

REDES DE COMPUTADORES: O FUTURO NÃO É MAIS O QUE ERA

J. Antão B. Moura
Marcos A. G. Brasileiro ()*
Jacques P. Sauvé

UFPb/CCT
Departamento de Sistemas e Computação
(*) Departamento de Engenharia Elétrica
Grupo de Redes de Computadores
58100 - Campina Grande - Pb. - Brasil

Resumo

Após breve exame dos principais tópicos onde se concentraram os esforços de P&D em redes de computadores no Brasil, faz-se uma avaliação da abrangência das contribuições resultantes. Conclui-se pela significância acadêmica e pela pouca atenção por aspectos práticos que poderiam ter facilitado o uso e operação das tecnologias de redes.

Para reverter este quadro no futuro, sugere-se a focalização de P&D nos temas de Gerenciamento e Transparência. Estes dois temas são apropriados para abordagem no Brasil já que não exigem investimentos pesados em infraestrutura laboratorial de suporte e são de interesse internacional.

Abstract

The major topics of interest for R&D on networks in Brazil for the last 10 years are reviewed. The results achieved are mainly limited to academic significance. Practical contributions are scanty. In order to change this focus in the future, it is suggested that R&D efforts concentrate on Network Management and Network Transparency. These topics require little laboratorial support and are of international concern.

1 - Introdução

O esforço nacional em P&D de redes de computadores, em termos de registro acadêmico formal e especializado, completa 10 anos neste SBRC (se contarmos com o Segundo SLARC em São Paulo em 1982). Talvez seja hora de iniciarmos um exame retrospectivo do que fizemos até agora, reorientarmos nossos focos de trabalho e identificarmos mais amadurecidamente como poderemos contribuir para o avanço de redes no país, contribuindo também para equacionar os grandes problemas da área - a nível de interesse internacional.

Aqui, apresentaremos uma discussão, sem formalismos, acerca dos principais temas que atraíram a atenção da "comunidade SBRC" nos últimos anos, aventurando-nos na prospecção de temas em aberto que poderão vir a ser importantes e, humildemente, sugerindo focos. Ojetivamos instigar o debate e críticas. Para amenizar a esterilidade da prisão ao passado, oferecemos algumas sugestões de como concretizar o que entendemos ser o futuro de redes. Nisto, lançaremos mão de visões de especialistas na área, mas com uma boa dose de nossas próprias especulações. O leitor porém, ao se deparar com incertezas, inconsistências ou até asneiras nas seções adiante, deve nos responsabilizar integralmente. É difícil assegurar o futuro.

De uma coisa temos certeza absoluta: o futuro da área não é mais o que era. O "futuro" passado em 9 SBRCs oferecia um leque amplo de oportunidades para P&D em redes; existiam padrões propostos mas poucos adotados em definitivo; a tecnologia como um todo era emergente implicando em raras aplicações e mercado incipiente. Agora, mudou tudo isto. É esta mudança que enfocamos aqui.

Para usufruir da mudança, precisamos avaliar respostas a três perguntas:

- Qual contribuição efetiva que demos à tecnologia brasileira de redes até agora?
- Qual deve ser o foco de P&D para atender a reais necessidades de uso da tecnologia de redes disponível?
- Em quais sub-áreas devemos concentrar nossos esforços de P&D para contribuir significativamente a nível mundial?

Nas seções que seguem, supomos conhecimento razoável do leitor sobre redes de computadores, o RM-OSI da ISO, protocolos de uma forma geral, sistemas operacionais distribuídos, arquitetura cliente-servidor e assuntos correlatos.

Organização do Artigo

Em busca de respostas às três perguntas formuladas, o restante do trabalho é organizado em 5 outras seções.

A seção 2 traz um breve panorama dos resultados de P&D no Brasil. O leitor é encorajado a vasculhar os anais dos 2 SLARCs e dos últimos 8 SBRCs para buscar detalhes da discussão oferecida nesta seção.

A seção 3 faz considerações sobre como "repensar" redes - em particular, examina-se o modo como estas redes estão mudando o modo de utilização de

computadores. Com estas considerações, pretendemos identificar pontos onde poderemos contribuir significativamente na construção do "novo" futuro.

A seção 4 identifica os principais aspectos e carências no que chamamos de "tecnologia de uso". Talvez esteja aqui nossa maior contribuição para disseminação de redes - inclusive quebrando ou diminuindo a barreira entre Universidade e Indústria, entre pesquisa básica e aplicada.

A seção 5 aborda a importante questão de transparência em redes e, finalmente, a seção 6 apresenta nossa visão do novo futuro.

2 - 10 Anos de Redes no Brasil

O início oficial registrado, com participação de "estrelas" mundiais, do nosso esforço de P&D em redes locais foi o Segundo Simpósio Latino Americano sobre Redes de Computadores (2 SLARC) em São Paulo em 1982. O evento deu lugar à série de Simpósios Brasileiros sobre Redes de Computadores (SBRC). Agora, realiza-se o nono e com isto, completam-se 10 anos.

Um excelente sumário e visão global do que foi feito no país em termos de P&D em redes podem ser avaliados a partir da leitura dos anais destes eventos [SBRC 83-90, SLAR 82]. Não façamos chover no molhado: os detalhes podem ser apanhados das referências. Vamos diretamente à visão global resumida.

O exame das referências revelará que os principais tópicos de nossa atenção nos últimos 10 anos foram:

- Modelagem e Avaliação de Desempenho através de simulações, análises estatísticas e medições.
- Projeto e Implementação de Sub-Redes (Locais) de Comunicação.
- Especificação e Implementação de Protocolos.

Modelagem e Avaliação de Desempenho

Aqui fizemos muito. Nenhuma camada do RM-OSI ficou à margem. Isto não quer dizer, contudo, que modelamos **exatamente** a funcionalidade de cada uma das camadas da ISO. Fidelidade ao Modelo de Referência neste caso, significa muitas vezes dificuldades matemáticas. Mas que chegamos à camada de aplicações, chegamos. Compreendemos melhor com este esforço, as relações de causa-efeito entre opções de projeto (algoritmos de retirada, controle de congestionamento e de fluxo, direito à fala,

prioridades para tráfego de diversas aplicações, etc) e os níveis de desempenho **relativos** alcançados pelas diversas alternativas.

Alguém se lixa para estes resultados? Pouca gente.

Os resultados serviram para orientar definições de projetos ou influenciar a adoção de padrões? Não.

Fornecemos instrumentos úteis para seleção de tecnologias no mercado, em termos de "benchmarks" objetivos? **Ainda** por fazer.

De concreto, temos um punhado de teses de mestrado e doutorado defendidas e algumas dezenas de artigos técnicos publicados que são lidos por uma reduzida classe (será casta?) de excêntricos da comunidade. Discursamos para o nosso umbigo.

Podemos contribuir significativamente para os usuários de redes com "benchmarks suites" voltados para avaliar desempenho a nível de software básico nos servidores e clientes.

Projeto e Implementação de Sub-Redes Locais de Comunicação

Alguns centros mais afortunados (de grana, mesmo) implementaram anéis e barramentos com protocolos de acesso ligeiramente distanciados dos padrões de fato (hoje) de mercado. Enquanto cuidávamos de ambientes heterogêneos (predominantemente com minis rodando RSX-11, VMS ou Unix), a indústria se ocupava em desenvolver placas para conexão de PCs rodando MS-DOS. Nenhum projeto nosso passou para o estágio bem sucedido de piloto industrial.

Adquirimos "know-how" em projeto de sistemas digitais, fibras óticas e até de circuitos integrados especializados. Estudamos integração de voz e dados e os resultados ficaram por aí. Até hoje, não ajudamos a indústria a construir uma placa eficiente para ligação de supermicros Unix nacionais a redes tipo Ethernet, integrando-as a PCs com DOS. Nem precisamos fazer mais isto, com o massacre das nossas máquinas Motorola pelos PCs com Intel 80386 e máquinas RISC rodando Unix sendo trazidas para cá. O foco deveria ter sido aí e não na sub-camada MAC.

Concordamos que é fácil dizer o que deveríamos ter feito, olhando-se o resultado do passado. Mas o fato é que não conseguimos transferir o "know-how" conseguido. Formamos alguns profissionais gabaritados para desenvolverem projetos em comunicações digitais. Tomara que logo eles cheguem à posição de gerentes de suporte técnico de fabricantes de redes locais.

Aqui, francamente, é mais racional e produtivo trabalharmos com hardware otimizado e voltado para controle de processos específicos à nossa economia (ex: usinas de álcool e açúcar) e que possa ser transferido para compor soluções fechadas, "turn key".

Especificação e Implementação de Protocolos

Apesar do suporte veemente (?) ao RM-OSI e a adoção de ferramental padrão para produtividade em especificações formais (ESTELLE, LOTOS), ainda não dispomos de uma biblioteca unificada, completa e transportável para as camadas dos protocolos de alto-nível na arquitetura OSI.

As implementações feitas, por agilidade, adotaram subconjuntos de funções que às vezes, não correspondem a classes completas do RM-OSI e precisam portanto, de um pouco mais de codificação para atingirem grau de utilidade. As interfaces entre implementações distintas das camadas necessitam de uniformização para a simples ligação-edição com outros programas.

Os trabalhos neste item contribuíram para destacar a produção nacional; a identificar aspectos relevantes na determinação de parâmetros das camadas e nos testes de implementações; e, a formar pessoal com alguma experiência prática neste tipo de software básico. A indisponibilidade da biblioteca, por outro lado, não criou interesse maior pelo RM-OSI no mercado, abrindo oportunidade para o TCP/IP e NFS - tecnologias **disponíveis**.

A academia não soube sensibilizar a indústria de redes o suficiente para investir no RM-OSI ao invés de se limitar ao torpor de redes locais para PCs, sem processamento distribuído de fato e com servidores XT acanhados rodando sistema operacional monousuário, oferecendo transferência de arquivos capenga e spoolers de impressão fracos.

Resumo das Contribuições

As três grandes áreas acima pautaram os trabalhos em redes no Brasil nos últimos 10 anos. Muito se contribuiu - inclusive com padrão internacional de P&D, **academicamente**. Conceitos básicos foram elaborados, refinados e transmitidos. Organizamos melhor as promessas dos promulgados benefícios de Processamento Distribuído, mas sem muito enfoque prático. Poucos são os centros com redes locais em operação (o programa Banco de Equipamentos e Serviços de Informática do CNPq começa a minimizar esta carência) e menos são aqueles com conexão à redes de longa distância usando comutação de pacotes pura. A tecnologia de redes de primeira geração - sem integração de serviços e velocidades não superiores a 10Mbps, é de nosso domínio, mas de uso salteado pelo país.

Para melhor contribuir no novo futuro, precisamos ter clara consciência do que poderíamos ter feito no passado.

O Que Não Fizemos em 10 Anos de Redes no Brasil

Primeiro, não conseguimos promover uma melhor integração com a indústria. Parece que mantemos a noção errônea de dissociação entre pesquisa básica e aplicada (de fato) e que esta última é de segunda classe. Noção inversa é lugar comum, vinda da indústria. Precisamos acabar com isto.

Segundo, não buscamos desenvolver e ofertar instrumental de apoio para facilitar o uso, disseminação e administração de redes. Não soubemos extrapolar para as redes as vantagens da nossa cultura de sistemas operacionais multiusuários e limitar a utilização do catastrófico MS-DOS.

Em suma, não promovemos a tecnologia de uso de redes. Para remediar esta posição no futuro, precisamos discutir filosoficamente e a miúdo, pelo menos cada um dos quatro pontos abaixo:

- reavaliar o uso de redes;
- examinar as necessidades de seu uso;
- como oferecer transparência em sua operação; e,
- vislumbrar as características da próxima geração de redes.

Cada um destes pontos é alvo de uma seção a seguir.

3 - Repensando Redes

No passado, referíamos a uma rede de computadores como um elemento integrador destes. Hoje, é mais adequado - em função de como entende o próprio mercado, o enfoque de que uma rede (principalmente, local) é o "próprio" computador - distribuído, mais tolerante a falhas, com melhor desempenho.

Este novo enfoque é discutido a nível de usuário e tendências econômicas, em matéria da Business Week [BWIN 90] onde se aborda a ameaça de microcomputadores - ligados em rede na arquitetura cliente-servidor, às máquinas de grande porte ("mainframes"). No caso, existirão vários servidores na rede, cada um dedicado a um serviço específico.

A reorientação de propósito das redes torna-se factível com a evolução da tecnologia de microprocessadores que chegou a patamares de capacidades de processamento e de ligação de discos antes restritas aos "mainframes", com o Intel 80486, o Motorola 68040 ou os "chips" RISC. Utilizando-se uma máquina baseada em qualquer destes processadores, pode-se economicamente dedicá-la a um serviço específico com desempenho ajustado para superar (naquele serviço) um "mainframe" de propósito geral, multiusuário e muito caro. A maior parte dos servidores rodará Unix.

Mercado Crescente, afinal

Não esperamos que você acredite piamente no papo de reorientação do uso de redes. Assim, seguem alguns números para fortalecer sua fé.

Estatísticas para o mercado brasileiro são escassas e quando disponíveis, duvidosas. Podemos avaliar o crescimento deste mercado a partir do americano, modelando-se o Brasil absorvendo 2% do volume americano com um atraso de 2 a 3 anos.

De acordo com a firma Forrester Research Inc., o mercado de servidores nos EUA foi de US\$ 3.2 bilhões em 1990, crescendo 30% ao ano, até atingir US\$ 11.7 bilhões em 1994 (com destaque para servidores de arquivos e o restante indo principalmente para servidores de impressão a laser e de comunicação remota com outras redes). Em contraste, o mercado de "mainframes" crescerá apenas 5% ao ano, no período.

Seguindo nosso modelo, esperamos para o mercado brasileiro de servidores, um volume total de cerca de US\$ 65 milhões em 1992 e aproximadamente US\$ 200 milhões em 1997.

A tendência de mercado para redes com arquitetura cliente-servidor em detrimento dos "mainframes" é reforçada pela observação da D.H. Brown Associates Inc. de que a tecnologia adotada nos servidores aumentará 30% anualmente sua capacidade de processamento para um mesmo valor de custo enquanto que os mainframes aumentarão apenas 15%. A reorientação do uso de redes parece plausível.

Como Contribuir

Primeiro, temos que passar a enxergar as redes (pelo menos as locais) como plataforma de computação e não apenas de comunicação. Segundo, temos que direcionar P&D para atender a este novo perfil. Para tanto, devemos reexaminar as características de sistemas operacionais multiusuários, principalmente aquelas de transparência de acesso a recursos, e implementá-las no ambiente distribuído.

De certa forma, o futuro nos reserva uma volta ao passado quando propagávamos as redes locais como máquinas multiusuárias para computação distribuída. Este conceito antigo aparentemente foi esquecido com o desempenho sofrível na troca de mensagens entre processos remotos (devido à pilha de protocolos que tinha que ser atravessada duas vezes: no lado local e remoto).

De início, servidores Unix de alta capacidade de processamento - e não a segunda geração de redes com canais de centenas de Mbps, levarão à recuperação de promessas passadas.

4 - Tecnologia de Uso

No mercado brasileiro, tipicamente quem usa rede desconhece Unix. Isto porque as redes locais (de PCs) foram muitas vezes contrapostas aos supermicros Motorola rodando sistema operacional tipo Unix como solução multitarefa e multiusuários (e estes últimos não foram integrados eficientemente a barramentos Ethernet). O advento de 386s com Unix, o atraso do OS/2 e a disponibilidade de máquinas PA da HP com HP-UX, Tandem Integrity, VAX com Ultrix e estações SUN e RS6000 da IBM começam a reverter este quadro.

A firma de investimentos Berstein & Co. americana estima que já em 1993, 45% de todos os computadores de mesa rodarão Unix, 25% OS/2 e o restante será dividido entre os sistemas MS-DOS e o do Macintosh. Vê-se assim, um grande potencial para redes heterogêneas e seu uso marcado pelo Unix (ao menos nos servidores).

Unix, NFS e TCP/IP

No ambiente Unix, o Network File System (NFS) da Sun Microsystems é solução natural para processamento distribuído (ex: executar uma tarefa em um servidor e obter a saída no cliente, é atividade rotineira).

O suporte a NFS é o Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP). O "IP" opera a nível de rede (OSI-3) e controla a emissão de dados. O "TCP" opera a nível de transporte (OSI-4) criando circuitos virtuais entre sistemas na rede e faz controle de erros e de fluxo.

TCP/IP + NFS é um padrão de fato, podendo integrar inclusive outros ambientes além do Unix ou DOS (com PC/NFS que oferece funcionalidade de cliente), a exemplo do VMS da Digital. Pelo menos por enquanto, o RM-OSI está em segundo plano.

A preferência pelo RM-OSI ganhará força somente a partir da popularização do X-Windows (que o adota como plataforma) e de compras pesadas pelos governos americano e europeus. Até lá, devemos estar preparados para atender demanda por Unix, TCP/IP e NFS se quisermos contribuir efetivamente para a tecnologia de uso de redes.

Unix, NFS e TCP/IP oferecem hoje, interoperacionalidade mais abrangente em ambientes heterogêneos. Mas não são as únicas soluções: usuários oriundos do mundo DOS possivelmente considerarão Lan Manager ou NetWare.

Lan Manager e NetWare

Para usuários que queiram evoluir (para melhorar desempenho) seus sistemas de redes a partir de base DOS exclusiva sem entrar diretamente na cultura Unix, o Lan Manager da Microsoft ou o NetWare da Novell seriam mais indicados.

Estes dois sistemas de rede basicamente buscam oferecer as facilidades de um sistema operacional confinado mas em um ambiente distribuído. Ambos utilizam a arquitetura cliente-servidor, suportam DOS, OS/2 e Unix (nas versões Lan Manager/X e Portable NetWare) mas tem por enquanto, menor grau de oferta que NFS pelos vários fabricantes de computadores.

O Lan Manager utiliza o protocolo Server Message Block (SMB) para comunicação servidor-cliente. O SMB pode operar com TCP/IP (versão da HP) ou OSI-4 (versão AT&T), o que causa incompatibilidades.

O Portable NetWare suporta vários protocolos de transporte simultaneamente (sem necessidade local de tradução) no servidor, além de múltiplos protocolos cliente-servidor como o SMB e NFS. É importante notar que usuários Unix provavelmente utilizarão o Portable NetWare com base em TCP/IP e NFS - mantendo as características do ambiente nativo (uma meta de projeto da Novell, NCR e Prime, seus desenvolvedores).

Mesmo aqui, a tecnologia de uso será servida com conhecimentos de TCP/IP e NFS.

Problemas (Oportunidades) para P&D

Independentemente da tecnologia de uso (Unix-TCP/IP-NFS, Lan Manager/X ou Portable NetWare) existe uma área de problemas ainda em aberto: **Gerenciamento de Rede**. Tópicos críticos nesta área são Análise de Desempenho e Isolamento de Falhas já que qualquer problema de operação desemboca em duas categorias: falha de

dispositivo na sub-rede de recursos de usuários (equipamento cliente ou servidor) ou falha de elemento na sub-rede de comunicação. O gerenciamento de rede deve determinar **onde** ocorreu a falha e **o que** a causou.

A necessidade de P&D nesta área é apontada por enquete da Infonetics entre gerentes de redes nas 500 maiores empresas americanas (Fortune 500): 82% deles consideram o assunto "muito importante".

A dificuldade de gerenciamento origina-se na falta de ferramentas de diagnóstico. Mesmo o Unix com suas facilidades de multitarefa, endereçamento de grande capacidade de memória e a flexibilidade de desenvolvimento de drivers, ainda não oferece ferramental apropriado. O Lan Manager e o NetWare vem com alguns utilitários para administração, mas quase nenhum para diagnóstico.

A falta de ferramental é consequência lógica dos passos que devem ser dados para adoção da tecnologia. Primeiro adquirem-se os computadores. Segundo, eles se ligam em rede (possivelmente heterogênea). O ferramental para gerenciamento sendo ofertado encontra-se ainda no primeiro estágio.

Há um grande espaço a ser preenchido com P&D em monitores de desempenho e de falhas. Tais monitores devem ser amigáveis para reduzir resistência à sua utilização. Para tanto, devem lançar mão de sinais sonoros, telas gráficas, ícones, menus e janelas. Estes recursos deverão ser associados a sistemas gerenciadores de bancos de dados e a sistemas especialistas.

Os esforços de P&D nesta área devem acompanhar de perto os trabalhos de padronização de protocolos de gerência de redes com TCP/IP (de responsabilidade do NetMan Working Group da Internet Engineering Task Force - IETF, a qual inclui fabricantes como Excelan, DEC, Sun, HP e Unisys) e a especificação para migração das ferramentas de gerência de TCP/IP para ambiente OSI (da IETF e da ISO - esta com o CMOT, Common Management Information Protocol over TCP/IP). Um bom começo é examinar os documentos da ISO referentes ao Common Management Information Services (CMIS) e Common Management Information Protocol (CMIP).

Outra área que julgamos fértil para P&D, e também ligada aos assuntos tratados aqui, diz respeito a "transparência" no uso de redes.

5 - Transparência de Redes

Idealmente, nenhum usuário deveria perceber a presença da rede. Acostumado com um sistema multitarefa, multiusuário e de tempo compartilhado em equipamento

isolado, o usuário migraria para o ambiente de rede recebendo a mesma facilidade de compartilhamento de recursos, sem se aperceber da rede - seja dispendendo o conhecimento de endereços ou de nomes de recursos ou usuários, seja na manutenção do mesmo nível de desempenho.

Em [NELS 90] sugere-se que "transparência" deve existir a 4 níveis de compartilhamento:

- Sistema de arquivos.
- Execução remota de processos.
- Acesso à memória em estações remotas.
- Localização de usuários.

Sistemas de Arquivos Transparentes

O sistema de arquivo em rede deve permitir compartilhamento sem exigir conhecimento sobre onde é armazenada a informação. Aqui, três características devem ser consideradas:

- o nome do arquivo não deve incluir a sua localização;
- não deve haver degradação no desempenho para acesso a arquivos remotos;
- tolerância a falhas de modo a não impactar usuários na falha de servidores de arquivos.

A título de ilustração, podemos apontar algumas limitações nos sistemas de arquivos da última seção. NFS exige uma partição de disco exclusiva para acesso local e não permite que uma aplicação acesse dispositivos de E/S em máquinas remotas. Alguns utilitários do Lan Manager não são sensíveis à caixa de caracteres, tornando-se não transparentes para manipular arquivos Unix.

O problema de transparência de desempenho é endereçado por sistemas de arquivos rápidos ou com o uso de cache. O uso de cache é acompanhado de duas dificuldades à medida que os dados são modificados: consistência da cache (devido a várias cópias da cache na rede) e como atualizar alterações em arquivos (em disco) para minimizar perdas com "crashes". Algoritmos que amenizam estas dificuldades juntamente com avaliação comparativa de desempenho são tópicos interessantes para P&D.

Tolerância a falhas é oferecida normalmente por réplicas do sistema de arquivos em alguns servidores. Mais uma vez, há dificuldades causadas por modificações nos dados com a resultante degradação de desempenho.

Transparência de Processos

Como fazer para que um programa seja executado na UCP menos utilizada na rede, herdando o mesmo ambiente-pai original e de forma transparente para o usuário?

Soluções do Unix como `rsh` ou `on` não oferecem migração de processos totalmente transparente [NELS 90].

Transparência de Memória

Aqui se pretende que um processo possa ter acesso à soma de todas as memória na rede como uma única memória distribuída, compartilhada e de forma transparente. Por questões de desempenho (no acesso remoto), volta-se ao uso de cache - com os mesmos tipos de problemas discutidos mais atrás para os sistemas de arquivos.

Localização Transparente de Usuários

Com a popularização de estações-de-trabalho portáteis, há um maior grau de distribuição e mobilidade de equipamentos na sub-rede de recursos de usuários. Isto complica a determinação da localização do usuário (para efeito de recebimento de correio, por exemplo).

Fica cada vez mais difícil oferecer transparência de redes uma vez que a velocidade das novas UCPs vem crescendo rapidamente [OUST 90]. Isto torna mais perceptível a interferência da rede em operações remotas (relativamente a uma operação local). Há muito espaço para contribuições, com impacto prático direto e concreto, nesta área.

6 - C Novo Futuro

O passado de redes no Brasil pode ser caracterizado por pesquisas com objetivos acadêmicos. Até aqui, propusemos temas para concentração futura de P&D que resultarão em utilidade prática, promovendo mais a tecnologia de uso de redes. Dois grandes temas foram sugeridos: Ferramental para Gerenciamento e Transparência. P&D nestes temas consistirão em grande parte, de trabalhos em sistemas operacionais (distribuídos, obviamente). A maior parte dos resultados será naturalmente, software básico.

O desenvolvimento de software básico pode ser menos oneroso e o resultado mais eficiente, se as características da plataforma de hardware onde executará oferecerem suporte adequado. Assim, é oportuno concluirmos este trabalho examinando brevemente as características da próxima geração de redes.

A segunda geração de redes (em particular, locais) visa atender requisitos mais críticos de desempenho impostos por estações-de-trabalho de engenharia, sistemas de modelagem gráfica e outros equipamentos de maior porte que PCs.

De acordo com os laboratórios Bell da AT&T, as taxas de sinalização física dobram a cada 14 meses em laboratório, enquanto a capacidade de processamento de computadores dobra a cada ano, no mercado. Estes avanços pressionam para a produção de nova tecnologia de redes locais que operem a um mínimo de 100 Mbps ao mesmo tempo que mantenham o ambiente de interconexão desenvolvido na primeira geração.

A segunda geração de redes locais usará fibra ótica (Fiber Distributed Data Interface - FDDI) e vem recebendo atenção desde 1983 do Grupo Técnico de Trabalho X3T9 da ANSI [HAMS 88]. FDDI segue o RM-OSI, com topologia em anel e protocolo de acesso semelhante ao da sub-camada MAC para o IEEE 802.5. A sub-camada LLC não é especificada para flexibilidade de implementação pelos vários fornecedores (há porém, suporte ao padrão 802.2).

O uso pleno de FDDI é ainda futuro. Apenas máquinas com barramento VME mais rápido ou S-Bus suportam a vazão FDDI (e não fazem mais nada além disto). "Gateways" FDDI devem esperar, além da evolução do hardware, por desenvolvimentos nos protocolos de interconexão de redes para suportar vazão tão alta. Outros aspectos relacionados a sistemas operacionais, velocidade de memória e gerenciamento de dados (quantas vezes os dados devem ser copiados dentro do sistema [COOP 89]) conspiram para retardar o uso de FDDI, além do custo. Como visto mais atrás, estes aspectos estão também ligados à "transparência".

As redes do futuro serão de alta velocidade, enxergadas como máquinas com multiprocessadores, memória compartilhada e de barramentos duplicados para tolerância a falhas. Dispositivos de E/S serão baseados em tecnologia laser. Toda esta evolução no hardware porém, não adiantará muito se não cuidarmos da evolução dos protocolos, do software de rede, do sistema operacional distribuído. Acreditamos que demos algumas sugestões neste sentido.

Se não cuidarmos do software e do suporte à tecnologia de uso, utilizaremos os futuros 10 anos para repetir o passado - propondo e avaliando projetos acadêmicos, no papel, enquanto o mercado convive com tecnologias inadequadas, descasadas e improdutivas.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com suporte financeiro do CNPq, o qual é aqui, agradecido.

Referências

- [BWIN 90] Verity, J. W. - "Rethinking the Computer", Business Week International, Novembro 26, 1990.
- [COOP 89] Cooper, S. - "Joining the Next LAN Generation", Unix Review Vol. 7 No. 2 - Fevereiro 1989.
- [HAMS 88] Hamstra, J. - "FDDI Design Tradeoffs", Proc. of the 13th Conference on Local Computer Networks - IEEE Press - Outubro 1988.
- [NELS 90] Nelson, M. - "Network Transparency", Unix Review Vol. 8 No. 11 - Novembro 1990.
- [OUST 90] Ousterhout, J. K. - "Why Aren't Operating Systems Getting Faster As Fast As Hardware?", Proc. of the USENIX 1990 Summer Conference - Junho 1990.
- [SBRC 83] Anais do 1 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Porto Alegre, 1983.
- [SBRC 84] Anais do 2 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Campina Grande, 1984.
- [SBRC 85] Anais do 3 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Rio de Janeiro, 1985.
- [SBRC 86] Anais do 4 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Recife, 1986.
- [SBRC 87] Anais do 5 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, São Paulo, 1987.
- [SBRC 88] Anais do 6 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Belo Horizonte, 1988.
- [SBRC 89] Anais do 7 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Porto Alegre, 1989.
- [SBRC 90] Anais do 8 Simpósio Brasileiro sobre Redes de Computadores, Campinas, 1990.
- [SLAR 82] Anais do 2 Simpósio Latino Americano sobre Redes de Computadores - São Paulo, 1982.