

Os testes de operacionalidade do elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM foram definidos, especificando-se as arquiteturas dos testadores e os cenários de teste (sequências de testes) utilizados, que são apresentados nos próximos itens.

4.1.1. Arquitetura dos testadores

O comportamento do elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM implementado é determinado pelas primitivas de serviço trocadas com o elemento de usuário e com a camada de transporte (no caso das redes locais utilizadas, não existem as camadas de apresentação e de sessão). Desta maneira, utilizam-se tais primitivas para exercitar o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM, denominado de implementação Sob Teste (IUT - Implementation Under Test), observando-se a resposta do mesmo a tais entradas. Dentro deste contexto, foram definidas as arquiteturas dos testadores apresentadas a seguir.

4.1.1.1. Testador Local

Os testes do elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM, utilizando-se o testador local (Figura 4.1), são iniciados mediante comandos fornecidos através do teclado da estação de trabalho. A partir destes comandos são geradas primitivas de serviço (de transporte ou de aplicação) em condições normais (variando-se os valores de seus parâmetros) e primitivas de serviços com erros, que são encaminhadas a este elemento de serviço de aplicação. Como resposta, o mesmo pode gerar primitivas de serviço destinadas à camada de transporte e/ou ao elemento de usuário. Estas primitivas são apresentadas no monitor de vídeo acoplado à estação de trabalho, para que

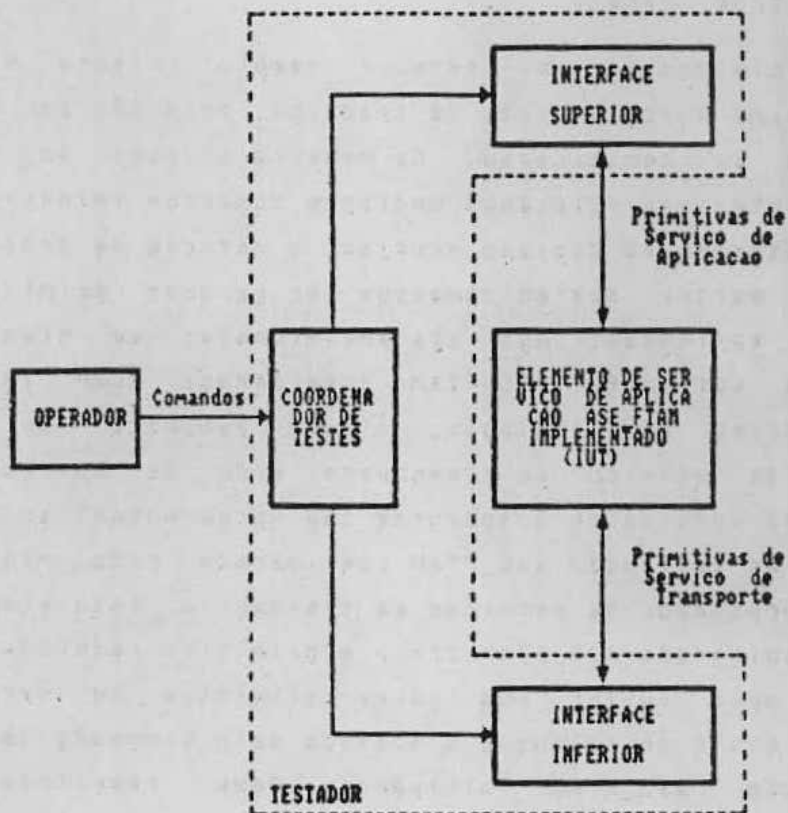


Figura 4.1 - Arquitetura de Testador Local

possam ser analisadas.

Utilizando-se o testador local podem-se detectar vários erros de implementação do elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM, contudo, não é possível garantir que o sistema testado pode ser interconectado com um outro sistema. Para tal, utiliza-se o testador remoto.

4.1.1.2. Testador Remoto

Inicialmente, o testador remoto (Figura 4.2) foi implantado numa única estação de trabalho, pois não se dispunha da sub-rede de comunicação. De maneira análoga ao testador local, os testes são iniciados mediante comandos fornecidos pelo operador, através do teclado acoplado à estação de trabalho em questão. A partir destes comandos são geradas primitivas de serviço de aplicação, que são encaminhadas ao elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM considerado como iniciador. Tais primitivas são tratadas, e como resposta são geradas primitivas de serviço de transporte e/ou de aplicação. As primitivas de serviço de transporte são encaminhadas ao elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM considerado como respondedor através do prestador de serviços de transporte. Este elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM trata a primitiva recebida e, como resposta, pode enviar uma outra primitiva de serviço de transporte, que é encaminhada e tratada pelo elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM iniciador. Como resultado deste tratamento, novas primitivas de serviço de transporte e/ou de aplicação podem ser geradas. Prossegue-se de maneira análoga até que sejam trocadas todas primitivas de serviço e mensagens de protocolo, correspondentes à execução do comando inicialmente fornecido pelo operador.

Os testes efetuados utilizando este testador são extremamente úteis para detectar problemas de impasse. Embora através destes testes se garanta a possibilidade de interconectar dois sistemas implementados a partir da mesma especificação, não é possível, contudo, garantir a possibilidade

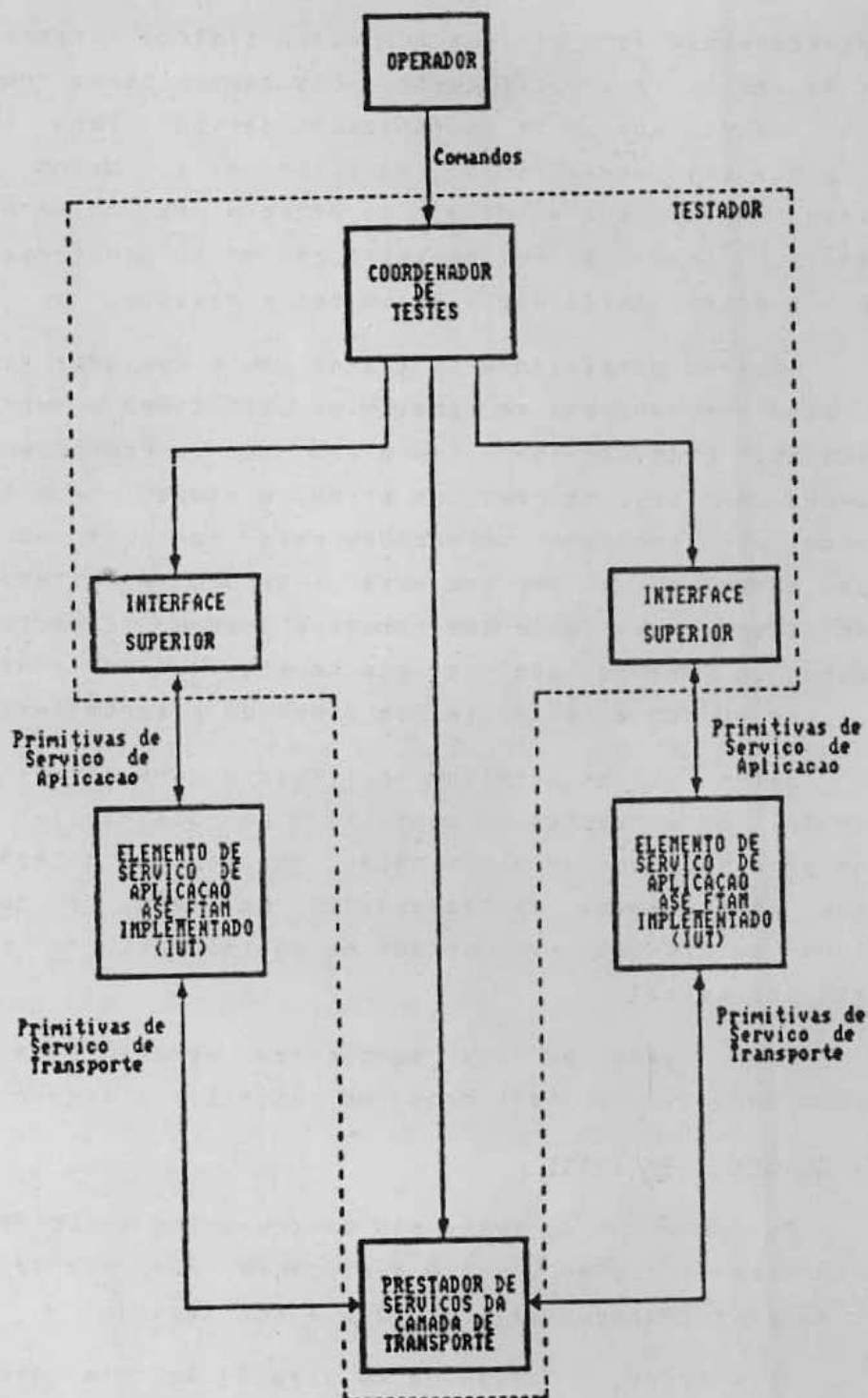


Figura 4.2 - Arquitetura do Testador Remoto

de interconectar este sistema com outro sistema implementado a partir de uma outra especificação, que também tenha tomado por base as mesmas normas de padronização da ISO. Para que isso fosse possível, dever-se-ia utilizar este mesmo testador associado, de um lado a IUT e, de outro a uma implementação de referência. Devido à indisponibilidade de tal implementação de referência estes testes não puderam ser efetuados.

Uma vez completados os testes com o testador remoto, a etapa seguinte consiste em repetí-los utilizando a sub-rede de comunicação. Estes testes, com a sub-rede de comunicação, são realizados em duas etapas. Na primeira etapa, os testes são iniciados por comandos fornecidos pelo operador através do teclado associado a uma das duas estações de trabalho. Na segunda etapa, ao invés dos comandos serem fornecidos pelo operador, os mesmos são obtidos de arquivos de cenários de teste, que contêm a sequência dos comandos a serem executados.

Estes testes permitem verificar o comportamento da IUT em questão, em situações de conflito e na ocorrência de erros gerados pela sub-rede de comunicação, que não são detectados nem tratados pela camada de transporte. Ou seja, é testada a capacidade do sistema implementado de se recuperar de situações de erros (robustez).

Para cada um dos testadores apresentados, foram definidos cenários de teste conforme descritos a seguir.

4.1.2. Cenários de Teste

Os cenários de teste são determinados especificando-se as sequências de testes a serem realizadas, que são definidas a partir da especificação do protocolo a ser testado.

Os métodos, utilizados na geração de tais sequências, consideram a implementação Sob Teste (IUT) como sendo uma "caixa preta", cujo comportamento se deseja determinar. A partir do diagrama de estado, que deve descrever o funcionamento de tal implementação, são determinadas as sequências de entrada

que, sendo ativadas produzem saídas conhecidas; observando-se estas saídas comprova-se a operacionalidade da implementação em questão.

Vários métodos podem ser empregados para determinar as seqüências de testes que devem ser aplicadas sobre protocolos especificados a partir de máquinas de estado finitas. Dentre estes métodos, podem-se citar: o método Turnê de Transições (Transition Tour), o método de Sequências de Caracterização ou método W (W-Method) e o método de Sequências de Verificação (Checking Sequences) [10], [11] e [12].

No caso dos testes efetuados sobre o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM utilizando-se tais testadores, empregou-se o método Turnê de Transições. Este método determina a partir do estado inicial da máquina de estado, que descreve o funcionamento da implementação Sob Teste (IUT), as seqüências de entradas que uma vez aplicadas garantem que todas transições sejam disparadas e que todos os estados sejam alcançados pelo menos uma vez.

Tanto este método como os outros mencionados falham se o número de estados da máquina de estado implementada for maior que o da máquina de estado especificada [10], [11] e [12]. Além disso, o método de Turnê de Transições não garante que sejam detectados todos erros de transição existentes, pois pode-se observar uma saída correta, sem contudo, ter ocorrido a transição de estados esperada. No caso dos testes realizados, este problema inexistiu, pois além de se observar as primitivas de serviço geradas pelo elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM em teste, observam-se também os estados resultantes no monitor de vídeo acoplado à estação de trabalho correspondente.

Para cada um dos subsistemas apresentados no item 3 (Subsistemas de Conexão de Aplicação, Seleção de Arquivo, Acesso a Arquivo, Gerenciamento de Arquivo e Transferência de Dados) foi definida uma seqüência de testes. A figura 4.3 contém, como ilustração, a seqüência de testes empregada para testar o

Entrada Estado Atual\Saida	1 \ INIRQ INIRP/0	4 \ UABRQ -	1 \ INIRQ INIRP/0	4
Entrada Estado Atual\Saida	4 \ Aborta UABRQ	1 \ INIRQ INIRP/0	4 \ Desconecta TERRQ	3
Entrada Estado Atual\Saida	3 \ TERRP Desconectado	1 \ Conecta INIRQ	2 \ INIRP/0 Conectado	4
Entrada Estado Atual\Saida	4 \ TERRQ TERRP, Desconectado	1 \ Conecta INIRQ	2 \ INIRP/0 Conectado	4
Entrada Estado Atual\Saida	4 \ TDIS Desconectado	1 \ Conecta INIRQ	2 \ UABRQ Desconectado	1
Entrada Estado Atual\Saida	1 \ Conecta INIRQ	2 \ Desconecta TERRQ	3 \ UABRQ Desconectado	1
Entrada Estado Atual\Saida	1 \ Conecta INIRQ	2 \ INIRP/1 Desconectado	1 \ Conecta INIRQ	2
Entrada Estado Atual\Saida	2 \ TERRQ TERRP, Desconectado	1 \ Conecta INIRQ	2 \ Desconecta TERRQ	3
Entrada Estado Atual\Saida	3 \ Aborta UABRQ	1 \ Conecta INIRQ	2 \ Aborta UABRQ	1
Entrada Estado Atual\Saida	1 \ INIRQ INIRP/0	4 \ Desconecta TERRQ	3 \ TDIS Desconectado	1
Entrada Estado Atual\Saida	1 \ INIRQ INIRP/0	4 \ Desconecta TERRQ	3 \ Conecta INIRQ	2
Entrada Estado Atual\Saida	2 \ TDIS Desconectado	1		

Nota - No Anexo A, são descritas as funções das primitivas de serviço e das mensagens de protocolo contidas nesta figura.

Figura 4.3 - Turnê de Transições Utilizado nos Testes do Subsistema de Conexão de Aplicação

Subsistema de Conexão de Aplicação, cujo diagrama de estados está ilustrado na figura 3.1.

Independentemente dos tipos de testes efetuados, ao final de uma sessão de testes sempre era verificada a consistência e integridade dos sistemas de arquivos acessados durante os testes.

Estes testes garantem a conformidade do elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM implementado com a sua especificação, mas não garante a conformidade com as normas de padronização da ISO tomadas por base, pois, conforme mencionado anteriormente, nos testes realizados com o testador remoto não se dispunha de uma implementação de referência, que pudesse ser utilizada. Aspectos de testes de conformidade são discutidos no próximo item.

4.2. Testes de Conformidade

As normas de padronização da ISO definem dois tipos de requisitos de conformidade (9):

a) Requisitos de conformidade estática:

Estes requisitos estão relacionados com aspectos referentes às classes de protocolo, parâmetros das unidades de dados de protocolo (PDU's), valores de temporização, etc. No caso do protocolo de transferência de arquivos da ISO, tem-se como exemplo, a obrigatoriedade da implementação dos serviços correspondentes ao Subconjunto de Serviços Básicos (ver item 2).

b) Requisitos de conformidade dinâmica:

Estes requisitos dizem respeito ao comportamento do protocolo propriamente dito. Por exemplo, um sistema aberto ao receber um pedido de estabelecimento de associação de aplicação, através da mensagem de protocolo F_INITIALIZE_request_PDU, deve sempre responder com uma mensagem de protocolo F_INITIALIZE_response_PDU usada para aceitar ou rejeitar tal pedido.

Os requisitos de conformidade estática e dinâmica,

definidos pelas normas de padronização do FTAM, são apresentados nos próximos itens.

4.2.1. Conformidade Estática

As normas de padronização do FTAM definem os seguintes requisitos de conformidade estática [B]:

- a) a entidade de aplicação deve exercer a função de iniciadora ou respondedora, ou ambas;
- b) o sistema de arquivos deve suportar um subconjunto básico de atributos (nome do arquivo, tipo de dados e tipos de operações);
- c) a informação de Controle de Protocolo deve ser gerada e interpretada a partir das regras de codificação definidas em ASN.1 (Abstract Syntax Notation.1);
- d) pelo menos uma classe de serviço deve ser oferecida. Para cada classe, as normas definem os subconjuntos de serviços que devem ser obrigatoriamente oferecidos. Tais classes de serviços são: Transferência (Subconjunto de Serviços Básicos e de Transferência), Gerenciamento (Subconjunto de Serviços Básicos e de Gerenciamento), Transferência e Gerenciamento (Subconjunto de Serviços Básicos, de Transferência e de Gerenciamento) e de Acesso (Subconjunto de Serviços Básicos, de Transferência e Acesso).

Analisando o protocolo implementado, constata-se que não são satisfeitos alguns aspectos de conformidade em relação aos seguintes requisitos:

a) geração e interpretação da informação de Controle de Protocolo

Embora as unidades de dados de protocolo tenham todos os parâmetros obrigatórios especificados pelas normas de padronização da ISO [B], não são aplicadas as regras de codificação definidas para a notação de sintaxe abstrata ASN.1 na geração e interpretação da informação de Controle de Protocolo:

b) Classes e Subconjuntos de Serviços

São oferecidas basicamente três classes de serviço

(Transferência, Gerenciamento e Transferência e Gerenciamento), contudo não é permitida a concatenação de primitivas de serviço e mensagens de protocolo.

O objetivo de efetuar a concatenação de primitivas usadas nas fases de seleção, desseleção, acesso e gerenciamento de arquivos é melhorar o desempenho dos serviços oferecidos. Contudo, esta melhora não é considerada significativa, quando se compara o número de primitivas trocadas nestas fases com o número de primitivas de dados trocadas na fase de transferência de dados, no caso de ser efetuada uma transferência de arquivo. Assim sendo, não se considerou essencial possibilitar a concatenação de primitivas e mensagens de protocolo, que embora considerada obrigatória pelas normas de padronização utilizadas, deve tornar-se opcional a partir da próxima versão destas mesmas normas.

A próxima etapa dos testes de conformidade consiste em verificar se o protocolo implementado satisfaz aos requisitos de conformidade dinâmica.

4.2.2 Conformidade Dinâmica

As normas de padronização do FTAM definem como requisitos de conformidade dinâmica:

- a) a geração e aceitação corretas dos diferentes tipos de unidades de dados de protocolo;
- b) mapeamento das unidades de dados de protocolo nas primitivas de serviço de apresentação correspondentes;
- c) alteração dos dados e dos atributos dos arquivos de forma consistente.

Através dos testes de operacionalidade é possível verificar se o protocolo implementado satisfaz ou não tais requisitos de conformidade dinâmica. Com esta finalidade, pode-se utilizar o testador local para observar o comportamento do elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM implementado quando exercitado pelos diversos tipos de primitivas de serviço.

Em relação a estes requisitos, o sistema implementado não está em conformidade com as normas de padronização no que diz respeito ao serviço de leitura de atributos, pois foram introduzidas extensões ao protocolo de modo que fosse possível efetuar a leitura de atributos de conjuntos de arquivos (As normas apenas especificam a leitura de atributos de um único arquivo por vez).

Por último, foram efetuados os testes de desempenho descritos no próximo item.

4.3. Testes de Desempenho

No caso da rede local de automação de escritório, objetiva-se oferecer ao usuário da rede os serviços pertinentes a um Sistema de Arquivos Distribuído. O conjunto de comandos especificado para este sistema (COPIA - cópia de arquivos entre estações da rede, RENOMEIA - alteração do nome de um arquivo residente numa estação da rede, SUPRIME - remoção de um arquivo de uma estação da rede, DIRETÓRIO - leitura de atributos dos arquivos contidos num dispositivo de armazenamento acoplado a uma estação) corresponde a um subconjunto dos comandos oferecidos pelo sistema operacional nativo de cada estação. Desta maneira, é desejável que o tempo medido para a execução de uma operação, por exemplo, de cópia de arquivos entre estações da rede, seja da mesma ordem de grandeza do tempo medido para a operação de cópia de arquivos residentes na mesma estação, garantindo assim, ao usuário do sistema, um certo grau de transparência dos serviços da rede em relação aos mesmos serviços oferecidos pelo sistema local.

A partir destas considerações, optou-se por efetuar as medições de desempenho para cada um dos comandos definidos para esta rede local, comparando-se os resultados obtidos com aqueles observados para os mesmos comandos do sistema operacional nativo de cada estação.

Como não se dispunha de relógios internos nas estações, na realização destas medições utilizou-se um cronômetro externo,

com precisão de até décimos de segundo. Este cronômetro era acionado simultaneamente com uma tecla da estação local, que iniciava a transferência de arquivos considerada. Ao final desta transferência, uma mensagem era apresentada no vídeo da estação local, e a contagem do cronômetro era interrompida. O método adotado acarreta numa imprecisão da ordem de décimos de segundo nas medidas obtidas, pois depende do reflexo do operador para iniciar e encerrar uma contagem no cronômetro.

As medições de desempenho, para os diversos comandos especificados para a rede de automação de escritório, foram efetuadas utilizando-se os mecanismos de recuperação de erros definidos para a camada de aplicação. Estes mecanismos implicaram no uso de uma janela de verificação na fase de transferência de dados. Desta maneira, se fosse adotada, por exemplo, uma janela de ponto de verificação igual a vinte, a cada vinte mensagens de dados transmitidas, eram trocadas duas mensagens de reconhecimento entre as estações envolvidas. Como resultado, para os comandos RENAME, SUPRIME e DIRETÓRIO obtiveram-se tempos de resposta compatíveis com aqueles encontrados para o sistema operacional nativo de cada estação. Para o comando COPIA, utilizando-se uma janela igual a 5, foram obtidas as medidas relacionadas na tabela 4.1, sendo que os tempos medidos foram considerados compatíveis com aqueles medidos para o sistema operacional nativo apenas para arquivos de até 5 Kbytes.

Com o objetivo de se ter uma idéia da influência do tamanho da janela de ponto de verificação no tempo total de execução do comando de cópia e de se terem parâmetros de comparação, efetuaram-se medidas com o tamanho da janela igual a 20. A tabela 4.1 relaciona os resultados encontrados.

Comparando-se os tempos de resposta obtidos nos dois casos, constata-se uma melhora da ordem de 23% das medidas obtidas para janela de ponto de verificação igual a 20, em relação à janela igual a 5, para arquivos maiores do que 15 Kbytes. Para arquivos menores, a influência do tamanho da janela

TAMANHO (bytes)	TEMPO DO SISTEMA OPERACIONAL (s)	TEMPO DE DISCO (s)	NUM. DE MENS. DE DADOS (#)	JANELA = 5		JANELA = 20	
				NÚMERO TOTAL DE MENSAGENS (**)	TEMPO DO COMANDO (s)	NÚMERO TOTAL DE MENSAGENS (**)	TEMPO DO COMANDO (s)
2007	2,7	1,4	16	39	2,7	33	2,6
5004	3,2	1,7	40	71	3,7	59	3,5
10175	3,6	2,1	81	130	5,6	106	4,8
15967	4,2	2,6	127	194	7,7	156	6,2
30218	5,5	4,7	240	351	12,3	279	10,0
40576	6,3	6,5	323	468	16,3	372	13,2
50679	7,2	7,3	403	580	19,8	460	16,0
62485	8,2	8,4	496	711	23,8	561	19,3

Notas

(*) O número de mensagens de dados é determinado pela divisão do tamanho do arquivo por 126 (126 é igual ao tamanho das mensagens do SC (128 bytes) menos o tamanho do campo de controle (2 bytes))

(**) O número total de mensagens é igual a soma do número de mensagens do estabelecimento e liberação dos regimes (15), número de mensagens de dados e número de mensagens de reconhecimento

Tabela 4.1 - Medidas de Desempenho Efetuadas para o Comando COPIA da rede de Automação de Escritório, utilizando Janelas de Ponto de Verificação iguais a 5 e a 20

de ponto de verificação não é tão grande, pois existem outros tempos (tempo de acesso a disco + tempo tratamento das mensagens de protocolo usadas no estabelecimento e liberação dos diferentes regimes de comunicação entre as entidades de aplicação) que contribuem para o tempo total de forma mais significativa que o tempo gasto no tratamento da janela. A partir das medidas obtidas, considerando que a única diferença entre um caso e outro está no tamanho da janela, estimou-se que para o arquivo de 60Kbytes, por exemplo, ocorreria uma redução no tempo de execução do comando de cópia de 8s, ou seja, o tempo de execução seria da ordem de 17,8s no caso de não se utilizar janela de ponto de verificação. Este valor ainda representa, aproximadamente, o dobro do tempo medido para operação de cópia do sistema operacional nativo, utilizando-se este mesmo arquivo.

Outro aspecto a ser considerado, na análise dos resultados obtidos, está relacionado com tamanho máximo das mensagens que são trocadas entre os processos residentes na mesma estação ou em estações distintas. Este tamanho está fixado em 128 bytes pelo Sistema de Comunicação (SC) utilizado. Este tamanho de mensagem é pequeno, considerando as próprias características do sistema operacional nativo que, normalmente, manipula "buffers" de 512 bytes, durante as operações de acesso a disco. Aumentar o tamanho das mensagens implicaria no aumento de eficiência da máquina de protocolo implementada que, na fase de transferência de dados, seria responsável pelo tratamento de um número quatro vezes menor de mensagens de protocolo. Para o caso de um arquivo de 60Kbytes, estima-se que o tempo de execução do comando cópia passaria a ser 11s, um valor razoável quando comparado com o tempo medido para o sistema operacional nativo, da ordem de 8s.

Para a rede local de automação industrial, foram especificados os comandos DOWNLOAD (transferência de arquivo de estação local para a remota) e UPLCAD (transferência de arquivo de estação remota para a local) usados para transferir arquivos entre estações da rede. No caso desta rede, o tamanho dos

arquivos transferidos é normalmente da ordem de 2Kbytes. Para arquivos deste tamanho obtiveram-se tempos de resposta da ordem de 2 a 3s. Como estas transferências de arquivos não são realizadas em tempo real, tais valores foram considerados satisfatórios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram apresentados aspectos relacionados aos testes efetuados sobre o elemento de serviço de aplicação ASE_FTAM implementado.

No que se refere aos testes de operacionalidade, utilizando-se os testadores apresentados, foi verificado se o sistema implementado respondia satisfatoriamente aos diversos cenários de teste aos quais foi submetido.

Em relação aos testes de conformidade, o único requisito de conformidade estática não satisfeito está relacionado com a utilização das regras de codificação definidas pela notação de sintaxe abstrata ASN.1, na geração e interpretação das informações de controle de protocolo. Quanto aos requisitos de conformidade dinâmica, estes não são satisfeitos no caso do serviço de leitura de atributos, devido à introdução de extensões no protocolo implementado motivada pela necessidade de manipular conjunto de arquivos.

Por último, foram efetuados os testes de desempenho do elemento de serviço de aplicação implementado. No caso da rede de automação de escritório, os tempos de resposta dos comandos RENAME, SUPRIME e DIRETÓRIO mostraram-se satisfatórios, da mesma ordem de grandeza que os tempos obtidos para os comandos correspondentes do sistema operacional nativo. Contudo, os tempos medidos para o comando COPIA não foram, da mesma forma, considerados satisfatórios. Os resultados dos testes deste comando mostraram que estes tempos podem ser reduzidos, melhorando-se a qualidade dos serviços oferecidos à camada de aplicação e aumentando-se o tamanho das mensagens trocadas entre

os processos envolvidos numa transferência de arquivos. No caso da rede de automação industrial verificou-se que os tempos de execução dos comandos DOWNLOAD e UPLOAD atendem aos requisitos da aplicação envolvida.

B. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARVALHO, Tereza C. M. B.; CARVALHO, Antonio J. C. Aplicação de Redes de Computadores em Automação Industrial. In: 5o. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES. Anais... São Paulo, 1987. p.21 - 54.
- [2] CARVALHO, Tereza C.M.B. Serviços de Transferência de Arquivos em Redes de Automação de Escritório. In: 6o. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES. Anais... Belo Horizonte, 1988. n.p.
- [3] CARVALHO, Tereza C.M.B.. Serviços de Transferência de Arquivos em Redes Locais. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988. 304p.
- [4] CHAPPELL, David. A Tutorial on Abstract Syntax Notation One (ASN.1). Open Systems Data Transfer. EUA, Omnicom, Inc., (25):13, dez. 1988.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. DIS 8571/1 - Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - File Transfer, Access and Management - Part 1: General Introduction. International Organization for Standardization, 1988. 40p.
- [6] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. DIS 8571/2 - Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - File Transfer, Access and Management - Part 2: The Virtual Filestore Definition. International Organization for

Standardization, 1988. 52p.

- [7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.
DIS 8571/3 - Information Processing Systems - Open
Systems Interconnection - File Transfer, Access
and Management - Part 3: The File Service
Definition. International Organization for
Standardization, 1988. 109p.
- [8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.
DIS 8571/4 - Information Processing Systems - Open
Systems Interconnection - File Transfer, Access
and Management - Part 4: The File Protocol
Specification. International Organization for
Standardization, 1988. 131p.
- [9] KINGHTSON, K.G. Open Systems Interconnection
Conformance and Conformance Testing. Open Systems
Data Transfer. EUA, Omnicom inc., (21): 18,
abr. 1986.
- [10] MOURA, José A. B.; SUAVE, Jacques P.; GIOZZA,
William F.; ARAÚJO, José F. M. Redes Locais de
Computadores - Protocolos de Alto Nível e
Avaliação de Desempenho. São Paulo, McGraw-Hill,
1988. 448p.
- [11] SARIKAYA, Behcet; BOCHMANN, Gregor V. Some
Experience with Test Sequence Generation for
Protocols. In: _____ Protocol Specification,
Testing and Verification. Holanda, North-Holland
Publishing Company, 1982. p.555 - 67.
- [12] SARIKAYA, Behcet; BOCHMANN, Gregor V. Synchroniza-
tion and Specification Issues in Protocol Testing.
IEEE Transactions On Communications 32. (4): 389 -
395, abr. 1984.

ANEXO A

<u>Primitivas de Serviço</u>	<u>Função</u>
Conecta	Pedido de Estabelecimento de Associação de Aplicação
Desconecta	Pedido de Liberação da Associação de Aplicação
Aborta	Pedido de Liberação Abrupta da Associação de Aplicação
Conectado	Confirmação do Estabelecimento da Associação de Aplicação
Desconectado	Confirmação da Liberação da Associação de Aplicação
Abortado	Indicação da Liberação Abrupta da Associação de Aplicação
<u>Mensagens de Protocolo</u>	<u>Função</u>
F_U_ABORT_request_PDU	Pedido de Liberação Abrupta da Associação de Aplicação
F_INITIALIZE_request_PDU	Pedido de Estabelecimento da Associação de Aplicação
F_INITIALIZE_response_PDU	Resposta Positiva ao Pedido de Estabelecimento da Associação de Aplicação
F_INITIALIZE_response_PDU	Resposta Negativa ao Pedido de Estabelecimento da Associação de Aplicação
F_TERMINATE_request_PDU	Pedido de Liberação da Associação de Aplicação
F_TERMINATE_response_PDU	Resposta ao Pedido de Liberação da Associação de Aplicação
F_CANCEL_PDU	Pedido/Resposta Cancelamento da Transferência de Arquivos