

2º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE REDES DE COMPUTADORES (2º SBRC)

PROTOCOLOS PARA REDES DE COMPUTADORES

Stefania Stiubiener

End.: Escola Politécnica da USP

Deptº Engenharia de Eletricidade

Cidade Universitária - Caixa Postal 8.174

São Paulo - SP.

RESUMO: O trabalho se propõe a mencionar os aspectos característicos da evolução da área de protocolos para redes de computadores, da atividade de projeto e de implementação de protocolos como também do atual estado da arte nessa área.

*Tem considerações gerais interessantes!*

## I - INTRODUÇÃO

Desde as primeiras experiências de utilização remota do computador houve a necessidade da execução de sequências determinadas de operações para o estabelecimento, o desenvolvimento e a finalização das comunicações entre usuários e a máquina central. Assim surgiram os protocolos de teleprocessamento e mais tarde, acompanhando a tendência da evolução dessa atividade para funcionamento em sistemas de rede, apareceram os protocolos para redes de computadores.

Atualmente, é comumente utilizado o modelo da rede de computadores apresentada em termos de um sistema hierárquicamente estratificado, composto de vários níveis de atividade. Costuma-se entender por "arquitetura de rede de computadores" a definição precisa de um conjunto de funções que a rede e seus componentes devem desempenhar, através da atuação de vários protocolos. Uma arquitetura de rede é composta por um determinado número de protocolos individuais. [1].

O importante papel da arquitetura de protocolos no funcionamento dos sistemas de redes de computadores conduziu ao desenvolvimento de pesquisas, projetos e estudos na área, tornando-se ultimamente objeto de interesse dos órgãos de padronização.

Este artigo se propõe a apresentar algumas características específicas ao desenvolvimento de protocolos de rede, aspectos de projetos e implementação de protocolos, como também conclusões sobre o atual estado da arte nessa área.

## II - CARACTERÍSTICAS DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA DE PROTOCOLOS DE REDE.

Um dos conceitos fundamentais de desenvolvimento na área de protocolos foi a observação do compromisso *confiabilidade/*

## custo/desempenho.

Examinando a evolução dos projetos de protocolos pode-se destacar a preocupação em alcançar-se um bom desempenho de funcionamento e um grau de confiabilidade aceitável, através da utilização de mecanismos específicos tais como controle de erros, de fluxo e controle de sincronismo, sempre com a tendência da minimização da quantidade de bits utilizados para informações de controle (minimização de "overhead").

Devido a complexidade de funcionamento de uma rede de computadores, desde as primeiras experiências de projetos [2] destacou-se a necessidade da separação das tarefas existentes em categorias determinadas; assim foi criado o método de projeto de arquitetura de redes que consta da utilização de níveis e de interface entre níveis, conhecido pelo nome de "princípio de estratificação" (layering).

Um nível reúne atividades comuns a uma determinada etapa de funcionamento da rede; o protocolo de nível especifica os mecanismos de funcionamento de cada nível como também o relacionamento entre níveis equivalentes situados em vários sistemas pertencentes à rede. Este relacionamento é expresso em termos de troca de mensagens entre níveis (entidades parceiras), da mesma maneira pela qual o relacionamento entre diversos níveis do mesmo sistema é expresso através de "primitivas de interface". [6]

A primeira fase de desenvolvimento de protocolos relacionou-se a tarefas de comunicação entre computadores. Nessa fase foram abordados em projetos de protocolos aspectos de modulação, taxas de transmissão, compatibilização do caráter digital da comunicação de dados e o caráter analógico das vias utilizadas, como também métodos de detecção de erros, de endereçamento e de recuperação de falhas. Nessa categoria de protocolos encontram-se, por exemplo, os documentos da série V da C.C.I.T.T., o protocolo B.S.C. da I.B.M., como também os protocolos do tipo H.D.L.C., que evoluíram para protocolos de rede-Recomendação X.25 da C.C.I.T.T.

Pode considerar-se característica dessa fase de desenvolvimento de protocolos a elaboração de protocolos individuais, não pertencentes a uma arquitetura definida.

Com fins de aumentar o grau de confiabilidade, foi colocada a necessidade de utilização de protocolos que atuam acima dos níveis de atividade especificados, visando comunicação direta entre usuários da rede, de caráter fim - a - fim. Assim surgiram os protocolos de transporte e finalmente, os protocolos ligados diretamente a aplicações. [3, 4, 5]

Os conceitos já adquiridos sobre arquitetura de redes como também a experiência oferecida pelas redes em funcionamento até aquela data foram sintetizados e apresentados pela I.S.O. em 1978, no documento intitulado "Reference Model of Open Systems Architecture" [6], que atualmente tornou-se critério comum e básico de projetos de protocolos.

A grande aceitação do Modelo I.S.O pela comunidade envolvida em atividades de redes permite existir hoje uma base de projetos de protocolos, estruturados em arquiteturas de protocolos, compatíveis entre si, independente da origem, conceitos ou interesses das equipes que os produzem.

Evidentemente, existem ainda arquiteturas não compatíveis com o Modelo I.S.O. : é o caso da arquitetura de protocolos da rede ARPA [7] já em funcionamento antes da divulgação do Modelo I.S.O., como também arquiteturas elaboradas após sua divulgação como, por exemplo, a arquitetura de interconexão de redes conhecida pelo nome de PUP (Park Universal Packet) [8].

Existem vários critérios de classificação de protocolos, tais como: a extensão da rede na qual eles atuam, a entidade que controla a rede do ponto de vista administrativo e operacional, a vinculação da equipe de projetistas relacionada com os interesses que atende. Esses critérios conduziram à seguinte classificação de protocolos.

- protocolos para redes de longa distância e protocolos para redes locais;

- protocolos para redes públicas e protocolos para redes privadas;

- protocolos elaborados por órgãos de padronização;

- protocolos elaborados por fabricantes de equipamentos;

- protocolos elaborados por entidades de pesquisa, universidades etc.

O Modelo I.S.O. apresenta a seguinte classificação de funções desempenhadas numa rede de computadores [ 6 ] :

- funções de transmissão de dados;

- funções de processamento de dados;

- funções de transporte;

classificação essa que permite a existência de:

- protocolos de comunicação de dados;

- protocolos de processamento de dados ou protocolos de usuários;

- protocolos de transporte,

essas últimas duas categorias sendo às vezes divulgadas pelo nome de "protocolos de alto nível".

É característico aos protocolos de comunicação de dados o caráter de obrigatoriedade da utilização e de uniformidade - todos os usuários devem utilizar o mesmo protocolo.

É característico aos protocolos de transporte e de processamento de dados o caráter de funcionamento fim-a-fim, transparente a subrede, o que não impõe obrigatoriedade na escolha de um ou outro protocolo por grupos de usuários.

A padronização internacional atuou até agora especialmente na categoria de protocolos de comunicação (Recomendação X.25-CCITT, Proposta da IEEE-802, Protocolo HDLC - I.S.O.).

Para o nível de transporte e os níveis do Modelo I.S.O. correspondentes às funções de processamento de dados, a padronização internacional atuou em termos de elaboração de documentos mais genéricos, formulados em termos de orientação para projetos específicos de protocolos. [9]

Além do I.S.O. menciona-se a atuação na área de padronização de protocolos do CCITT e ECMA na linha de atividade europeia e ANSI, NBS e DoD na linha americana.

### III - PROJETOS DE PROTOCOLOS

O aspecto de projetos de protocolos apresenta um caráter de interesse permanente, no sentido de que é necessário que essa atividade seja desenvolvida não somente na fase de projeto geral da rede e de implementação como também tem que ser continuada na fase de utilização da rede, devido ao fato de que toda aplicação nova é definida através de um protocolo, que passa a integrar a arquitetura já existente.

Neste sentido, observando as características intrínsecas de um protocolo de rede e o desenvolvimento da área podem ser enumerados alguns critérios de projetos de protocolos, tais como:

- compatibilidade com o projeto geral da rede (topologia, equipamento utilizado, critérios de desempenho, etc);
- compatibilidade com a arquitetura de protocolos na qual se encaixa o protocolo projetado, aspecto este ultimamente completado pela característica de compatibilidade com o Modelo I.S.O.;
- definição do grau de confiabilidade do protocolo projetado, em relação à confiabilidade total exigida da arquitetura de protocolos;
- preocupação em manter no projeto do protocolo projetado um elevado grau de abstração, no sentido de que os mecanis-

mos de protocolos não sejam elaborados tendo em vista as características de uma determinada máquina ou categorias de máquinas [10];

- observar a eficiência da implementação do protocolo, no sentido de projetar mecanismos que minimizam a utilização da interface com a máquina na qual ele é implementado; minimizar a utilização de programas auxiliares tipo "programas servidores".

- escolher para a especificação do protocolo, além de linguagens informais, linguagens formais que permitam interpretações objetivas, minimizando o grau de ambiguidade possivelmente existente, como também, permitam geração semi-automática ou automática de protocolos e validação de mecanismos de protocolos através de métodos específicos.

#### IV - IMPLEMENTAÇÃO DE PROTOCLOS

A atividade de implementação de protocolos pode ser observada sob dois ângulos:

- implementação de um protocolo padronizado, elaborado por um órgão de padronização;

- implementação de um projeto de protocolo, com fins de verificação do seu comportamento funcional.

No primeiro caso destacam-se os seguintes aspectos:

- a necessidade da adaptação do projeto padronizado as condições da respectiva rede ou de uma aplicação específica, escolhendo classes de serviços [9] valores de parâmetros [11] ou valores de temporização [12], etc;

- a necessidade de formular o protocolo numa linguagem formal, se isto não foi feito na ocasião da sua elaboração, como é o caso da Recomendação X.25 do CCITT;

- a necessidade de elaboração de metodologia de teste da implementação efetivada.

No segundo caso, observa-se:

- o aspecto iterativo entre as atividades de projeto e

de implementação do protocolo, no sentido da modificação do projeto devido a problemas que surgem durante a implementação [10].

## V - TENDÊNCIAS ATUAIS NA ÁREA DE PROTOCOLOS DE REDE

O panorama atual da área de protocolos caracteriza-se pela tendência da união de esforços para se alcançar um alto grau de "uniformidade" no que diz respeito às arquiteturas de redes já em funcionamento ou que encontram-se em fase de projeto e implementação.

A atividade dos órgãos de padronização, em nível internacional (ISO, CCITT, ECMA) ou nacional (ANSI, NBS) está orientada para a elaboração e aprovação de protocolos específicos aos níveis superiores do Modelo I.S.O. : níveis de sessão, de apresentação e de aplicação, como também para a elaboração de protocolos específicos as novas técnicas que começaram a utilizar redes: videotex, teletex, facsimile e correio eletrônico. [13, 14, 15]

Nos últimos anos o advento de redes locais, especificamente uma das suas aplicações mais relevantes que é a "automação de escritórios" concentrou a atenção dos especialistas em desenvolvimento de protocolos específicos.

Assim foi publicado em 1982, o Documento 802 do IEEE , [16] que hoje praticamente é considerado como padrão para os níveis de comunicação em redes locais de computadores.

Observam-se tentativas de aplicação da estrutura do Modelo I.S.O. em redes locais, apesar de que devido às peculiaridades dessas, isto não é sempre possível. Até agora não foram publicados documentos de padronização para os níveis acima de comunicação em redes locais; porém, cada projeto de rede local apresenta uma solução para este problema. Parece um aspecto interessante desse assunto a "divisão de funções", e correspondentemente de protocolos, entre os equipamentos de acesso à rede e os equipamentos que utilizam a rede (Host's), do ponto de vista de

localização, na ocasião da implementação.

Também na área de redes locais, especificamente relacionado à "redes integradas" através das quais é possível a transferência de informação em forma de dados, voz e imagem, surge uma nova categoria de protocolos em "tempo real", com fatores de qualidades um pouco diferentes dos protocolos específicos de dados; por exemplo, o aumento da influência do "atraso" sobre a qualidade da comunicação de voz na rede e a diminuição da influência da taxa de erros [17].

Um aspecto bastante divulgado ultimamente na literatura [18, 19] é o aspecto de interconexão de redes - redes locais com redes públicas, redes locais entre si - destacando-se nesta problemática a decisão sobre o "nível superior de inter-conexão", cabendo a escolha entre o último nível de comunicação e o nível de transporte.

Em relação à metodologia de projetos e implementação de protocolos surgem novas técnicas como a utilizada pelo National Bureau of Standards em seus projetos de protocolos [20].

Nessa metodologia, um protocolo é considerado um autómata de estados finitos e especificado numa linguagem de alto nível, do tipo estruturado. A implementação é feita através de métodos de geração semi-automática, em linguagem "C" apresentando as vantagens de rapidez e confiabilidade.

Uma técnica utilizada para verificar a interpretação correta da especificação de um protocolo e também sua implementação é a utilização de "testadores de protocolos", equipamentos que atualmente são oferecidos pela indústria de instrumentação [20].

## CONCLUSÕES

Concluindo, pode-se caracterizar o panorama atual da área de protocolos de redes através de dois aspectos relevantes:

- o esforço de compatibilização de arquiteturas de redes já em funcionamento, elaborados por fabricantes de equipamentos, centros de pesquisa ou organizações particulares, com os novos projetos elaborados de acordo com a padronização internacional, tendo como fundamento a larga aceitação do Modelo I.S.O. para a arquitetura de sistemas abertos;

- o esforço da comunidade em "objetivar" as atividades na área de protocolos, no sentido da elaboração de metodologias definidas e estruturadas para especificação, validação, análise de desempenho, implementação e testes de protocolos. [ 22 ] .

Neste último aspecto não pode deixar de ser mencionada a contribuição da Universidade no mundo inteiro, concretizada em trabalhos acadêmicos, pesquisas, implementação de redes ou protocolos em caráter experimental, contribuição pioneira que atualmente continua, ao lado dos esforços de outros segmentos da comunidade, a contribuir para o desenvolvimento da área.

## Referencias

- [1] - GREEN, Paul E. Jr - *The Astructure of computer networks - Computer Networks and Their Protocols*, Edited by Paul E. Green Jr, Plenum Press, New-York, 1982.
- [2] - Mc QUILLAN, J. M et al - *Tutorial - A practical view of Computer Communication protocols* - IEEE, 1978.
- [3] - Mc KENZIE, A - *Host/Host protocol for the A.R.P.A. network* - NIC 8246, JAN. 1972.
- [4] - University of Southern California, USA - *Transmission Control protocol - Tcp - Version 4*. Information Sciences Institute, California, Feb. 1979.
- [5] - GIEN, M - *A file trausfer protocol* - Computer Networks 2, 1978.
- [6] - International Organization for Standardization, ISO - *Reference Model of Open Systems Architecture* - ISO/TC 97/SC 16/N Nov. 1978.
- [7] - FEINLER, E.J. - *Evolution of the Arpanet* - V Seminário Latino Americano de Comunicação de Dados, São Paulo , 1981.
- [8] - BOGGS, D et al - *Pup, An internetwork architecture* - Xerox, Palo Alto Research Center, July, 1979.
- [9] - International Organization For Standardization, ISO - *Information processing systems - Open Systems Interconnection - Transport protocol specification* - ISO/TC 97/SC 16/WG 6 - Tokyo, June 1982.

- [10] - BLUMER, P. Thomas et al - *Specification and implementation of a protocol standard - Digest of Papers, Compcon 1982, IEEE cat. Nº 82 CH1739-2.*
- [11] - CCITT Recommendation X.28 - *DTE/DCE interface for a start-stop data terminal equipment accessing the packet assembly/disassembly facility (PAD) in a Public Data Network situated in the same country - Genebra 1980.*
- [12] - CCITT Recommendation X.25 - *Interface between data terminal equipment and data circuit-terminating equipment for terminals operating in the packet mode on public data networks - Genebra, 1979.*
- [13] - UHLIG, P. Ronald - *Tent processing computer messaging and the information revolution - V Seminário Latino Americano de Comunicação de dados, São Paulo, 1981.*
- [14] - TAROUCO, Liane M.R. - *Um modelo para sistemas de mensagens por computador - XVI CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA SUCESO, SÃO PAULO, OUT. 1983.*
- [15] - National Bureau of Standards, INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCES AND TECHNOLOGY - *Service specification of the file transfer protocol (F.T.P.) and the data presentation protocol (DDP) - DRAFT REPORT Nº ICST/HLNP-80-9, OCT. 1980.*
- [16] - IEEE Project 802 - *Local Area Network Standards - Draft IEEE Standard 802.3 Revision D. Dec. 1982.*
- [17] - COHEN, D. - *A protocol for packet switching voice - Computer Networks 2, 1978*

- [18] - ANSART, J.P. et al - *Danube, local network interconnections via Transpac Public Network*. - Proceedings of the IFIP, Tc 6, LOCAL COMPUTER NETWORKS, FLORENCE, ITALY, APRIL, 1982.
- [19] - National Bureau of Standards, Institute of Computer Sciences and Technology - *Specification of the Internet Protocol* - Report N° I C ST/HLNP -81-6, MAY, 1981
- [20] - BLUMER, T. et al - *Generating a service specification of a connection management protocol* - Proceedings of the IFIP WG 61, CALIFORNIA, MAY 1982.
- [21] - Precision Electronic Measurement - *Data Analyzer DA-10* - WANDEL & GOLTERMANN, EDITION 1983.
- [22] - Proceedings of the IFIP WG. 6.1 Second International Workshop on Protocol Specification, Testing and Verification, Edited by Carl Sunshine, California, May, 1982.