

modelo de referência OSI

O modelo OSI (exceto o meio físico) é mostrado na Figura 1.20. Esse modelo se baseia em uma proposta desenvolvida pela ISO (International Standards Organization) como um primeiro passo em direção à **padronização internacional dos protocolos** empregados nas diversas camadas (Day e Zimmermann, 1983). Ele foi revisto em 1995 (Day, 1995). O modelo é chamado Modelo de Referência ISO OSI (Open Systems Interconnection), pois ele trata da interconexão de **sistemas abertos** — ou seja, sistemas que estão abertos à comunicação com outros sistemas. Para abreviar, vamos denominá-lo simplesmente modelo OSI.

O modelo OSI tem **sete camadas**. Veja a seguir um resumo dos princípios aplicados para se chegar às sete camadas.

Uma camada deve ser criada onde houver necessidade de outro grau de **abstração**.

Cada camada deve executar uma **função bem definida**.

A função de cada camada deve ser escolhida tendo em vista a **definição de protocolos padronizados** internacionalmente.

Os limites de camadas devem ser escolhidos para **minimizar o fluxo de informações pelas interfaces**.

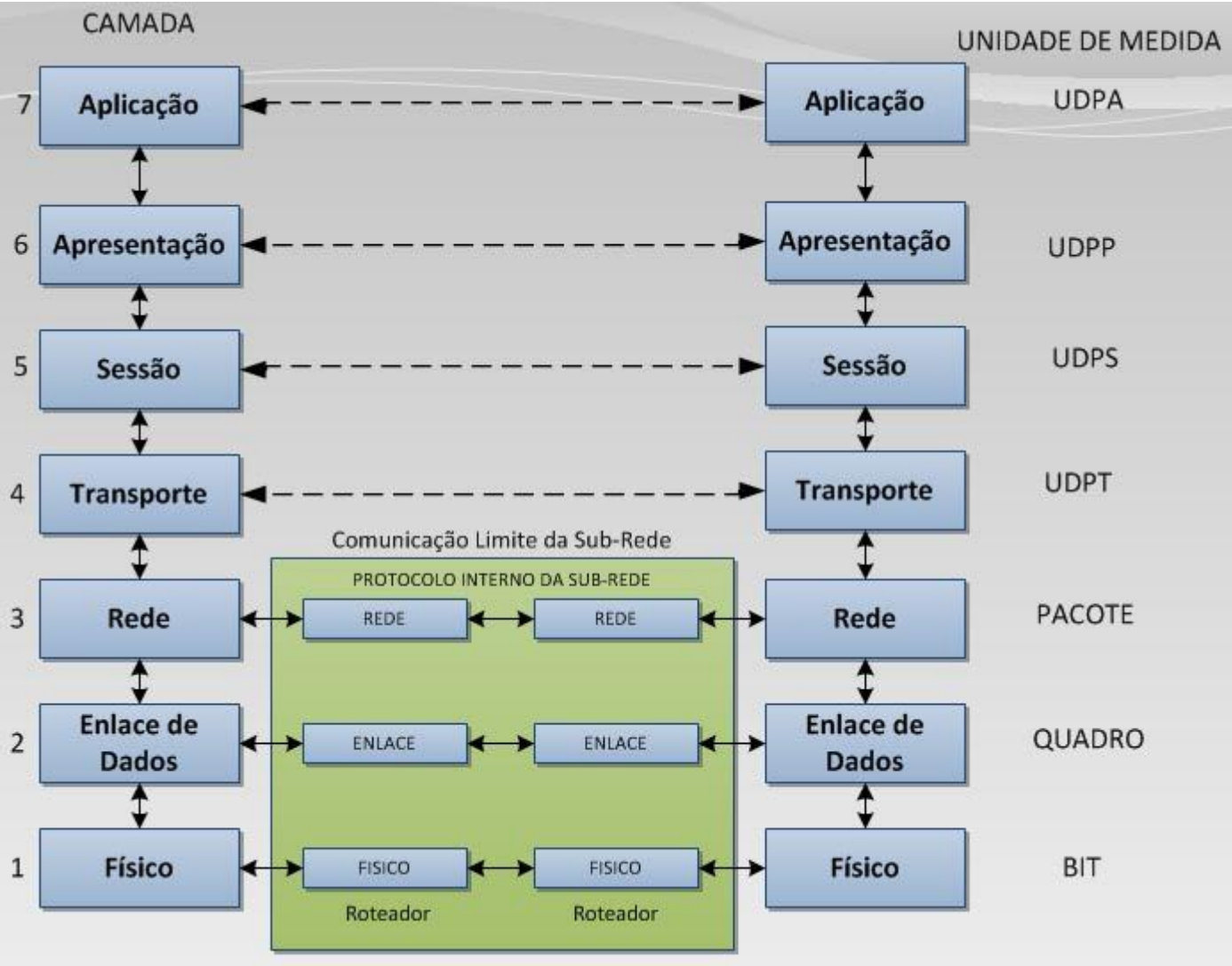
O número de camadas deve ser grande o bastante para que funções distintas não precisem ser desnecessariamente colocadas na mesma camada e pequeno o suficiente para que a arquitetura não se torne difícil de controlar.

Em seguida, discutiremos cada uma das camadas do modelo, começando pela camada inferior. Observe que o modelo OSI propriamente dito **não é uma arquitetura de rede**, pois **não especifica os serviços e os protocolos** exatos que devem ser usados em cada camada. Ele apenas **informa o que cada camada deve fazer**. No entanto, a ISO também produziu padrões para todas as camadas, embora esses padrões não façam parte do próprio modelo de referência. Cada um foi publicado como um padrão internacional distinto.

A camada física

A camada física trata da **transmissão de bits brutos por um canal de comunicação**. O projeto da rede deve garantir que, quando um lado enviar um bit 1, o outro lado o receberá como um bit 1, não como um bit 0. Nesse caso, as questões mais comuns são a **voltagem** a ser usada **para representar** um bit 1 e um bit 0, a quantidade de **nanossegundos** que um bit **deve durar**, o fato de a **transmissão** poder ser ou não realizada nos dois sentidos simultaneamente, a **forma** como a **conexão inicial** será estabelecida e de que maneira ela será **encerrada** quando ambos os lados tiverem terminado, e ainda **quantos pinos o conector de rede terá** e qual será a **finalidade** de cada pino. Nessa situação, as questões de projeto lidam em grande parte com interfaces mecânicas, elétricas e de sincronização, e com o meio físico de transmissão que se situa abaixo da camada física.

Figura 1.20. O modelo de referência OSI



A camada de enlace de dados

A principal tarefa da camada de enlace de dados é transformar um canal de transmissão bruta em uma linha que pareça **livre de erros de transmissão não detectados** para a camada de rede. Para executar essa tarefa, a camada de enlace de dados faz com que o transmissor divida os dados de entrada em quadros de dados (que, em geral, têm algumas centenas ou alguns milhares de bytes), e transmita os quadros sequencialmente. Se o serviço for confiável, o receptor confirmará a recepção correta de cada quadro, enviando de volta um quadro de confirmação.

Outra questão que surge na camada de enlace de dados (e na maioria das camadas mais altas) é como impedir que um **transmissor rápido envie uma quantidade excessiva de dados a um receptor lento**. Com frequência, é necessário algum mecanismo que regule o tráfego para informar ao transmissor quanto espaço o buffer do receptor tem no momento. Muitas vezes, esse **controle de fluxo e o tratamento de erros estão integrados**.

As redes de difusão têm uma questão adicional a ser resolvida na camada de enlace de dados: como **controlar o acesso ao canal compartilhado**. Uma subcamada especial da camada de enlace de dados, a subcamada de **controle de acesso ao meio**, cuida desse problema.

A camada de rede

A camada de rede controla a **operação da sub-rede**. Uma questão fundamental de projeto é determinar a maneira como os pacotes são **roteados** da origem até o destino. As rotas podem se basear em tabelas estáticas, "amarradas" à rede e raramente alteradas. Elas também podem ser determinadas no início de cada conversa  o; por exemplo, uma sessão de terminal (como um logon em uma máquina remota). Por fim, elas podem ser altamente dinâmicas, sendo determinadas para cada pacote, com o objetivo de refletir a carga atual da rede.

Se houver muitos pacotes na sub-rede ao mesmo tempo, eles dividirão o mesmo caminho, provocando gargalos. O **controle desse congestionamento** também pertence à camada de rede. De modo mais geral, a **qualidade do serviço** fornecido (retardo, tempo em trânsito, instabilidade etc.) também é uma questão da camada de rede. Quando um pacote tem de viajar de uma rede para outra até chegar a seu destino, podem surgir **muitos problemas**. O **endereçamento** utilizado pela segunda rede pode ser **diferente** do que é empregado pela primeira rede. Talvez a segunda rede não aceite o **pacote** devido a seu **tamanho excessivo**. Os **protocolos** podem ser **diferentes** e assim por diante. Cabe à camada de rede superar todos esses problemas, a fim de permitir que **redes heterog  neas sejam interconectadas**.

Nas redes de difusão, o problema de roteamento é simples, e assim a camada de rede com frequência    estreita, ou mesmo inexistente.

A camada de transporte

A fun  o básica da camada de transporte é **aceitar dados da camada acima** dela, dividi-los em unidades menores caso necessário, repassar essas unidades    camada de rede e assegurar que todos os **fragmentos chegarão corretamente**    outra extremidade. Além do mais, tudo isso deve ser feito com eficiência e

de forma que as camadas superiores fiquem **isoladas** das inevitáveis mudanças na tecnologia de hardware.

A camada de transporte também determina que **tipo de serviço** deve ser **fornecido à camada de sessão** e, em última análise, aos usuários da rede. O tipo de conexão de transporte mais popular é um **canal ponto a ponto livre de erros** que entrega mensagens ou bytes na ordem em que eles foram enviados. No entanto, outros tipos possíveis de serviço de transporte são as **mensagens isoladas** sem **nenhuma garantia relativa à ordem de entrega e à difusão** de mensagens para muitos destinos. O tipo de serviço é determinado quando a **conexão é estabelecida**. (Observe que é impossível conseguir um canal livre de erros; o que as pessoas realmente entendem por essa expressão é que a **taxa de erros é baixa** o suficiente para ser ignorada na prática.) A camada de transporte é uma verdadeira **camada fim a fim**, que liga a origem ao destino. Em outras palavras, um programa da máquina de origem mantém uma conversa com um programa semelhante instalado na máquina de destino, utilizando os cabeçalhos de mensagens e às mensagens de controle. Nas camadas inferiores, os protocolos são trocados entre cada uma das máquinas e seus vizinhos imediatos, e não entre as máquinas de origem e de destino, que podem estar separadas por muitos roteadores. A diferença entre as **camadas de 1 a 3**, que são **encadeadas**, e as **camadas de 4 a 7**, que são **camadas fim a fim**, é ilustrada na Figura 1.20.

A camada de sessão

A camada de sessão permite que os usuários de diferentes máquinas estabeleçam **sessões entre eles**. Uma sessão oferece **diversos serviços**, inclusive o **controle de diálogo** (mantendo o controle de quem deve transmitir em cada momento), o **gerenciamento de símbolos (impedindo** que duas partes tentem executar a **mesma operação crítica** ao mesmo tempo) e a **sincronização** (realizando a verificação periódica de transmissões longas para permitir que elas continuem a partir do ponto em que estavam ao ocorrer uma falha).

A camada de apresentação

Diferente das camadas mais baixas, que se preocupam principalmente com a movimentação de bits, a camada de apresentação está relacionada à **sintaxe e à semântica** das informações transmitidas. Para tornar possível a comunicação entre computadores com **diferentes representações de dados**, as estruturas de dados a serem intercambiadas podem ser definidas de maneira abstrata, juntamente com uma codificação padrão que será usada durante a conexão. A camada de apresentação **gerencia** essas **estruturas de dados abstratas** e **permite a definição** e o **intercâmbio de estruturas de dados de nível mais alto** (por exemplo, registros bancários).

A camada de aplicação

A camada de aplicação contém uma série de **protocolos** comumente necessários para os usuários. Um protocolo de aplicação amplamente utilizado é o **HTTP** (HyperText Transfer Protocol), que constitui a base para a World Wide Web. Quando um navegador deseja uma página da Web, ele envia o nome da

página desejada ao servidor, utilizando o HTTP. Então, o servidor transmite a página de volta. Outros protocolos de aplicação são usados para **transferências de arquivos, correio eletrônico e transmissão de notícias pela rede**.

INTERCONEXÃO DE REDES

1. Iniciando o projeto

Seria possível desenvolver um projeto de interconexão de redes sem utilizar uma metodologia de desenvolvimento e tecnologia adequada? Em princípio, a resposta para esta questão seria que é possível sim. Entretanto, o resultado obtido, em termos de eficiência, qualidade e produtividade certamente estaria abaixo do esperado pelos usuários dessa rede. Um projeto como este pode estar condenado ao fracasso mesmo antes de ser iniciado se não resultar em vantagens e melhorias práticas para os usuários a que se destina. Afinal, os usuários da rede esperam de um projeto soluções definitivas e econômicas para seus problemas e não apenas paliativos.

A qualidade e eficiência de uma rede têm relação direta com o seu projeto, com as operações realizadas entre suas estações, com sua confiabilidade e seu custo operacional. Desta maneira, o projeto de interconexão de redes requer selecionar tecnologias e escolher as configurações que atendam tanto os aspectos técnicos quanto os requisitos de seus usuários. Para tanto, é possível abordar tal projeto de diversas formas, mas a maioria dos projetos bem sucedidos obedece algumas diretrizes fundamentais.

Para ser considerado eficiente, um projeto precisa satisfazer diversos requisitos, desde funcionalidades operacionais até a performance dos sistemas e equipamentos destinados aos usuários. Neste caso, o papel do projetista é elaborar uma estrutura eficiente, baseada em uma metodologia de trabalho e utilizando técnicas e ferramentas adequadas.

2. Definindo metas

Uma interconexão de redes pode ser definida como duas ou mais redes locais (LAN's) interconectadas por um ou mais dispositivos da camada de rede (camada 3 do modelo OSI). Essa interconexão pode estar restrita a uma edificação, a um campus ou mesmo ter âmbito mundial (Birkner, 2003).

O primeiro passo para o projeto de interconexão é estabelecer e documentar as metas do projeto. Essas metas variam conforme a organização envolvida ou situação particular dos usuários. Entretanto, alguns requisitos básicos têm presença garantida em um bom projeto de redes:

Escalabilidade – A rede deve ser capaz de crescer junto com a organização e o projeto inicial deve garantir este crescimento, ou seja, a rede pode ser redimensionada no futuro ainda que uma expansão não seja necessária na atualidade;

Funcionalidade – A rede deve permitir aos usuários plena satisfação de suas necessidades, proporcionando uma disponibilidade de aplicação fim a fim em algum nível específico de serviço;

Adaptabilidade – A rede deve suportar as tecnologias atuais e futuras e não deve possuir nenhum componente que possa limitar a utilização de novas tecnologias disponíveis;

Gerenciamento – O projeto deve permitir facilidade de monitoramento e gerenciamento da rede para garantir a operação contínua do sistema e disponibilidade de recursos;

Custos – O retorno em benefícios proporcionado pela rede deve ser quantificado, devendo pagar ou superar o investimento feito no projeto. O custo de implementação do projeto de rede deve estar dentro do orçamento estabelecido.

Muitas vezes a razão para um retorno negativo após a conclusão de uma melhoria na rede está em uma falha ocorrida no início do projeto, no momento de se fazer três estimativas importantes: o custo para a implantação, os benefícios a serem alcançados e os recursos disponíveis.

Para que um projeto de interconexão seja viável (e econômico), ele deve prover benefícios que excedam os custos e não deve vincular custos que excedam os recursos disponíveis. Por exemplo, o custo de uma rede pode ser dividido entre o custo das estações de processamento (computadores, servidores, etc), o custo das interfaces com o meio de comunicação e o custo do próprio meio de comunicação. Do custo das conexões e interfaces dependerá muito o desempenho que se espera da rede. Redes de baixo a médio desempenho usualmente empregam poucas estações com um baixo throughput (a quantidade de dados transmitida em uma unidade de tempo). Com isso, as interfaces e conexões normalmente são de baixo custo devido às suas limitações e aplicações. Redes de alto desempenho (alto throughput) requerem interfaces e conexões de custos mais elevados devido em grande parte aos protocolos de comunicação utilizados e ao meio de comunicação que exige uma maior eficiência no controle de erros.

3. Metodologias de projeto

Podemos definir um projeto como um trabalho não repetitivo e temporário caracterizado por uma seqüência clara e lógica de eventos, tendo como finalidade produzir um bem com características próprias que o diferenciam de outros que, eventualmente, já existam, sendo conduzido por pessoas, dentro de parâmetros de tempo, custo, recursos e qualidade. Consequentemente, os procedimentos para a execução de um projeto de interconexão de redes requerem um trabalho sistematizado, a partir de uma visão estratégica e objetiva da realidade dos usuários, assim como a organização e coordenação das ações a serem desencadeadas para sua correta execução.

Utilizar uma metodologia de projeto de interconexão é estabelecer um processo sistemático de criação de redes que tem seu foco nas metas técnicas, nos trade-offs (ajustes de custos) técnicos e comerciais, nos aplicativos e na finalidade do negócio do usuário. A metodologia deve dar ênfase ao planejamento antes da execução, permitindo analisar as metas globais e depois adaptar a estrutura de rede proposta à medida que obtém mais detalhes sobre necessidades específicas dos seus usuários.

Para um projeto de interconexão de redes podemos usar uma metodologia simples que envolve inicialmente o projeto da topologia da rede e estrutura de nomes e endereçamento que serão adotados. Os passos seguintes envolvem a especificação do hardware necessário, a seleção dos protocolos de enlace, comutação e roteamento, as estratégias para monitoração, segurança e gerenciamento da rede, conforme ilustrado na Figura 1.

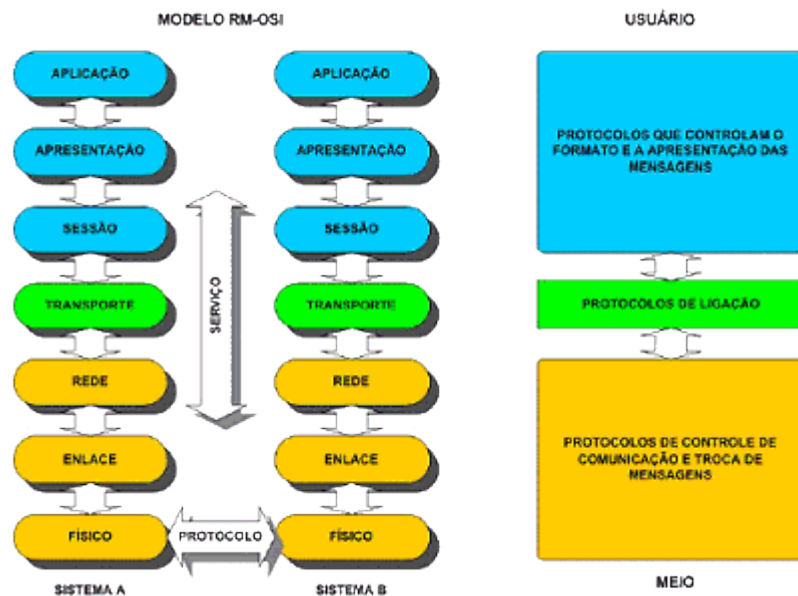


Figura 1 – Fluxograma de metodologia para uso em projeto de redes

4. Análise de requisitos

A implantação de um tipo particular de topologia de rede para dar suporte a um dado conjunto de aplicações não é uma tarefa muito simples. Cada arquitetura possui características que afetam sua adequação a uma aplicação particular. Nenhuma solução pode ser classificada como definitiva quando analisada em um contexto geral. Muitos requisitos devem ser observados individual e cuidadosamente, o que torna qualquer comparação bastante difícil e complexa. Em muitos casos deve-se dar preferência por soluções modulares.

A modularidade de uma rede pode ser caracterizada como o grau de alteração de desempenho e funcionalidade que a rede pode sofrer com alterações no seu projeto original. Entre os benefícios que as arquiteturas modulares podem oferecer estão as facilidades para modificações das funções lógicas ou de elementos de hardware. Estes podem ser substituídos independentemente da sua relação com demais. Além disso, um sistema modular oferece a facilidade para crescimento no que diz respeito às configurações, permitindo melhorias de desempenho e funcionalidade e um baixo custo para ampliações.

Na metodologia de projeto de interconexão de redes, a análise de requisitos envolve identificar as necessidades do usuário e os requisitos técnicos da rede. Esta análise de necessidades inclui não só o negócio da corporação, como também um detalhamento dos procedimentos e custos exigidos para atualizar a rede de modo que ela atenda as necessidades de seus usuários.

Segundo Pinheiro (2003):

Uma rede bem dimensionada é caracterizada pela sua capacidade de suportar todas as aplicações para as quais foi projetada inicialmente, bem como aquelas que futuramente possam surgir. Não deve ser vulnerável à tecnologia, ou seja, seu projeto deve prever a utilização de novos recursos, sejam novas estações, novos padrões de transmissão, novas tecnologias, etc.

5. Projeto da topologia de interconexão

A próxima etapa do projeto é desenvolver a topologia da rede, o que significa, na maioria das vezes, utilizarmos um modelo hierárquico onde a rede é dividida em três camadas: núcleo (core), distribuição (distribution) e acesso (access). Cada camada tem sua própria função e descreve um conjunto de funcionalidades distintas executadas em cada uma, bem como a topologia de rede associada.

Em outras palavras, uma rede hierárquica é composta por camadas de função, onde em cada uma temos equipamentos dedicados a uma tarefa específica, com funções distintas em camadas distintas e funções comuns dentro de uma mesma camada, conforme ilustrado na Figura 2.

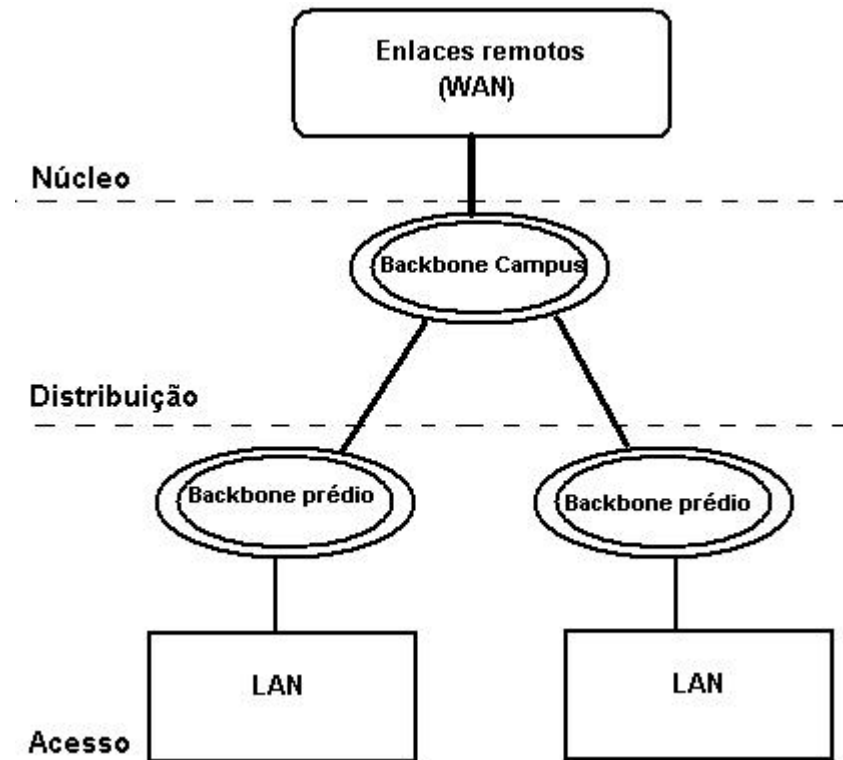


Figura 2 – Modelo hierárquico de três camadas

5.1. Camada de núcleo

Neste modelo, a camada de núcleo (core) fornece os enlaces remotos entre redes geograficamente distantes (WAN's). Neste caso, os serviços (Frame Relay, ATM, MPLS, etc) são contratados de operadoras de serviços de telecomunicações.

A função da camada de núcleo é bem simples: permitir o tráfego entre as demais camadas (distribuição e acesso), preferencialmente da forma mais rápida possível. Os links nesta camada devem ser dimensionados de forma a passar todo o tráfego das camadas superiores, porém, sem gargalos. Sugere-se que os equipamentos utilizados na camada de núcleo sejam iguais ou superiores aos equipamentos posicionados na camada de distribuição.

5.2. Camada de distribuição

Na camada de distribuição temos os serviços de rede comuns a várias LAN's dentro do ambiente de um campus. Nesta camada encontramos a rede backbone de campus baseada em protocolos como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, entre outros. É na camada de distribuição das redes corporativas em geral que encontramos os servidores de e-mail, proxy, firewall, DMZ, entre outros.

Nesta camada temos os equipamentos que ligam a camada de acesso ao núcleo da rede. As opções de equipamentos neste nível incluem o uso de switches, switches multilayer (L3 switch) ou roteadores. É recomendável utilizar nesta camada um switch multilayer ou roteador mais robusto do que os equipamentos presentes na camada de acesso. Densidade de portas não é um problema para os equipamentos nesta camada, bastando que cada switch apresente portas em número suficiente para garantir a conexão na camada de acesso, bem como a redundância das rotas principais.

Como a camada de distribuição também é responsável pelo roteamento (routing) entre as camadas de acesso neste modelo de projeto, é possível configurar filtros de pacotes, QoS, e outros recursos para um gerenciamento mais eficiente do tráfego da rede.

5.3. Camada de acesso

Na camada de acesso encontramos uma LAN ou grupo de LAN's, que fornece aos usuários o acesso aos serviços disponibilizados na rede. É nesta camada onde estão concentradas as estações de trabalho e também onde temos a alta densidade de portas. Com a utilização de switches, temos a chamada micro-segmentação, onde cada porta de um switch consistirá em um domínio de colisão dedicado. Múltiplos domínios de colisão oferecem um desempenho infinitamente superior quando comparados a um único domínio de colisão. Os switches de camada de acesso devem ser projetados de acordo com o volume de tráfego, tipos de aplicação e quantidade de estações conectadas (o chamado port density).

É importante salientar que nem sempre um projeto de interconexão exige equipamentos dedicados para cada camada. Em redes menores é possível disponibilizar ou consolidar duas camadas em um único equipamento. Por exemplo, existem situações em que combinar as camadas de distribuição e núcleo em um único equipamento (ou dois equipamentos, na mesma camada) é uma solução bastante viável técnica e economicamente. De qualquer forma devem-se sempre verificar os requerimentos dos equipamentos, estimativas de tráfego por aplicação, entre outros parâmetros.

6. Modelos para endereçamento e nomenclatura da rede

A etapa seguinte do projeto de interconexão envolve a elaboração de um esquema de endereçamento por meio de atribuição de blocos de endereços para os segmentos da rede, objetivando simplificar a administração dos endereços e possibilitar uma interconexão mais escalável. Um esquema de nomes também deve ser adotado de maneira sistêmica, com prefixos comuns utilizados para nomear os componentes de uma organização. Essa convenção de nomes torna a rede mais escalável e fácil de ser gerenciada. Consequentemente, a alocação cuidadosa de nomes e endereços em um projeto hierárquico também pode resultar em tabelas de roteamento mais simples e eficazes.

7. Seleção do hardware

Esta etapa do projeto de interconexão envolve a documentação fornecida pelos fabricantes para selecionar os componentes de hardware mais adequados para a infra-estrutura da LAN e WAN. Os dispositivos de LAN incluem roteadores, comutadores, switches, sistema de cabeamento e conexão de backbone e outros mais. Já os dispositivos de WAN incluem modems, servidores de acesso remoto, concentradores, entre outros.

Este processo de seleção envolve considerações a respeito das funções e recursos disponibilizados em cada dispositivo em particular, inclusive suas capacidades de expansão e gerenciamento. Obviamente que o custo de aquisição do equipamento também deve fazer parte do processo de decisão.

8. Seleção de Protocolos

A seleção dos protocolos de comutação, roteamento e de enlace que serão utilizados no projeto de interconexão está diretamente relacionada aos aplicativos em uso pelos usuários e dispositivos encontrados na rede. Neste momento, considerações sobre os tipos de protocolos usados são críticas e compreender o funcionamento dos outros recursos que fornecem suporte para a segurança e monitoramento global dos serviços pode garantir um planejamento mais eficaz do uso das plataformas de gerenciamento da rede.

9. Estratégias de monitoração, segurança e gerenciamento

O último passo na metodologia é colocar a rede em produção, ou seja, torná-la operacional. Neste momento, um ponto muito importante que deve ser observado na interconexão de redes é a facilidade de uso e manutenção dos recursos disponibilizados, tanto para os usuários quanto para seus administradores.

A rede deve possuir um conjunto básico de componentes e ferramentas capazes de oferecer os serviços necessários com qualidade para seus usuários, mas também facilidades para viabilizar a adição de novos equipamentos e manutenção do sistema como um todo para os seus administradores. O ideal é criar um modelo de rede em um ambiente de testes para visualizar o impacto das alterações de configuração propostas antes delas serem efetuadas nas comunidades de usuários do sistema.

Outro ponto importante é a necessidade de se obter continuamente informações operacionais da rede para que o planejamento de aplicações que demandam maior largura de banda possa ocorrer sem maiores impactos. Neste caso, há uma variedade de ferramentas de SNMP e RMON disponíveis que permitem um gerenciamento de rede proativo.

10. Documentação do projeto

A etapa final de um projeto de interconexão de redes envolve a elaboração da documentação, que inclui a descrição dos requisitos dos usuários e explica como o projeto atende a esses requisitos. Também se documentam a rede existente, a estrutura lógica e física, o orçamento e despesas associadas com o projeto.

A criação de uma rede bem documentada também oferece um formulário de referência que o cliente poderá usar em treinamento, solução de problemas e atualização da rede depois que você for embora (DiMarzio, 2001). A documentação pode abranger a execução de diagramas lógicos e topologia, plantas de arquitetura refletindo o esquema de infra-estrutura implantado, tabelas de identificação e conexão de segmentos, tabelas de caracterização de estações e/ou qualquer outro tipo de documentação técnica pertinente.

De acordo com Oppenheimer (1999):

Também é importante que um documento de projeto contenha planos para implementar a rede, medir o sucesso da implementação e desenvolver o projeto de rede à medida que surgirem novos requisitos de aplicativos. O trabalho do projetista de rede nunca termina. O processo de analisar requisitos e desenvolver soluções de projeto começa novamente assim que um projeto é implementado.

11. Conclusão

Independente do tamanho e do grau de complexidade, o objetivo básico de um projeto de interconexão de redes é garantir que todos os recursos sejam compartilhados rapidamente, com segurança e de forma confiável. Para tanto, a rede deve possuir regras básicas e mecanismos capazes de garantir o transporte seguro das informações entre os seus elementos constituintes.

Para que o projeto seja bem sucedido, o resultado do trabalho não deve apresentar apenas qualidade técnica. Os ingredientes necessários para um projeto de qualidade incluem persistência, objetivos claros sobre o que se deseja alcançar, planejamento para execução de todas as etapas envolvidas, consenso entre os participantes do projeto e um cronograma realista para a execução de todas as atividades relacionadas.

Também é importante que a metodologia de projeto selecionada não seja rígida a ponto de inibir a criatividade e a busca por novas soluções. Ela deve ser flexível, dinâmica e estar sempre aberta para acompanhar a evolução dos sistemas de informação. Entretanto, qualquer metodologia tende a se tornar ineficiente sem um bom plano de execução e manutenção que a acompanhe. Para isto, existem programas de qualidade que têm como objetivos racionalizar os processos, desenvolver padrões e direcionar a organização em busca da excelência almejada.

12. Referências Bibliográficas

Birkner, Matthew H, Projeto de Interconexão de Redes – Cisco Internetworking Design – CID; tradução de Fábio Fonseca de Melo. Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2003.

DiMARZIO, J F, Projeto e Arquitetura de Redes: um guia de campo para profissionais de TI. Editora Campus, Rio de Janeiro, 2001.

OPPENHEIMER, PRISCILA, Projeto de Redes Top-down; tradução de Vandenberg Dantas de Souza. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1999.