

Comunicação de Dados

Prof. Macêdo Firmino

Aula 12

Redes de Internet a Cabo (HFC)

“A educação tem raízes amargas,
mas os seus frutos são doces.”
(Aristóteles)



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

O que Aprenderemos?

Aprender o funcionamento das redes de internet a cabo, baseadas na arquitetura Hybrid Fiber-Coaxial (HFC), explicando seus componentes, tecnologias envolvidas (DOCSIS), vantagens, equipamentos, desvantagens e aplicações no contexto atual de telecomunicações.

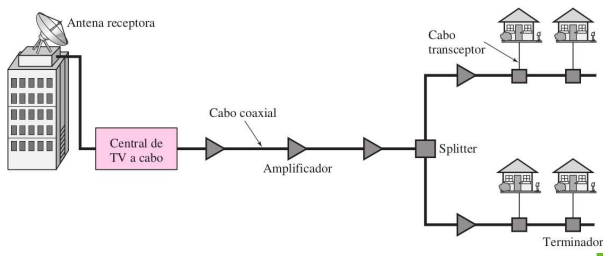
As redes HFC (*Hybrid Fiber-Coaxial*) constituem uma arquitetura de acesso amplamente utilizada para a oferta de serviços de telecomunicações, especialmente televisão por assinatura, acesso à Internet e serviços de voz.



A tecnologia HFC surgiu como uma evolução das redes tradicionais de televisão a cabo. No início, as redes de TV tinham dificuldades em transmitir para algumas regiões. Para isso minimizar este problema, instalava-se uma antena em um local com boa recepção (como o topo de uma montanha ou de um edifício) e o sinal captado era então retransmitido, por meio de cabos coaxiais, para as residências da comunidade. Inicialmente, essa infraestrutura operava de forma totalmente analógica, com canais fixos e sem suporte à transmissão de dados.

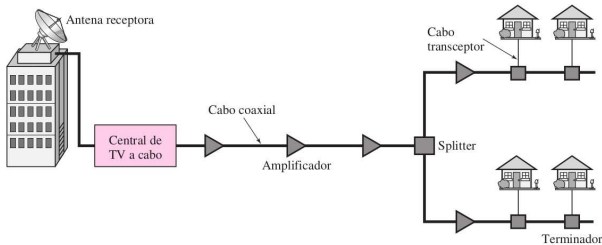


Com o passar do tempo, essa tecnologia passou por um processo contínuo de aperfeiçoamento. Surgiram as centrais de TV a cabo, denominadas headend, responsáveis por receber, processar e distribuir os sinais de televisão. Esses sinais geralmente chegam ao headend por meio de enlaces de satélite, fibra óptica ou outras redes de telecomunicações. Nesse ambiente são realizados os processos de codificação, modulação e multiplexação dos sinais, além das funções de gerenciamento da rede, controle de acesso e tarifação dos assinantes, assegurando a entrega eficiente, segura e controlada dos serviços oferecidos.



Rede de TV a Cabo Tradicional

Além da central, era necessário amplificadores de sinal, pois com a utilização de cabo coaxial, os ficam mais fracos à medida que a distância aumenta. Podiam existir até 35 amplificadores entre a central e a casa do assinante (para garantir uma relação sinal ruído aceitável). Outro componente eram os *splitters*. Eles dividiam o sinal e estabelecia a conexão com as residências dos assinantes.

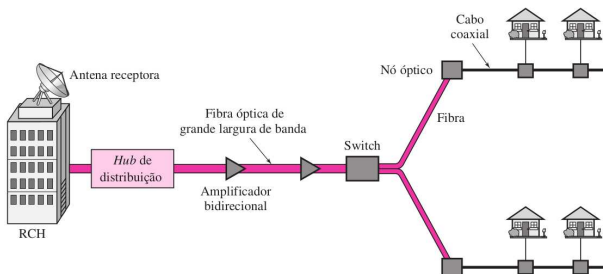


Na década de 1970, essas redes passaram por um crescimento significativo, o que exigiu a inserção de um grande número de amplificadores. Essa estratégia, embora necessária para ampliar o alcance da rede, resultava em degradação progressiva do sinal, aumento do nível de ruído e elevação dos custos de operação e manutenção. Além disso, as redes de TV a cabo desse período eram unidirecionais, permitindo apenas a transmissão de sinais de vídeo no sentido downstream, da central para as residências dos assinantes. Com o surgimento e a popularização da Internet, tornou-se evidente a necessidade de uma arquitetura de rede mais eficiente, capaz de suportar comunicação bidirecional e com altas taxas de transmissão de dados.



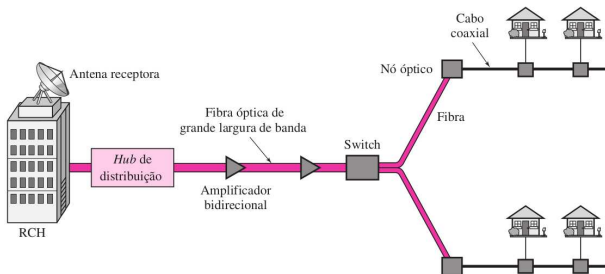
Rede HFC (*Hybric Fyber-Coaxial*)

A nova arquitetura, HFC (Hybrid Fiber-Coaxial), utiliza a combinação de fibra óptica e cabos coaxiais para a distribuição dos serviços. Nessa arquitetura, o meio de transmissão empregado na comunicação entre a central de TV a cabo (headend) e os pontos de distribuição próximos às residências dos assinantes, denominados nós ópticos, é a fibra óptica. A partir do nó óptico até o interior da residência do usuário final, o sinal é distribuído por meio de cabo coaxial.



Rede HFC (*Hybric Fyber-Coaxial*)

Devido à elevada largura de banda e à baixa atenuação características da fibra óptica, essa arquitetura permite atender múltiplos assinantes com maior qualidade de sinal, maior capacidade de transmissão e melhor desempenho global da rede.



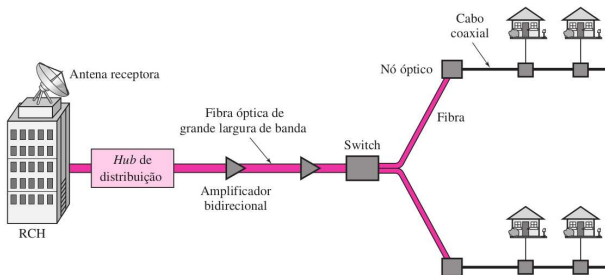
Rede HFC (*Hybric Fyber-Coaxial*)

A partir do headend, os sinais são transmitidos por meio de enlaces de fibra óptica até os nós ópticos distribuídos geograficamente. Esse segmento da rede é conhecido como rede de transporte óptico e é responsável por cobrir longas distâncias com baixíssima perda de sinal e alta capacidade de transmissão. Os nós ópticos desempenham um papel fundamental na arquitetura HFC, pois realizam a conversão do sinal óptico em sinal elétrico de radiofrequência e, no sentido inverso, convertem os sinais elétricos provenientes dos assinantes em sinais ópticos para envio à central. Cada nó óptico atende até 200 usuários.



Rede HFC (*Hybric Fyber-Coaxial*)

Após a conversão realizada no nó óptico, o sinal passa a trafegar pela rede coaxial de distribuição. Esse trecho é composto por cabos coaxiais, amplificadores e divisores, responsáveis por levar o sinal até o ponto de acesso do assinante. Embora o cabo coaxial apresente maior atenuação e seja mais suscetível a interferências quando comparado à fibra óptica, ele ainda oferece boa capacidade de transmissão em curtas distâncias.



Rede HFC (*Hybric Fyber-Coaxial*)

O funcionamento de uma rede HFC é baseado na comunicação bidirecional entre a operadora e os usuários. No sentido downstream, que corresponde ao tráfego da rede para o assinante. A central envia pacotes com o endereço do receptor usando o canal onde apenas a central poderá transmitir. Cada modem apenas “escuta” o canal inteiro e filtra os pacotes que pertencem ao seu endereço MAC. Já no sentido upstream, que corresponde ao envio de dados do assinante para a operadora, o meio é compartilhado por centenas de modems, exigindo mecanismos de controle de acesso e gerenciamento para evitar colisões e interferências entre os sinais enviados por diferentes usuários.

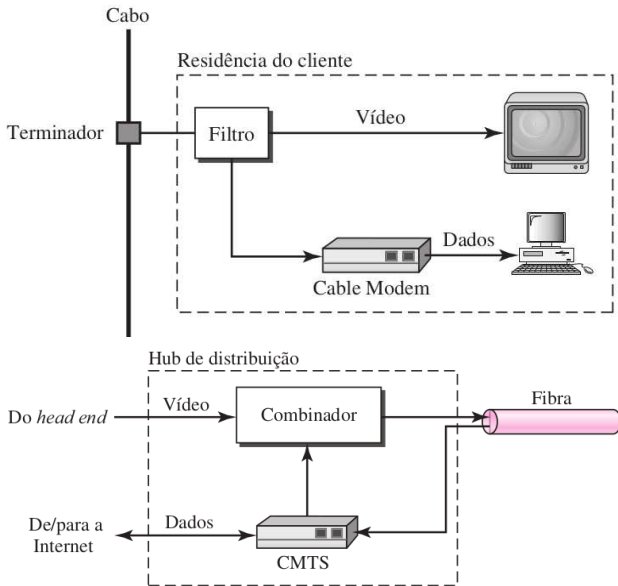


Redes de TV a Cabo para Transferência de Dados

Para fornecer serviço de Internet, as empresas de TV a cabo adaptaram a sua rede acrescentando dois dispositivos:

- Cable Modem: instalado na residência do assinante, realizam a modulação e demodulação de sinais para converter nos formatos analógico e digital.
- CMTS (*Cable Modem Termination System*): instalado na central de distribuição. Ele recebe dados da Internet e os repassa para a rede a cabo, que os envia para os assinantes e vice-versa.





Redes de TV a Cabo para Transferência de Dados

O sinal de cada emissora, juntamente com o sinal de Internet, é transmitido utilizando-se a técnica de Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM). Esta técnica permite que os sinais sejam modulados e transmitidos simultaneamente em diferentes faixas de frequência em um mesmo meio físico.

Ao chegar à residência, o sinal de Internet é separado do sinal de TV por um dispositivo chamado de *splitter*, ou divisor de sinal. Os dois aparelhos funcionam simultaneamente, ou seja, a programação da TV não interfere no envio e recebimento de dados da Internet e vice-versa.



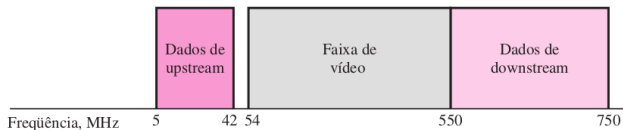
Redes de TV a Cabo para Transferência de Dados

Os pacotes IP originados no cliente chegam ao CMTS através de *frames* ethernet encapsulados em quadro no formato do padrão DOCSIS (*Data Over Cable System Interface Specification*). O CMTS então extrai os pacotes IP dos *frames*, cria o cabeçalho de enlace adequado e efetua o roteamento:

- Se forem dados, eles são encaminhados até um roteador de borda que atua como *gateway* para a Internet;
- Se forem de telefonia, são encaminhados aos equipamentos que interliga e controlam a rede de telefonia convencional.

Redes de TV a Cabo para Transferência de Dados

Para fornecer acesso à Internet, as empresas de TV a cabo dividiram a largura de banda disponível em três faixas (FDM): vídeo/TV, dados na direção de *downstream* e dados na direção de *upstream*.



Upstream sinal da residência do assinante para a central e *downstream* na direção da central para a residência do assinante.



Redes de TV a Cabo para Transferência de Dados

- No downstream, o CMTS usa TDM (Time Division Multiplexing). Ele decide: “Neste microssegundo, envio dados para o Modem A; no próximo, para o Modem B”. Fazer isso no domínio do tempo é muito mais simples e eficiente para um transmissor único.
- No upstream, os modems utilizam o OFDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência). O CMTS atribui “fatias” específicas de frequências (subportadoras) para cada modem, permitindo que vários transmitam simultaneamente sem interferência.
- Velocidade: Downstream de até 10 Gbps e Upstream de até 6 Gbps;
- O padrão suporta até 4096-QAM (12 bits por símbolo).



Comunicação na Direção de Upstream

1. O cable modem (CM) monitora os canais de downstream disponíveis e recebe do CMTS mensagens que indicam os canais disponíveis e solicitam que novos CMs se anunciem em um canal de upstream.
2. Após os CMs informar sua presença, o CMTS define e comunica ao CM os canais de downstream e upstream que serão utilizados.
3. O CM executa o processo de ranging, responsável por determinar a distância entre o CM e o CMTS, permitindo a sincronização da rede e a correta alocação dos minislots no canal de upstream.

Comunicação na Direção de Upstream

4. O CM solicita ao provedor de serviços um endereço IP e configurações de rede.
5. O CM e o CMTS realizam a troca de mensagens para configuração dos parâmetros de segurança e autenticação.
6. Por fim, o CM envia seu identificador exclusivo ao CMTS e passa a disputar os minislots do canal de upstream, iniciando a transmissão de dados.



FDM - TV

A largura de banda de vídeo (canais de TV) na direção de *downstream* ocupa frequências que vão de 54 a 550 MHz. Considerando-se que cada canal de TV ocupa 6 MHz, isso pode acomodar mais de 80 canais.



Vantagens da HFC

Vantagens da HFC:

- Alta taxa de download;
- Aproveitamento de infraestrutura existente: utiliza a rede de TV a cabo já instalada, reduzindo custos de implantação.
- Suporte a múltiplos serviços: possibilita TV, Internet e telefonia.

Desvantagens da HFC

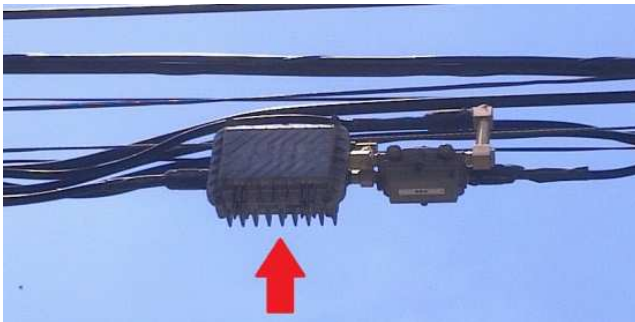
Desvantagens da HFC:

- Meio compartilhado: a largura de banda é dividida entre os usuários do mesmo segmento, podendo causar queda de desempenho em horários de pico.
- Assimetria de velocidades: tradicionalmente, o upload é inferior ao download.
- Maior suscetibilidade a interferências: o cabo coaxial é mais sensível a ruídos eletromagnéticos que a fibra óptica.
- Manutenção mais complexa: a presença de componentes, como amplificadores, eleva custos operacionais.



Equipamentos – Amplificador

Devido a atenuação sofrida pelo sinal na rede HFC, se faz necessária utilização de amplificadores em intervalos regulares. Este equipamento é utilizado com o simples intuito de amplificar os sinais, independente da modulação ou protocolo utilizado.



Equipamentos – TAP

O TAP é utilizado para distribuir os sinais aos clientes. Ele extrai uma parte do sinal do cabo principal da rede HFC e o direciona para os assinantes, enquanto o restante continua fluindo pelo tronco principal. Ele ainda multiplexa o sinal de *upstream* originado no cliente aos outros sinais de RF que passam por ele e vão para o nó óptico.



Equipamentos – Expansão de Cabo Coaxial

Devido o cabo coaxial sofrer mais retração ou expansão térmica do que o cabo de aço, é necessário criar pontos de expansão nos cabos, junto a cada poste.



O Nó Óptico é o equipamento responsável pela conversão de sinal óptico (recebido do CMTS) em sinal elétrico (para o cliente) e vice-versa. São posicionados próximos às áreas dos clientes. Deles chegam as fibra e saem os cabos coaxiais que efetivamente cobrirão a área designada.



A Fonte de Alimentação converte a voltagem da rede comercial (220V) para uma voltagem menor (60V a 90V). A fonte multiplexa a energia elétrica (60 Hz) com os sinais de RF (54 MHz a 2 GHz) e injeta o sinal resultante no cabo coaxial que alimentará os elementos ativos da rede (nós ópticos e amplificadores). Cada fonte pode alimentar de dez a vinte elementos, e conta com baterias recarregáveis para casos de falta de energia elétrica.



Equipamentos – Modems

O modem, fica na residência do cliente, realiza a conversão do sinal analógico (do cabo coaxial) para o sinal digital (para o computador).



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE