

Este tutorial apresenta os conceitos básicos e características das Redes SDH.

(Versão revista e atualizada do tutorial original publicado em 15/09/2003)



Huber Bernal Filho

Engenheiro de Teleco (MAUÁ 79), tendo atuado nas áreas de Redes de Dados e Multisserviços, Sistemas Celulares e Sistemas de Supervisão e Controle.

Ocupou posições de liderança na Pegasus Telecom (Gerente - Planejamento de Redes), na Compaq (Consultor - Sistemas Antifraude) e na Atech (Coordenador - Projeto Sivam). Atuou também na área de Sistemas de Supervisão e Controle como coordenador de projetos em empresas líderes desse mercado.

Tem vasta experiência internacional, tendo trabalhado em projetos de Teleco nos EUA e de Sistemas de Supervisão e Controle na Suécia.

Atualmente dedica-se à Teleco e à prestação de serviços de consultoria em telecomunicações.

Email: hbernal@teleco.com.br

Categoria: Sistemas de Transmissão

Nível: Introdutório

Enfoque: Técnico

Duração: 20 minutos

Publicado em: 05/07/2009

Rede SDH é o conjunto de equipamentos e meios físicos de transmissão que compõem um sistema digital síncrono de transporte de informações. Este sistema tem o objetivo de fornecer uma infra-estrutura básica para redes de dados e voz, e atualmente é utilizado em muitas empresas que prestam serviços de Telecomunicações, públicos e privados, em todo o mundo.

As tecnologias SDH (Synchronous Digital Hierarchy) são utilizadas para multiplexação TDM com altas taxas de bits, tendo a fibra óptica como meio físico preferencial de transmissão. Entretanto, possui ainda interfaces elétricas que permitem o uso de outros meios físicos de transmissão, tais como enlaces de rádios digitais e sistemas ópticos de visada direta, que utilizam feixes de luz infravermelha.

Sua elevada flexibilidade para transportar diferentes tipos de hierarquias digitais permite oferecer interfaces compatíveis com o padrão PDH europeu (nas taxas de 2 Mbit/s, 8 Mbit/s, 34 Mbit/s e 140 Mbit/s) e americano (nas taxas de 1,5 Mbit/s, 6 Mbit/s e 45 Mbit/s), além do próprio SDH (nas taxas de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 2,5 Gbit/s e 10 Gbit/s).

A tecnologia SDH permite ainda implementar mecanismos variados de proteção nos equipamentos e na própria rede, oferecendo serviços com alta disponibilidade e efetiva segurança no transporte de informações.

Histórico

Os primeiros sistemas de transmissão baseados em fibra óptica utilizados nas redes de telefonia pública utilizavam tecnologias proprietárias na sua arquitetura, nos formatos de multiplexação, no software e no hardware, e tinha procedimentos de manutenção diferenciados. Os usuários desses equipamentos solicitaram ao mercado fornecedor que desenvolvesse uma padronização de tecnologias e equipamentos de forma a possibilitar a utilização de equipamentos de diferentes fornecedores numa mesma rede.

A tarefa de criar tais padrões começou em 1984, junto com outras frentes de trabalho para outras tecnologias, e ficou inicialmente a cargo da ECSA - EUA (Exchange Carriers Standards Association). A ECSA desenvolveu o padrão SONET (Synchronous Optical Network), que foi adotado, entre outros países, nos EUA.

Após algum tempo o ITU-T - Europa (antigo CCITT) envolveu-se no trabalho para que um único padrão internacional pudesse ser desenvolvido para criar um sistema que possibilitasse que as redes de telefonia de países distintas pudessem ser interligadas. O resultado desse trabalho foi o conjunto de padrões e recomendações conhecido como SDH (Synchronous Digital Hierarchy), ou Hierarquia Digital Síncrona.

O desenvolvimento do SDH levou a um ajuste no padrão SONET para que os frames do 2 sistemas pudessem ser compatíveis tanto em tamanho como em taxa de bits, de forma que se pudessem interligar a redes do 2 padrões sem problemas de interface.

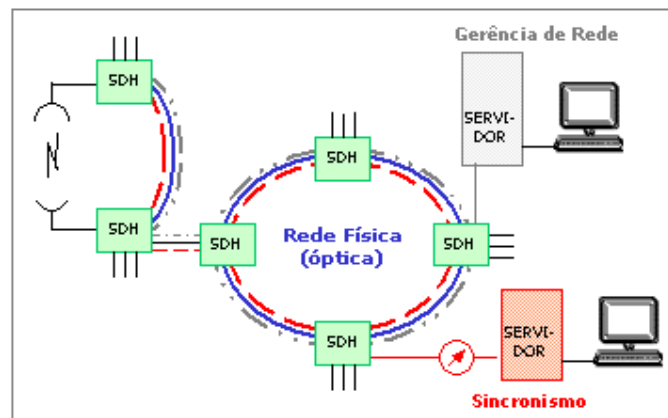
A tabela a seguir mostra a relação entre os sinais SONET e SDH.

SONET	Taxa de Bits (kbit/s)	SDH
STS1, OC1	51 840	STM0
STS3, OC3	155 520	STM1
STS12, OC12	622 080	STM4
STS48, OC48	2 488 320	STM16
STS192, OC192	9 953 280	STM64

Rede SDH

Uma rede SDH é composta por:

- Rede Física: é o meio de transmissão que interliga os equipamentos SDH. Pode ser composta por: cabos de fibra óptica, enlaces de rádio e sistemas ópticos de visada direta baseados em feixes de luz infravermelha.
- Equipamentos: são os multiplexadores SDH de diversas capacidades que executam o transporte de informações.
- Sistema de Gerência: é o sistema responsável pelo gerenciamento da rede SDH, contendo as funcionalidades de supervisão e controle da rede, e de configuração de equipamentos e provisionamento de facilidades.
- Sistema de Sincronismo: é o sistema responsável pelo fornecimento das referências de relógio para os equipamentos da rede SDH, e que garante a propagação desse sinal por toda a rede.
- A figura a seguir apresenta um exemplo de rede SDH.



Vantagens e Restrições

As redes SDH oferecem vários benefícios, quando comparada com outras tecnologias:

- O cabeçalho complexo existente no frame SDH permite a gerência (administração, operação e manutenção) centralizada da rede;
- A arquitetura de multiplexação síncrona e a padronização tanto em nível de equipamentos como de interfaces, permite o crescimento para níveis mais altos de multiplexação e taxas de bits;
- A estrutura de multiplexação é flexível, permitindo o transporte de sinais PDH (e até mesmo de células ATM) e o acesso aos tributários de qualquer hierarquia num único equipamento;
- A forte padronização do SDH permite maior compatibilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes, tanto através de interfaces elétricas como ópticas;

- Os equipamentos possuem mecanismos que permitem implementar procedimentos de proteção tanto nas interfaces de tributários como na rede, facilitando a formação de redes em anel ou malha.
- Entretanto, a tecnologia SDH apresenta ainda as seguintes desvantagens:
- O projeto, instalação e operação da rede SDH é complexo e deve ser feito com um planejamento criterioso e detalhado;
- Apesar da forte padronização de equipamentos e da tecnologia SDH, a padronização dos sistemas de gerência de rede ainda não é um fato, impedindo que equipamentos de fabricantes diferentes possam ser gerenciados por um sistema único.

A hierarquia SDH foi concebida para uma arquitetura de multiplexação síncrona. Cada canal opera com um relógio sincronizado com os relógios dos outros canais, e é sincronizado com o equipamento multiplex através de um processo de justificação de bit e encapsulamento da informação (contêiner).

A esse contêiner é adicionado um cabeçalho (POH), que o caracteriza e indica sua localização no frame, e forma-se então um contêiner virtual (VC - Virtual Container) para cada canal.

O SDH pode transportar também os diferentes tipos de sinais PDH, através do frame padronizado denominado STM-N (Synchronous Transport Module), utilizado tanto para sinais elétricos como para sinais ópticos. Atualmente o padrão SDH utiliza frames STM-N com as seguintes taxas de bits: 155520 Mbit/s (STM-1 elétrico ou óptico), 622080 Mbit/s (STM-4 óptico), 2488320 Mbit/s ou 2,5 Gbit/s (STM-16 óptico) e 9953280 Mbit/s ou 10 Gbit/s (STM-64 óptico).

Os diversos canais multiplexados (VC's) normalmente são chamados de tributários, e os sinais de transporte gerados (STM-N) são chamados de agregados ou sinais de linha.

Os itens a seguir detalham as características mais relevantes da tecnologia SDH.

Sincronismo

As redes SDH formam um sistema síncrono onde todos os relógios de seus equipamentos têm, em média, a mesma frequência. O relógio de cada equipamento, chamado de relógio secundário ou escravo, pode ser rastreado até o relógio principal da rede, chamado também de mestre, garantindo a distribuição e qualidade do sinal de sincronismo.

A manutenção de uma boa referência de relógio permite que os sinais STM-1 mantenham sua taxa de 155 Mbit/s estável, e que vários sinais STM-1 síncronos possam ser multiplexados sem a necessidade de inserção de bits, sendo facilmente acessados em sinais STM-N de maior taxa de bits.

Também os sinais síncronos de menores taxas de bits, encapsulados nos VC's, podem ser multiplexados sem a necessidade de inserção de bits para compor os sinais STM-1, e podem ser facilmente acessados e recuperados.

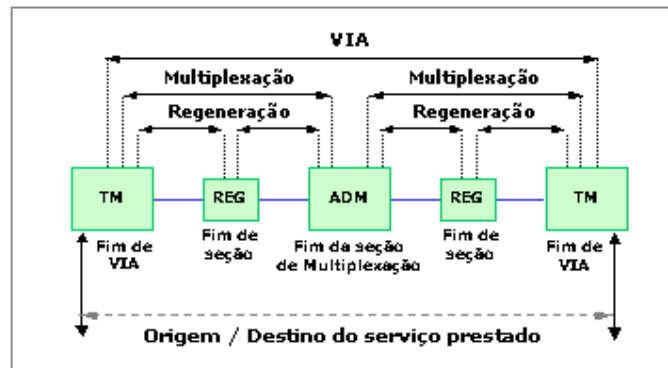
O uso de ponteiros em conjunto com buffers permite acomodar as eventuais diferenças de fase e frequência dos canais durante o processo de multiplexação. Os ponteiros possuem campos específicos para armazenar os bits ou bytes em excesso ou para indicar a falta destes durante o processo de sincronização (justificação). Os buffers permitem que esse processo ocorra sem a perda de informação armazenando e mantendo o sinal original.

Desta forma, é extremamente importante a qualidade e a manutenção do sinal de sincronismo para o sucesso da rede e dos serviços prestados a partir dela. O tutorial do Teleco **Sincronismo na Rede SDH** trata com maiores detalhes deste tema.

Estrutura em Camadas

O padrão SDH foi desenvolvido usando a abordagem cliente/servidor e sua arquitetura de administração e supervisão procurou apoiar-se no modelo de camadas OSI (ISO), permitindo que a supervisão do transporte de informações seja feita através de camadas hierarquizadas.

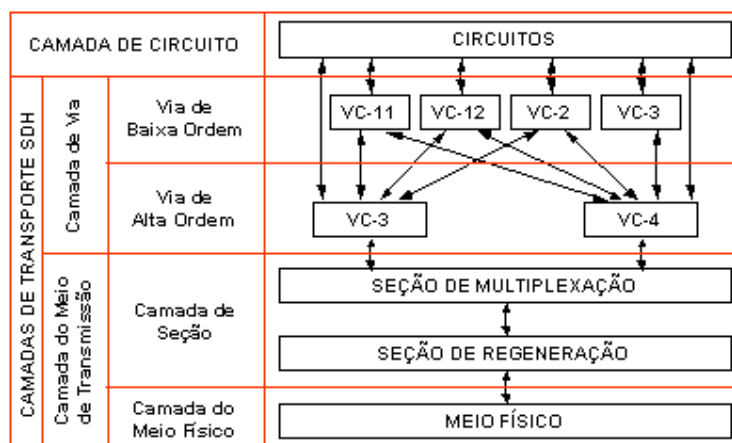
Do ponto de vista de rede, essas camadas são representadas conforme a figura a seguir. Para um determinado serviço caracterizado por sua origem e destino e por uma taxa de bits conhecida, são identificados os tipos de funcionalidades e as camadas envolvidas para executá-lo.



Entende-se por Via o caminho percorrido pelo sinal entre a origem e o destino. Nesse caminho o sinal é acondicionado no frame SDH que faz o seu transporte através de todos os equipamentos da rede nessa rota. Em cada equipamento, de acordo com a sua função, o frame é processado pelas camadas adequadas para ser restaurado ou para extrair ou inserir novos serviços.

Em cada etapa desse processo a informações de administração e supervisão do SDH são geradas e inseridas no frame.

O modelo em camadas para um determinado equipamento da rede é apresentado na figura a seguir.



A camada do meio de transmissão é dependente do meio utilizado, e por isso foi dividida em 2 camadas distintas: meio físico e seção. A camada do meio físico realiza o condicionamento do sinal de acordo com esse meio, seja ele óptico ou elétrico.

A camada de seção também está dividida em 2 novas camadas. A seção de regeneração é responsável pelo processamento dos frames em todos os equipamentos da rede, sejam eles de passagem, de extração ou inserção de tributários, ou de terminação de via. A seção de multiplexação é responsável pelo processamento fim-a-fim dos frames nos equipamentos de extração ou inserção de tributários, ou de terminação de via.

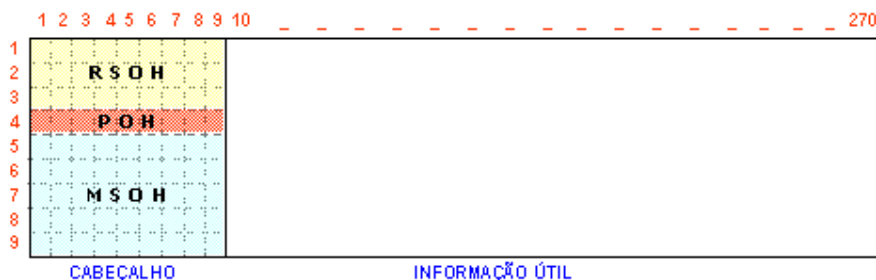
A camada de via está dividida em alta ordem e baixa ordem. Nessa camada cada VC é uma estrutura com a informação útil (contêiner) e um cabeçalho que o caracteriza (POH). Na via de baixa ordem cada VC contém um único contêiner e seu cabeçalho (VC-1x, VC-2 ou VC-3). Na via de alta ordem um VC pode conter um único contêiner e seu cabeçalho (VC-3 ou VC-4), ou um conjunto de contêineres de menor ordem e o respectivo cabeçalho.

A camada de circuito realiza o condicionamento da informação útil retirada do contêiner para a interface elétrica ou óptica definida para cada serviço a ser fornecido pelo equipamento.

Estrutura do Frame

O frame SDH tem tamanho padrão para cada hierarquia. Cada frame constitui uma unidade para fins de administração e supervisão da transmissão no sistema. Esses frames são transmitidos a uma taxa de 8000 frames por segundo (8000 Hz).

O frame SDH para a hierarquia STM-1, por exemplo, tem 2430 bytes, organizados em 9 linhas com 270 colunas de bytes, os quais são transmitidos serialmente linha a linha da esquerda para a direita, e de cima para baixo. Sua estrutura básica é apresentada na figura a seguir.

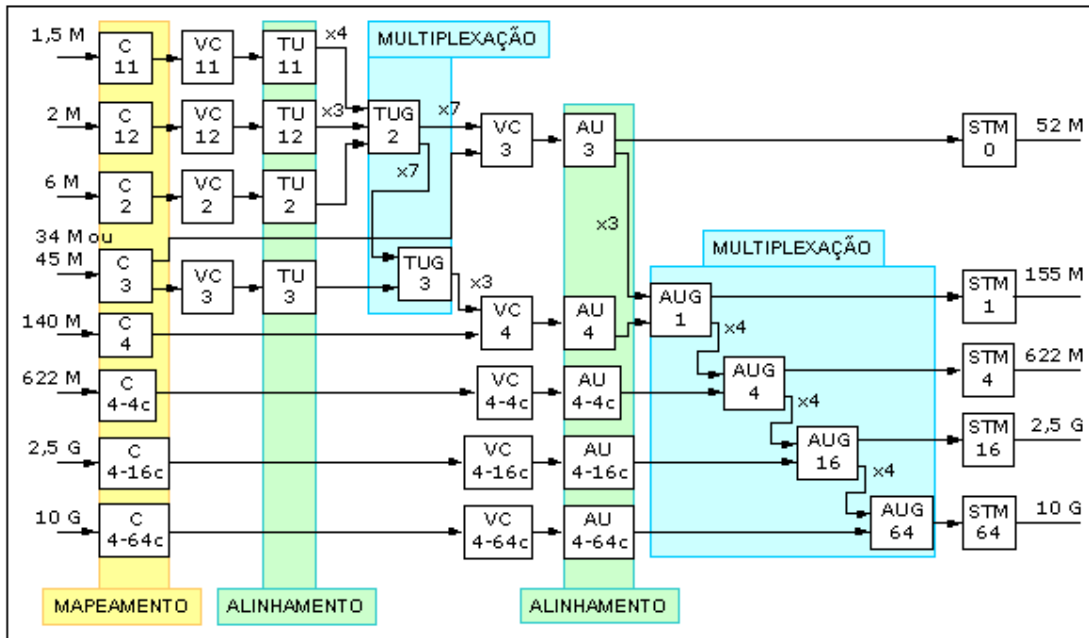


O cabeçalho (overhead) é composto por 3 tipos de estruturas:

- RSOH (Regenerator Section Overhead), processado em cada equipamento da rede, contém informações de alinhamento de frame, identificação de frame, monitoração de erro de regeneração, alarmes físicos externos ao equipamento, e supervisão de sistema. Contém também um canal de voz, para comunicação de técnicos entre equipamentos.
- MSOH (Multiplex Section Overhead), processado apenas em equipamentos onde existe inserção (add) ou retirada (drop) de canais multiplexados, contém informações de monitoração e indicação de erros de multiplexação, controle de chaveamento de mecanismos de proteção, monitoração de sincronismo e gerência de sistema.
- POH (Path Overhead), processado em cada equipamento, possui os ponteiros que indicam onde se localiza o primeiro byte do(s) VC(s) dentro da área de informação útil (payload) do frame, e eventuais bytes provenientes de justificação desse(s) VC(s).
- A incorporação dos ponteiros nas estruturas dos VC's do frame SDH permite que mesmos sinais com diferenças de fase e frequência possam ser transportados num mesmo frame, já que essas diferenças são acomodadas em bytes específicos do POH através do processo de justificação.
- Ressalta-se, entretanto, que essas diferenças deve atender as especificações estabelecidas pelas recomendações do ITU-T para o SDH.

Processo de Multiplexação

A figura a seguir apresenta o processo de multiplexação dos canais tributários no frame SDH.



O processo de multiplexação dos canais tributários no frame SDH tem os seguintes passos:

- Mapeamento, onde os tributários são sincronizados com o equipamento multiplex (justificação de bit), encapsulados e recebem seus ponteiros (POH) para formar os VC's;
- Alinhamento, onde os VC's recebem novos ponteiros para formarem as unidades TU (Tributary Unit) ou AU (Administrative Unit), para permitir que o primeiro byte do VC seja localizado;
- Multiplexação byte a byte, onde os VC's de baixa ordem são agrupados para compor os VC's de alta ordem ou os VC's de alta ordem são processados para formar os AUG (Administrative Unit Group);
- Preenchimento, onde, na falta de tributários configurados ou para completar o espaço restante de tributários de baixa ordem, são adicionados bits sem informação para completar o frame.

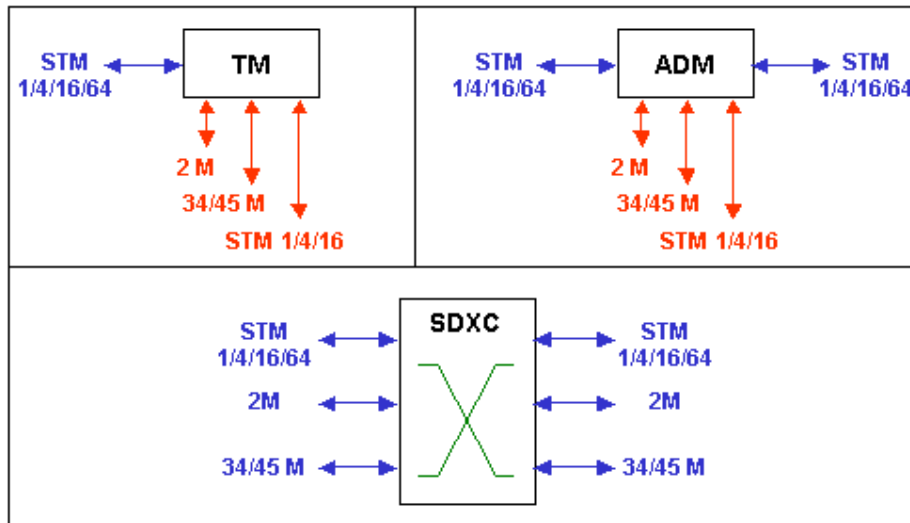
Nos equipamentos do padrão SDH o processo de multiplexação normalmente é executado pela matriz de conexão cruzada (Cross-connect Matrix). A capacidade desta matriz para compor os frames SDH com canais de taxas de bits diversas define, de fato, a capacidade do equipamento.

Normalmente os equipamentos com sinais agregados de taxas de bits até STM-4 (622 Mbit/s) possuem matrizes com capacidade para multiplexar canais com taxa de bits de 2 Mbit/s até 155 Mbit/s. Os equipamentos com sinais agregados de taxas de bits superiores a STM-4 (622 Mbit/s) possuem matrizes com capacidade para multiplexar canais com taxa mínima de 155 Mbit/s.

Equipamentos

O padrão SDH definiu 3 tipos de equipamentos para compor a rede:

- TM (Terminal Multiplex): possui apenas uma interface de agregado e possibilita a inserção (add) ou retirada (drop) de tributários de diversas hierarquias;
- ADM (Add and Drop Multiplex): possui duas interfaces de agregados e possibilita a inserção (add) ou retirada (drop) de tributários de diversas hierarquias. Estes equipamentos também podem ser usados como regeneradores de sinal, quando nenhuma interface de tributário é instalada.
- SDXC (Synchronous Digital Cross-connect): possui interfaces de entrada e saída de diversas hierarquias e pode interliga-las com uma grande infinidade de combinações.
- A figura a seguir apresenta esses equipamentos.



Embora esses tipos de equipamentos tenham sido especificados nas recomendações do ITU-T, com detalhes de blocos funcionais, os fabricantes de equipamentos fornecem, em sua maioria, apenas os ADM's, que podem executar a função de ADM e de TM com diversas capacidades de taxas de bits, e os SDXC, também com diversas possibilidades de configuração.

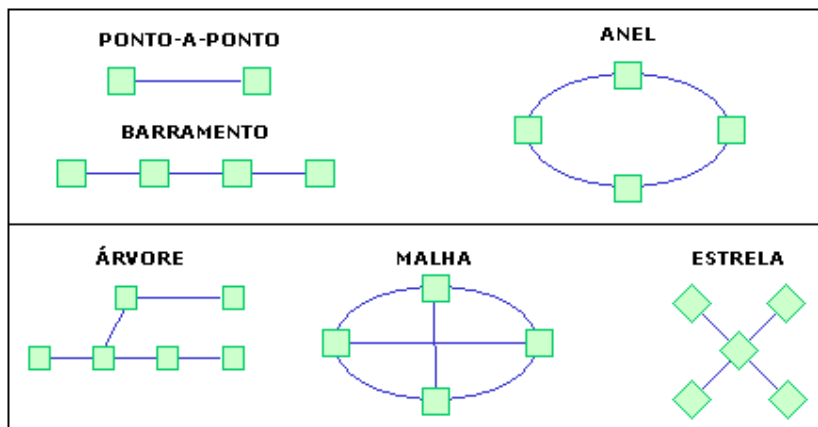
Para selecionar e utilizar esses equipamentos em redes SDH devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Tributários: tipos (elétricos, ópticos), taxas de bits, número de interfaces por placas e número máximo de placas no equipamento;
- Agregados: tipos (elétricos, ópticos), taxas de bits e número máximo de placas no equipamento;
- Matriz de Conexão Cruzada (Cross-connect Matrix): capacidade total da matriz e taxas de bits dos canais a serem multiplexados.

Topologias de Rede

As redes SDH podem ter as seguintes topologias:

- Ponto-a-ponto: 2 equipamentos terminais interligados por um único meio físico;
- Barramento: 3 ou mais equipamentos interligados por um único meio físico, sendo 2 equipamentos terminais e os demais equipamentos ADM;
- Anel: 3 ou mais equipamentos ADM interligados através de um único meio físico;
- A figura a seguir apresenta esses tipos de topologias e suas variações.



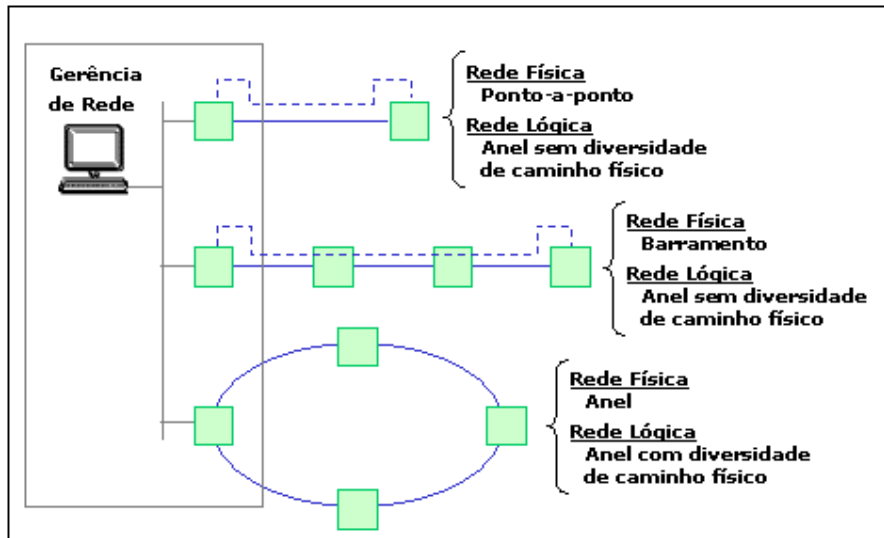
As topologias de rede podem ainda ser classificadas como:

- Física: visão da rede a partir da sua topologia física, ou seja, considerando o meio físico utilizado e os seus equipamentos;
- Lógica: visão da rede a partir da interligação dos equipamentos sem considerar a topologia da rede física.

Na maioria dos casos, as visões de rede física e lógica são as mesmas. Entretanto, em algumas situações as restrições impostas para a construção da rede física podem levar os projetistas a elaborar um projeto onde, embora a rede tenha uma configuração ponto-a-ponto ou barramento, a rede lógica possa ter a configuração em anel. Os exemplos apresentados a seguir ilustram este caso.

Exemplos de Topologias

A figura a seguir apresenta exemplos de segmentos de rede, destacando as diferenças entre topologia física e lógica.



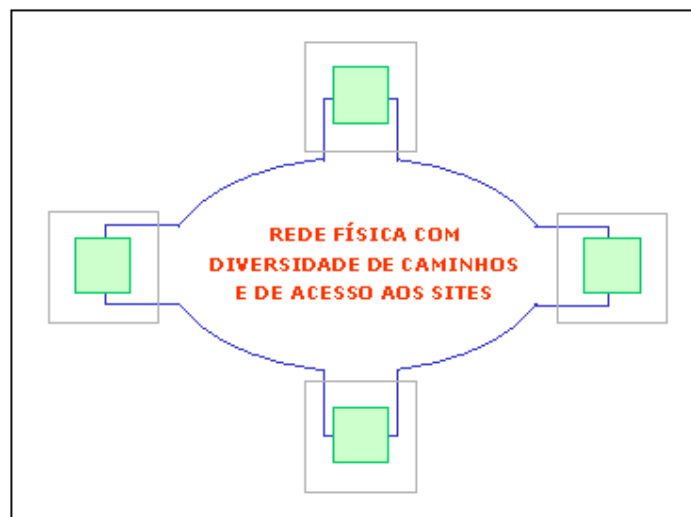
As redes que são implantadas com configuração física ponto-a-ponto ou barramento e configuração lógica em anel são comumente chamadas de anel "amassado" ou, em inglês, "flat ring".

Vários mecanismos ou procedimentos de proteção podem ser aplicados a rede SDH para garantir alta disponibilidade e segurança para os serviços a serem fornecidos. Os procedimentos e mecanismos mais importantes são apresentados a seguir.

Rede Física

Dentre as topologias de rede apresentadas, a configuração em anel é a mais usada para fornecer a proteção da rede física. Os projetos dessas redes devem considerar sempre a implantação de redes ópticas ou de enlaces de rádios que utilizem caminhos físicos distintos para evitar que uma única falha simples possa interromper o serviço oferecido pela rede SDH.

Esse procedimento deve aplicar-se tanto à rede a ser implantada externamente aos sites, sejam eles da rede de serviços ou dos seus Clientes, como nos acessos a esses sites. A figura a seguir ilustra estes procedimentos.



Equipamentos

O padrão SDH possui mecanismos de proteção já definidos para as interfaces de tributários, principalmente aquelas com taxas de bits a partir de 155 Mbit/s (STM-1). Nesses casos são instaladas 2 placas de tributários nos equipamentos (principal e reserva) e são usados bytes do próprio frame SDH para decidir como redirecionar o sinal do tributário (principal -> reserva) em caso de falha.

Para o caso das interfaces elétricas com taxas de 2 Mbit/s até 155 Mbit/s, os equipamentos possuem mecanismos de proteção onde podem ser adicionadas placas na proporção 1 reserva para n ativas, onde em caso de falha de uma das n placas ativas, a placa reserva é ativada automaticamente, sem interrupção dos serviços fornecidos.

Adicionalmente, muitos equipamentos já fornecem proteção do tipo 1+1 para as placas de Matriz de Conexão Cruzada para os equipamentos de rede.

Proteção Lógica

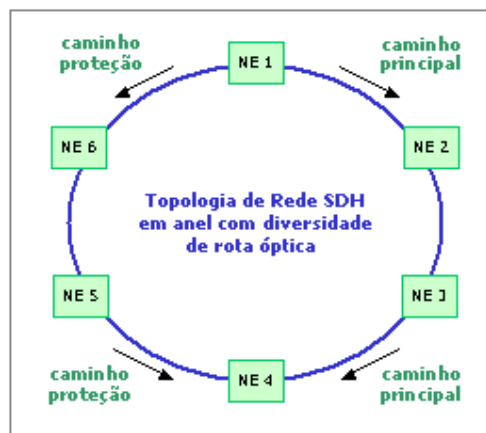
A proteção lógica da Rede SDH atende a recomendação ITU-T G.841 - Types and Characteristics Of SDH Network Protection Architectures. Esta recomendação trata principalmente de 2 tipos de arquiteturas de proteção (redundância):

- SNCP (Subnetwork Connection Protection), que usa segmentos de rede entre os equipamentos com 2 fibras ópticas;
- MS SP Ring (Multiplex Section - Shared Protection Ring), que usa segmentos de rede entre os equipamentos que podem ter 2 ou 4 fibras ópticas.

A proteção **SNCP** utiliza o conceito de subrede (subnetwork connection) para efetuar o chaveamento do tráfego a ser protegido, conforme ilustra a figura.

Configura-se entre 2 equipamentos distintos, NE 1 e NE 4, um caminho principal (main subnetwork connection) e um caminho de proteção (protection subnetwork connection), sendo que esses caminhos podem ser compostos por múltiplos nós de rede (NEs 2 e 3 no caminho principal e NEs 5 e 6 no caminho de proteção).

No NE 1 todo o tráfego é enviado tanto pelo caminho principal como pelo caminho reserva. No NE 4 o tráfego do caminho principal é preferencialmente recebido. Em caso de falha ou degradação do tráfego no caminho principal, decorrente da rede óptica ou de algum equipamento, a preferência no recebimento do tráfego passa a ser do caminho reserva. Essa comutação ocorre de forma automática em tempo menor que 50 ms por iniciativa do NE 4, envolvido no recebimento do tráfego, sem qualquer intervenção do sistema de Gerência de Rede.



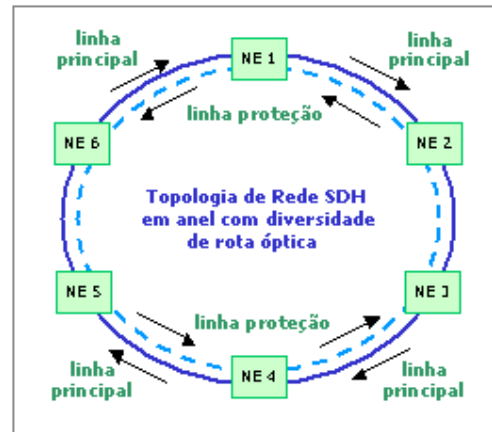
Este sistema de proteção tem ainda as seguintes características:

- Todo tráfego protegido entre 2 equipamentos distintos utiliza banda nas 2 subredes (caminhos principal e reserva);
- As subredes (caminhos principal e reserva) podem ser compostas por segmentos de fibra óptica ou rádio;
- Este tipo de proteção pode ser configurado em anéis compostos por segmentos formados por equipamentos de fabricantes diversos, situação que pode ocorrer quando o anel é configurado com segmentos de rede de prestadores de serviços distintos;
- Este tipo de proteção pode ser configurado em anéis compostos por segmentos de diferentes capacidades (STM-1, STM-4, STM-16), situação que pode ocorrer quando um anel de capacidade menor é formado contendo um segmento ancorado noutro segmento de um anel de capacidade maior.

A proteção **MS SP ring** utiliza o conceito de proteção de linha ou segmento, entre 2 equipamentos consecutivos, para efetuar o chaveamento do tráfego a ser protegido, conforme ilustra a figura.

A capacidade de tráfego no anel é configurada de forma que 50% da banda disponível seja reservada para operação normal (linha de principal) e 50% seja reservada para proteção (linha de proteção).

Configura-se entre 2 equipamentos distintos, NE 1 e NE 4, o caminho através da linha principal (passando pelos NEs 2 e 3) usando a banda para operação normal. Todo o chaveamento do tráfego é feito através de informações existentes no overhead do frame SDH. Quando um equipamento (NE 2, por exemplo) detecta uma falha em qualquer uma de suas interfaces de linha voltada para outro NE (agregado voltado para o NE 3, por exemplo) decorrente de falha de rede óptica ou de equipamento, esta informação é enviada aos outros equipamentos. O tráfego entre os NEs 2 e 3, que foi interrompido, é então chaveado para a linha de proteção no NE 2, que detectou a falha, e conduzido para o NE 3 usando a banda de proteção. No NE 3 o tráfego que chega pela linha de proteção é então chaveado para a linha principal novamente, restabelecendo o tráfego para o NE de destino (NE 4).



Este sistema de proteção tem ainda as seguintes características:

- Todo tráfego entre 2 NEs distintos a ser protegido utiliza banda da linha principal apenas, em operação normal, e banda da linha de proteção apenas em caso de falha;
- O anel, como um todo, só pode ser composto por segmentos de fibra óptica;
- Este tipo de proteção não pode ser configurado em anéis compostos por segmentos formados por equipamentos de fabricantes diversos, situação que pode ocorrer quando o anel é configurado com segmentos de rede de prestadores de serviços distintos;
- Este tipo de proteção não pode ser configurado em anéis compostos por segmentos de diferentes capacidades (STM-1, STM-4, STM-16), situação que pode ocorrer quando um anel de capacidade menor é formado contendo um segmento ancorado noutro segmento de um anel de capacidade maior.

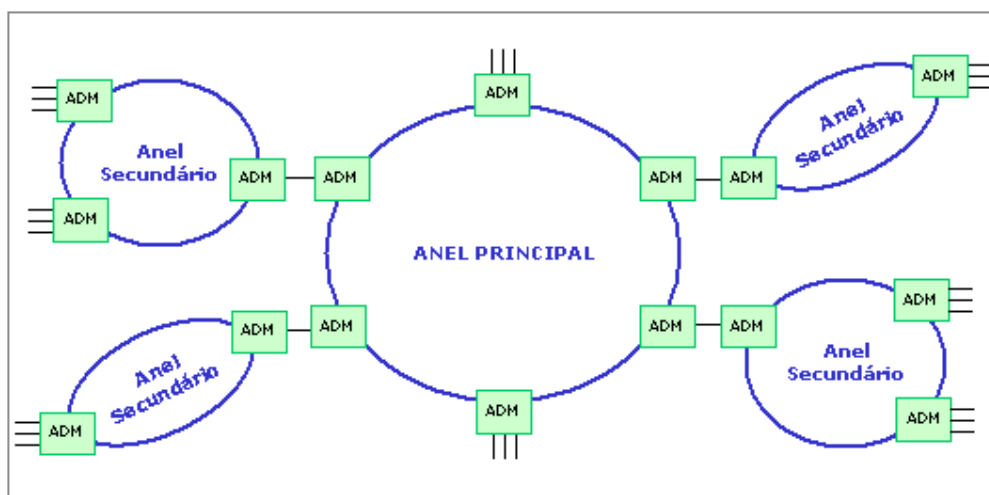
Os 2 tipos de proteção aplicam-se principalmente a topologia de rede em anel. Como já foi mencionado anteriormente, eventualmente podem ser aplicados a segmentos de rede onde, embora a topologia da rede física apresente restrições para ser implantada em anel, de forma temporária ou permanente, tenha sido usada a estratégia de implementar esses tipos de proteção para prevenir eventuais falhas de equipamentos.

Topologias Típicas

De forma geral as redes dos prestadores de serviços são implantadas usando todos os tipos de mecanismos de proteção apresentados acima. A implantação dessas redes sempre parte da escolha de uma filosofia geral de proteção que aplica-se a rede física, a rede lógica e aos serviços fornecidos.

Em geral, até os procedimentos de proteção para os tributários adotam práticas distintas dependentes do porte dos Clientes.

A figura a seguir apresenta uma rede típica de um prestador de serviços de telecomunicações.



Esta configuração com um anel principal, chamando de núcleo ou backbone, e diversos anéis secundários, ou regionais, aplica-se tanto as grandes metrópoles, onde tanto o tráfego interno como o tráfego para outras localidades é muito intenso, como também para redes de longa distância, onde o backbone liga duas localidades de maior porte, e os anéis secundários atendem regiões ou localidades de menor porte.

No período de 1984 a 1988 vários órgãos internacionais de padronização estabeleceram uma série de recomendações com técnicas para transmissão, comutação e sinalização e controle para implementar redes inteligentes baseadas em fibra óptica. A padronização da tecnologia SDH foi então estabelecida pelo ITU-T, sendo adotada inicialmente na Europa, e posteriormente também no Brasil.

As recomendações do ITU-T podem ser agrupadas nas seguintes categorias: tecnologia SDH (protocolos e equipamentos), rede, sincronismo e sistema de gerência. Os padrões e recomendações relativos ao sincronismo podem ser encontrados no tutorial do Teleco **Sincronismo na Rede SDH**.

A tabela a seguir apresenta os principais padrões e recomendações do ITU-T.

Protocolos e Equipamentos	
Recom.	Título
G.701	Vocabulary of digital transmission and multiplexing, and pulse code modulation (PCM) terms
G.703	Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces
G.707	Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)
G.708	Sub STM-0 network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)
G.774	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Management information model for the network element view
G.774.1	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Bidirectional performance monitoring for the network element view
G.774.10	Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Multiplex Section (MS) shared protection ring management for the network element view
G.774.2	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Configuration of the payload structure for the network element view
G.774.3	Synchronous digital hierarchy (SDH) management of multiplex-section protection for the network element view
G.774.4	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Management of the subnetwork connection protection for the network element view
G.774.5	Synchronous digital hierarchy (SDH) management of connection supervision functionality (HCS/LCS) for the network element view
G.774.6	Synchronous Digital Hierarchy (SDH) - Unidirectional performance monitoring for the network element view
G.774.7	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Management of lower order path trace and interface labelling for the network element view
G.774.8	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Management of radio-relay systems for the network element view
G.774.9	Synchronous digital hierarchy (SDH) - Configuration of linear multiplex-section protection for the network element view

G.780	Vocabulary of terms for synchronous digital hierarchy (SDH) networks and equipment
G.781	Synchronization layer functions
G.783	Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks
G.783	Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Equipment Functional Blocks Amendment 1
G.785	Characteristics of a flexible multiplexer in a synchronous digital hierarchy environment

Rede	
Recom.	Título
G.803	Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)
G.826	Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate
G.827	Availability parameters and objectives for path elements of international constant bit-rate digital paths at or above the primary rate
G.829	Error performance events for SDH Multiplex and regenerator sections
G.831	Management capabilities of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)
G.841	Types and characteristics of SDH network protection architectures
G.842	Interworking of SDH network protection architectures

Sistema de Gerência	
Recom.	Título
G.784	Synchronous digital hierarchy (SDH) management

Maiores detalhes podem ser pesquisados no site do ITU-T indicado no fim do tutorial.

A tecnologia SDH tem sido beneficiada pelos grandes avanços dos processadores, das interfaces ópticas e das metodologias de desenvolvimento de software empregados nos equipamentos de rede e nos sistemas de gerência.

Os diversos fornecedores desses equipamentos têm oferecido novas facilidades que permitem otimizar as redes SDH. Dentre essa facilidade, as mais relevantes são:

- Maior integração nas interfaces de tributários, permitindo um maior número de interfaces ópticas e elétricas por placa, diminuindo o espaço físico ocupado pelos equipamentos;
- Integração de interfaces típicas de redes de dados, tais como LAN (Ethernet), ATM, FR e IP, diretamente nos equipamentos SDH, com facilidades de configuração implementadas em um mesmo sistema de gerência;
- Equipamentos de usuário de tamanho reduzido (de mesa), com multiplicidade de interfaces e capacidade para fazer parte de segmentos de rede STM-1 ou STM-4, sem troca do equipamento;
- Equipamentos de grande porte (STM-16 ou STM-64) com matriz que permite conexões de canais de baixa e alta ordem configuráveis pelo sistema de gerência;
- Equipamentos que podem fazer parte de mais de um segmento de rede permitindo realizar conexões entre esses segmentos diretamente na matriz através de configuração pelo sistema de gerência.
- Entretanto, quando o projeto de rede de transporte ainda deve levar em consideração requisitos que garantam o fornecimento de serviços confiáveis, que atendam o SLA da rede e, principalmente, dos Clientes. Entre os requisitos necessários para implementação e operação de uma rede SDH, os mais relevantes são:
 - Implantação de rede física com plena diversidade de rotas para permitir o uso de topologia de rede em anel;
 - Uso dos mecanismos automáticos de proteção de rota, de interfaces e da matriz de conexão cruzada em toda a rede;
 - Implementação de um projeto de rede de sincronismo que permita evitar a perda, a degradação ou eventuais loops do sinal de relógio mesmo em caso de falha dessa rede;
 - Implementação de uma rede de dados confiável para o sistema de gerência (DCN - Data Control Network) que seja inclusive a prova de falhas simples;
 - Implementação de um sistema de gerência compatível com o porte da rede, seja pela capacidade de processamento e segurança de seus servidores e estações de trabalho, como também pela capacidade de armazenamento de informações de configuração dos equipamentos e serviços ativos;
 - Disponibilidade de pessoal treinado e capacitado para implantação, operação e manutenção de rede SDH.



Referências

Teleco

[Padrões de canalização em sistemas de transmissão digital \(TDM\); Sincronismo nas Redes SDH;](#)
[Referência Rápida: Canalização PDH/SDH.](#)

Internacional

[ITU](#)

The International Telecommunication Union, órgão europeu responsável pelo desenvolvimento de padronização para telecomunicações.

1. Qual alternativa representa um componente de uma rede SDH:

- Sistema de sincronismo
- Rede física
- Sistema de Gerência
- Equipamentos multiplexadores
- Todas as anteriores

2. Qual equipamento abaixo não faz parte do padrão SDH:

- Terminal Multiplex (TM)
- Synchronous Digital Cross-connect (SDXC)
- Frame Relay Access Device (FRAD)
- Add and Drop Multiplex (ADM)

3. A topologia mais recomendada para garantir a segurança e disponibilidade da rede SDH é:

- Barramento
- Estrela
- Anel
- Ponto a Ponto