

Sistemas operacionais - SBU  
Sistemas operacionais distribuídos  
Redes: Computadores  
ENPq 1 03.03.00-6

TÍTULO: Sistemas Operacionais para Redes de Computadores

AUTOR: José Antônio Monteiro de Queiróz

UFRGS/UFPE

#### RESUMO

Considerando a evolução dos sistemas de computação atuais nos defrontamos com um crescimento destacado das redes de computadores. Um grande número de trabalhos de pesquisa buscam uma estrutura básica para gerenciamento de redes, o Sistema Operacional para Redes de Computadores. Este trabalho visa fazer uma introdução ao estudo desses sistemas operacionais, apresentando a sua conceituação básica.

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço no desenvolvimento tecnológico da indústria de computadores juntamente com o barateamento dos equipamentos tem contribuído para que, nos últimos anos, o campo das comunicações de dados tenha um crescimento significativo. As redes de computadores evoluíram desde os projetos experimentais até os sistemas operacionais muito sofisticados. Nesta década assistiremos uma, ainda mais, impressionante evolução desta área, com um grande número de redes de computadores se tornando operacionais.

As redes de computadores oferecerão aos seus usuários uma variedade crescente de serviços cada vez mais sofisticados, serviços estes que serão estendidos a uma comunidade ampla de usuários, em muitos casos, pouco sofisticados tecnicamente. Os recursos para que os serviços oferecidos sejam realizados ficam dispersos pela rede, aumentando a necessidade de esquemas de controle distribuídos. Estas tendências que são observadas levam à busca de uma estrutura básica para o gerenciamento de redes, o Sistema Operacional para Redes de Computadores. O sistema operacional fornecerá os mecanismos efetivos para que os usuários tenham facilidades que permitam um acesso eficiente aos serviços da rede.

Este trabalho visa apresentar a conceituação básica sobre Sistemas Operacionais para Redes de Computadores.

## 2. EVOLUÇÃO DAS REDES DE COMPUTADORES

### 2.1 Sistemas e Ambientes de Computação

Os sistemas de computação são usados para simular sistemas físicos e abstratos existentes, auxiliando os usuários na resolução de seus problemas. A simulação desses sistemas é feita através da programação de computadores.

Podemos observar até recentemente que um cenário tradicional para os ambientes de computação, de uma maneira geral, é constituído de instalações de computadores auto contidos. Estes sistemas são fechados e não demonstram uma preocupação maior com a possibilidade de ligação a outros sistemas de computadores.

O crescimento da importância dos computadores na nossa sociedade é um fato incontestável. A cada dia que passa mais facilidades de computação são colocadas à disposição de camadas cada vez maiores da sociedade. O custo das unidades de processamento vem decrescendo a grandes proporções com o avanço tecnológico da eletrônica, contribuindo assim para o desenvolvimento acentuado da computação.

Agora o cenário tradicional está se transformando em um outro. Uma empresa constituída por diversos departamentos terá distribuído por entre estes a sua capacidade de computação. Micro computadores, dispositivos inteligentes dotados de micro computadores, mini computadores e mesmo computadores de médio e/ou grande porte são usados para atender as diversas necessidades da empresa e se encontram espalhados pelos diversos departamentos que podem se localizar em um edifício ou conjunto de edifícios próximos, um campus ou seja uma área geográfica pequena.

Um sistema de processamento de informações é constituído de muitos recursos em sua maioria caros e subutilizados. Para diminuir os efeitos da subutilização e custo é necessário tornar os recursos compartilháveis e ampliar o número de usuários a utilizar o sistema. Os sistemas de tempo compartilhado, nos quais os recursos do computador estão disponíveis a um grande número de usuário, são exemplos de uma melhor utilização de recursos.

Antes os computadores seguiam duas rotas bem definidas para a sua evolução que eram a do aumento da velocidade de processamento e a do aumento da capacidade de armazenamento. Agora, além destas, uma outra rota está se avolumando e crescendo em importância na evolução dos sistemas de computação, a da utilização dos computadores em redes.

## 2.2. Redes de Computadores

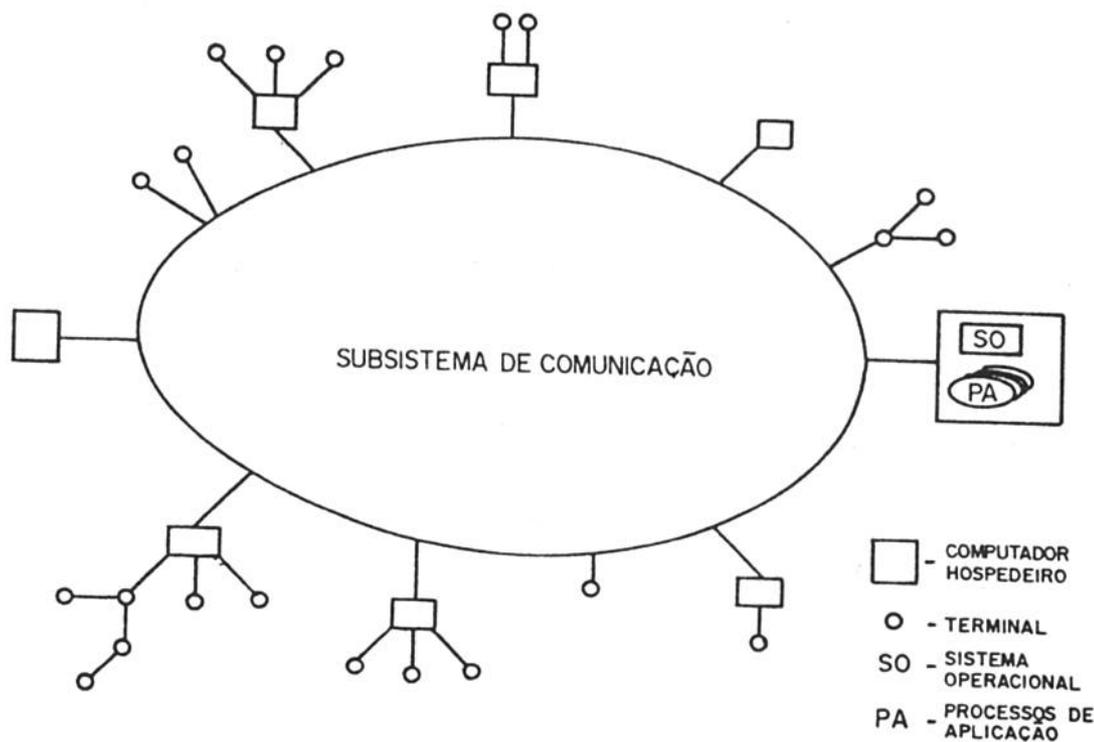


Figura 2.1 - Rede típica de computadores

Uma rede de computadores (Figura 2.1) é constituída por um conjunto de computadores que estão interconectados através de um subsistema de comunicação que fornece os mecanismos necessários para suportar a comunicação entre os diversos componentes da rede. Computadores componentes da rede, os hospedeiros, fornecem os serviços de processamento de informações.

Através das redes de computadores é possível distribuir o grande poder de computação que se obtém pela interconexão das máquinas, a uma comunidade ampla de usuários que pode compartilhar os recursos que se acham espalhados por toda a rede.

A comunicação de dados teve nos últimos anos um desenvolvimento acentuado e com isso uma grande variedade de redes de computadores foi produzida. Redes de comunicação se espalharam por grandes áreas geográficas, as redes de longa distância, ou se limitaram a pequenas áreas de abrangência, as redes locais. As redes locais se desenvolveram para atender a uma demanda crescente por uma alta taxa de transmissão de dados a um baixo custo de comunicação.

As redes de comunicação têm por objetivo fazer com que usuários, ou processos atuando em seu favor, tenham acesso a recursos que podem estar localizados em um outro computador da rede e não naquele ao qual está vinculado o usuário. As redes levaram ao desenvolvimento de protocolos que suportam o acesso a computadores remotos e a transferência de arquivos entre computadores. Apenas com isto não é possível obter um compartilhamento de recursos ou ainda uma distribuição de processamento eficiente já que se está utilizando apenas um pouco da grande potencialidade que estas arquiteturas oferecem. Esta potencialidade não pode ser atingida totalmente porque [WAT 80] e [FOR 78]:

- a) os computadores componentes da rede podem ter sistemas operacionais diferentes, sendo os seus recursos incompatíveis entre si, obrigando o usuário a conhecer, além dos mecanismos de acesso à rede, os sistemas operacionais dos computadores aos quais estão ligados os recursos que ele quer usar. O usuário também teria dificuldades para obter informações sobre a localização e utilização de recursos;
- b) o suporte para que novos recursos ou serviços sejam fácil e modularmente criados não é fornecido e com isto o programador que deseja criar ou utilizar um novo recurso terá que enfrentar todos os problemas gerados pela não modularização; e
- c) a contabilização, cobrança e outros procedimentos administrativos são, geralmente, mantidos por computador e com isto o usuário teria que manter com cada componente da rede uma conta separada.

Considerando isto, é fácil observar que uma rede de comunicação, mesmo nos oferecendo protocolos que permitam acesso por terminal a recursos remotos ou transferência de arquivos entre computadores, não pode ser vista como um sistema operacional integrado.

As redes atuais suportam facilidades para comunicação de dados e para processamento de informações, facilidades estas que permitem que arquivos, programas, dados, mensagens e transações sejam transferidos de um ponto a outro e sejam também processados. Estas redes podem ser melhor denominadas de Redes de Informações [POU 80]. As redes de informações são elementos da maior importância no desenvolvimento e implantação dos sistemas de informações distribuídas.

### 3. SISTEMAS OPERACIONAIS PARA REDES DE COMPUTADORES

#### 3.1. Sistemas Operacionais - SO

As instalações modernas de computadores são compostas por uma variedade de dispositivos de hardware tais como terminais, consoles de operação, leitora de cartões, discos magnéticos, fitas magnéticas, impressoras, traçadores de gráficos, outros dispositivos de entrada e/ou saída e processadores. O sistema operacional deverá garantir o uso eficiente destes componentes e também que eles forneçam convenientemente os serviços aos seus usuários.

Um sistema operacional é formado por um conjunto de módulos de software. Estes módulos recebem as requisições dos usuários e devem escalonar os componentes do sistema para atender a estes pedidos. A tarefa básica executada pelo sistema operacional é a de multiplexar os recursos disponíveis em seu sistema. Através de técnicas variadas os reursos físicos disponíveis são transformados em recursos lôgicos que podem ser utilizados pelos processos ativos que estão em execução sob controle do sistema operacional.

#### 3.2. Desenvolvimento dos SO para Redes de Computadores

Acompanhando a evolução das redes de computadores podemos observar que o seu desenvolvimento variou desde os projetos experimentais até os projetos de sistemas com mecanismos sofisticados de gerenciamento e controle. Nesses projetos podemos observar que uma tendência evidenciada é a do crescimento de serviços oferecidos aos usuários, também de vemos notar que aumenta a sofisticação destes serviços. Tudo isto contribui para que o interesse das pessoas em utilizar as redes aumente, fazendo com que a comunidade de usuários seja cada vez mais ampliada, gerando uma comunidade onde aumenta o número de membros pouco sofisticados tecnic

mente. Para que estas redes sejam viáveis é necessário dotá-las de uma estrutura que permita aos usuários facilidades para a utilização dos serviços oferecidos. Esta estrutura também deve ser dotada de mecanismos que conduzam a uma operação eficiente dos recursos, que se encontram dispersos, para que com isto se obtenha uma otimização nos custos de utilização. Estas estruturas básicas que estão em desenvolvimento e visam solucionar os problemas gerados pelo aumento de complexidade e também tornar econômica a utilização da rede, são os Sistemas Operacionais para Redes de Computadores.

Um sistema operacional para rede de computadores pode ser implementado através de uma das seguintes maneiras [FOR 78], [WAT 80] e [ROW 82]: ou diretamente sobre o hardware básico ou usando as funções básicas dos sistemas operacionais existentes como blocos de construção do sistema operacional para a rede. A implementação de um sistema operacional base pode nos dar funções básicas melhor adaptadas às necessidades da rede. A construção em cima de sistema operacional base existente nos dá a vantagem de contarmos com o grande investimento feito no sistema operacional base e no software de aplicação, já testados e conhecidos, minimizando o volume do suporte de software que deve ser desenvolvido. Uma desvantagem dessa construção é a de que aumenta a complexidade do sistema.

Muitos sistemas operacionais para redes de computadores surgiram nos últimos anos. Eles se desenvolveram experimentalmente para estudar os problemas da integração em redes, como o sistema RSEXEC ( Resource Sharing EXECutive ) [FOR 78], primeiro projeto orientado a redes, inicialmente voltado para um sistema homogêneo, e o sistema XNOS ( eXperimental Network Operating System ) [KIM 78] dirigido a uma rede de computadores heterogêneos de propósito geral. Sistemas operacionais surgiram para suportar aplicações específicas. O sistema NSW ( National Software Works ) [FOR 78]

foi projetado para suportar o desenvolvimento de software. Gunton [GUN 78] apresentou um sistema para suporte de aplicações de telecomunicações. O Squire [CHE 81] e o ACCENT [RAS 81] são sistemas orientados a comunicações. As arquiteturas de sistemas distribuídos Eden [LAZ 81] e CHORUS [GUI 82] com sistema operacional integrado, fornecem suporte para uma grande gama de aplicações. O Roscoe [SOL 79] foi desenvolvido para uma rede de micro computadores de propósito geral. O MICROS [TIL 80]b e [WIT 80] foi desenvolvido em Pascal Concorrente [BRI 77] para a rede MICRONET [TIL 80]a constituída de um computador multi-micro. O MIKE [LIU 82] e [TSA 83] foi projetado para uso em sistemas distribuídos em geral, e para uso na rede DDLCN em particular. Como o sistema operacional UNIX [RIT 78] assumiu uma posição de grande importância, com um número enorme de instalações em operação, muitos projetos têm se desenvolvido para integrar estes computadores [CHE 75] em redes de computadores [COL 82], [LUD 81] e [MAR 82]. Características como acesso transparente ( ACCENT, e LOCUS [POP 81] ), carga balanceada ( ECN [HWA 82] ), bancos de dados distribuídos [ROW 82], autonomia local ( LOCUS ) e tolerância a falhas ( ACCENT ) são encontradas nestes projetos de sistemas baseados ou compatíveis com o UNIX. Arquiteturas orientadas ao modelo ISO para ' Open System Interconnection ' ( OSI ) [des 80] e [MOU 80] foram propostas [COA 81], [MAR 82] e [POU 80].

### 3.3. Conceitos de um SO para Redes de Computadores

Um sistema operacional para rede de computadores pode ser visto como uma extensão do conceito de sistema operacional convencional, ao qual se aplicam os problemas de comunicação gerados pela natureza distribuída dos recursos, pela heterogeneidade dos seus componentes e pela administração descentralizada.

Seria apropriado conceituar os sistemas operacionais para redes de computadores através do objetivo funcional desses sistemas [KIM 78] que é o do fornecimento de mecanismos de suporte, que simplifiquem o acesso aos serviços oferecidos, e de bases que facilitem a construção e subsequente incorporação de novos serviços à rede, sem a necessidade de alterar o código residente ou privilegiado, isto através de uma simplificação de interação entre sistemas e entre sistemas e usuários.

### 3.4. Componentes de um SO para Redes de Computadores

Os sistemas operacionais para redes de computadores são constituídos de dois componentes principais. O primeiro deles é um conjunto de processos de software ou módulos que se encaregam das tarefas de gerenciamento e controle. O segundo componente é o conjunto de protocolos de alto nível que governam a comunicação e interação entre os módulos. Estes protocolos suportam a comunicação entre processos e se apoiam nos protocolos de baixo nível que fornecem o transporte de dados entre os nodos da rede.

### 3.5. Funções de um SO para Redes de Computadores

As funções do sistema operacional para uma rede de computadores se localizarão em dois grupos principais: funções de gerenciamento de serviços e funções de gerenciamento do sistema. As funções de gerenciamento de serviços são motivadas pelas necessidades dos usuários e nelas se enquadram a assistência na localização de recursos remotos, a alocação dos recursos, o controle de acesso aos recursos e funções para facilitar o compartilhamento de recursos. As funções de gerenciamento do sistema são motivadas pelas necessidades do próprio sistema e estão relacionadas às diretrizes operacionais para a rede. Nelas estão incluídas os re

latórios de status do sistema, as funções para gerenciamento de tabelas e bases de dados e as funções para execução de controle do sistema.

### 3.6. Funcionamento de um Sistema

Uma rede de computadores deve estar pronta para atender às necessidades de seus usuários. Serviços são oferecidos e recursos estão disponíveis para atender às requisições de serviços. O usuário que desejar a prestação de serviços da rede deverá fazer a sua requisição e, para que isto possa ser feito, é necessário, antes de mais nada, que o usuário peça o estabelecimento de uma sessão e se identifique perante a administração a qual ele está vinculado. Após a verificação dos direitos de utilização, a administração estabelecerá a sessão e providenciará a contabilização da utilização da rede. Tendo a requisição de serviço do usuário o sistema operacional, no papel de gerente de recursos da rede, se encarregará de localizar os recursos que podem ser locais ou remotos, e solicitar a alocação dos mesmos, podendo ser necessário para isto que um controle de direito de acesso seja feito. De posse dos recursos necessários, o serviço requisitado será atendido. Não é importante para o usuário saber onde está localizado o recurso que foi utilizado para o seu atendimento, se local ou remoto.



Figura 3.1 - Sistema de Computação

### 3.7. Um Modelo de SO para Redes de Computadores

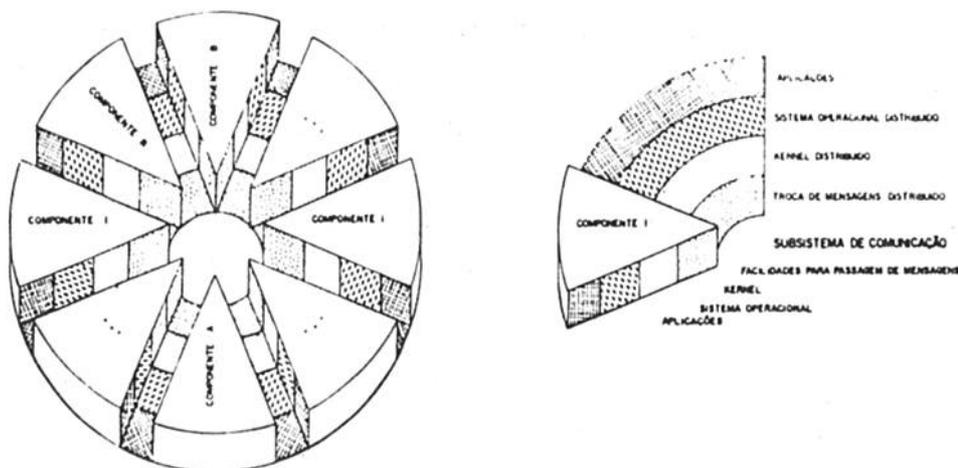


Figura 3.2 - Estrutura de um SO para Redes de Computadores

#### 3.7.1. Estrutura do Modelo

Para a definição de uma arquitetura de rede é necessário fazer a escolha de um modelo de sistema operacional para redes. A estrutura escolhida é baseada no modelo de objeto ou recurso, de um sistema operacional [JON 78]. A criação de uma arquitetura em níveis requer que o sistema seja decomposto em níveis, que sejam especificados os serviços oferecidos por cada nível e que se especifique os serviços que cada um deles requer [des 80].

O acesso a objetos representa uma das metas principais dos projetos de sistemas operacionais para redes. Os objetos se classificam em objetos reais que são os processadores, as memórias secundárias, os dispositivos de E/S e outros, e em objetos abstratos, ou recursos, que são os processos, os arquivos, os diretórios, os dispositivos virtuais de E/S, as bases de dados e outros. Estes objetos representam blocos básicos de construção que são úteis na constru-

ção de outros objetos. A utilização de recursos apenas poderá ser feita através de funções ou operações bem definidas.

A implementação de um determinado tipo de objeto pode ser feita por um ou mais módulos chamados de servidores. Clientes são módulos encarregados das requisições, de acesso a recursos, para os servidores. Processos podem operar tanto no modo de servidor como no de cliente, em tempos distintos.

Os processos se comunicam através de objetos chamados mensagens. Uma mensagem é a menor unidade de dados que deve ser trocada entre dois processos para a realização de uma atividade. Mensagens podem ser de controle ou de dados. Mensagens de dados são aquelas que contêm informações para serem, simplesmente, armazenadas, impressas ou passadas, sem necessidade de interpretação.

Um processo cliente pode acessar um recurso através do envio de uma requisição para o servidor apropriado. O servidor se encarregará de atender à requisição acessando as estruturas locais a ele ou, se necessário, expedindo requisições adicionais a outros servidores para ajudá-lo na execução da tarefa solicitada. Quando a tarefa é considerada cumprida, é enviada uma resposta contendo resultados, se existirem, e indicação do sucesso ou não da operação.

O modelo escolhido [NES 81] é constituído por um conjunto de sistemas de computadores autônomos, interconectados através de um subsistema de comunicação (figura 3.2). Cada computador juntamente com o seu sistema operacional constitui um componente do sistema distribuído. Cada componente é formado por um kernel que suporta um conjunto de processos privilegiados, que compõem o sistema operacional, mais facilidades para passagem de mensagens, que em cooperação com o subsistema de comunicação formam o sistema distribuído de troca de mensagens. O kernel distribuído é constituído pelo consórcio de todos os kernels de componentes in-

terconectados através do sistema distribuído de troca de mensagens.

### 3.7.2. Níveis Componentes do Modelo

A composição do modelo, que está representando pela estrutura apresentada na figura 3.2, é feita pelos níveis de aplicação, de sistema operacional para redes, de kernel distribuído, de sistema distribuído de troca de mensagens, e pelo subsistema de comunicação.

No nível de aplicações estão localizados os processos que fornecem os serviços para o atendimento das aplicações. Estes serviços são necessários para suportar o usuário final (um usuário em seu terminal ou um processo). Os serviços oferecidos por este nível são dependentes de aplicações específicas e determinam os serviços a serem requeridos ao nível do sistema operacional. Neste nível os dados são informações com significado. Os problemas de estruturação da aplicação envolvem a distribuição de dados e de processamento, a organização dos processos de controle e comunicação e os mecanismos de suporte às organizações diferentes de dados e de processamento. Os problemas de estruturação da aplicação assim como os problemas de linguagens para sistemas distribuídos são inerentes ao nível de aplicações. Exemplos de serviços específicos de redes são: transferência eletrônica de fundos, base de dados distribuída, correio eletrônico, automação de escritórios, teleconferência e processamento distribuído em geral.

O nível de sistema operacional para redes é formado pela conjunção de todos os serviços fornecidos pelos diversos servidores, que se encontram dispersos pela rede. Neste nível são fornecidos serviços para uma grande variedade de aplicações e são implementadas políticas para alocação e compartilhamento de recursos básicos. Gerenciamento de pro

cessos, gerenciamento de informações, E/S virtual, comunicação, contabilização de utilização de recursos e clocks, são alguns dos serviços usuais fornecidos pelo sistema operacional, para atendimento das diversas aplicações. Os serviços que este nível necessita são requeridos ao kernel do componente. Isto é feito através dos processos mais primitivos do nível, ou seja, daqueles logicamente muito restritos e privilegiados que se comunicam com os dispositivos através de interrupções e comandos privilegiados, e que se comunicam com os objetos de um nível mais alto através das facilidades de comunicação entre processos.

O kernel distribuído é o nível seguinte do modelo. Ele é constituído pela cooperação de todos os kernels componentes, que se comunicam através do sistema distribuído de troca de mensagens. O nível de kernel distribuído do sistema operacional para redes fornece: os drivers que atuam como interfaces com os dispositivos de E/S, a base para criação de processos, arquivos, ou outros recursos primitivos e os mecanismos básicos para proteção, compartilhamento e segurança dos componentes do sistema. Os serviços fornecidos pelo kernel componente variam de acordo com o suporte de hardware, segurança e aplicações a serem suportadas. Um kernel componente deve possuir apenas o suporte necessário ao atendimento dos serviços fornecidos pelo componente.

Os serviços fornecidos pelo sistema distribuído de troca de mensagens são definidos pela necessidade de comunicação entre processos. Um serviço é definido através de recursos e de operações sobre estes recursos. Processos se comunicam por meio de mensagens enviadas através de canais, pares (origem, destino) de identificadores. Este nível deve suportar, além das facilidades para passagem de mensagens, facilidades para sincronização entre processos.

O subsistema de comunicação fornece a interface através da qual o componente do sistema distribuído tem aces

so às facilidades de comunicação da rede. Através dele são feitos o controle de erros, o controle de fluxo e é garantida a sequenciação de entrega de mensagens.

#### 4. CONCLUSÕES

Os projetos de redes de computadores buscam alcançar metas que tornem ampla e fácil a utilização de sistemas distribuídos. Transparência, flexibilidade e facilidade para crescimento são metas a serem alcançadas.

Ao usuário deve ser dada a ilusão de operar um sistema composto de uma única máquina, sem distribuição de recursos (figura 3.1). Isto é conseguido através de níveis de abstração. Apesar de ter esta ilusão, o usuário deve poder especificar o local onde o processamento deve ser feito ou onde dados devem ser armazenados.

Um sistema operacional para rede de computadores pode ser entendido como uma extensão do conceito convencional de sistema operacional aplicado ao ambiente de redes. Com isto os conceitos desenvolvidos para sistemas centralizados podem ser aproveitados ao máximo, o que é vantajoso pois estes conceitos são bem definidos e entendidos.

Os sistemas que se obtêm da integração das redes de computadores com os sistemas operacionais próprios a elas, oferecerão ambientes simulados com um maior grau de correspondência com os sistemas físicos e abstratos existentes.

## 5. AGRADECIMENTOS

O meu agradecimento ao professor Simão Sirineo Toscani pelos comentários e pela atenção especial dedicada durante a elaboração deste trabalho, me ajudando a tornar mais claras as idéias apresentadas.

## 6. REFERÊNCIAS

- [BRI 77] BRINCH HANSEN, Per. The Architecture of Concurrent Programs. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1977.
- [CHE 75] CHESSON, Gregory L. The Network UNIX System. In: SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES 5., Austin, Nov. 19-21, 1975. Proceedings. New York, ACM, 1975. p.60-6.
- [CHE 81] CHESLEY, Harry R. & HUNT, V. Bruce. Squire - A Communications-Oriented Operating System. Computer Networks, 5(5): 333-9, Sep. 1981.
- [COA 81] COATES, K. E., DVORAK, D. L. & WATTS, R. M. An Overview of BLN: A Bell Laboratories Computing Network. In: DATA COMMUNICATIONS SYMPOSIUM, 7., Mexico City, Oct. 27-29, 1981. Proceedings. New York, IEEE, 1981. p.224-9.
- [COL 82] COLLINSON, R. P. A. The Cambridge Ring and UNIX. Software-Practice and Experience, 12(6): 583-94, Jun. 1982.
- [des 80] desJARDINS, Richard & WHITE, George W. ISO/ANSI Reference Model of Open Systems Interconnection. In: COMPUTER NETWORK PROTOCOLS TRENDS & APPLICATIONS, Gaithersburg, May 29, 1980. Proceedings. New York, IEEE, 1980. p.47-53.
- [FOR 78] FORSDICK, Harry C., SCHANTZ, Richard E. & THOMAS, Robert H. Operating Systems for Computer Networks. Computer, 11(1):48-57, Jan. 1978.
- [GUI 82] GUILLEMONT, Marc. The CHORUS Distributed Operating System: Design and Implementation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LOCAL COMPUTER NETWORKS, Florence, Italy, Apr.19-21, 1982. Local Computer Networks. Amsterdam, North-Holland/IFIP, 1982. p.207-23.

- [GUN 78] GUNTON, Tony. Network Operating System for Telecommunications Applications. Computer Communications, 1(5):253-6, Oct. 1978.
- [HWA 82] HWANG, Kai et alii. A UNIX-Based Local Computer Network with Load Balancing. Computer, 15(4):55-66, Apr. 1982.
- [ISR 78] ISRAEL, Jay E., MITCHELL, James G. & STURGIS, Howard E. Separating Data from Function in a Distributed File System. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS THEORY AND PRACTICE, 2., Rocquencourt, France, Oct. 2-4, 1978. Operating Systems. Amsterdam, North-Holland, 1979. p.17-27.
- [JON 78] JONES, Anita K. The Object Model: A Conceptual Tool for Structuring Software. In: ADVANCED COURSE ON OPERATING SYSTEMS, München, Mar.29-Apr. 6, 1978. Berlin, Springer-Verlag, 1978. cap. 2A. p.8-16. (Lecture Notes in Computer Science, 60)
- [KIM 78] KIMBLETON, Stephen R., WOOD, Helen M. & FITZGERALD, M. L. Network Operating Systems - An Implementation Approach. In: NATIONAL COMPUTER CONFERENCE, 1978. Proceedings. Montvale, AFIPS, 1978. p.773-82.
- [LAU 78] LAUER, Hugh C. & NEEDHAM, Roger M. On the Duality of Operating System Structures. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS THEORY AND PRACTICE, 2., Rocquencourt, France, Oct. 2-4, 1978. Operating Systems. Amsterdam, North-Holland, 1979. p.371-84.
- [LAZ 81] LAZOWSKA, Edward D. et alii. The Architecture of the Eden System. In: SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES, 8., Pacific Grove, Dec. 14-16, 1981. Proceedings. New York, ACM, 1981. p.148-59.

- [LIU 82] LIU, Ming T., TSAY, Duen-Ping & LIAN, Richard C. Design of a Network Operating System for the Distributed Double-Loop Computer Network. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LOCAL COMPUTER NETWORKS, Florence, Italy, Apr. 19-21, 1982. Local Computer Networks. Amsterdam, North-Holland/IFIP, 1982. p.225-47.
- [LUD 81] LUDERER, G. W. R. et alii. A Distributed UNIX System Based on a Virtual Circuit Switch. In: SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES, 8., Pacific Grove, Dec. 14-16, 1981. Proceedings. New York, ACM, 1981. p.160-8.
- [MAR 82] MARTIN, Marleen R. UNIX and Local Computer Networking. In: IEEE COMPUTER SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE, 24., San Francisco, Feb. 22-25, 1982. High Technology in the Information Industry. New York, IEEE, 1980. p.318-22. (COMPCON Spring 80)
- [MOU 80] MOUTON, James. High Level Protocol Boundaries in the ISO Model. In: COMPUTER NETWORK PROTOCOLS TRENDS & APPLICATIONS, Gaithersburg, May 29, 1980. Proceedings. New York, IEEE, 1980. p.54-8.
- [NES 82] NESSET, D. M. Identifier Protection in a Distributed Operating System. Operating Systems Review, 16(1):26-31, Jan. 1982.
- [POP 81] POPEK, G., WALKER, B., CHOW, J. & EDWARDS, D. LOCUS: A Network Transparent, High Reliability Distributed System. In: SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES, 8., Pacific Grove, Dec. 14-16, 1981. Proceedings. New York, ACM, 1981. p.169-77.
- [POU 80] POULOS, John C. & BEAVERS, Alex N. Network Operating Systems: A Concept and Protocol. In: COMPUTER NETWORK PROTOCOLS TRENDS & APPLICATIONS, Gaithersburg, May 29, 1980. Proceedings. New York, IEEE, 1980. p.64-9.

- [RAS 81] RASHID, Richard F. & ROBERTSON, George G.  
 ACCENT: A Communication Oriented Network Operating System Kernel. In: SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES, 8., Pacific Grove, Dec. 14-16, 1981. Proceedings. New York, ACM, 1981. p.64-75.
- [RIT 78] RITCHIE, Dennis M. & THOMPSON, Ken. The UNIX Time-Sharing System. The Bell System Technical Journal, 57(6):1905-29, Jul.-Aug. 1978.
- [ROW 82] ROWE, Lawrence A. & BIRMAN, Kenneth P. A Local Network Based on the UNIX Operating System. IEEE Transactions on Software Engineering, 8(2):137-46, Mar. 1982.
- [SOL 79] SOLOMON, Marvin H. & FINKEL, Raphael A. The Roscoe Distributed Operating System. In: SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES, 7., Pacific Grove, Dec. 10-12, 1979. Proceedings. New York, ACM, 1979. p.108-114.
- [TIL 80]a TILBORG, André M. van & WITTIE, Larry D. Packet Switching Using Concurrent PASCAL in a Network Computer. In: IEEE COMPUTER SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE, 21., Washington, Sep. 23-25, 1980. Distributed Computing. New York, IEEE, 1980. p.358-65. (COMPCON Fall 80)
- [TIL 80]b TILBORG, André M. van & WITTIE, Larry D. A Concurrent PASCAL Operating System for a Network Computer. In: INTERNATIONAL COMPUTER SOFTWARE AND APPLICATIONS CONFERENCE, 4., Chicago, Oct. 27-31, 1980. Proceedings. New York, IEEE, 1980. p.757-63. (COMPSAC 80)
- [TSA 82] TSAY, Duen-Ping & LIU, Ming T. MIKE: A Network Operating System for the Distributed Double-Loop Computer Network. IEEE Transactions on Software Engineering, 9(2):143-54, Mar. 1983.

- [WAT 80]a WATSON, Richard W. & FLETCHER, John G. An Architecture for Support of Network Operating System Services. Computer Networks, 4(1)33-49, Feb. 1980.
- [WAT 80]b WATSON, Richard W. Distributed System Architecture Model. In: ADVANCED COURSE ON DISTRIBUTED SYSTEMS - ARCHITECTURE AND IMPLEMENTATION, München, Mar. 4-13, 1980. Berlin, Springer-Verlag, 1981. cap.2. p.10-43. (Lecture Notes in Computer Science, 105)
- [WIT 80] WITTIE, Larry D. & TILBORG, André M. van. MICROS, A Distributed Operating System for MICRONET, A Reconfigurable Network Computer. IEEE Transactions on Computers, 29(12):1133-44, Dec. 1980.