

1. INTRODUÇÃO

Estamos vivendo a era da informação, onde pessoas pertencentes a organizações com centenas de escritórios espalhados em uma grande área geográfica podem rotineiramente examinar as atividades da localidade mais remota com o simples apertar de um botão. Além disso, há uma facilidade muito grande para coletar, armazenar, processar e visualizar a informação obtida, permitindo uma integração nunca antes imaginada

Essa integração está sendo conseguida principalmente através das redes de computadores e sistemas distribuídos.

O termo "redes de computadores" significa uma certa quantidade de computadores autônomos interconectados. Dois computadores são ditos interconectados se eles estão aptos a trocar informações. A conexão pode ser feita através de vários tipos de meios físicos, como o par de fios, cabo coaxial, fibra ótica, microondas, etc. Os computadores autônomos devem possuir um processamento próprio, tornando-os independentes dos outros (um exemplo de dependência que não é considerado rede de computadores é um computador central e seus respectivos terminais TTY).

A principal diferença entre uma rede de computadores e um sistema distribuído é que, num sistema distribuído, a existência de vários computadores autônomos interconectados é transparente para o usuário. Em outras palavras, o usuário de um sistema distribuído não precisa saber que existem múltiplos processadores. Ele simplesmente digita um comando e este comando é executado. A tarefa de escolher o melhor processador, mover e buscar arquivos, tratando os resultados, é tarefa do sistema de rede ou sistema operacional.

Assim, pode-se dizer que os sistemas distribuídos utilizam as redes de computadores através de um *software* que dá um alto grau de transparência ao usuário.

Em termos de velocidade, os usuários estão se tornando cada vez mais exigentes, e isto se deve principalmente aos seguintes fatores:

- Aumento da capacidade de processamento das máquinas e, ao mesmo tempo, queda no custo de hardware, tornando cada vez mais comum a informatização das empresas;
- Aplicações com maiores volumes de dados. Por volta de 1987, as aplicações típicas necessitavam a transmissão de arquivos entre 50 e 500 Kbytes. Atualmente, está se tornando cada vez mais comum a transmissão de imagens, com arquivos na ordem de dezenas de Megabytes;
- Aplicações mais significativas, como a transmissão em multimídia, necessária nas aplicações de videoconferência, por exemplo.

Esses fatores estão levando a um progresso e a uma rapidez fascinante na comunicação de dados. Sem dúvida, o futuro reserva uma interconectividade cada vez maior, utilizando as redes de computadores para quebrar barreiras políticas e fronteiras entre os países, com a informação sendo o produto principal oferecido pela comunicação através das redes.

As redes de computadores estão cada vez mais no dia a dia das pessoas, que estão conhecendo e adotando a interligação dos seus equipamentos como uma medida econômica e necessária (as vezes indispensável) para o bom funcionamento da empresa. Elas estão divididas em três categorias conforme sua abrangência geográfica:

- **Rede local (LAN - Local Area Network)** - tem o objetivo de interligar computadores localizados na mesma sala, edifício ou campus, possuindo uma distância máxima de alguns quilômetros entre as estações mais distantes. Normalmente as redes locais possuem uma taxa de transferência de dados maior do que 1 Mbps e são propriedade de uma única organização;
- **Rede metropolitana (MAN - Metropolitan Area Network)** - tem o objetivo de interligar computadores dentro da mesma cidade e arredores, possuindo distâncias até aproximadamente 100 Km;
- **Rede de longa distância (WAN - Wide Area Network)** - tem o objetivo de interligar computadores distantes um do outro, ou seja, computadores localizados em cidades, estados ou mesmo países diferentes. Normalmente as redes de longa distância são oferecidas por empresas de telefonia, não possuindo uma faixa de velocidades específica, pois basta o cliente ter necessidade e dinheiro que lhe será destinada uma largura de banda adequada. As velocidades variam bastante, indo desde 1200 bps até 2,4 Gbps, logo chegando a 10 Gbps.

2. MODELO OSI e TCP/IP

As primeiras empresas que se utilizaram dos computadores para processamento comercial foram as grandes corporações, sendo que o modelo utilizado era totalmente centralizado. Os computadores habitavam grandes salas refrigeradas, os Centros de Processamento de Dados (CPDs).

No início dos anos 60 foram criados os primeiros protocolos de comunicação BSC-1 (*Bynary Synchronous Communications*) para transmissão de informações remotas em *batch*, e BSC-3 (ou *poll select*) que permitia a integração do usuário com o sistema através de terminais, ou seja, o processamento *on-line*. Esses avanços tecnológicos proporcionaram um alto grau de conectividade para os sistemas da época, impulsionando novos avanços.

A partir desse ponto, foram desenvolvidos vários tipos de *mainframes* para disputar o mercado, cada um deles utilizava uma arquitetura de rede própria e incompatível entre si, como por exemplo o SNA (IBM), o XNS (Xerox) e o DECNET (Digital).

Os problemas começaram a surgir quando os usuários tiveram necessidade de interconectar os diferentes sistemas entre si, evidenciando assim as incompatibilidades: os aplicativos, placas de memória, expansões de terminal, placas controladoras e demais componentes geralmente só funcionavam se pertencessem ao mesmo fabricante do *mainframe*, fazendo com que os usuários ficassem praticamente "presos" a um único fornecedor.

Esses sistemas proprietários foram assim criados para forçar barreiras de mercado contra a competição, gerando mercados cativos para cada fornecedor. Sistemas desse tipo são conhecidos como sistemas fechados, pois não existe uma padronização consensual para os protocolos executados, que normalmente são conhecidos somente pelo fabricante.

Um dos problemas que surge é se uma empresa adquire outra empresa com um tipo diferente de sistema. Ambos vão querer se comunicar, e as incompatibilidades se tornam difíceis de superar.

Iniciou-se a busca de sistemas abertos para resolver os problemas de conexão, integração de aplicações e transparência no acesso às informações. Os sistemas abertos são baseados em definições públicas e consensuais de interfaces, dessa forma, o usuário possui liberdade para escolha de fabricante de equipamento, banco de dados, protocolos utilizados e outros componentes que, obedecendo a certos padrões, garantem a portabilidade das aplicações em diferentes plataformas.

Daí vem o maior benefício dos sistemas abertos: liberdade de escolha de plataformas de *hardware* e *software*, assim, o cliente pode concentrar mais sua atenção às aplicações críticas do seu negócio, sem estar limitado à oferta de um único fornecedor.

2.1 Histórico OSI

Para facilitar o processo de padronização e obter interconectividade entre máquinas de diferentes fabricantes, a Organização Internacional de Padronização (ISO - *International Standards Organization*) aprovou, no início dos anos 80, um modelo de referência para permitir a comunicação entre máquinas heterogêneas, denominado OSI (*Open Systems Interconnection*). Esse modelo serve de base para qualquer tipo de rede, seja de curta, média ou longa distância.

2.2 Histórico TCP/IP

No início dos anos 60, uma associação entre o DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), um grupo de universidades e algumas instituições, criaram o "**ARPANET Network Working Group**". Em 1969, a rede **ARPANET** entrou em operação, consistindo inicialmente de quatro nós e utilizando comutação de pacotes para efetuar a comunicação.

Em 1974, um estudo feito por Vinton Cerf e Robert Kahn, propôs um grupo de protocolos centrais para satisfazer as seguintes necessidades:

- Permitir o roteamento entre redes diferentes (chamadas subnets ou subredes);
- Independência da tecnologia de redes utilizada para poder conectar as subredes;
- Independência do hardware;
- Possibilidade de recobrar-se de falhas.

Originalmente, esses protocolos foram chamados de NCP (*Network Control Program*), mas, em 1978, passaram a ser chamados de TCP/IP.

Em 1980, o DARPA começou a implementar o TCP/IP na ARPANET, dando origem à Internet. Em 1983, o DARPA finalizou a conversão de todos seus computadores e exigiu a implementação do TCP/IP em todos os computadores que quisessem se conectar à ARPANET.

Além disso, o DARPA também financiou a implementação do TCP/IP como parte integral do sistema operacional Unix, exigindo que este fosse distribuído de forma gratuita. Dessa forma o Unix e, consequentemente, o TCP/IP, se difundiram, cobrindo múltiplas plataformas.

Assim, o TCP/IP ficou sendo utilizado como o padrão de fato para interconectar sistemas de diferentes fabricantes, não apenas na Internet, mas em diversos ramos de negócios que requerem tal forma de comunicação.

2.2.1 RFCs: Request For Comments

As RFCs (*Request For Comments*) são os documentos básicos que representam todos os trabalhos internos relacionados com a Internet. É através destes documentos que se divulgam novos protocolos, permitindo uma avaliação e melhoria das idéias.

Assim, a Internet atua como um gigantesco tubo de ensaio para aprimoramento dos protocolos TCP/IP.

Esses documentos estão em constante desenvolvimento, e podem ser obtidos via FTP ou http nos seguintes locais:

<http://www.ietf.org>
<http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/INDEX.rfc.html>
<http://www.unicamp.br/pub/RFC>
<http://nis.nsf.net>
<http://venera.isi.edu>
<http://wuarchive.wustl.edu>

Algumas RFCs relevantes para o estudo de redes estão listadas a seguir, mas é importante acessar o índice das RFCs a fim de ver a lista completa.

768 User Datagram Protocol (UDP)
791 Internet Protocol (IP)
792 Internet Control Message Protocol (ICMP)
793 Transmission Control Protocol (TCP)
826 Address Resolution Protocol (ARP)
854 Telnet Protocol (TELNET)
862 Echo Protocol (ECHO)
894 IP over Ethernet
950 Internet Standard Subnetting Procedure
959 File Transfer Protocol (FTP)
1001, 1002 NetBIOS Service Protocols
1009 Requirements for Internet Gateways
1034, 1035 Domain Name System (DNS)
1112 Internet Gateway Multicast Protocol (IGMP)
1157 Simple Network Management Protocol (SNMP)
1518 An Architecture for IP Address Allocation with CIDR
1519 Classless Inter-Domain Routing (CIDR): An Address Assignment and Aggregation Strategy
1541 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

A última RFC em agosto de 99 era a 2640 (www.ietf.org).

2.3 Comunicação por pilhas de protocolos

Na área das comunicações, um protocolo é um conjunto de regras ou convenções que governam a operação e o intercâmbio de informações entre dois sistemas computadorizados.

Tanto o modelo OSI como o TCP/IP (e também o SNA) funcionam através de pilhas de protocolos, formando assim diversos níveis, um utilizando os serviços do nível inferior, possuindo as seguintes vantagens:

- Sistema estruturado;
- Facilidade de entendimento e visualização;
- Permite a interconexão entre sistemas de diferentes fabricantes, desde que o padrão de cada nível seja aberto.

Devido a essas vantagens, os sistemas surgiram estruturados em níveis, e cada nível foi criado com os seguintes objetivos:

- Um nível deve ser criado sempre que uma nova forma de abstração é necessária;
- Cada nível deve executar uma tarefa bem definida;
- A tarefa de cada nível deve procurar se adaptar a protocolos já existentes;
- Os limites entre os níveis devem ser escolhidos de modo a minimizar o fluxo de informação entre eles.

Para tornar mais claro o conceito de independência entre níveis, pode-se imaginar a seguinte situação hipotética: um filósofo na Alemanha querendo se comunicar com outro filósofo na França. Para tradução das mensagens, cada um deles contrata um **tradutor**, que tem a função de converter as mensagens para uma linguagem padrão (inglês, por exemplo). Por sua vez, para enviar as palavras entre os dois países, cada tradutor contrata um **mensageiro**, que tem a função de entregar cada palavra da mensagem ao outro lado. Os mensageiros devem estabelecer um padrão para a comunicação, que pode ser telefone, carta, telegrama ou qualquer outro existente.

A comunicação descrita acima pode ser dividida em três níveis distintos:

Nível 3: criação das mensagens (assunto a filosofar).

Nível 2: tradução das mensagens (inglês);

Nível 1: comunicação entre mensageiros (telefone);

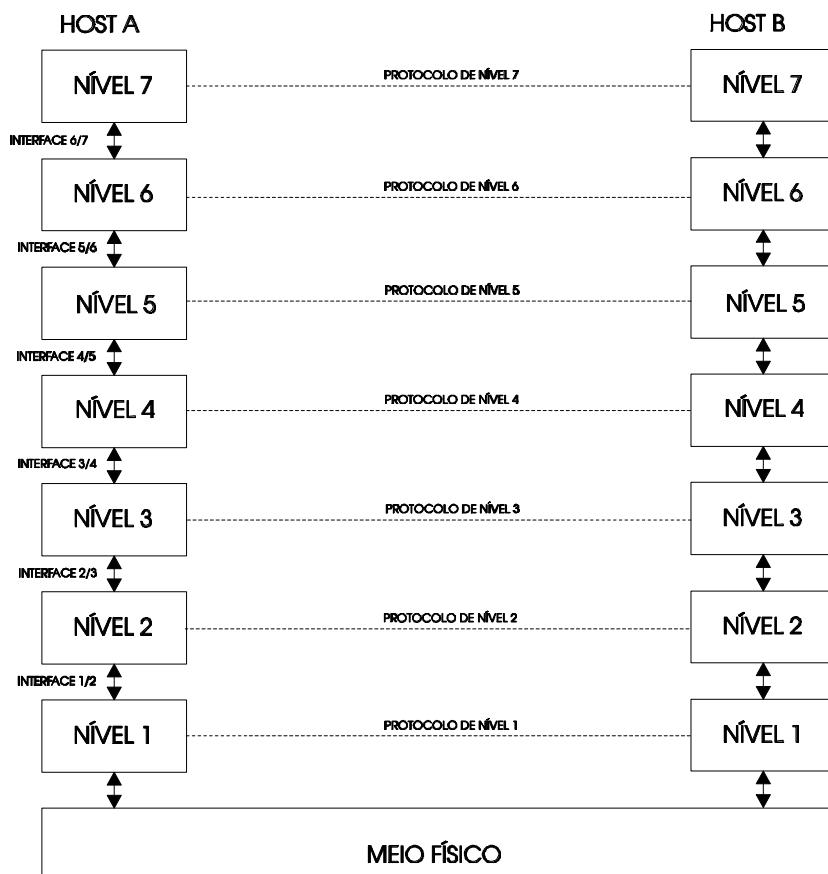
Esse exemplo tem a finalidade de esclarecer alguns pontos importantes da utilização de pilhas de protocolos. Cada nível é independente entre si, e não deve se preocupar com a função dos outros níveis, mas sim utilizar os serviços oferecidos pelo nível inferior e oferecer seus serviços ao nível superior. Assim, ao filósofo não interessa o padrão de linguagem utilizado pelo nível 2 (que poderia ser português ou japonês sem prejuízo para a comunicação correta), e aos tradutores não interessa a forma pela qual os mensageiros vão fazer a comunicação (que poderia ser qualquer outra forma, como telegrama ou rádio).

Tanto o modelo OSI como o modelo TCP/IP são estruturados em pilhas de protocolos. Alguns padrões de protocolos existentes atualmente foram criados pela ISO, como por exemplo o TP4 no nível de transporte e o X.400 (correio eletrônico) no nível de aplicação. Entretanto, alguns protocolos existentes foram criados antes do modelo OSI, não sendo definidos pela ISO, mas possuindo tarefas que se encaixam em certos níveis do modelo, como por exemplo a família de protocolos TCP/IP. Além disso, outros padrões surgem à medida que as redes vão se modificando, encaixando-se em determinados níveis do modelo.

Dessa forma, existem diversos padrões que, de uma forma ou de outra, são utilizados atualmente no mercado, criando uma grande confusão para comunicação entre máquinas heterogêneas. Cada fabricante vê-se forçado a possuir interfaces para diversos protocolos, visando disponibilizar seu equipamento para qualquer rede existente no mercado.

2.4 O modelo OSI

O modelo OSI é dividido em sete níveis, sendo que cada um deles possui uma função distinta no processo de comunicação entre dois sistemas abertos. A figura abaixo mostra os sete níveis do modelo OSI, que serão analisados a seguir, iniciando pelo nível mais próximo ao meio físico e terminando no nível mais próximo do usuário. Pode-se ver através da figura que cada nível possui um ou mais protocolos que realizam as funções específicas daquele nível, e esses protocolos são compatíveis entre as máquinas que estão se comunicando (*host A* e *host B*).



Entre cada nível existe uma interface. Essa interface permite que dois níveis quaisquer troquem informações. A interface também define quais primitivas, operações e serviços o nível inferior oferece ao imediatamente superior.

Cada nível é independente entre si e executa somente suas funções, sem se preocupar com as funções dos outros níveis. Assim, por exemplo, o nível 2 preocupa-se em fazer uma transmissão livre de erros, não importando se o nível físico esteja utilizando par trançado, cabo coaxial ou fibra ótica.

A seguir serão analisados os sete níveis do modelo OSI, bem como suas funções e exemplos referentes aos protocolos existentes para cada um deles.

2.4.1 Nível 1: físico

O nível físico tem a função de transmitir uma seqüência de bits através de um canal de comunicação. As funções típicas dos protocolos deste nível são para fazer com que um bit "1" transmitido por uma estação seja entendido pelo receptor como bit "1" e não como bit "0". Assim, este nível trabalha basicamente com as características mecânicas e elétricas do meio físico, como por exemplo:

- Número de volts que devem representar os níveis lógicos "1" e "0";
- Velocidade máxima da transmissão;
- Transmissão simplex, half-duplex ou full-duplex;
- Número de pinos do conector e utilidade de cada um;
- Diâmetro dos condutores.

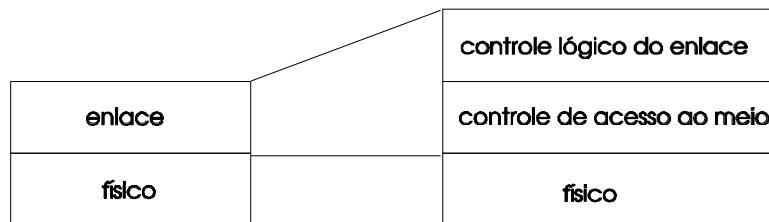
Os protocolos deste nível são os que realizam a codificação/decodificação de símbolos e caracteres em sinais elétricos lançados no meio físico, que fica logo abaixo dessa camada.

Exemplos de protocolos que se enquadram no nível físico do modelo OSI são: RS-232C, X.21 (para redes com transmissão digital), X.21bis (para redes com transmissão analógica), codificação Manchester, codificação Manchester Diferencial, SONET (*Synchronous Optical Network*), SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) e assim por diante.

2.4.2 Nível 2: enlace

O principal objetivo do nível de enlace é receber/transmitir uma seqüência de bits do/para o nível físico e transformá-los em uma linha que esteja livre de erros de transmissão, a fim de que essa informação seja utilizada pelo nível de rede.

O nível de enlace está dividido em dois sub-níveis: o superior é o controle lógico do enlace (LLC - *Logical Link Control*), e o inferior é o controle de acesso ao meio (MAC - *Medium Access Control*), como mostra a figura a seguir.



2.4.2.1 Subnível LLC

O protocolo LLC pode ser usado sobre todos os protocolos IEEE do subnível MAC, como por exemplo o IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.4 (Token Bus) e IEEE 802.5 (Token Ring). Ele oculta as diferenças entre os protocolos do subnível MAC.

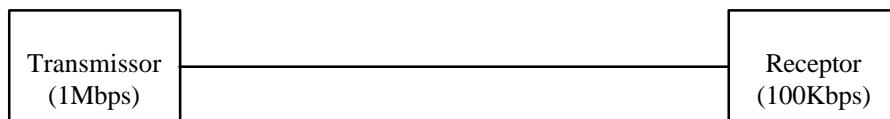
Usa-se o LLC quando é necessário controle de fluxo ou comunicação confiável. Ele oferece três opções de transmissão: serviço de datagrama não-confiável, serviço de datagrama com confirmação e serviço orientado à conexão confiável.

O LLC consegue isso dividindo a mensagem a transmitir em **quadros** com algumas centenas de *bytes* de dados e alguns *bytes* de controle (como CRC, por exemplo). Enquanto transmite seqüencialmente os quadros de dados, o transmissor deve tratar os quadros de reconhecimento (ACK), que são enviados pelo receptor a fim de indicar se a transmissão ocorreu com ou sem erros. Caso algum quadro não tenha chegado corretamente, o transmissor deve retransmiti-lo, e o receptor deve descartar o quadro errado.

Um ruído mais forte na linha pode destruir completamente um quadro. Nesse caso, os protocolos da camada de enlace devem retransmitir essa informação. Entretanto, múltiplas retransmissões do mesmo quadro podem fazer com que existam quadros duplicados. Um quadro duplicado pode acontecer se, por exemplo, o ACK do receptor foi destruído. É tarefa do LLC tratar e resolver problemas causados por quadros danificados, perdidos e duplicados. Existem várias classes de serviço neste nível, cada uma com seu fator de qualidade.

Outra função do nível de enlace LLC é controle de fluxo, ou seja, o controle de um transmissor rápido para que não inunde de dados um receptor mais lento. Algum mecanismo regulador de tráfego deve ser empregado para deixar o transmissor saber quanto espaço em *buffer* tem no receptor naquele momento. Freqüentemente, o controle de fluxo e de erro é integrado, simplificando o protocolo.

Para entender quando é necessário controle de fluxo, suponha um transmissor que pode enviar dados a 1Mbps, e um receptor que pode receber dados somente a 100Kbps, como mostra a figura a seguir. Evidentemente, algum controle deve haver para que o receptor não seja obrigado a descartar dados.



Outra complicação que deve ser tratada em nível de enlace é quando a linha for utilizada para transmitir tráfego em ambas direções (de A para B e de B para A). Normalmente, uma comunicação envolve a transmissão do pacote de dados e o ACK (*acknowledge*) enviado de volta pela estação receptora, indicando que os dados chegaram sem erros. Entretanto, o problema é que os quadros de ACK competem pelo meio físico da mesma forma que os quadros de dados, prejudicando o desempenho do sistema. Para eliminar esse problema, em alguns protocolos utiliza-se o conceito de *piggybacking*, onde os bits de ACK que devem ser enviados em resposta ao quadro de dados transmitidos pela estação A vêm junto com o quadro de dados que a estação B quer transmitir para a estação A.

Resumindo, as principais funções do nível de enlace são as seguintes:

- Entregar ao nível de rede os dados livres de erros de transmissão;
- Retransmissão de quadros errados;
- Controle de fluxo;

- Tratamento de quadros duplicados, perdidos e danificados.

2.4.2.2 Subnível MAC

O sub-nível MAC possui alguns protocolos importantes, como o IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.4 (Token Bus) e IEEE 802.5 (Token Ring).

O protocolo de nível superior pode usar ou não o subnível LLC, dependendo da confiabilidade esperada para esse nível. Em intranets se utiliza TCP/IP sobre MAC direto.

Esse subnível fica muito próximo ao nível físico, não existindo confirmações de mensagens (ACK) nem controle de fluxo. Caso a mensagem chegue errada no receptor (detectado através do CRC), ele simplesmente descarta o quadro.

As redes baseadas em TCP/IP que utilizam o Ethernet / Token Ring em nível 2 funcionam dessa forma, ou seja, se dá erro num pacote ele é descartado. As confirmações e verificações ficam para o nível mais alto (TCP). Essa é uma boa forma de reduzir overheads na rede, sem repetições e retransmissões a cada nível que a mensagem passa.

2.4.3 Nível 3: rede

O nível de rede tem a função de controlar a operação da rede de um modo geral. O principal aspecto é executar o roteamento dos pacotes entre fonte e destino, principalmente quando existem caminhos diferentes para conectar entre si dois nós da rede. Em redes de longa distância é comum que a mensagem chegue do nó fonte ao nó destino passando por diversos nós intermediários no meio do caminho, e é tarefa do nível de rede escolher o melhor caminho para essa mensagem.

A escolha da melhor rota pode ser baseada em tabelas estáticas, que são configuradas na criação da rede e são raramente modificadas, pode também ser determinada no início de cada conversação, ou ser altamente dinâmica, sendo determinada a cada novo pacote, a fim de refletir exatamente a carga da rede naquele instante. Na prática, os roteadores atualizam suas tabelas de roteamento de tempos em tempos (30 segundos, no RIP).

Se muitos pacotes estão sendo transmitidos através dos mesmos caminhos, eles vão diminuir o desempenho global da rede, formando gargalos. O controle de tais congestionamentos é tarefa da camada de rede.

Normalmente, a transmissão de mensagens em redes de longa distância é cobrada pela central pública que administra o serviço, e a contabilização é feita pela camada de rede, que deve contar o número de pacotes ou bytes que o usuário utilizou a fim de tarifar o sujeito.

Resumindo, as principais funções do nível de rede são as seguintes:

- Roteamento dos pacotes entre fonte e destino, mesmo que tenha que passar por diversos nós intermediários durante o percurso;

- Controle de congestionamento;
- Contabilização do número de pacotes ou bytes utilizados pelo usuário, para fins de tarifação;

Com relação às redes *broadcast* (do tipo Ethernet), onde a informação é escutada por todas outras estações, o roteamento não é necessário dentro da subrede, fazendo com que a camada de rede seja muito simples. Caso não seja tarefa da subrede, o pacote é enviado ao roteador default.

Exemplos de protocolos desse nível são o IPX, usado pelo Netware até a versão 5.0, o IP (*Internet Protocol*), que pertence à família de protocolos TCP/IP, e o PLP (*Packet Layer Protocol*), referenciado no modelo OSI e utilizado nas redes X.25.

A principal diferença entre o protocolo IP e o PLP é que a transmissão de dados no protocolo IP é orientada a datagramas (sem conexão), e no PLP é orientada à conexão (onde um caminho virtual é estabelecido antes de iniciar a comunicação propriamente dita).

Uma transmissão orientada a datagrama é menos confiável pois as mensagens não seguem um caminho pré-determinado entre fonte e destino, podendo tomar caminhos diferentes dependendo da decisão do roteador, que pode escolher diferentes rotas para enviar cada pedaço da mensagem. Assim, nesse tipo de transmissão, não é garantido que a mensagem chegue ao destino na mesma ordem que foi enviada, sendo uma tarefa das camadas superiores a sua remontagem na seqüência correta. Dessa forma, uma mensagem que foi transmitida e segmentada na seqüência 1, 2 e 3, pode chegar ao destino na ordem 2, 3 e 1. Pode-se associar a transmissão orientada à datagrama com o envio de uma mensagem por telegrama via correio. No corpo do telegrama constam todos os dados necessários para o carteiro encontrar o endereço destino, e se forem enviados vários telegramas, não se pode garantir qual deles chegará antes.

Na transmissão orientada à conexão, ao contrário, antes de se estabelecer a transmissão de dados propriamente dita, é criada uma rota através da qual todos os pacotes irão trafegar, dessa forma, a correta seqüência dos pacotes é garantida. Pode-se associar a transmissão orientada à conexão com uma ligação telefônica: antes de se estabelecer a comunicação entre origem e destino, é necessário a criação de uma conexão física através de chaves comutadoras da central pública, e, após estabelecida essa conexão, não é mais necessário o reforço do número discado até o término da conversação, onde a conexão é desfeita.

2.4.4 Nível 4: transporte

O nível de transporte inclui funções relacionadas com conexões entre a máquina fonte e máquina destino, segmentando os dados em unidades de tamanho apropriado para utilização pelo nível de rede.

Sob condições normais, o nível de transporte cria uma conexão distinta para cada conexão de transporte requisitada pelo nível superior. Se a conexão de transporte requisitada necessita uma alta taxa de transmissão de dados, este nível pode criar múltiplas conexões de rede, dividindo os dados através da rede para aumentar a

velocidade de transmissão. Por outro lado, se é caro manter uma conexão de rede, a camada de transporte pode multiplexar várias conexões de transporte na mesma conexão de rede, a fim de reduzir custos. Em ambos os casos, a camada de transporte deixa essa multiplexação transparente ao nível superior.

Existem várias classes de serviço que podem ser oferecidas ao nível superior, e, em última instância, aos usuários da rede. A mais popular é uma comunicação através de um canal ponto a ponto livre de erros, que envia as mensagens seqüencialmente, na mesma ordem que elas foram recebidas. Existem outras classes permitidas, como o envio de mensagens isoladas, sem garantia sobre a ordem da entrega, ou enviar mensagens para múltiplos destinos (mensagens *multicast*). Atualmente, está se popularizando uma classe de serviço que garante um atraso mínimo na transmissão e a variação máxima do atraso entre pacotes, viabilizando assim aplicações de voz e vídeo através da rede.

O nível de transporte é o primeiro que trabalha com conexões lógicas fim a fim, ou seja, um programa na máquina fonte conversa com um programa similar na máquina destino, diferentemente dos níveis anteriores, que conversavam somente com o nó vizinho. Vale ressaltar que a conexão criada pelo nível de transporte é uma conexão lógica, e os dados são transmitidos somente pelo meio físico, através do nível 1 do modelo. Assim, os dados devem descer nível a nível até atingir o nível 1, para então serem transmitidos à máquina remota.

Resumindo, as principais funções do nível de transporte são as seguintes:

- Criar conexões para cada requisição vinda do nível superior;
- Multiplexar as várias requisições vindas da camada superior em uma única conexão de rede;
- Dividir as mensagens em tamanhos menores, a fim de que possam ser tratadas pelo nível de rede;
- Estabelecer e terminar conexões através da rede.

Como exemplos de protocolos de nível de transporte da família TCP/IP temos o TCP (*Transfer Control Protocol*), orientado à conexão e mais confiável, e o UDP (*User Datagram Protocol*), orientado a datagrama e menos confiável. O protocolo especificado pela ISO nesse nível é o TP4.

2.4.5 Nível 5: sessão

A função do nível 5 do modelo OSI é administrar e sincronizar diálogos entre dois processos de aplicação. Este nível oferece dois tipos principais de diálogo: *half-duplex* e *full-duplex*.

Uma sessão permite transporte de dados de uma maneira mais refinada que o nível de transporte em determinadas aplicações. Uma sessão pode ser aberta entre duas estações a fim de permitir a um usuário se logar em um sistema remoto ou transferir um arquivo entre essas estações. Os protocolos desse nível tratam de sincronizações (checkpoints) na transferência de arquivos.

Um exemplo de protocolo que se enquadra neste nível é o RPC (*Remote Procedure Call*).

2.4.6 Nível 6: apresentação

A função do nível 6 é assegurar que a informação seja transmitida de tal forma que possa ser entendida e usada pelo receptor. Dessa forma, este nível pode modificar a sintaxe da mensagem, mas preservando sua semântica. Por exemplo, uma aplicação pode gerar uma mensagem em ASCII mesmo que a estação interlocutora utilize outra forma de codificação (como EBCDIC). A tradução entre os dois formatos é feita neste nível.

O nível de apresentação também é responsável por outros aspectos da representação dos dados, como criptografia e compressão de dados.

2.4.7 Nível 7: aplicação

O sétimo nível, o de aplicação, fornece ao usuário uma interface que permite acesso a diversos serviços de aplicação, convertendo as diferenças entre diferentes fabricantes para um denominador comum.

Por exemplo, em uma transferência de arquivos entre máquinas de diferentes fabricantes, podem haver convenções de nomes diferentes (DOS tem uma limitação de somente 8 caracteres para o nome de arquivo, UNIX não), formas diferentes de representar as linhas, e assim por diante. Transferir um arquivo entre os dois sistemas requer uma forma de trabalhar com essas incompatibilidades, e essa é a função do nível de aplicação.

O nível de aplicação sem dúvida nenhuma é o nível que possui o maior número de protocolos existentes, devido ao fato de estar mais perto do usuário, e os usuários possuírem necessidades diferentes. Algumas aplicações deste nível são transferência de arquivos, correio eletrônico e terminais virtuais, entre outras.

Exemplos de protocolos deste nível são o NFS (*Network File System*), o X.400, o SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), bases de dados distribuídas, telnet, FTP (*File Transfer Protocol*), SNMP (*Simple Network Management Protocol*), CMIP (*Common Management Information Protocol*), X.500 e assim por diante.

2.5 Modelo TCP/IP

O modelo TCP/IP é baseado em 4 níveis, o de Host/rede, o de Inter-rede, o de Transporte e o de Aplicação. Eles são vistos brevemente a seguir e com maiores detalhes adiante.

2.5.1 Host/rede

O modelo TCP/IP não especifica nada no nível de host/rede. Apenas diz que o host deve se conectar ao meio físico utilizando um protocolo, a fim de que seja possível

enviar pacotes IP. Este protocolo não é definido. O TCP/IP se baseia no uso de outros protocolos padrão para efetuar a conexão.

2.5.2 Inter-rede

A tarefa do nível inter-rede é fazer com que pacotes enviados em um ponto da rede cheguem ao seu destino, independente de falhas em partes da rede. É possível que os pacotes cheguem ao destino em ordem diferente que partiram, obrigando as camadas superiores a reorganizar tudo.

O protocolo definido nessa camada para o modelo TCP/IP é o protocolo IP, e o roteamento é de grande importância aqui.

2.5.3 Transporte

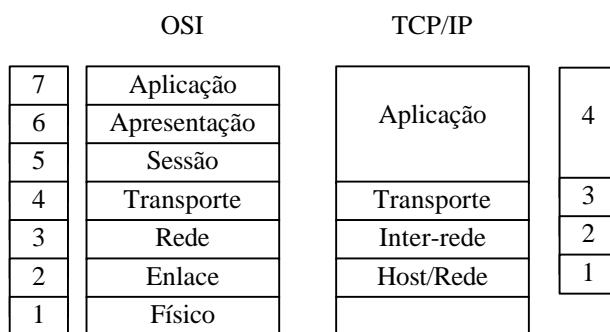
O nível de transporte tem como objetivo permitir que os hosts de origem e destino conversem independente da distância, da mesma forma que o nível 4 do modelo OSI.

2.5.4 Aplicação

A camada de aplicação contém os protocolos de alto nível, possuindo funções semelhantes às do nível de aplicação do modelo OSI.

2.6 Comparação entre OSI e TCP/IP

A figura a seguir mostra uma comparação entre o modelo de camadas OSI e o TCP/IP [TAN 96].



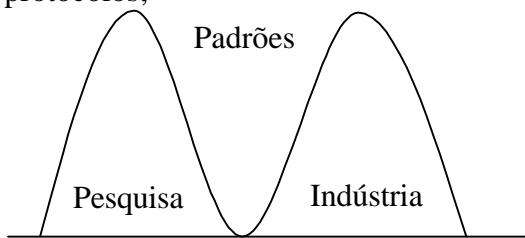
No modelo TCP/IP, não se representou os níveis 5 e 6, e na realidade eles não são muito usados atualmente.

A família de protocolos TCP/IP foi pioneira na utilização do conceito de níveis, formando uma arquitetura estruturada, racional e simples, fácil de modificar. Posteriormente, a ISO adotou esses conceitos para criar o modelo OSI.

2.7 Crítica aos modelos

A falta de adesão ao modelo OSI pode ser resumida nos quatro itens abaixo [TAN 96].

- **Momento Ruim:** apocalipse dos dois elefantes: pesquisa + padronização + investimento pela indústria. Quando os padrões OSI foram lançados, a indústria já tinha investido no TCP/IP, e não queria investir novamente em outra pilha de protocolos;



- **Tecnologia Ruim:** camada de sessão com pouco uso, e camada de apresentação quase vazia. Em oposição, as camadas de enlace e rede extremamente cheias, a ponto de ter que dividi-las em subcamadas (SNA da IBM possuía sete camadas...). Além disso, empilhando os padrões chega-se bem a meio metro de altura, sendo grandemente complexos para implementar. Em termos de controle de erros, eles reaparecem a cada camada, tornando ineficiente o sistema (o controle de erros deve aparecer sempre na camada mais alta, evitando-se repetições nas camadas inferiores).
- **Implementação Ruim:** Devido à complexidade do modelo, as implementações OSI vieram repletas de bugs, e o mercado começou a associar “OSI” com “baixa qualidade”.
- **Política Ruim:** TCP/IP ficou associado a Unix, sendo adorado no meio acadêmico de 1980. O OSI, entretanto, parecia um padrão a ser “enfiado goela abaixo” pelos burocratas europeus.

Quanto ao modelo TCP/IP, também existem problemas. Ele não consegue descrever outras pilhas de protocolos (só TCP/IP), e além disso coloca os níveis de enlace e físico na mesma camada (Host/Rede). Isso faz com que o modelo TCP/IP não seja o melhor para estruturar novas redes. Mais detalhes em [TAN 96], p. 49.

Está sugerido em [TAN 96] um modelo híbrido, com 5 camadas, que retira o excesso do modelo OSI e melhora o modelo TCP/IP, como mostra a figura a seguir.

Modelo híbrido

5	Aplicação
4	Transporte
3	Rede
2	Enlace
1	Físico

2.8 Exemplo prático de pilhas de protocolos

Uma empresa possui uma rede Ethernet que utiliza o *software* de rede Netware 3.11, da Novell (arquitetura cliente-servidor), com 1 servidor e 12 clientes, sendo que o servidor é um 486 DX 66MHz e os clientes são todos 386 DX 33 MHz. O meio físico utilizado é o par trançado, com um *hub* centralizando as estações na topologia estrela.

Nessa rede, quais os protocolos que estão sendo executados nos níveis 1, 2, 3,e 4 do modelo OSI?

Resposta: Todas as redes Ethernet (Netware, Lantastic, Banyan Vines, Windows NT, Windows 95, etc...), possuem compatibilidade nos níveis 1 e 2 do modelo OSI. Dessa forma, temos a seguinte situação:

Nível 1: codificação Manchester;

Nível 2: o nível de enlace é dividido em dois subníveis, e existe um protocolo para cada subnível. O subnível MAC utiliza o protocolo Ethernet (IEEE 802.3 ou Ethernet II), e o subnível LLC, quando utilizado, segue o protocolo definido na norma IEEE 802.2.

Para os níveis superiores, cada *software* de rede possui seus protocolos. No caso do Netware 3.11, o protocolo **IPX** se enquadra no nível 3 do modelo OSI e o protocolo **SPX** no nível 4. Caso essa rede utilize **TCP/IP**, o protocolo de nível 4 seria o **TCP** e o de nível 3 o **IP**. Se a rede utilizar W95 no ambiente de rede, também pode utilizar o NetBios.

Vale observar que o modelo OSI sugere o protocolo TP4 no nível 4 e referencia o protocolo PLP para o nível 3. Se todos os fabricantes utilizassem o protocolo sugerido pela ISO, haveria compatibilidade total entre as máquinas de qualquer fabricante. Entretanto, devido a questões de velocidade, histórico de cada empresa e simplicidade, entre outros motivos, existem hoje diversos protocolos diferentes no mercado, provocando as incompatibilidades atuais.

É importante ressaltar, também, que a ISO, através do modelo OSI, determina o seu protocolo para vários níveis do modelo, além de especificar a função de cada nível. Assim, o protocolo OSI para o nível 4 é o TP4, para o nível 7 é o X.400, o X.500, o CMIP e assim por diante. Porém, como existem diversos protocolos diferentes dos propostos pela ISO, procura-se enquadrar esses protocolos nos níveis do modelo de acordo com sua função, a fim de localizá-los melhor em relação ao modelo. Dessa forma, quando se diz que o protocolo SPX se enquadra no nível 4 do modelo OSI, não quer dizer que ele seja um protocolo proposto pela ISO, mas sim que ele executa funções que se encaixam no nível 4 do modelo OSI. O mesmo vale para a família de protocolos TCP/IP, que especifica vários protocolos que se encaixam em diversos níveis do modelo.

3. BIBLIOGRAFIA

- [ROE 95] ROESLER, Valter. **Teleprocessamento.** Apostila da disciplina de Comunicação de Dados, Unisinos, 1995.
- [TAN 97] TANENBAUM, Andrew C. Redes de Computadores - 3a edição. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1997.