

Arquiteturas de Redes

Introdução

Para que uma comunicação seja estabelecida é necessário que todas as partes envolvidas compreendam e respeitem as mesmas regras de comunicação. A essas regras de comunicação damos o nome de **protocolos**. Basicamente, cada protocolo define o formato e a sequência das mensagens para cada objetivo.

Inicialmente, cada fabricante começou a desenvolver soluções de comunicação para interligar dois equipamentos, e depois soluções mais complexas para conectar redes com múltiplos computadores.

A existência de clientes grandes, especialmente governamentais, com ambientes com computadores de múltiplos fabricantes levou à necessidade do desenvolvimento de soluções padronizadas, permitindo a conexão de equipamentos de qualquer fabricante.

Modelo de Referência OSI da ISO (RM-OSI)

Histórico. Uma das principais iniciativas de estabelecer um padrão para a interconexão de computadores foi criada pela **ISO** – International Standardization Organization (ou Organização Internacional de Padronização), chamado Reference Model – Open System Interconnection (ou Modelo de Referência – Interconexão de Sistemas Abertos), ou simplesmente **Modelo OSI**.

Objetivo. O objetivo foi especificar um padrão de protocolos que permitisse a conexão de redes pequenas e grandes, locais e de longa distância, com confiabilidade e segurança, ou seja, capaz de recuperar eventuais falhas na comunicação, além de garantir o sigilo dos dados. Para alcançar esses objetivos, o modelo OSI foi pensado em 7 camadas, sendo cada camada implementada por um conjunto de protocolos para oferecer certas funcionalidades ou serviços, que resolvem alguns dos tipos de problemas encontrados nas redes. Cada camada se preocupa somente com as suas funções, sem se preocupar com as funções das outras camadas.

Interface. Cada camada presta alguns serviços para a camada superior e utiliza os serviços da camada inferior. A comunicação entre as camadas se dá através de uma interface, pela qual cada camada disponibiliza seus serviços para a camada superior. Por exemplo, para enviar um bloco de dados, a camada 4 se utiliza de um serviço disponibilizado pela camada 3. Caso uma camada precise oferecer um serviço para a camada superior, mas a camada inferior não oferece esse serviço, ele deve ser implementado na própria camada em questão.

Protocolos. Cada camada se comunica com a camada equivalente do outro computador por meio de protocolos específicos. Existem protocolos de camada 1, de camada 2, etc.

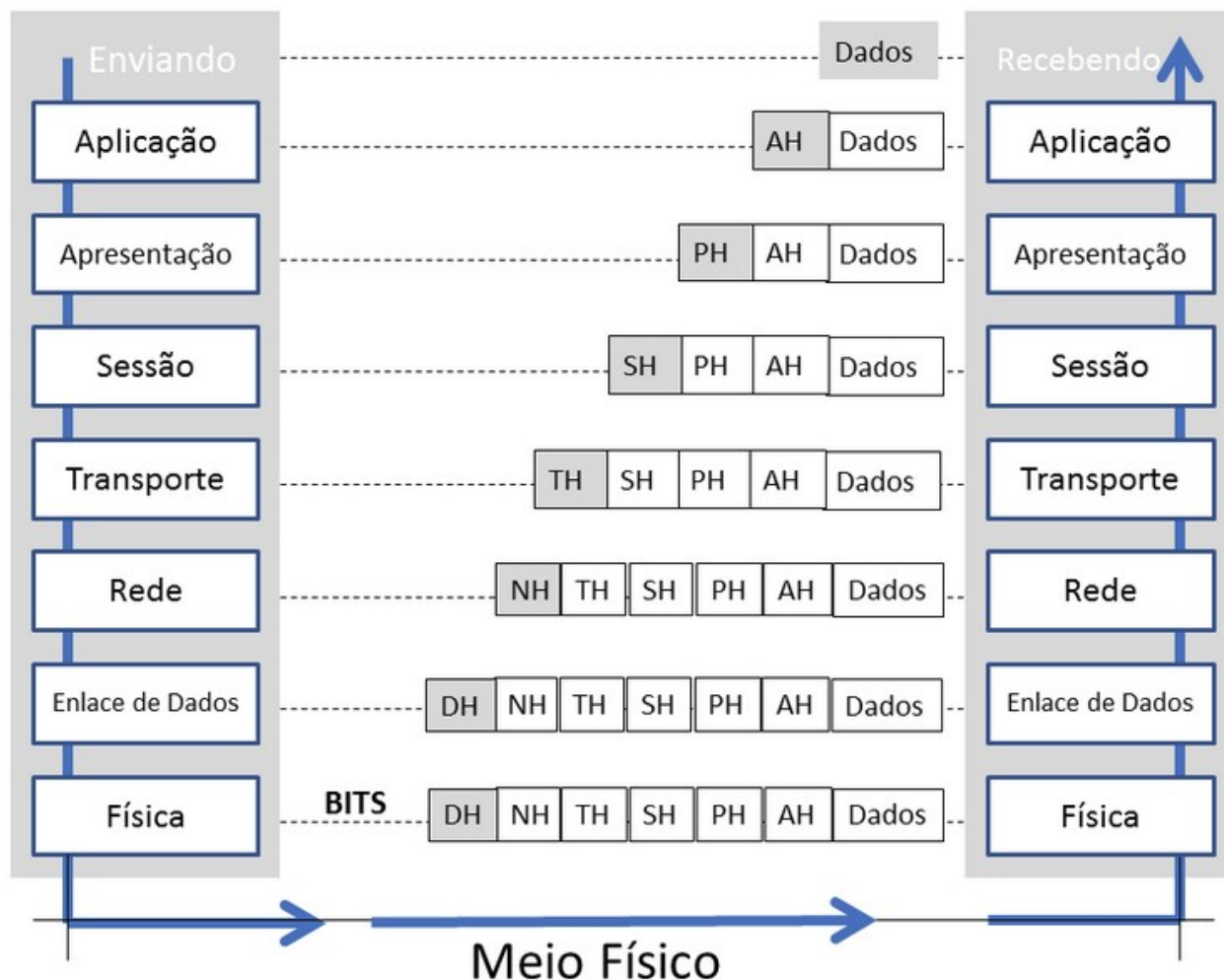


Figura 1. Modelo de Referência OSI da ISO

A figura 1 ilustra as camadas do modelo OSI. Observe que cada camada acrescenta informações aos dados que recebe da camada superior, para implementar os seus controles, necessários para a correta prestação de serviços para a camada superior.

Quando a aplicação do usuário solicita o envio de dados, a camada de aplicação insere seu cabeçalho (application header), e repassa esse conjunto à camada de apresentação. Essa por sua vez, considera tudo o que recebeu como dados, e acrescenta suas informações de controle (presentation header), e repassa para a camada de sessão, e assim sucessivamente, até a camada física, que converte os bits em sinais físicos e os transmite pelo meio físico.

Na máquina destino, ao receber os sinais físicos no meio físico, a camada física converte esses sinais em bits e repassa para a camada de enlace. A camada de enlace verifica os seus dados de controle (Datalink Header), e se os dados estiverem íntegros, retira o seu cabeçalho de controle e repassa o restante para a camada de rede, e assim sucessivamente.

1. Camada Física.

A camada física trata da transmissão de bits normais por um canal de comunicação. O projeto da camada física deve garantir que, quando um lado enviar um bit 1, o outro lado receberá um bit 1, e não um bit 0. As questões mais comuns no projeto da camada física são quais sinais elétricos ou óticos devem ser usados para representar um bit 1 e um bit 0, quanto tempo deve durar um bit, se a transmissão pode ser simultaneamente nos dois sentidos, que tipo de meio físico será usado, como serão os conectores, etc. Envolve toda a parte eletrônica, elétrica e mecânica.

A camada física liga uma máquina até a próxima máquina, com a qual está conectada por meio de algum meio físico para enviar seus sinais.

2. Camada de Enlace.

A principal tarefa da camada de enlace de dados é transformar um canal de transmissão normal em uma linha que pareça livre de erros de transmissão. Para fazer isso, a camada de enlace trata os erros reais, de modo que a camada de rede não os veja. Isso é executado fazendo 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. No caso de algum erro, o receptor solicita ao transmissor o reenvio do quadro.

As redes por difusão (em que o meio físico é compartilhado entre todas as estações, e que a transmissão de uma estação pode destruir a transmissão de outra no meio físico) 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 (MAC – Media Access Control)**, trata desse problema.

O projeto da camada de enlace é dependente do projeto da camada física, visto que sua principal função é corrigir eventuais erros ocorridos na camada física. Portanto, também conecta uma máquina até a próxima máquina. O enlace seguinte já pode ser de outra tecnologia completamente diferente.

3. Camada de Rede.

Em pequenas redes locais, é possível que todas as máquinas tenham acesso direto a todas as outras. Conforme o tamanho da rede cresce essa conexão direta de todos com todos fica inviável e passa a ser necessário ter equipamentos intermediários para repasse dos pacotes de dados até a máquina destino. Esses equipamentos são chamados roteadores.

Roteamento. A camada de rede é a responsável pela definição da maneira como os pacotes são roteados (encaminhados / repassados) da máquina origem até a máquina destino. Todas as máquinas no caminho da origem até o destino precisam implementar os mesmos protocolos no nível de rede, e cada máquina precisa ter um endereço único na rede (**endereçamento**).

Comutação. Para fazer o roteamento, no nível de rede existem dois principais paradigmas: comutação por circuitos e comutação por pacotes. Na **comutação por circuitos**, antes das trocas de dados é necessário estabelecer a rota da origem até o destino. Após o estabelecimento do circuito, todos os pacotes dessa conexão seguem o mesmo caminho da origem até o destino. Um exemplo de comutação por circuito é o funcionamento das chamadas telefônicas, no qual antes de falar, é preciso estabelecer a conexão de um telefone a outro. Na **comutação por pacotes**, não há a necessidade do estabelecimento da conexão, e cada pacote é encaminhado independentemente dos anteriores e dos seguintes até o destino. Um exemplo desse tipo de funcionamento é a atuação dos correios, onde não se estabelece conexão para o envio de pacotes, e uma sequência de três pacotes enviados da mesma origem ao mesmo destino podem seguir caminhos diferentes.

X.25. O modelo OSI utiliza, para a camada de rede o protocolo X.25, que funciona por circuito virtual (comutação por circuitos), e orientado a conexões.

4. Camada de Transporte.

Confiabilidade. A função básica da camada de transporte é aceitar dados da camada acima dela, dividi-los em unidades menores, se for preciso, repassar essas unidades à camada de rede e garantir que todos os fragmentos chegarão corretamente à outra extremidade.

Compartilhamento. Outra função da camada de transporte é o compartilhamento de uma conexão de rede (o endereço de rede é associado à máquina) entre várias aplicações, que podem se comunicar simultaneamente.

Fim-a-fim. Até a camada de rede, as comunicações são sempre entre a máquina e a próxima máquina. Já na camada de transporte, a comunicação é entre a máquina origem e a máquina destino, pois a camada de rede dos roteadores intermediários não repassa os pacotes para a camada de

transporte, e sim repassa para a camada de enlace da interface conectada à próxima máquina. A informação só chega na camada de transporte na máquina destino.

Endereçamento. Desse modo, para estabelecer uma comunicação com uma aplicação específica em determinada máquina da rede, é preciso saber o endereço de rede (que identifica a máquina dentro da rede) e o endereço de transporte (que identifica a aplicação dentro da máquina).

5. Camada de Sessão.

A camada de sessão é responsável pelo controle das conexões entre os usuários, incluindo a sincronização de diálogos entre dois processos e retomada de transmissões a partir do ponto em que foi interrompida, em caso de queda da conexão. Para isso, a camada de sessão da máquina de origem insere *marcas de sessão* nos dados. Se a conexão for interrompida por algum motivo, na retomada, a camada de sessão retoma a transmissão a partir da última *marca de sessão*.

6. Camada de Apresentação.

A camada de apresentação se preocupa com o significado dos dados, e gerencia formas de representação abstrata de dados, permitindo que aplicações computadores com diferentes formas de representação de dados se comuniquem.

No modelo OSI, a camada de apresentação também é responsável por procedimentos de criptografia e compactação de dados, de modo a oferecer sigilo aos dados e otimizar o tempo necessário para transmissão.

7. Camada de Aplicação.

A camada de aplicação define o formato e a sequência das mensagens a serem trocados para cada aplicação. Cada aplicação possui seus protocolos e essa padronização permite que qualquer fabricante de software possa produzir um software cliente HTTP, compatível com qualquer servidor HTTP de qualquer fabricante, se ambos implementarem corretamente o protocolo HTTP.

O modelo OSI é um modelo complexo, com uma especificação formal bastante completa. Essa complexidade fez com que o padrão demorasse para ser completamente definido, implementado e testado. Também havia questionamentos com relação ao custo e à eficiência das implementações.

Arquitetura TCP/IP

Histórico. Enquanto a especificação do modelo OSI não ficava disponível, o departamento de defesa (DoD) dos Estados Unidos solicitou à DARPA (Defense Advanced Research Project Agency, ou agência de projetos de pesquisa avançados de defesa) o desenvolvimento de protocolos de comunicação que fosse robusto o suficiente para manter as comunicações em andamento mesmo que parte dos nós de comutação falhassem. Isso era um requisito importante para os militares durante a Guerra Fria (ameaça de guerra nuclear entre Estados Unidos e União Soviética).

TCP/IP. Esse projeto levou ao desenvolvimento dos protocolos IP (Internet Protocol) e TCP (Transmission Control Protocol), e de uma série de protocolos complementares, constituindo uma solução de interconexão de redes conhecida por TCP/IP. Os protocolos foram disponibilizados, e facilmente implementados em computadores, que só precisavam de uma conexão ao computador mais próximo da rede.

ARPANET. Inicialmente esse conjunto de protocolos foi utilizado para a conexão entre os centros de pesquisa da DARPA, sendo conhecida como ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Networks*). Pouco a pouco, centenas de universidades e repartições públicas foram conectadas à rede, utilizando inicialmente linhas telefônicas dedicadas e depois conexões de rádio e de satélite.

Internet. A partir da fusão da ARPANET com a NFSNET (rede mantida pela NSF – National Science Foundation), a rede passou a ser chamada Internet.

DoD. Dentro de pouco tempo o DoD passou a só adquirir computadores que tivessem o TCP/IP implementado, para permitir sua interligação com a rede. Isso acelerou a adoção do TCP/IP como um padrão de fato e até hoje é a arquitetura padrão para a Internet. Já o modelo OSI não terminou de ser implementado e hoje está em desuso, mas sua arquitetura em 7 camadas é usada para o estudo das redes em geral.

Arquitetura.

A arquitetura TCP/IP não possui a mesma rigidez formal que o modelo OSI, e não especifica todas as camadas previstas no modelo OSI.

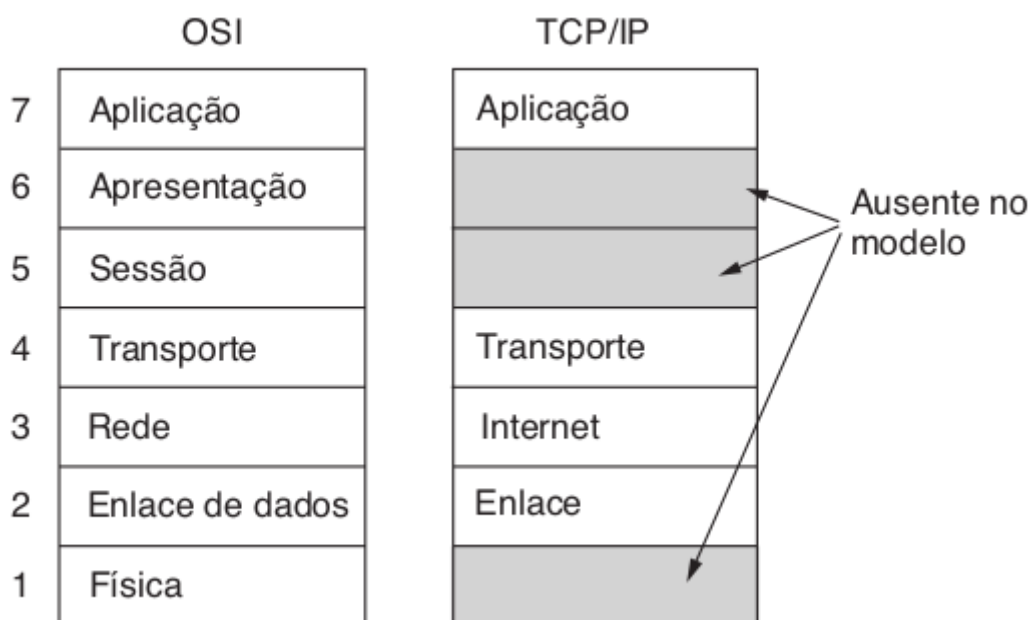


Figura 2. Arquitetura TCP/IP (Fonte: Tanenbaum, 2013)

A arquitetura TCP/IP define apenas as camadas de Enlace, Internet, Transporte e Aplicação.

Camada de Enlace.

A camada de enlace, camada de enlace de dados ou camada de interface de rede, diferentemente do modelo OSI não especifica os protocolos de enlace em si, mas define uma interface de conexão com as tecnologias de comunicação ou de rede local existentes.

Assim, é possível adicionar qualquer nova tecnologia de rede local simplesmente oferecendo uma interface padrão para os protocolos da camada Internet (camada 3), especialmente o protocolo IP.

Camada Internet (camada de rede).

Equivalência. A camada Internet integra toda a arquitetura. Possui uma correspondência aproximada com a camada de rede do modelo OSI. Sua principal função é o roteamento (repassa, encaminhamento) dos pacotes da máquina de origem até a máquina de destino, possivelmente em outra rede local.

IP. O principal protocolo da camada Internet é o **protocolo IP (Internet Protocol)**, que trabalha **sem conexão**, orientado a **Datagramas** (comutação por pacotes). Assim, o pacote IP é chamado de datagrama, e cada datagrama é roteado independentemente dos anteriores, o que pode fazer com que os datagramas cheguem fora de ordem, além de não conseguir controlar se todos os datagramas foram realmente entregues ou se houve alguma perda de datagramas no meio do caminho, pois cada um pode ter seguido por uma rota diferente.

Melhor esforço. Isso significa que o protocolo IP implementa um serviço de **melhor esforço**, sem garantia de confiabilidade. Caso seja necessária a confiabilidade, isso deve ser implementado nas camadas superiores.

Endereço. Cada computador na Internet precisa ter o seu **endereço IP** individual.

ICMP. Um segundo protocolo na camada Internet é o **ICMP (Internet Control Message Protocol)**, que é considerado um protocolo de camada Internet, embora use o protocolo IP para transmitir seus dados. O ICMP serve para enviar mensagens de controle, como teste de conectividade (o aplicativo ping usa mensagens ICMP), ou alertas de pacotes expirados.

Camada de Transporte.

Fim-a-fim. Na arquitetura TCP/IP, a camada localizada acima da camada internet é chamada camada de transporte. Os protocolos da camada de transporte fornecem um meio de comunicação de ponta a ponta, da mesma forma que a camada de transporte do modelo OSI.

Portas. Uma das funções da camada de transporte é compartilhar uma conexão de rede entre as múltiplas aplicações ativas em uma máquina. Para isso os protocolos de transporte utilizam **portas** para endereçar as aplicações origem e destino dentro de cada máquina.

TCP/UDP. Os dois protocolos mais importantes da camada de transporte são o **TCP (Transmission Control Protocol)** e o **UDP (User Datagram Protocol)**. O TCP oferece serviço confiável, ou seja, realiza todos os controles para recuperar eventuais falhas das camadas inferiores, sendo usado por aplicações que não toleram perdas de dados, como transferências de arquivos. Já o UDP oferece um serviço sem conexão e sem a maioria dos controles realizados pelo TCP, o que resulta em uma comunicação mais leve e rápida, mas sujeita a eventuais perdas de dados, e por isso utilizada em outras aplicações interativas, como videoconferências.

Camada de Aplicação.

Camadas. A arquitetura TCP/IP não tem as camadas de sessão e apresentação. Caso a aplicação necessite de alguma função de sessão ou apresentação ela precisa implementar.

Aplicação. Os protocolos da camada de aplicação são fornecidos pelos programas que usam o TCP/IP para comunicação. Uma aplicação é um programa, um processo de usuário cooperando com outro processo no mesmo servidor ou em outro servidor diferente. As regras de comunicação que permitem que um processo em um servidor converse com outro em outro servidor são definidas pelos protocolos de aplicação. Cada aplicação pode fazer uso de um ou mais protocolos, e cada protocolo pode ser específico de uma aplicação ou ser usado por várias aplicações.

Web. Por exemplo, a aplicação Web, incluindo o navegador web e o servidor web, que podem ser de fabricantes diferentes, se comunicam usando o protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol). A aplicação correio eletrônico (e-mail) utiliza os protocolos SMTP (Simple Mail Transfer

Protocol) e POP (Post Office Protocol) ou IMAP (Internet Message Access Protocol). Além desses, a figura 3 também ilustra os protocolos RTP (Real Time Protocol), utilizado em aplicações com mídia em tempo real, como voz ou vídeo e DNS (Domain Name System), considerado um protocolo de aplicação, mas também usado por outras aplicações para encontrar o endereço IP a partir do nome do servidor.

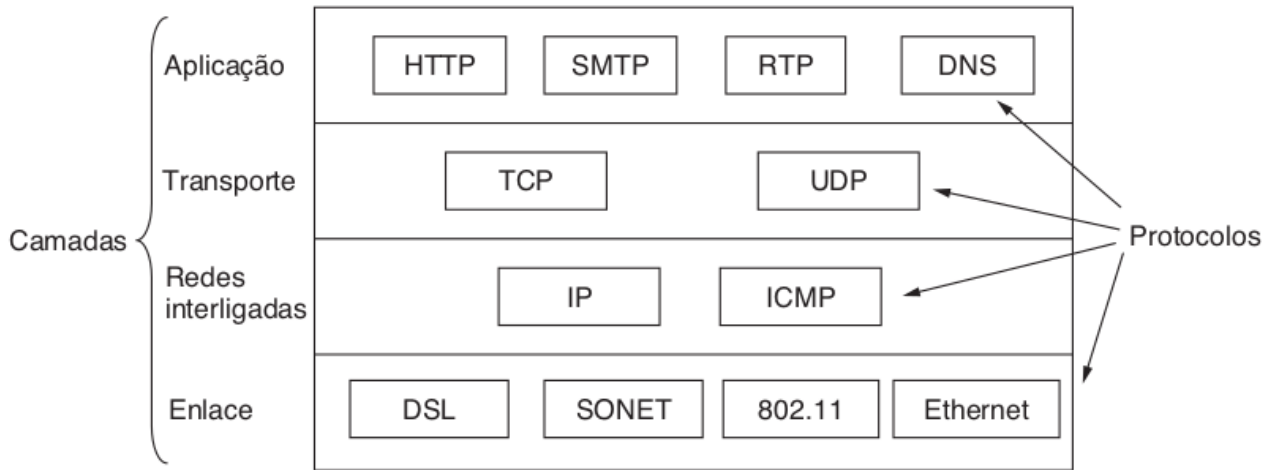


Figura 3. A arquitetura TCP/IP com alguns protocolos em cada camada.

A partir das próximas semanas passaremos a estudar cada uma das camadas em mais detalhes, utilizando o modelo OSI como uma referência para entender cada camada, mas com foco principal nas tecnologias de redes em uso atualmente, e no funcionamento dos protocolos da arquitetura TCP/IP.