

TESTES DE PROTOCOLOS PARA REDES DE COMPUTADORES

Stefania Stiubiener

Departamento de Engenharia de Eletricidade, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Caixa Postal 8174, São Paulo - SP.

RESUMO

O objetivo deste artigo é de apresentar as realizações da comunidade na área de testes de protocolos, a padronização vigente, as organizações e os centros de testes atuantes, como também de analisar os aspectos técnicos envolvidos e os problemas que ainda constituem objeto de pesquisa.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente observa-se um crescimento contínuo dos sistemas de computação interconectados em redes e atuando em ambientes diversos: indústrias, escritórios, entidades de ensino e pesquisa, bancos ou organizações comerciais.

O elemento "conectividade", aspecto característico de funcionamento da rede de computadores abrange várias áreas, sendo a "Engenharia de Protocolos" uma das mais relevantes [1].

O Modelo de Interconexão de Sistemas Abertos (OSI-ISO) estabeleceu as bases de agrupamento de funções relacionadas com cada tipo de protocolo e ofereceu os conceitos básicos da atividade de "Projetos de Protocolos", atividade essa enriquecida pelos esforços da comunidade técnico-científica em aperfeiçoar métodos de descrição formal e verificação de protocolos [2].

A "Implementação de Protocolos" em ambientes heterogêneos (máquinas de diversos portes e características) conduziu a formação de uma experiência técnica específica de elaboração dessa categoria de programas.

A área de "Testes de Protocolos" que constitui a última etapa da atividade de engenharia de protocolos vem se consolidando no campo de desenvolvimento e pesquisa. Os testes de protocolos visam a comunicação entre sis

temas conectados em rede, com base na utilização da mesma arquitetura de protocolos em todos os sistemas e a observação da conformidade entre a implementação de protocolos em cada sistema e sua especificação.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ÁREA DE TESTES DE PROTOCOLOS

2.1. Atividades Pioneiras

Nos primeiros anos da década de oitenta, pesquisadores de vários centros, sensibilizados pelo crescimento da atividade OSI e pelo movimento de padronização emergente na área, iniciaram a elaboração de métodos de testes de protocolos e a construção de ferramentas de testes.

Entre as primeiras entidades que desenvolveram atividades na área de testes, podem ser citadas [3]:

- NPL (National Physical Laboratory) órgão público de pesquisa da Grã-Bretanha [4];
- Projeto Rhin, financiado pelo Ministério da Indústria e a Direção Geral de Telecomunicações da França. Neste projeto foram desenvolvidos duas ferramentas de teste: Genepi e Cerbere;
- NBS (National Bureau of Standards), órgão do governo americano, onde foi desenvolvido um dos primeiros testadores do protocolo de transporte;
- GMD (Gesellschaft für Mathematik und Datenfernverarbeitung), Instituição de Pesquisa da Alemanha Ocidental, onde foram desenvolvidos testes da série de protocolos MHS;
- Universidade de Montreal; o grupo especializado na área de protocolos desenvolveu nessa entidade um testador para o protocolo de transporte e trouxe importantes contribuições no que diz respeito ao estabelecimento de sequências e cenários de testes, partindo da especificação formal do protocolo [5].

2.2. Atividades de Padronização de Testes

Em paralelo com o desenvolvimento de padrões para protocolos de vários níveis do modelo OSI, os órgãos internacionais de padronização vêm se

preocupando com a elaboração de uma padronização na área de testes de protocolos.

Neste sentido, a ISO elaborou uma norma que define o contexto e os conceitos de testes de conformidade "ISO-9646 - Parte 1, 2, 3, 4, 5 e a CCITT elaborou o documento "DRAFT Recommendation X290 - OSI Conformance Testing Methodology and framework for CCITT Applications" [6, 7, 8, 9, 10, 11].

2.3 Organizações dedicadas à "Atividades de Testes de Protocolos"

Existem várias categorias envolvidas com a atividade de testes de protocolos : fabricantes de equipamentos, usuários, organizações que oferecem serviços de redes e administrações públicas. A necessidade de todos esses elementos de possuir uma base comum de implementação e testes de protocolos conduziu a criação, a partir de 1984, de organizações específicas que reúnem representantes dos grupos acima mencionados.

Essas organizações tem os propósitos de:

- selecionar normas OSI e elaborar "especificações de implementação", que ofereçam a escolha de um conjunto de opções e valores não definidos no padrão de protocolo, como: valores de tempo, valores de constantes, etc;
- especificar as condições nas quais uma entidade, pertencente à organização, pode submeter uma implementação à testes;
- efetivar o teste numa ferramenta específica;
- fornecer uma "certidão de conformidade":

Na Fig. 1 é apresentado o "Processo de Avaliação de Conformidade", de acordo com a padronização vigente [11];

- efetivar testes de interoperabilidade.

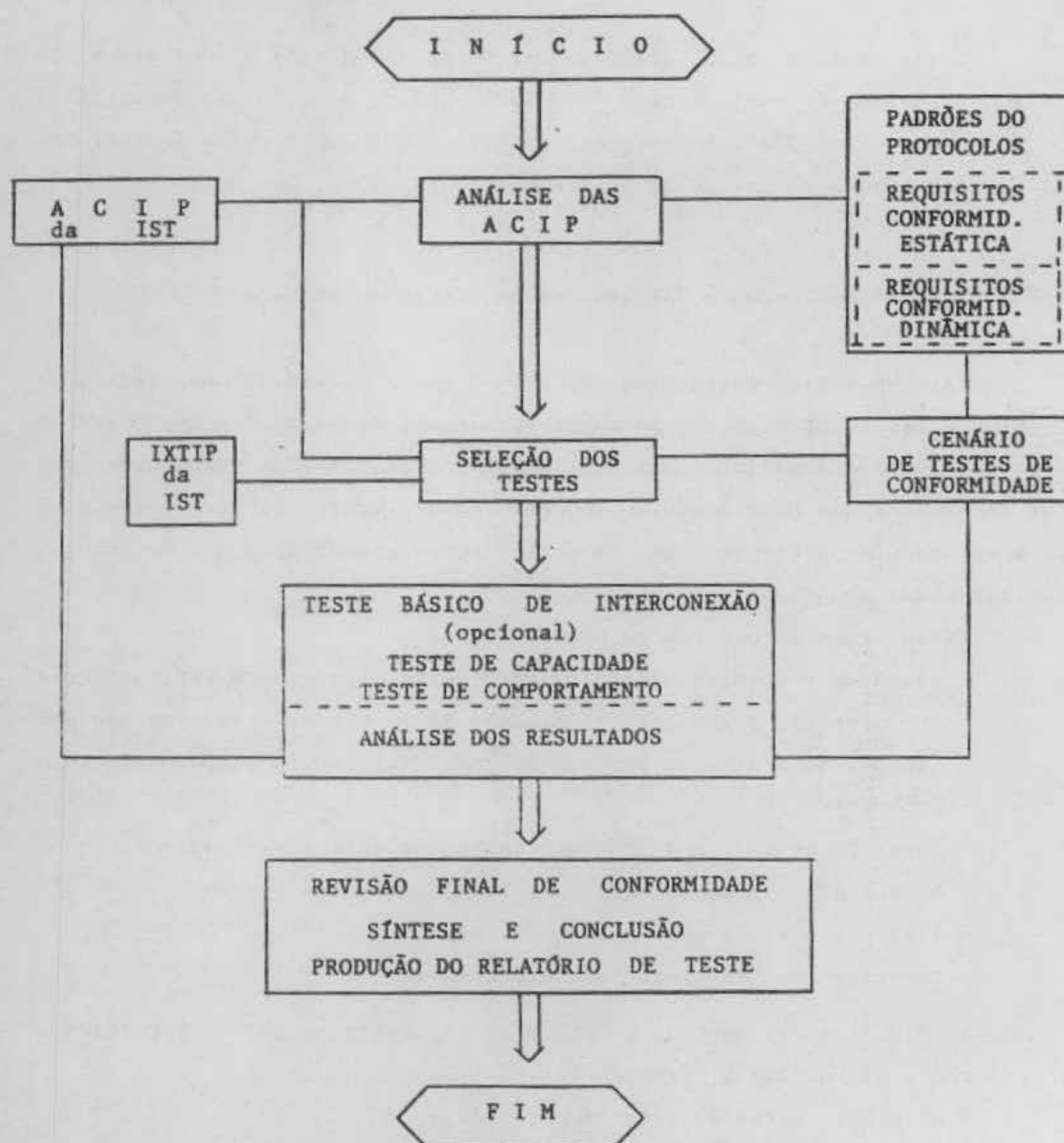


FIGURA 1: Processo de Avaliação de Conformidade

ACIP - Afirmação de Conformidade da Implementação do Protocolo;

IXTIP - Informações extras para teste de implementação do protocolo;

IST - Implementação sob teste

Entre essas organizações pode citar-se:

- COS (Cooperation of Open Systems), criada nos Estados Unidos em 1985 a COS atua em conjunto com o NBS e "MAP-USER GROUP" [24]. Atualmente a COS fornece o teste de conformidade TCTS (Transport Conformance Test System) que é o teste do protocolo de transporte ISO (Classes 0-4), funcionando em conjunto com X25, IEEE 802.3 ou IEEE 802.4, e está finalizando os sistemas de testes FTAM e MHS [12];
- SPAG (Standard Promotion and Application Group), criada na Europa em 1984 por doze fabricantes de equipamentos entre quais Bull, CGE Thomson, Olivetti, Philips, Nixdorf, Siemens, etc, fornece atualmente os serviços de testes MHS e finaliza o serviço de testes FTAM [13];
- POSI (Promoting Conference for OSI), criada no Japão em 1986);
- CTS (Conformance Testing Services), criada em 1985 pela CEC (Commission of the European Communities) reúne sete organizações governamentais, com a finalidade de testes de produtos OSI [3].
- Brisa. Sociedade para Interconexão de Sistemas Aberto, criada no Brasil em 1988, com a finalidade de realizar trabalhos de especificação de implementação, testes e certificação de interoperabilidade entre os produtos e sistemas desenvolvidos de acordo com o modelo OSI.

2.4. Centros de Testes

Para execução de testes de conformidade foram criados centros de teste, pertencentes à organizações governamentais ou particulares, entre eles pode citar-se [3]:

- Centro de teste F.T.Z., estabelecido pela "Deutsche Bundespost" em 1985 e que fornece teste do X25 e dos protocolos de teletex, utilizando a ferramenta "Petrus";
- Centro de teste do "CNET (Centro Nacional de Estudos de Telecomunicações) na França, que desde 1987 oferece serviços de teste dos níveis transporte e sessão;

- Centro de teste da IBM, em La Gaude, França, que oferece serviços de teste dos protocolos ISO de sessão e transporte.

3. ESPECIFICAÇÃO E TESTES DE PROTOCOLOS

A especificação de um protocolo constitui o ponto de partida de qualquer tipo de teste efetivado sobre sua implementação.

Os protocolos de comunicação de dados elaborados por fabricantes de equipamentos ou órgãos de padronização utilizam linguagens de especificação semi-formais, ou seja, linguagens naturais acrescidas de elementos como tabelas de transição de estados ou diagramas de máquinas de estados finitos [14]. As técnicas de especificação semi formal mostraram-se insuficientes para especificação de protocolos, dando margem à interpretações ambíguas e sendo escasas de recursos que possam exprimir todas as situações de funcionamento do protocolo [4].

As técnicas de descrição formal vieram preencher as lacunas das técnicas semi-formais, oferecendo métodos gráficos ou soluções do tipo linguagens de programação.

Os órgãos de padronização (ISO, CCITT) oferecem atualmente três linguagens, ou técnicas, de descrição formal: Lotos, Estelle e SDL.

Lotos [Language of Temporal Ordering Specification] é baseada num formalismo algébrico divulgado no CCS - Calculus of Communicating Systems [15, 16]; Estelle [Extended State Transition Language] é baseada num modelo da Máquina de Estados Finitos Extendida [17]; SDL (Specification and Description Language) é parecida com Estelle, porém, possui também uma sintaxe gráfica [18].

É interessante mencionar o desenvolvimento de uma linguagem (pela CCITT) para fins de especificação de testes de protocolos - TTCN (Tree and Tabular Combined Notation). Uma especificação de testes em TTCN contém quatro partes [11]:

- Considerações gerais, que apresentam a finalidade e as condições de teste;
- Declarações, onde são apresentados os eventos e os parâmetros utilizados como: temporizadores, PAS (Pontos de Acesso de Serviços), UDP (Unidades de Dados do Protocolo), etc;

- Parte dinâmica, formada de tabelas que convêm árvores de comportamento do teste, expressos em termos de ocorrências de eventos no PAS;
- Parte de valores de parâmetros, tempos etc, definidos na parte dinâmica.

A especificação de um protocolo para fins diretos de implementação é conhecida como "Especificação de Implementação". Este tipo de documento, independentemente da linguagem na qual é redigido, contém todas as informações de funcionamento da camada, em termos de valores dos parâmetros das primitivas de serviço, opções de funcionamento, valores de tempos, etc.

O confronto entre a especificação de implementação de um protocolo e o comportamento de uma determinada implementação, feita de acordo com a respectiva especificação, constitui o objetivo dos testes de protocolos.

4. CLASSIFICAÇÃO DE TESTES DE PROTOCOLOS

Existem várias categorias de testes de protocolos para comunicação de dados, ou seja [11]:

- Testes de Conformidade: trata-se de testes efetivados com a finalidade de comprovar o comportamento de uma implementação de protocolo - IST - em relação à sua "declaração de comportamento" (ACIP);
- Testes de Robustez: trata-se de testes que determinam o comportamento de uma IST em condições "anormais", de funcionamento, no sentido de determinar até que ponto ela é capaz de manter a qualidade proposta, em condições não previstas pelo funcionamento normal do sistema;
- Testes de Desempenho: trata-se de um conjunto de testes que permitem determinar o valor dos parâmetros de desempenho da IST, parâmetros estes descritos na especificação de serviço de cada camada do modelo OSI e cujo valor encontra-se na especificação de implementação;
- Testes de Interoperabilidade: de acordo com a REC X290 "A finalidade de um teste de conformidade é aumentar a probabilidade de que várias implementações, são capazes de se comunicar entre si". Porém, devido a complexidade das condições de testes, a conformida-

de de cada implementação com uma mesma especificação não garante interoperabilidade, ou seja, é necessário desenvolver e utilizar outros métodos de teste para poder certificar a condição de comunicação entre sistemas, métodos estes que ainda constituem objeto de pesquisa.

4.1. Testes de Conformidade em Ambiente OSI

De acordo com a padronização ISO* (padrões OSI da ISO e Recomendações X e T da CCIT), existem quatro tipos de testes:

- Testes básicos de interconexão: são testes simples cuja finalidade é de comprovar a possibilidade de comunicação da IST com o testador e que permitem a detecção de falhas graves de funcionamento da IST;
- Testes de capacidade: são testes cuja finalidade é de comprovar a consistência do ACIP (afirmação de conformidade da implementação) com a IST e a consistência entre a IST e as exigências de conformidade estática;
- Testes de comportamento: são testes que abrangem todos os itens da especificação do protocolo, verificando o seu comportamento dinâmico;
- Testes de resolução de conformidade: são testes que observam especificamente, com riqueza de detalhes, certos aspectos de funcionamento da IST.

5. ARQUITETURAS DE TESTES

As arquiteturas de teste de protocolos baseiam-se no relacionamento camada, entidade de protocolo e serviços oferecidos, de acordo com o modelo OSI-ISO. (Fig. 2).

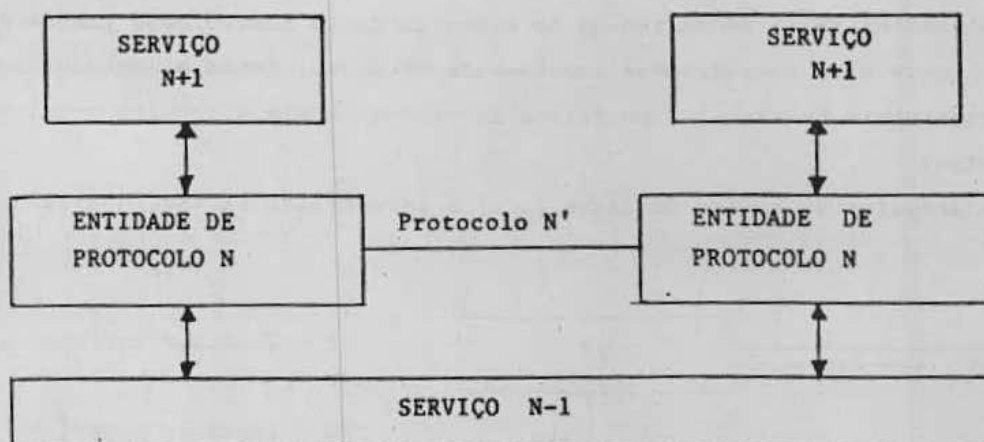


FIGURA 2: Estrutura de Camada do Modelo OSI-Protocolo e Serviços

A recomendação CCITT X290 estipula que "os métodos de testes devem basear-se numa metodologia abstrata de testes, cujo principal objetivo é a especificação dos pontos de controle e observação das entradas e saídas da implementação sob teste". Consequentemente, a arquitetura conceitual de um testador de protocolos apresenta-se conforme a Fig. 3 [19].

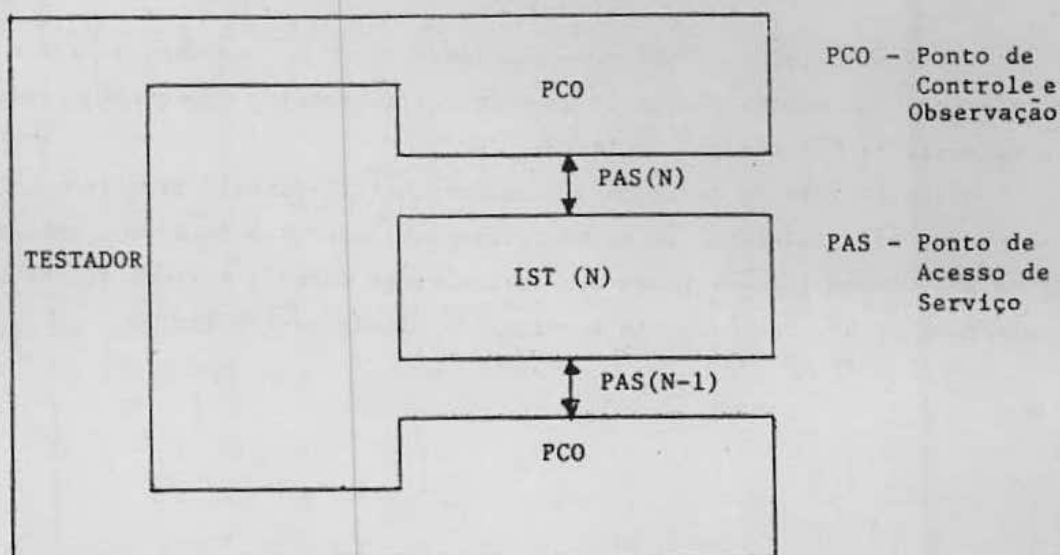


FIGURA 3: Arquitetura Conceitual de um Testador de Protocolos

Devido ao fato de que existem tanto situações nas quais o sistema de teste e o objeto de teste encontram-se no mesmo ambiente físico como também situações nas quais eles encontram-se remotamente situados, foram elaborados dois tipos de arquitetura de teste: arquitetura de testes locais e arquiteturas de testes remotos.

A arquitetura básica de teste local é apresentada na Fig. 4 [11].

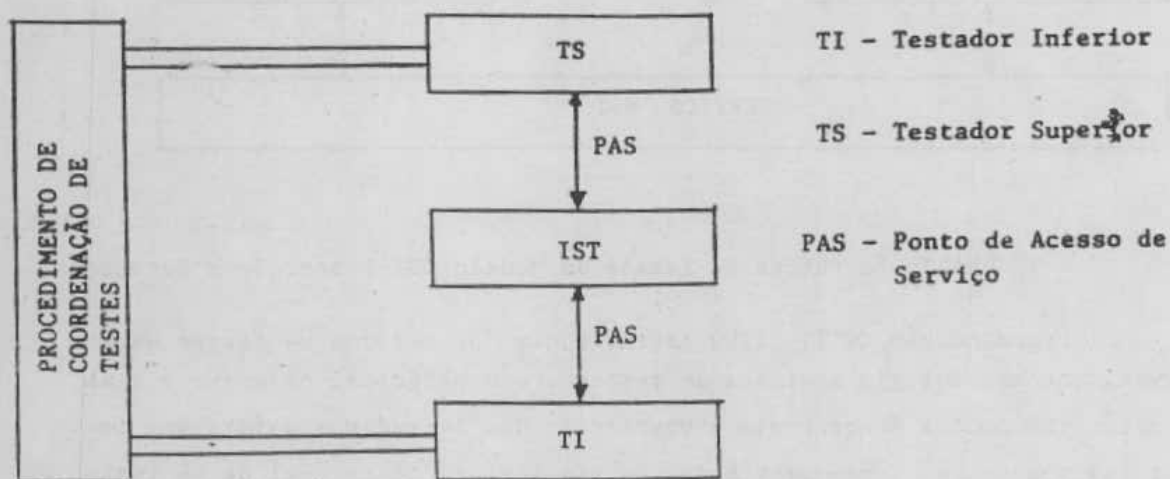


FIGURA 4: Arquitetura Básica de Teste Local

Nessa arquitetura a IST recebe eventos tanto do testador superior como do inferior, nos pontos de acesso de serviço, de maneira supervisionada pelo Procedimento de Coordenação de testes.

A arquitetura do teste não-local caracteriza-se pelo fato de que as funções do testador inferior não se encontram implementadas no mesmo ambiente físico da IST. Essas funções podem ser distribuídas entre o sistema de teste e eventualmente, a IST, com base nos serviços da camada (N-1), Fig. 5.

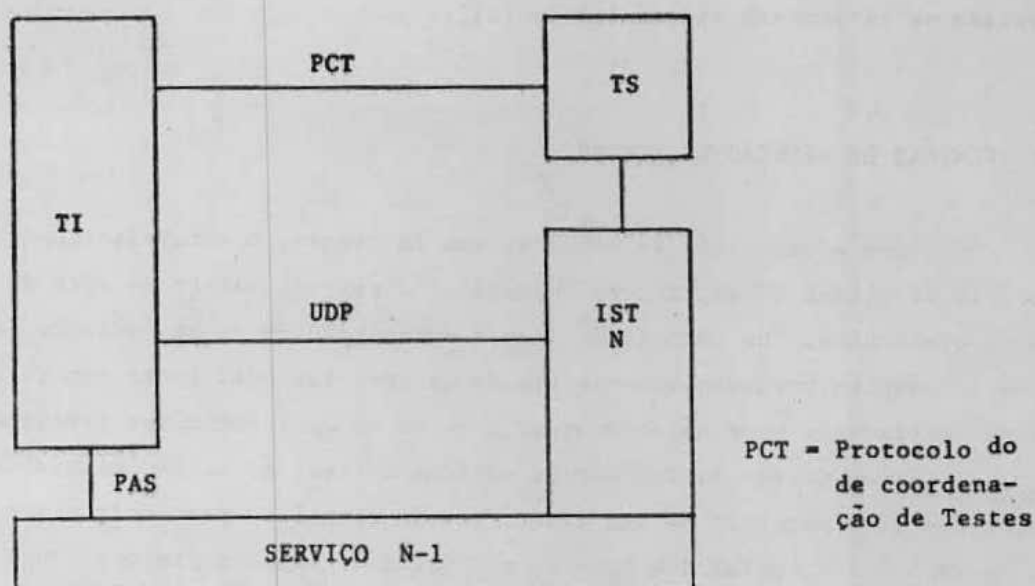


FIGURA 5: Arquitetura do Teste Distribuído

Na arquitetura do teste distribuído o controle e a observação da interface superior da IST é realizado através de um testador superior, que se encontra no sistema a ser testado [11].

No caso da impossibilidade de acessar os PAS do nível superior, as funções do testador superior são exercitadas à distância, ou são embutidos na IST ou ficam ao encargo de um operador, Fig. 5 [11].

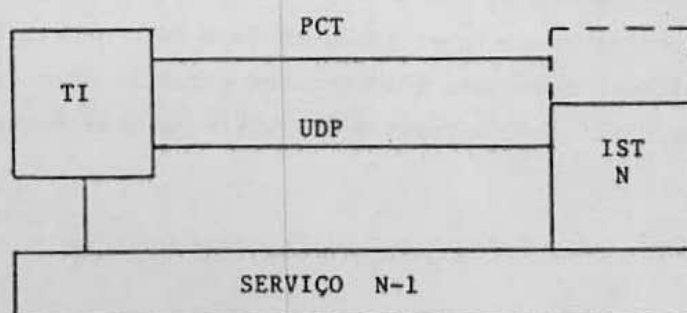


FIGURA 6: Arquitetura do Teste a Distância

Um problema relacionado às arquiteturas apresentadas é o sincronismo entre o testador superior e o testador inferior, que precisa ser controlado de maneira remota. Este problema foi solucionado e encontra-se largamente

debatido na literatura especializada [21].

5. TÉCNICAS DE SELEÇÃO DE TESTES

Após a definição de arquiteturas de testes, o estabelecimento de um "cenário de testes (Test, Suite)" constitui a segunda tarefa na área de testes de protocolos, "Um cenário de testes é constituído de um conjunto completo de sequências para desempenhar testes de conformidade, junto com as informações necessárias para se determinar a ordem na qual devem ser executados [20].

Foram desenvolvidos vários métodos de seleção de sequências de testes, todos eles partindo de uma especificação formal do protocolo a ser testado, ou seja [21]: testes com base em autômatas de estados finitos [20], testes baseados na especificação do protocolo na linguagem Estelle [22] e testes baseados na especificação do protocolo linguagem Lotos [23].

6. CONCLUSÕES

Neste artigo tentou-se apresentar a importância da atividade de testes de protocolos, mencionar os esforços da comunidade envolvida em adquirir experiência teórica e prática na área, mostrar o estado da arte no desenvolvimento de atividades organizadas de testes - organizações e centros de testes - e apresentar a padronização vigente na área.

Como conclusão, resulta que, apesar das realizações obtidas, a tecnologia de testes de protocolos encontra-se ainda em fase de desenvolvimento, de pesquisa e busca de soluções e métodos que permitam garantir a interoperabilidade de sistemas interconectados, aprovados num teste de conformidade.

BIBLIOGRAFIA

- [1] : Ingénierie Des Protocoles, Actes du Colloque Francophone Sur l'Ingénierie Des Protocoles, (CFIP'88), Bordeaux, France, 1988.
- [2] : ISO; "Open Systems Interconnection" - Basic Reference Model, I.S. 7498, 1984.
- [3] : O. Rafiq, "L'Evolution du Test de L'OSI, CFIP'88,-Bordeaux, France, 1988.
- [4] : D. Rainer, "A System For Testing Protocols Implementations", Computer Networks, Dez. 1982.
- [5] : B. Sarikaya, "Some Experience with Test Sequence Generation for Protocols", Protocol Specification, Testing and Verification, IFIP 1983, North Holland.
- [6] : ISO 9646-1, "OSI Conformance Testing Methodology and Framework, Part 1: General Concepts, DP 9646-1, Julho 1987.
- [7] : ISO 9646-2, "OSI Conformance Testing Methodology and Framework, Part 2: Abstract Test Suite Specification, DP 9646-2, Julho 1987.
- [8] : ISO 9646-3, "OSI Conformance Testing Methodology and Framework, Part 3: Executable Test Derivation, Julho 1987.
- [9] : ISO 9646-4, "OSI Conformance Testing Methodology and Framework, Part 4: Requirements on Suppliers and Clients of Test Laboratories", Julho 1987.
- [10] : ISO 9646-5 "OSI Conformance Testing Methodology and Framework, Part 5: Test Laboratory Operations", Julho 1987.
- [11] : CCITT "Draft Recommendation X290 - OSI Conformance Testing Methodology and Framework for CCITT Applications", Dez. 1987.
- [12] : I. DAVIDSON, "OSI Protocol Testing at the Corporation for Open Systems", Proceedings of the International Symposium on Protocol Specification Testing and Verification, North Holland, Maio 1987.

- [13] : U. Hartmann, "Open Systems Interconnection (OSI): Status, Trends and European Information Technology Manufacturers Activities", Computer Standards & Interfaces, North Holland, 1988.
- [14] : ISO, "Open Systems Interconnection-Connection Oriented Transport Protocol Specification", I. S., 8073, 1985.
- [15] : ISO, "Lotos, a Formal Description Technique", DIS 8807, 1987.
- [16] : R. MILNER, "A Calculus of Communicating Systems", Lectures Notes, nº 92, Springer Verlac, 1982.
- [17] : ISO, "Estelle, A Formal Description Technique Based on an Extended State Transition Model", DIS 9074, Junho 1987.
- [18] : CCITT, SDL - Rec. Z 100, Abril 1988.
- [19] : K.G. KNIGHTSON, "Open Systems Interconnection, Conformance and Conformance Testing", Omnicom Data Transfer, Abril 1986.
- [20] : D. Gabos, "Aspectos de Metodologia de Geração de Sequencias de Testes para protocolos de Comunicação de Dados", artigo a ser apresentado no 7º SBRC, Porto Alegre, Brasil, Março 1989.
- [21] : G. BOCHMANN; "Méthodes de Test de Protocols: Architectures et Selection de Test", CFIP'88, Bordeaux, France, 1988.
- [22] : B. SARIKAYA, "Test Design for Computer Network Protocols" PhD Thesis, McGill University, Canada, 1984.
- [23] : C. STEENBERGER, "Conformance Testing of OSI Systems" MSc Thesis, Twenty University, Holanda, 1986.
- [24] : K. MURALIDHA, "MAP 2.1 Network Management and Directory Services Test System", Proceedings Protocol Specification, Testing and Verification, North Holland, 1987.