

CENTRO PAULA SOUZA

GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO

**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso de Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação**

REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO CONVERGÊNCIA

MARIANA GAUDENCIO FLORENTINO ALVES

Americana, SP
2010

CENTRO PAULA SOUZA

**GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO**

**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso de Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação**

REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO CONVERGÊNCIA

MARIANA GAUDENCIO FLORENTINO ALVES

mari.gaudencio@yahoo.com.br

**Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Americana, para
graduação no curso superior em Análise
de Sistemas e Tecnologia da
Informação, sob orientação da Prof.
Nelson Gonçalves Junior**

Área: Redes de computadores

**Americana, SP
2010**

**FICHA CATALOGRÁFICA elaborada pela
BIBLIOTECA – FATEC Americana – CEETPS**

A48r

Alves, Mariana Gaudêncio Florentino
Redes de próxima geração: convergência / Mariana
Gaudêncio Florentino Alves. – Americana: 2010.
67f.

Monografia (Graduação em Análise de Sistemas e
Tecnologia da Informação). - - Faculdade de Tecnologia de
Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula
Souza.

Orientador: Prof. Esp. Nelson Gonçalves Júnior

1. Redes de computadores 2. Sistemas de informação I.
Gonçalves Júnior, Nelson II. Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana.

CDU: 681.519

Bibliotecária responsável Ana Valquiria Niaradi – CRB-8 região 6203

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, e certamente, a Deus, meu Senhor, que usou de muita misericórdia para comigo, e me encheu de forças e sabedoria para desenvolver este trabalho.

Aos meus pais, Edson e Izabel, e minha irmã Marcela, que me incentivaram em todo o momento, não permitindo que eu desanimasse e desistisse.

À equipe da revista RTI, que me forneceu artigos de suma importância para esta monografia, e facilitaram minha pesquisa.

Estendo meus agradecimentos aos Professores Lincon Peretto, Rogério Freitas e Nelson Gonçalves Junior, orientador deste trabalho, que se interessaram pelo assunto e forneceram, sempre que possível, bons materiais de pesquisa.

A todos os amigos, parentes, professores e colegas de trabalho, que direta ou indiretamente estiveram ao meu lado, consolando, direcionando, fortalecendo, lendo e ouvindo, meus sinceros agradecimentos.

ALVES, Mariana Gaudencio Florentino Alves. **Redes de Próxima Geração – Convergência**. Americana, 2010. 67p. Monografia, Faculdade de Tecnologia de Americana.

Resumo

Esta monografia tem por objetivo estudar a evolução das redes de telefonia e tráfego de dados, núcleo e borda da rede, para as soluções de convergência. Para isso, abordei as tecnologias xDSL existentes, que são as mais empregadas para transmitir dados e voz num único canal. Também escrevi sobre o Modelo OSI, para entender melhor como funciona o núcleo da rede, que, atualmente, utiliza as tecnologias Frame Relay, ATM e MPLS. Como não é possível implantar a NGN sem o IPv6, um capítulo foi dedicado a esse protocolo, que, além de resolver o problema de esgotamento de IPs válidos na Terra, implementa segurança à sua estrutura, que é um item obrigatório nesse novo tipo de rede. Os protocolos MCGP, MEGACO, SIP e H.323 são os responsáveis pela implantação, extensa, porém contínua, das redes convergentes, portanto, eles são abordados nesse trabalho. Como a convergência atinge núcleo e borda, em relação àquele, descrevi o funcionamento e o impacto das redes PCM, SDH e SDH-NG. Quanto à borda, mostrei a evolução dos serviços xDSL, ASDL-NG e VDSL-NG, que necessitam de fibra para serem empregados. Outro fator essencial para a implantação da convergência é a utilização da fibra óptica em lugar dos cabos de par metálico e par-trançado, portanto, escrevi, também, sobre as tecnologias FTTx e PON, que são as tecnologias/redes que substituem esses cabos. Visto que o IP será o protocolo dominante, o qual encapsulará todos os demais protocolos, possibilitando que a rede mundial passe a ser exclusivamente de pacotes, não poderia deixar de citar a transformação da borda em redes Ethernet. As redes NGN vem para tornar a implantação e oferta dos serviços mais barata, de fácil gerenciamento e com alta qualidade.

Palavras-chave: Convergência, NGN, IPv6, Qualidade, Redes.

ALVES, Mariana Gaudencio Florentino Alves. **Next Generation Networks – Convergencing**. Americana, 2010. 67p. Monografia, Faculdade de Tecnologia de Americana.

Abstract

This monograph aims to study the evolution of telephony networks and data traffic, core and edge network, for the convergence solutions. For that, I discussed the existing xDSL technologies, which are more used to transmit voice and data over a single channel. I also wrote about the OSI model to better understand how the core of the network works, which currently uses the technologies Frame Relay, ATM and MPLS. How is not possible to deploy the NGN without IPv6, a chapter was devoted to this protocol, which in addition to solve the problem of depletion of valid IPs on Earth, it implements security in its structure, which is a required element to this new network . The protocols MCGP, MEGACO, SIP and H.323 are responsible for implementation, extensive, but continuous, of convergent networks, so they are covered in this work. As convergence reaches core and edge, in relation to that, I described the operation and the impact of PCM, SDH and SDH-NG network. As to edge, I showed the evolution of xDSL service, ADSL-NG and VDSL-NG, which require fiber to be employed. Another essential factor for the deployment of convergence is the use of fiber optics in place of the metallic pair cables and twisted pair, so I wrote, too, about the FTTx and PON, which are the technologies/networks that replace these cables. Since IP is the dominant protocol, which encapsulates all other protocols, enabling the global network to become only the packages, it could not fail to mention the transformation of edge in Ethernet networks. NGN is to make deployment and supply of services more cheaply, easily and with high quality management.

Keywords: Convergence, NGN, IPv6, Quality, Networks.

LISTA DE SIGLAS

ARPA – Advanced Research and Projects Agency

ASON – Automatic Switched Optical Networks

ATM - Asynchronous Transfer Mode

CSR – Cell Switching Router

DSL - Digital Subscriber Loop

DSLAN - *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*

EGP – Exterior Gateway Protocol

FR – Frame Relay

FTT – Fiber to the ...

GMPLS – Generalized Multi-Protocol Label Switching

IANA – Internet Assigned Numbers Authority

ICMP – Internet Control Message Protocol

IETF – Internet Engineering Force

IP – Internetwork Protocol

ISDN - Integrated Services Digital Network

LAN – Local Area Network

MAC – Media Access Control

MAN – Metropolitan Area Network

MCGP - Media Gateway Control Protocol

MPLS - Multiprotocol Label Switching

NAT – Network Address Translation

NGN – Next Generation Network

OSI – Open System Interconnection

OSPF – Open Shortest Path First

PABX – Private Automatic Branch Exchange

PBX – Private Branch Exchange

PCM - *Pulse Code Modulation*

PON – Passive Optical Network

PPPoE - *Point-to-Point over Ethernet*

PSTN - *Public Switched Telephone Network*

PVC – Permanent Virtual Circuit

QoS – Quality of Service

RFC – Request for Comments

RIP – Routing Information Protocol

RTP – Real Time Transport Protocol

SDH - Synchronous Digital Hierarchy

SIP – Session Initiation Protocol

STM – Synchronous Transport Module

TCP – Transmission Control Protocol

UDP – User Datagram Protocol

VCI – Virtual Channel Identifier

VOIP – Voice over IP

VPI – Virtual Path Identifier

WAN – Wide Area Network

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1. O QUE SÃO REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO	12
1.1. Cenário atual do mercado.....	14
1.2. Exigências NGN.....	15
2. TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO EXISTENTES.....	16
2.1. Telefonia & Dados	16
2.1.1. ISDN/ISDL (<i>Integraded Services Digital Network/Interection...</i>).....	17
2.1.2. HDSL (<i>High-bitrate Digital Subscribe Loop</i>).....	19
2.1.3. ADSL (<i>Assymetric Digital Subscriber Line</i>).....	20
2.1.4. SDSL (<i>Symetric Digital Subscriber Line</i>).....	22
2.1.5. VDSL (<i>Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line</i>).....	22
3. ARQUITETURA DE REDES ATUAIS – NÚCLEO	24
3.1. Modelo OSI.....	24
3.2. Arquitetura da Internet	26
3.2.1. Frame Relay	28
3.2.2. ATM.....	30
3.2.3. MPLS	32
4. IPV6 (INTERNET PROTOCOL VERSÃO 6)	36
4.1. Funcionamento	37
4.2. Segurança	39
5. PROTOCOLOS DE CONVERGÊNCIA	40
5.1. MGCP	40
5.2. MEGACO/H.248.....	42
5.3. SIP.....	42
5.4. H.323.....	44
6. REDES DE TRANSPORTE CONVERGENTES – NÚCLEO DA REDE	46
6.1. Redes PCM e SDH.....	47
6.2. Sistemas SDH de Próxima Geração (SDH-NG)	50
7. BANDA LARGA CONVERGENTE.....	54
7.1. Redes xDSL-NG	55
7.1.1. ADSL-NG	55
7.1.2. VDSL-NG	55

7.1.2.1. FTTx..... 58

7.2. PON..... 59

7.3. Ethernet 61

CONCLUSÃO 62

INTRODUÇÃO

Os sistemas de telecomunicações atuais consistem numa combinação de diversas tecnologias de rede, aplicações e recursos de gerência, resultando num sistema bastante complexo. O custo de operações, supervisões e treinamentos é bastante elevado em função da diversidade tecnológica.

As redes de próxima geração têm o intuito de simplificar este processo através de uma nova arquitetura baseada somente em redes IP e tecnologia óptica.

O cenário das redes de telecomunicações vem sendo afetado por intensas forças de transformação, visando a criação de um ambiente aberto multifornecedor que favoreça a redução de custos de equipamentos e dos serviços oferecidos aos usuários.

Dentre essas forças destacam-se a convergência de voz, dados e vídeo na mesma infraestrutura de rede, o desenvolvimento da microeletrônica, o desenvolvimento da fotônica e a separação dos componentes de software e hardware dos equipamentos. Portanto, a convergência consiste no encaminhamento de todos os tipos de informação pelo mesmo tipo de equipamento. (Tronco, 2006, p. 13)

Com base nisso, este trabalho vem mostrar, de maneira abrangente e geral, a aplicação atual e futura das Redes de Próxima Geração, assim como demonstrar as necessidades reais do mercado, sendo este composto por empresas prestadoras de serviços e fornecedoras de equipamentos, e pelos usuários finais, que a cada dia buscam a melhora de banda e serviços, com baixos preços.

NGN é um assunto atual e de necessário conhecimento para o profissional de TI, pois já é uma tecnologia presente em alguns lugares ao redor do mundo, e, futuramente, será a base de toda a rede mundial de informações.

Portanto, este projeto irá servir de base para alunos e professores que desejarem aprender as definições e o escopo da NGN, tanto em nível de núcleo da rede, com seus protocolos e soluções específicas, quanto na borda da rede, formado pelos consumidores finais, que receberão a comunicação em forma de redes Ethernet.

Poderá ser utilizado também por aqueles que ainda não possuem nenhum conhecimento em convergência, pois, através de informações introdutórias, o leitor terá uma base suficiente para prosseguir em suas pesquisas.

Sendo assim, o primeiro capítulo faz uma introdução à convergência, explicando o que esta é, qual o cenário atual do mercado, ou seja, o surgimento das redes de telefonia e telecomunicação e a oferta de serviços, e quais as exigências das redes NGN, que necessitam, entre outras coisas, flexibilidade e padronização.

No segundo capítulo, as tecnologias e a estrutura da rede de telefonia e transmissão de dados atual são mostradas, a fim de que o leitor possa entender o quanto o cenário convergente será diferente de o que temos hoje em dia, fisicamente falando, visto que essa mudança será a de maior impacto nesses meios de transmissão.

Dando continuidade ao trabalho, no capítulo três, o assunto é as redes de núcleo, aquelas que fazem o transporte de dados na nuvem. O primeiro assunto deste capítulo é o Modelo OSI, que ajuda a entender o funcionamento do núcleo, e serve de base para o restante do trabalho, já que o protocolo IP também pertence a esse modelo.

O capítulo continua mostrando a arquitetura da Internet, que é composta pelo TCP/IP e as tecnologias Frame Relay, ATM e MPLS, sendo a última, uma solução convergente, pois permite rápida expansão e é capaz de interagir com redes legadas.

Como é impossível implantar a NGN sem o IP, o capítulo quatro é dedicado ao IPv6, que vem aumentando seu uso gradativamente, e permitirá conectar tudo sobre Ethernet, além de acabar com o problema de IP's válidos disponíveis.

No capítulo cinco, os protocolos convergentes são estudados. Esses protocolos permitirão que haja tráfego de dados, voz, vídeo, jogos, telefonia, e outras aplicações que estão surgindo, num mesmo meio, e de forma barata e integrada.

Já no capítulo seguinte, o assunto são as redes de transporte, que comporão o núcleo da futura rede convergente, sendo estas as responsáveis por todo o tráfego mundial.

Visto que, para os usuários finais não importa o que está no meio e sim o que chegará em suas residências e pequenas empresas, o capítulo sete é dedicado às redes de banda larga convergentes, que entregarão os serviços aos computadores da borda, através da evolução dos protocolos xDSL e fibras ópticas.

1. O QUE SÃO REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO

Sabemos que todo o mundo está interligado através da rede mundial Internet, que possibilita diversos tipos de comunicação e, certamente, ultrapassa as barreiras políticas e sociais, assim como torna público os costumes, tradições e histórias de diferentes culturas.

Como “...A Internet surgiu de uma necessidade de comunicação militar, depois chegou às universidades norte-americanas, e evoluiu para o uso comercial, educacional e social em todo o mundo...”, passando a ser o principal e mais amplo meio de transmitir informações atualmente, e, sabendo que o mercado mundial exige novas tecnologias e soluções que abram novos horizontes e um dêem retorno rápido sobre o investimento, faz-se urgente a mudança nas bases da comunicação, que ainda trabalha sobre o alicerce inicial, no qual os serviços deviam ser oferecidos separadamente. (Zakon, 2010)

Temos, então, a NGN, cujo objetivo é mudar a forma como se oferece uma solução de comunicação, ou seja, uma vez que a estrutura física convergente já estiver implantada, as empresas precisarão aprender a oferecer serviços de baixo valor, com alta qualidade e segurança, e que sejam melhor que o de seus concorrentes.

A NGN (*Next Generation Networks* – no original em inglês) é uma proposta de mudança para a arquitetura de rede mundial, de modo que dados, vídeo, voz, TV, jogos e outros aplicativos multimídia trafeguem pelo mesmo meio.

A implementação da NGN, também conhecida como convergência, visa unificar plataformas independentes em uma única, onde o protocolo padrão seja o IP (*Internet Protocol*) e todos os serviços movimentem-se em pacotes. Essa mudança representa um enorme potencial de redução de custos operacionais e de manutenção de toda a rede de telecomunicação. (Tronco, 2006)

“Atualmente, as tecnologias de telefonia fixa, telefonia móvel, TV a cabo, WAN, LAN, MAN e Wireless, são distintas e independentes”. Isso significa que os protocolos utilizados, os meios de transmissão e até os equipamentos são diferentes, não possibilitando, inicialmente, a comunicação entre eles, de modo que os aplicativos que rodam em cada uma dessas plataformas não são suportados nas outras. (Telecon, 2009)

Com a convergência, essa incompatibilidade deixará de existir, pois todos os programas passarão a funcionar sob o protocolo IP, e o usuário final, por exemplo, receberá em sua casa uma única fibra óptica, ou uma única conexão wireless, que lhe permitirá fazer ligações telefônicas, assistir TV, navegar pela Internet, jogar online, fazer vídeo-chamada (VOIP), entre outros.

O impacto dessa mudança será enorme, tanto para os usuários da borda da rede que poderão usufruir de novos serviços de maneira fácil e mais barata, quanto para as empresas que fornecem essas soluções, pois havendo a unificação das plataformas, o leque de oferta de serviços aumenta, e conseqüentemente, a concorrência.

Apesar de a convergência ser idealizada, até hoje ela não foi implantada mundialmente porque os investimentos são muito altos. Para uma empresa de telefonia, por exemplo, que faz o tráfego de voz por uma rede de cabos telefônicos instalados em postes e residências por todo o país, no quais foram investidos milhões durante anos, de repente mudar tudo isso para uma rede óptica, onde os serviços deixariam de ser limitados pela instalação viável de equipamentos, representa um grande desafio e, principalmente, é um universo desconhecido, pois o retorno sobre os investimentos ainda não pode ser estimado.

Ainda há outros fatores que atrasam a implantação da NGN, como a “diversidade de recursos exigidos pelo usuário, que necessita de mobilidade, banda larga, respostas em tempo real, segurança e preços baixos”. Também é fato que os meios utilizados para cada solução são diversos, pois a “TV a cabo utiliza predominantemente o cabo de cobre (coaxial), as rádios têm um espectro próprio e limitado, e os *backbones* suportam, até o momento, somente as tecnologias ATM, SDH e PDH”. (Amazonas, 2010)

Caminhamos também para o uso por demanda, ou seja, desejamos pagar por aquilo que usamos, sem assinaturas ou taxas extras, e queremos ter Telefonia, TV, Vídeos, Som, Jogos online, Emails, entre outros. Porém, cada uma dessas plataformas trabalha com diferentes taxas de transmissão e atraso, perda de dados e com um tempo de configuração distinto, e a NGN propõe que todas essas soluções disputem uma mesma banda, com uma mesma velocidade de transmissão, ou seja, que o meio seja alocado conforme o uso e dinamicamente.

Na tentativa de redução dos custos de mudança, a convergência propõe uma tecnologia que seja totalmente compatível com os sistemas legados, para que as empresas

recebam antes o retorno financeiro de todo o investimento já realizado, para então mudar toda sua estrutura de rede para fibra óptica.

1.1. Cenário atual do mercado

A Internet mudou a informação digital, pois tem providenciado mobilidade, conectividade e abrangência. O futuro do que vemos hoje é a centralização que permitirá o acesso de qualquer lugar e a qualquer hora a uma banda de qualidade e sem restrições.

“Para cada serviço oferecido uma operadora específica surgiu para explorá-lo e criar uma infra-estrutura dedicada. Com isso, os terminais de acesso às redes são diferentes também, ou seja, precisamos de um computador para a rede de dados, um aparelho telefônico para a telefonia...”, etc. (Filho e Sanchez, 2004)

Isso fez com que os serviços fossem contratados separadamente, criando perfis distintos em cada operadora. Ainda há o fato de que cada serviço possui uma regulamentação diferente, assim como as tecnologias, que muitas vezes não possibilitam a intercomunicação com outras. Devido a essa interoperabilidade, os custos por demanda e de manutenção são altos, e “Muitas vezes o número de usuários não gera receitas que compensem a implantação. Na telefonia fixa, por exemplo, o número de usuários tem diminuído a cada ano, e a estrutura física deve ser mantida e expandida, o que encarece os produtos e serviços oferecidos”, diminuindo ainda mais o interesse do usuário por esta tecnologia. (O Globo online, 2010)

No modelo atual de ofertas de serviços de telecomunicações há uma sobreposição de redes de diversos tipos, o que resulta no uso ineficiente dos recursos de transmissão e comutação e num alto custo de operação e treinamento. (Tronco, 2006)

A estrutura convergente permitirá o uso melhorado dos recursos disponíveis, pois diversas aplicações compartilharão a infra-estrutura existente, diminuindo custos e multiplicando receitas, pois uma única empresa disponibilizará soluções diversas numa mesma banda, melhorando o suporte e a qualidade do serviço.

Vários são os movimentos que tem exigido a mudança na forma de conectividade mundial, “...entre eles está o uso da banda pelas redes públicas de telecomunicação, que aumentou muito nos últimos anos...” forçando as prestadoras de serviço a oferecerem maior

segurança, diversidade de recursos com baixo custo e disponibilidade total. (O Globo online, 2010)

“A convergência, porém, ainda não é real e total, ou seja, ela tem ocorrido em grupos, também conhecidos como frentes, diferentes, ou seja, tem se aplicado no mercado a convergência de dados - voz, de dados – voz – vídeo, telefonia fixa – móvel, negócios e tecnologia da informação e telecomunicações”.(Alberti, 2008)

Essas iniciativas têm obtido êxito em suas aplicações isoladas, mas ainda falta muito para que ocorra a total união.

Para haver convergência, “...A garantia da qualidade sobre serviço (QoS) é imprescindível, de modo que haja transparência nos serviços ao usuário final”.(Alberti, 2008)

Ainda é preciso garantir que a NGN tenha interoperabilidade com redes legadas, pois o investimento feito nestas não pode ser descartado, mesmo porque muitas ainda fazem parte da infra-estrutura pública.

É preciso que haja mobilidade total entre os serviços, terminais e os usuários, além de permitir o acesso a diferentes provedores de serviços.

Como é possível observar, a NGN mudará o foco que é dado às operadoras, que hoje detém a tecnologia e oferecem àqueles que puderem pagar por ela, para o usuário, que decidirá qual operadora irá utilizar, baseando-se na qualidade dos serviços oferecidos, disponibilidade e custo.

1.2. Exigências NGN

O modo de transferência dos dados se dará por pacotes, no qual o protocolo IP, do modelo OSI, será utilizado. “Deverá haver também a separação das funções de controle e transporte, chamada/sessão e serviços/aplicações, fornecimento de serviços de rede e serviços de interface aberta, havendo suporte para todas elas em tempo real”.(Alberti, 2008)

A convergência tem que ter flexibilidade de configuração e ser aberta, pois suportará a heterogeneidade das tecnologias de acesso, ao mesmo tempo em que provê segurança para a troca de informações sigilosas entre dois lados.

2. TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO EXISTENTES

Pelo fato de cada rede de comunicação ter sido criada para ser independente, com sua própria tecnologia, equipamentos e administração dos recursos, a interligação entre elas é difícil, e inviável em alguns casos.

Abaixo será demonstrado o que cada tecnologia usa e necessita para se manter a fim de explicitar o porquê da convergência ainda não ter sido totalmente implantada.

2.1. Telefonia & Dados

Telefonia fixa e transmissão de dados Pode-se afirmar que a telefonia foi “o ponta pé inicial das telecomunicações no mundo”, tanto pela época de seu surgimento, considerado como sendo logo após a criação do telefone em 1860, quanto pela ampliação da comunicação, que aos poucos foi interligando cidades geograficamente distantes, estados e países em continentes diferentes, rompendo assim as barreiras sociais e culturais do século XX. (Pampanelli, 2009)

Com o uso do telefone, as pessoas se acostumaram a conversar e trabalhar com outras que não estavam presentes no mesmo ambiente. Esse fenômeno permitiu que novas oportunidades de negócio em telecomunicações surgissem.

“As tecnologias da telefonia foram sendo incrementadas de tempos em tempos para atender a demanda, que foi crescente até o fim do século XX, antes da popularização da telefonia móvel”. (Pampanelli, 2009)

A telefonia fixa convencional utiliza hoje o conhecido par de fios de cobre, e as Centrais Telefônica trabalham com a multiplexação do tempo, visto que uma linha telefônica só é utilizada quando um telefone é retirado do gancho, não existindo a necessidade de manter uma linha 24 horas disponível e sem uso.

A interconexão entre as Centrais, a partir da década de 60 passou a ser feita por troncos digitais que viriam a ser conhecidos como linhas T1 ou E1 (padrões americano e europeu, respectivamente), que multiplexam em tempo de 24 ou 30 canais de voz em uma linha digital com codificação do tipo PCM (*Pulse Code Modulation*). Na sua forma básica os

troncos T1 e E1 são simplesmente canais digitais estruturados segundo quadros, em linhas com taxas de 1,544 Mbit/s no T1 e 2,048 Mbit/s no E1.

Ambos são o primeiro nível de multiplexação da hierarquia digital plesiócrona¹ e são largamente usados em redes de comunicações públicas e privadas. Atualmente, o suporte físico para transmissão E1/T1, pode ser, tanto através de par trançado, como cabo coaxial ou fibra ótica.

Com o rápido processo de digitalização da sociedade, a tecnologia PCM não era capaz de suportar essas mudanças sem um custo alto, portanto, a partir da década de 80, iniciou-se a implantação da tecnologia ISDN e na década posterior, surgiram as tecnologias xDSL (ADSL, HDSL, SDSL, VDSL, e outros padrões que não serão abordados por este trabalho), que utilizam a mesma infra-estrutura de fios de cobre, de fácil instalação, e proporciona altas taxas de transmissão.

2.1.1. ISDN/ISDL (*Integrated Services Digital Network/Interconnection System Design Language*)

Trata-se de um serviço disponível nas centrais telefônicas que permite a troca digital dos dados, onde são transmitidos pacotes por multiplexagem, ou seja, é possível estabelecer várias ligações lógicas numa mesma ligação física, sob condutores de par trançado.

“O ISDN, através de um equipamento próprio, divide a conexão telefônica em dois canais de 64Kbps, sendo que a voz trafega por um canal e os dados pelo outro”. Também é possível utilizar os dois canais somente para voz ou para dados, conforme a necessidade do usuário. (Alecrim, 2003)

O equipamento ISDN transforma a linha analógica, que possui uma largura máxima de 4Khz, em uma linha digital de 128Kbps, também conhecida como “Híbrida com Cancelamento de Eco”.

O aparelho ISDN recebe da Central um único cabo telefônico e disponibiliza dois cabos aos usuários, sendo um para a linha telefônica (voz) e o outro para o computador (dados), geralmente um cabo serial.

¹ Termo originário do grego plésio, que significa próximo e chronos, que significa tempo. O termo se refere a

Inicialmente, a conexão de 128Kbps é utilizada para a transmissão de dados, e, quando há transmissão de voz, seja por parte do usuário que inicia uma ligação telefônica, ou pelo recebimento de uma chamada, a transmissão de dados passa, automaticamente, a trabalhar a 64Kbps, e a voz utiliza a outra metade restante.

Existem duas formas de conexão ISDN, que é a ISDN–BRI (*Basic Rate Interface*) e a ISDN–PRI (*Primary Multiplex*).

O Acesso Básico (ISDN-BRI) é destinado a usuários domésticos e a pequenas empresas, sendo possível ligar vários equipamentos terminais. A ligação de acesso disponibiliza sempre dois canais, porém, possibilita a conexão de até oito equipamentos, porém, somente dois poderão utilizar a tecnologia ao mesmo tempo. Nesse caso, o reconhecimento de a qual equipamento a ligação se destina, é feito pelo MSN (*Multiple Subscribe Number*). (Alecrim, 2003, p. única).

O ISDN-BRI é composto por dois canais de dados de 64Kbps e um canal de sinalização de 16Kbps, conforme imagem a seguir.

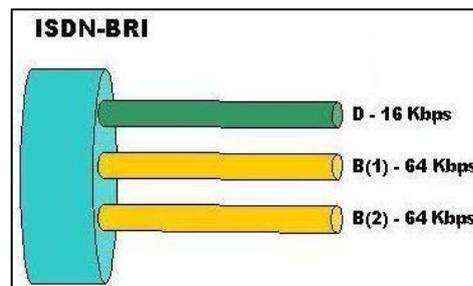


Figura 2.1.1.1 - Divisão da banda ISDN-BRI
Fonte: InfoWester – Tecnologia ISDN, 2003.

Já o ISDN-PRI, conhecido como Acesso Primário, permite a utilização máxima de 30 canais, transmitindo a 2048Kbps, onde o sinal é transmitido diretamente da Central telefônica, não passando por intermediários, que fariam a taxa de transmissão cair drasticamente.

Diferentemente do ISDN-BRI, o Acesso primário permite a conexão simultânea de 30 equipamentos, garantindo uma taxa de transmissão de 64Kbps para cada um deles, e um canal de sinalização de mesma banda.

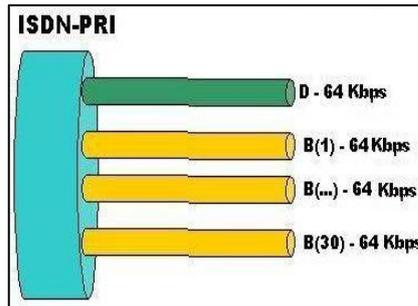


Figura 2.1.1.2 - Divisão da banda ISDN-PRI
 Fonte: InfoWester – Tecnologia ISDN, 2003.

O canal D, conhecido também como canal de dados, é utilizado como reserva de 8.000bits e também para manter as informações dos canais B (canais de dados), como, protocolo utilizado, tipos de equipamentos, taxas e hora/data de conexão, entre outras.

Os protocolos mais utilizados na ISDN são: “...V.110, que transmite a uma velocidade máxima de 38.400b/s, sendo o restante da banda utilizada por pacotes redundantes; v.120 que aumenta a taxa de transmissão para 54.000b/s...”; e os protocolos x.75 e T70NL que aproveitam integralmente a capacidade do canal B, ou seja, transmitem a 64.000b/s, e foram os responsáveis por tonar o acesso à Internet viável. (Alecrim, 2003)

2.1.2. HDSL (*High-bitrate Digital Subscribe Loop*)

O HDSL fornece comunicação duplex em um ou dois pares de assinantes com taxa de transferência de 1.544Kb/s (equivalente ao T1 – americano) ou 2.048Kb/s (E1 – europeu).

Atualmente, o HDSL é largamente utilizado, pois transmite numa frequência mais rápida, sendo de baixo custo. “Ele transforma o par de cabos de cobre em canais digitais, através de eletrônica avançada, e também quadruplica a distância em que o sinal digital pode viajar, não sendo necessária a ampliação ou regeneração do sinal.” (Univates, 2001)

Para que o HDSL funcione, é preciso que na Central telefônica seja instalado um cartão de processamento digital, e no lado do cliente, o equipamento NT (*Network Terminating*) que também contém o cartão. Este cartão utiliza técnicas de sinal DSP (*Digital Signal Processing*) e algoritmos de modulação, codificação e entrelaçamento dedicado.(Univates, 2001, p. única)

Com o sinal DSP, são utilizadas técnicas para manter e recuperar a integridade do sinal, face às imperfeições e distorções do cabo de cobre.

O HDSL é utilizado atualmente em LAN's e PBX, onde a voz é transmitida de uma central PBX para outros usuários em prédios e salas próximas, e também em Videoconferência, e extensões de *Backbone*, onde são utilizados cabos de cobre para transmitir o sinal dos *Backbones* até os prédios.

2.1.3. ADSL (*Assymetric Digital Subscriber Line*)

Em português, ADSL é conhecido como Linha Digital Assimétrica para Assinante, que faz a transmissão de dados em alta velocidade por linhas telefônicas comuns.

Ele divide a linha "...Em três canais virtuais, sendo um utilizado para a transmissão de voz, o outro para download de dados e o terceiro para upload, com velocidade inferior ao canal de download". (Alecrim, 2003)

Um equipamento denominado *Splitter*, é instalado tanto na residência quanto na Central, e nele são conectados o cabo do telefone (linha) e do modem. Esse equipamento encaminha o sinal de voz para uma rede de comutação por circuitos, chamada de PSTN (*Public Switched Telephone Network*), que é o caminho habitual das ligações telefônicas. Quando há utilização da Internet, por exemplo, o sinal é encaminhado ao DSLAN (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), ou seja, o *Splitter* reconhece o tipo de dado e faz o encaminhamento do sinal para o local certo.

O ADSL surgiu para aproveitar a banda que não é utilizada pela telefonia, pois esta transmite a uma taxa máxima de 4000Hz, e, como é possível utilizar frequências diferentes em um mesmo cabo, a tecnologia utiliza uma frequência entre 500Hz e 2,2Mhz para a transferência de dados, o que não interfere na comunicação de voz. (Alecrim, 2003)

A tecnologia ADSL funciona instalando-se um modem específico para esse tipo de conexão numa residência ou empresa e fazendo-o se conectar a um equipamento na central telefônica. Neste caso, a linha telefônica serve como "estrada" para a comunicação entre esses dois pontos. Como a linha telefônica é usada unicamente como um meio de comunicação entre o modem do usuário e a central telefônica, não é necessário pagar pulsos telefônicos, pois a conexão ocorre por intermédio do modem e não discando

para um número específico, como é feito com o acesso à internet via conexão discada. (Alecrim, 2003, p. única)

O sinal, depois de enviado à central telefônica, é separado e os dados vão para um equipamento DSLAN, que limita a velocidade do usuário e uni varias linhas ADSL, e depois envia o sinal para uma linha ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) de alta velocidade que está conectada à internet, como é possível observar na figura abaixo.

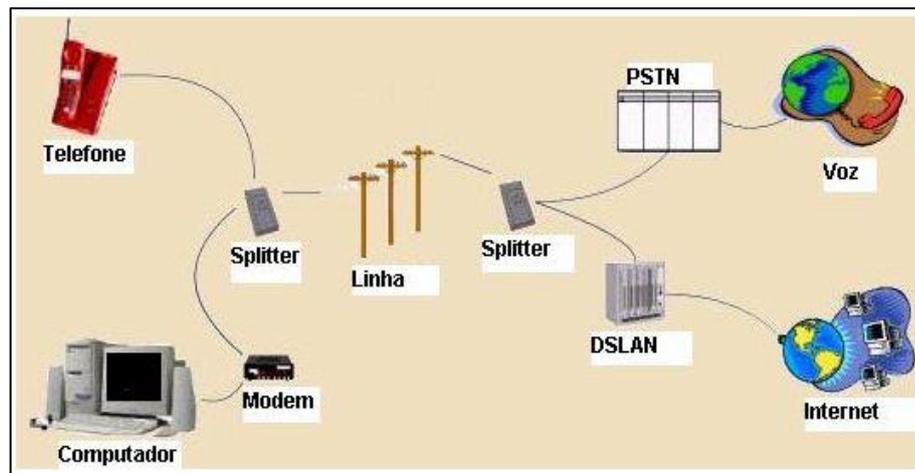


Figura 2.1.3.1 – Conexão ADSL com o Splitter
 Fonte: InfoWester – ADSL: O que é e como funciona – 2003

Em teoria, as velocidades para download variam de 256Kbps a 6,1Mbps, e as taxas de *upload*, de 16Kbps até 640Kbs.

Como o ADSL é a divisão física da transmissão, ele precisa de um protocolo para encapsular os dados e enviá-los à Central telefônica. O protocolo mais utilizado é o PPPoE (*Point-to-Point over Ethernet*), detalhado na RFC 2516. (Mamkos e Lidl e Evarts e Carrel e Simone e Wheeler, 2004)

Este protocolo atua entre a placa de rede do computador do usuário e o modem instalado. Através de uma conexão Ethernet, o PPPoE permite a conexão do computador e a aquisição de um endereço IP, controlando o acesso aos serviços oferecidos.

No recebimento do sinal, o processo é inverso, ou seja, a Central recebe o sinal de Internet do DSLAN e envia ao *Splitter* do usuário, e recebe a voz do PSTN e encaminha ao telefone.

2.1.4. SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*)

É uma variante do HDSL, que utiliza somente um par metálico de cabos, e, ainda assim, consegue transmitir a taxas entre 72Kbps e 2320Kbps, abrangendo o T1 e E1. A distância entre o modem do usuário e a Central distribuidora, não pode ultrapassar 3,4Km.(Kayne, 2010)

2.1.5. VDSL (*Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line*)

Da família xDSL, “o VDSL é a mais rápido padrão, visto que uma melhor utilização dessa tecnologia é realizada quando os cabos de cobre são substituídos por fibra óptica. Com esta mudança, é possível alcançar uma taxa de 13 a 52Mbps para download e 1,5 a 16Mbps para *upload*”. (Tyson, 2001)

Por ter taxas de transmissão altas, o VDSL é visto como a futura solução para a demanda de empresas, que atualmente trabalham com voz, dados e vídeos numa mesma conexão, ou seja, uma alternativa de convergência.

Contudo, o VDSL é sim compatível com os fios de cobre, porém a distância máxima entre o modem do usuário e a Central deve ser de 1.200 metros.

Inicialmente, o VDSL foi desenvolvido sob alguns sistemas diferentes, sendo que o padrão DMT gerenciado pela Alcatel, Texas Instruments e outras empresas, é o mais utilizado atualmente, inclusive na criação de novos equipamentos.

O DMT divide os sinais em 247 canais separados, cada um deles com 4 kilohertz (kHz, ou mil ciclos por segundo) de largura. Uma maneira de pensar sobre isso é imaginar que a empresa de telefonia divide sua linha de cobre em 247 linhas diferentes, cada uma com 4 kHz, e então conecta cada uma a um modem. Obtem-se o equivalente a 247 modems conectados a um computador de uma só vez. (Tyson, 2001)

Cada canal é monitorado e, se a qualidade não for boa, será desviado para outro canal. Esse sistema desvia os sinais constantemente, buscando os melhores canais para a transmissão e recepção.

Além disso, alguns dos canais inferiores (aqueles que começam em cerca de 8 kHz) são usados como canais bidirecionais para as informações enviadas e recebidas da Internet. Monitorar e classificar as informações nos canais bidirecionais e manter a qualidade de todos os 247 canais torna o DMT mais complexo de implementar do que outras tecnologias, mas dá maior flexibilidade em linhas de diferentes qualidades.

Comparação entre as tecnologias DSL

Tipo	Velocidade máxima de envio	Velocidade máxima de recebimento	Distância máxima (Central - modem)	Linhas necessárias	Compatível com telefone
IDSL	144 Kbps	144 Kbps	10.700 m	1	Não
ADSL	800 Kbps	8 Mbps	5.500 m	1	Sim
SDSL	2,3 Mbps	2,3 Mbps	6.700 m	1	Não
VDSL	16 Mbps	52 Mbps	1.200 m	1	Sim

Tabela 2.1.5.1 - Tabela de comparação entre a família xDSL

Fonte: Como tudo funciona – UOL – Como funciona a conexão VDSL - 2001

Acima, podemos verificar as diferenças entre as soluções DSL abordadas neste trabalho. Além dessas, existem ainda outras, com menor utilização, como a tecnologia MSDSL, onde a taxa é definida estritamente pelo preço que o usuário está disposto a pagar, o RADSL que é uma variante do ADSL onde o modem é capaz de ajustar a velocidade de conexão de acordo com a qualidade da linha, e o VoDSL, que é um tipo de telefonia IP, que permite várias linhas combinadas em uma única linha de transmissão de dados.

3. ARQUITETURA DE REDES ATUAIS – NÚCLEO

As tecnologias para o transporte de dados e voz mais relevantes hoje são a rede FR (*Frame Relay*), o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) e o MPLS (*Multiprotocol Label Switching*), que utiliza essas duas redes aplicando o QoS. “Como o protocolo IP foi padronizado no mundo da Internet, hoje, essas três tecnologias utilizavam o paradigma de “IP sobre tudo”, mudaram para o “Tudo sobre IP””. Deste modo, equipamentos voltados exclusivamente para o IP têm sido desenvolvidos e implantados com sucesso. (Tronco, 2006)

Para entender melhor a evolução da FR e ATM, assim como a unificação delas na tecnologia MPLS, a seguir será mostrado como essas arquiteturas funciona o Modelo OSI e logo após, como é feito o roteamento IP na arquitetura da Internet (nuvem).

3.1. Modelo OSI

O Modelo OSI é um padrão de transporte de dados que possibilita a decomposição de diversas funções em módulos, que são estruturados em camadas hierárquicas, onde a cama inferior oferece um serviço à camada superior.

Essa divisão facilita o entendimento e o desenvolvimento de novas aplicações, além de proporcionar flexibilidade na implementação, e fácil incorporação de novas tecnologias em cada camada e a padronização, o que certamente, possibilitou a expansão da Internet em todo o mundo.

No sistema modular OSI, as camadas trocam mensagens entre si, efetuam controle de erros e sincronização de processos.

Existem três conceitos distintos que são a base do modelo, a saber:

- Os Protocolos, que são as regras de comunicação entre duas partes, ou seja, dois lados só conseguem se comunicar se estiverem falando “a mesma língua”. Protocolos podem ser entendidos como as regras sintáticas, semânticas e temporais da comunicação, e são estruturados em camadas, onde a camada superior encapsula a inferior;
- Interfaces são responsáveis por regular a comunicação entre as entidades em camadas adjacentes num mesmo sistema, utilizando para isso os serviços fornecidos pela camada

inferior. Elas cooperam por meio de um protocolo, realizando funções, de modo que um serviço de valor é, então, acrescentado à camada superior;

- Os Serviços são as funções que a camada possui realmente, ou seja, são um conjunto de primitivas que esta possui.

Serviços podem ser do tipo Confirmado e Não-confirmado, onde o primeiro faz uma solicitação de conexão e confirmação, antes de enviar os dados, e no segundo, os dados são enviados diretamente, sem estabelecer uma conexão anterior. (Tronco, 2006)

No modo confirmado, um caminho por onde os dados vão trafegar é estabelecido entre as partes, e assim que o envio de dados termina, a conexão é liberada. No modo sem confirmação, uma informação é inserida no cabeçalho do pacote informando apenas o destino, e durante o percurso é que são estabelecidas as rotas de envio. Nesse caso, pacotes enviados consecutivamente, podem percorrer caminhos distintos até chegar ao destino.

Para que os dados possam chegar ao destino e serem enviados à camada correspondente no destino, a cada camada que a informação “desce”, ela recebe um cabeçalho. Quando este pacote (informação + cabeçalho) desce mais uma camada, ele se torna apenas informação e recebe um novo cabeçalho. Na tabela abaixo, é possível ver como são estruturadas as camadas do Modelo OSI, e na figura subsequente, é mostrado e como ocorre o processo de encapsulamento no emissor e tratamento dos cabeçalhos no lado receptor. (Ventura, 2002)

Modelo OSI

Aplicação	-----	Aplicação
Apresentação	-----	Apresentação
Sessão	-----	Sessão
Transporte	----Protocolo----	Transporte
Rede	-----	Rede
Enlace	-----	Enlace
Físico	-----	Físico
Meio de Transmissão		

Tabela 3.1.1 - Camadas do Modelo OSI

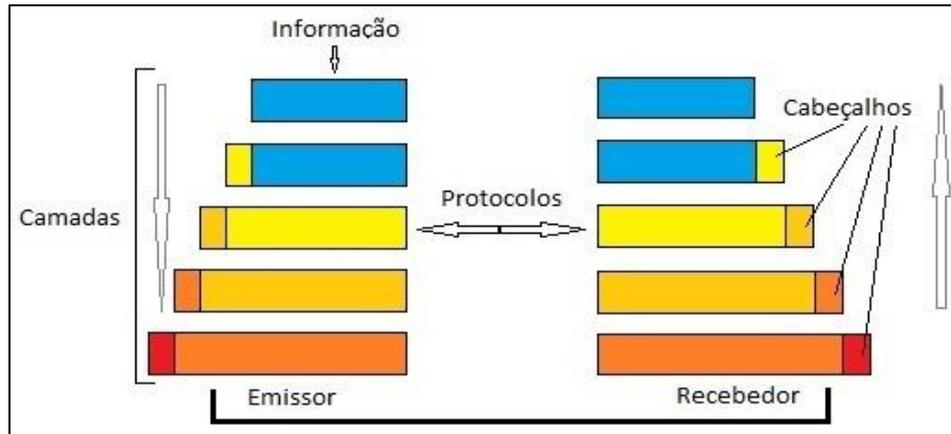


Figura 3.1.1 – Tratamento do cabeçalho no lado emissor e receptor

Quando o destinatário recebe os pacotes, os cabeçalhos são descartados conforme o pacote sobe nas camadas, até que se obtenha a informação pura.

O que cada camada OSI faz, não será abordado por este trabalho, pois não faz parte do escopo.

3.2. Arquitetura da Internet

A Internet foi desenvolvida pela empresa ARPA (*Advanced Research and Projects Agency*) em 1969, que inicialmente tinha o objetivo de conectar seus equipamentos de pesquisa, e que foi batizada de ARPANET. (Simon, 1997)

Como os Estados Unidos da América estava em guerra fria, a ARPANET surgiu como uma solução de segurança, implantando um backbone subterrâneo sem base central definida, visto que antes dela já existia uma rede que interligava os computadores militares, porém, todo o tráfego era gerenciado por um computador central instalado no Pentágono.

A partir da década de 1970, a ARPANET começou a ser usada pelas <http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html> universidades norte-americanas, o que tornou o protocolo NCP (*Network Control Protocol*), utilizado inicialmente, inviável. Foi então que a ARPA mudou para a arquitetura TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), desenvolvido em Unix, que permitia o crescimento ilimitado da rede, na época, e uma variedade de hardware de implementação, tornando a Internet popular e mundial. (Simon, 1997, p. única)

A arquitetura TCP/IP possui é organizada em camadas, assim como o modelo OSI, sendo que cada uma delas possui diversos protocolos, responsáveis por definir o tipo de aplicativo/informação, destino, encapsulamento, transporte, portas, sockets, conexão, entre outras, conforme é possível observar na imagem abaixo.

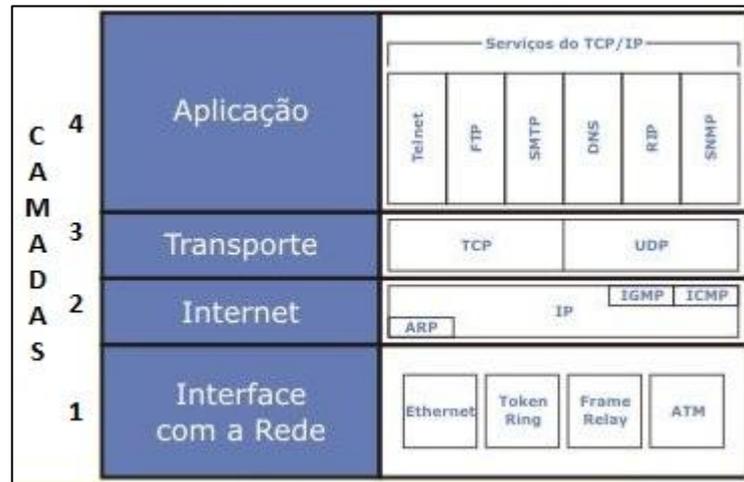


Figura 3.2.1 - Arquitetura TCP/IP e alguns protocolos por camada
Fonte: Universidade Estadual de Londrina - 2005

Destes protocolos, os essenciais para o funcionamento da Internet são o IP e o TCP, onde o primeiro encaminha o pacote pela rede, entre as diversas sub-redes, desde a origem até o destino. Já o TCP é que faz o transporte confiável fim a fim das mensagens de dados entre dois sistemas;

O IP é um protocolo não orientado a conexão, também conhecido como datagrama. Ele é quem encapsula uma informação, vinda da camada inferior, em pacotes, e envia para a camada de transporte, onde o TCP fará um novo encapsulamento para enviar a informação pela rede com alta confiabilidade, ou seja, orientado a conexão. Caso a confiabilidade no transporte não seja requerida, ao invés do TCP, é utilizado o UDP (*User Datagram Protocol*), que também não estabelece uma conexão antes de enviar os dados. (Sakuray, 2005)

Como o IP opera no modo datagrama, vários pacotes de uma mesma mensagem podem seguir caminhos diferentes pelas sub-redes até o destino, o que torna esse tipo de transporte de baixa confiabilidade devido a perda de pacotes, duplicação de pacotes e entrega dos dados fora de ordem, entretanto, o IP é de alta eficiência, pois utiliza a banda da melhor maneira possível, vindo ao encontro da necessidade de convergência, onde as redes devem ser alta disponibilidade e rendimento.

O IP, na versão 4, atualmente a mais utilizada em todo o mundo, e que também é a base das redes mundiais, contém um endereço formado por 32 bits, separados em quatro grupos com 8 bits cada, e esses bits definem o endereço que um computador recebeu ao se conectar numa rede. Baseando-se neste endereço, é que pacotes de dados são enviados do emissor ao receptor.

A informação da rota que o pacote IP pode escolher para atingir o destino é extraída de uma tabela de roteamento, que indica todas as possibilidades de rota. Essas tabelas são geradas automaticamente, e são calculadas sobre as métricas de enlace, através de um dos dois algoritmos: **Vetor de distância**, que constrói a tabela com a menor distância conhecida para o destino, medindo o número de nós pelos quais o pacote terá que passar, ou seja, o caminho mais “curto”, e o **Estado de enlace**, que considera a banda e os enlaces, ou seja, qual a largura de banda, velocidade, atraso e colisões, há entre um nó e outro, deste modo enviando os pacotes pelo caminho mais “vazio”.

Existem três protocolos de roteamento, baseados nos algoritmos descritos acima, que são utilizados largamente na Internet, e são responsáveis por realizar todo o tráfego dos dados no núcleo da rede (nuvem). São eles:

- RIP (*Routing Information Protocol*), que emprega o algoritmo de vetor de distância, ou seja, encaminha os pacotes com base no menor caminho a ser percorrido;
- OSPF (*Open Shortest Path First*), que utiliza o estado de enlace, além de incluir o balanceamento de carga entre rotas do mesmo custo;
- EGP (*Exterior Gateway Protocol*), que é responsável por fazer a troca de informações de roteamento entre sistemas que pertencem a domínios distintos e vizinhos entre si, conhecidos como interdomínios.

3.2.1. Frame Relay

Primeiramente, é necessário definir o que é Comutação por Circuito e Comutação por Pacotes.

Comutação por Circuito é quando um circuito virtual é estabelecido da origem ao destino, ou seja, um único e dedicado caminho na nuvem por onde os dados trafegarão, até que a comunicação seja encerrada.

Já a Comutação por Pacotes, faz um roteamento dinâmico, onde a cada nó (roteador na nuvem) um novo caminho é traçado até o próximo nó. Nesse caso, o número de nós pelo qual um pacote deve passar, não pode ultrapassar 16.

No primeiro caso, há um desperdício de banda, pois um canal será utilizado por uma única comunicação, porém, os pacotes, dificilmente, são perdidos durante o trajeto. Já no segundo, os pacotes são encaminhados com vários outros, utilizando um mesmo meio e aproveitando melhor a banda, tendo como consequência a perda de alguns dados, ainda que poucos, durante o percurso.

“A tecnologia Frame Relay surgiu em 1988, e é uma plataforma de comutação por circuito, onde a informação é encapsulada em um quadro, juntamente com um cabeçalho (informações de controle)...”, que é formado por duas partes, uma anterior à informação, denominada edge, e a outra posterior, chamada de trailer. (Tronco, 2006)

Na figura abaixo, podemos observar que esses cabeçalhos servem para encaminhar a mensagem na rede, e também fazer o controle de congestionamento e dos erros.

“Com base no cabeçalho, os pacotes são enviados fim a fim, passando por diversos equipamentos, formando assim o chamado circuito virtual permanente (PVC – *Permanent Virtual Circuit*). Este circuito é denominado virtual, pois pode ser reconfigurado a qualquer momento, sem a necessidade de alteração física nos equipamentos”. (Tronco, 2006)

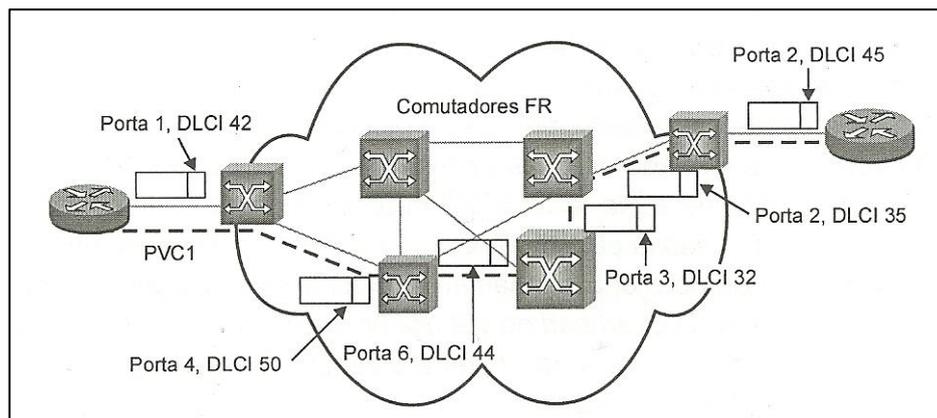


Figura 3.2.1.1 - PVC Frame Relay
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

O Frame Relay pode operar com taxas desde 19.200 bits/s até 2 Mbps, que é o padrão E1. Essa variação de taxa deve-se ao fato de que o FR é executado quadro a quadro, ou seja, se em determinado instante uma conexão não possui quadros para serem enviados, então

quadros de outra conexão são encaminhados por aquele circuito, otimizando a utilização da rede.

Porém, serviços atuais de transmissão de voz e dados tem encontrado restrições na capacidade de transmissão do FR, pois as velocidades devem ser muito superiores a 2 Mbps. Foi então necessário criar um novo conceito, baseado em fibras ópticas, que é a tecnologia ATM.

3.2.2. ATM

O ATM foi a tecnologia escolhida para as redes de faixa larga, também conhecidas como B-ISDN (*Broadband Integrated Services Digital Networks*), sendo amplamente utilizada nas redes de backbone, redes locais e, principalmente, em redes de pacotes.

As redes ATM podem estabelecer circuitos ponto a ponto ou ponto-multiponto, de modo permanente (circuitos fixo-virtuais) ou sob demanda (circuitos comutados).

O ATM trabalha com pacotes de tamanho fixo de 53 bytes, sendo 48 dedicados à informação e 5 ao cabeçalho. O pacote é misturado e enviado pela fibra óptica. Quando não há informação para ser enviada, pacotes (células) vazios são inseridos, para completar a taxa de transmissão, que é exatamente 155 Mbps ou 622 Mbps, muito superior as taxas do Frame Relay. (Tronco, 2006)

Na figura abaixo, retirada o livro Tronco-2006, podemos ver como os pacotes são misturados e enviados por uma rede ATM, e a inserção de células vazias para completar a taxa de transferência.

São utilizados dois identificadores de conexão denominados VPI (*Virtual Path Identifier*) e VCI (*Virtual Channel Identifier*), que subdivide a fibra óptica em vários circuitos virtuais, que não causam interferência nos demais.

Cada Canal Virtual contém um tipo de serviço (voz, dados, vídeos, etc), e cada VP é responsável por controlar diversos VC's.

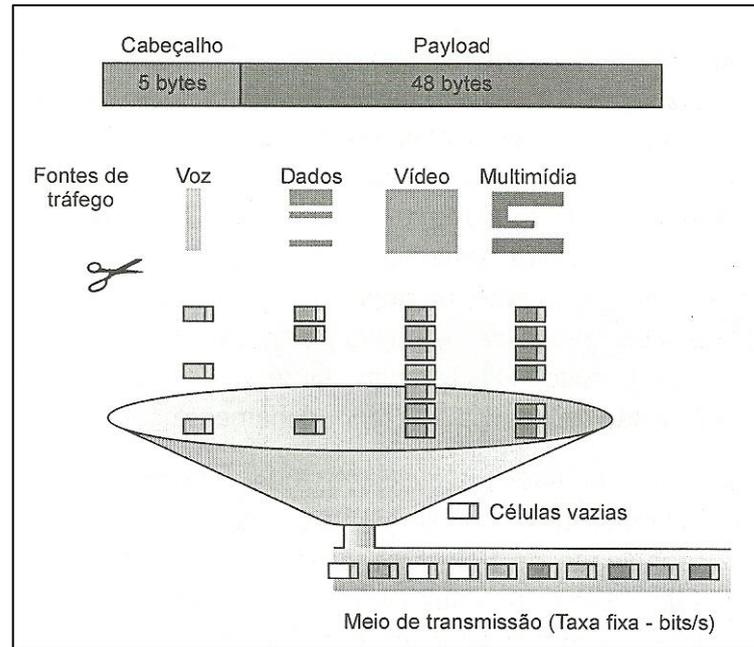


Figura 3.2.2.1 - Redes ATM
 Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Os equipamentos ATM utilizam comutação por circuito, então, a cada entrada VPI/VCI numa determinada porta, é configurada uma porta de saída. Ao final, há um encaminhamento fim a fim, passando por vários comutadores ATM. Essa conexão fim a fim é denominada VCC (Virtual Channel Connection) ou VPC (Virtual Path Connection).

Tanto nas redes ATM quanto na FR, há uma preocupação, e implantação, da Qualidade sobre serviço, que é uma exigência para a NGN.

Os QoS contém uma combinação específica de limites para os parâmetros de desempenho, tais como: perda de células, atraso, células erradas, etc. Uma vez estabelecida a conexão, o provedor deve garantir o suporte a classe QoS requerida, e caso não possa ser garantida a qualidade, a conexão deve ser encerrada e uma mensagem será enviada aos usuários.

A tecnologia ATM surgiu como a possível solução para a transmissão de diversos tipos de dado, com qualidade fim a fim. Porém, os adaptadores para PC's (*Personal Computers*) eram caros e as especificações de interconexão tenderam muito a ser emitidas, além se serem consideradas complexas. Como resultado, a tecnologia ATM é utilizada em grande escala nos backbones dos provedores de serviço, operadores de telefonia e nas redes corporativas de grandes empresas.

No caso da utilização em backbones, a ATM é utilizada para o transporte do IP, com QoS, sendo uma eficiente aplicação de NGN.

Entretanto, “O número de PVC’s que podem ser estabelecidos, simultaneamente, entre os roteadores na nuvem, é dado pela fórmula $N*(N-1)/2$, onde N é o número de roteadores da rede IP. Isso gera um problema de escala para esse tipo de aplicação, pois os PVC’s são configurados manualmente, sendo adequadas somente para redes pequenas”. (Tronco, 2006, p. 43)

A fim de resolver esse problema, surgiu a tecnologia IP + ATM (ao invés da IP/ATM), uma solução híbrida chamada MPLS, que estabelece as conexões automaticamente, e agrega QoS ao IP tradicional.

3.2.3. MPLS

A medida que a Internet foi se expandindo, e a tornou-se a fundação de uma nova base de economia, pois novos equipamentos e soluções tem sido desenvolvidos para otimizar constantemente sua implantação e uso.

Em 1996, então surgiram soluções proprietárias *IP Switching*, *Tag Switching*, *Aggregate Route-Based IP Switching (ARIS)* e *Cell Switching Router (CSR)*, que utilizavam características da comutação ATM (VPI/VPC) integradas ao roteamento IP, afim de oferecer qualidade sobre os serviços.

Devido a essa variedade de soluções, a IETF organizou, em 1997, o grupo MPLS, com objetivo era ter protocolos únicos para todos os produtos que utilizassem o processo de troca de rótulos, ou seja, tornar padrão a solução de roteamento IP, pois estes faziam o roteamento apenas na borda da rede, sendo que no núcleo havia o encaminhamento por comutação.

O tráfego IP é encapsulado em um cabeçalho de roteamento (IP Header), o qual pertence a camada de Rede (Camada 3). Após o cabeçalho IP ser inserido, então todo o pacote é encapsulado pelo rótulo MPLS, fazendo com que o endereço IP fique escondido, tornando a comutação mais eficiente. (RFC 3031)

Em seguida, todo o pacote é encapsulado por um cabeçalho da Camada 2 e então enviado à rede. Em cada nó, os pacotes são analisados pelos rótulos, que é um número que

identifica o fluxo de dados dentro de um enlace, tomando como base as tabelas de encaminhamento que já estão programadas nos roteadores. Essa técnica é antiga, e também é utilizada nas tecnologias FR e ATM.

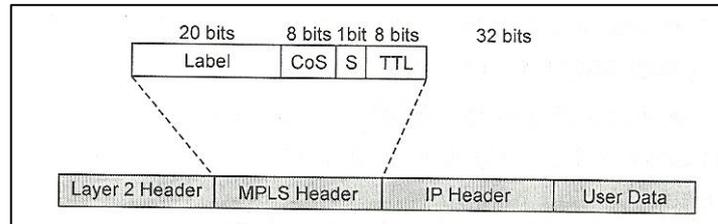


Figura 3.2.3.1 - Cabeçalho do MPLS
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Na figura acima, podemos observar que o rótulo MPLS possui um comprimento de 32 bits, divididos da seguinte forma:

- 20 bits para o campo Label, onde o valor efetivo do rótulo é armazenado;
- 3 bits para o campo CoS (*Class of Service*), que é utilizado para classificar a prioridade do pacote;
- 1 bit para o campo S (*Stack*), responsável por indicar o início e o fim de uma pilha de rótulos hierárquicos e;
- 8 bits para o campo TTL (*Time-to-level*), que contém o tempo de vida do pacote na rede, ou seja, por quantos nós máximos ele pode passar antes de ser descartado. Essa função é a mesma do cabeçalho IP convencional.

Segundo Tronco, a arquitetura MPLS é formada por vários elementos, que em conjunto trabalham para o funcionamento correto da rede, a saber:

- LER (*Label Edge Router*) – é o equipamento que atribui o primeiro rótulo no pacote, com base no endereço de destino e na QoS do transporte. Este equipamento é um elemento da borda da rede;
- LSR (*Label Switching Router*) – equipamento que realiza a troca dos rótulos, ou seja, ao receber um pacote na porta de entrada, ele retira o rótulo existente e substitui por outro, enviando, então, o pacote para uma porta de saída. Como é possível observar, este equipamento faz parte do núcleo da rede, fazendo todas as substituições com base nas tabelas de encaminhamento;

- FEC (*Forwarding Equivalence Class*) – é um conjunto de serviços com a mesma qualidade, ou equivalente, sendo que serviços com a mesma equivalência percorrem o mesmo caminho na rede;
- LSP (*Label Switched Path*) – é o caminho virtual percorrido fim a fim na rede, analisados conforme a FEC;
- FIB (*Forward Information Base*) – é a base de dados dos equipamentos MPLS, ou seja, as tabelas de encaminhamento, contendo os rótulos de entrada e suas respectivas portas, e os rótulos e as portas;
- LIB (*Label Information Base*) – contém uma base de dados com a informação cruzada do tipo de rótulo a ser utilizado, para que a FEC seja atendida, e a qualidade alcançada durante a rota;
- LDP (*Label Distribution Protocol*) – é o protocolo que distribui automaticamente os rótulos na rede e configura as bases de dados FIB e LIB;
- RSVP-TE (*Resources Reservation Protocol – Traffic Engineering*) – este protocolo é o responsável por solicitar conexões MPLS, ou seja, reservar os recursos da rede para o tráfego;
- CR-LDP (*Constraint-based Routing Label Distribution Protocol*) – é um protocolo alternativo ao RSVP-TE, que pode estabelecer dois tipos de conexão, onde uma é orientada a conexão, ou seja, reserva os recursos anteriormente (*strict*), e o segundo é não orientado a conexão, não realizando assim a reserva dos recursos (*loose*).

Deste modo, o MPLS funciona com um equipamento LER adicionando um rótulo a um pacote, e enviando à rede, que ao chegar a um nó LSR, tem o seu rótulo alterado de acordo com a tabela de encaminhamento. O rótulo é substituído com base na FEC e então enviado a uma porta de saída, passando por vários nós durante o percurso, até que chegue ao destino final.

Quando o pacote chega ao destino, um outro LER é responsável por retirar o rótulo e liberar apenas a informação com o cabeçalho IP, que contém o endereço IP para o qual o pacote deve ser enviado dentro da LAN.

No estabelecimento das conexões descrito anteriormente, o roteamento é realizado uma única vez pelo LER (entrada da rede), e o encaminhamento dos pacotes é baseado nos rótulos e executado pelos LSR's (núcleo da rede), separando, deste modo, a função de roteamento tradicional do IP em duas partes, ou seja, de controle e de encaminhamento.

“A parte de controle é implementada em software e ... a de encaminhamento, em hardware”, melhorando, consideravelmente, a eficiência da rede. (Tronco, 2006)

Essa divisão de hardware e software pertence à filosofia NGN, em que diversos componentes são implementados por diferentes fornecedores, tornando o ambiente competitivo e especializado. Por isso, e pelo fato de ser totalmente compatível com fibra óptica (camada 2), o MPLS é uma solução avançada para as redes de próxima geração.

4. IPV6 (INTERNET PROTOCOL VERSÃO 6)

Sabemos que o Ipv4, versão mais utilizada do protocolo IP atualmente, constituído de 32bits, divididos em 4 blocos de 8bits (ou 1 byte) cada, está se esgotando, pois, em Agosto desse ano, restavam apenas 4,69% de IPv4 livres, segundo o IANA.org (*Internet Assigned Numbers Authority*). (IANA, 2010) Então, não poderíamos falar de NGN sem considerar o Ipv6, que será a base de toda a convergência mundial, cuja implementação deve ser acelerada.

O Ipv6 traz para a Internet um espaço de endereçamento capaz de suportar o crescimento da rede indefinidamente ou, pelo menos, em qualquer futuro que pudemos imaginar até agora. Além de resolver o problema de espaço, o novo protocolo também apresenta avanços em áreas como segurança, mobilidade e desempenho. (IPv6.br, 2009, p. única)

Quando a Internet surgiu, não se pensava que ela se tornaria global com milhões e milhões de equipamentos conectados. “Mas como ela se popularizou entre as universidades e depois se tornou, também, de uso comercial, atingiu em 1992 1.000.000 de hosts”. Naquela época, surgiram previsões de esgotamento próximo, o que, felizmente, ainda não se concretizou após quase duas décadas. (Zakon, 2010)

No início da década de 1990, o Ipv6 começou a ser desenvolvido, com o objetivo de ser a solução definitiva para o esgotamento dos endereços da Internet. Ele foi criado com um espaço de 128bits, bem diferente dos 32bits da versão anterior, resultando em 340.282.366.920.938.463.374.607.431.768.211.456 endereços, o que equivale a cerca de $5,6 \times 10^{28}$ endereços IP por ser humano, ou, aproximadamente, 66.557.079.334.886.694.389 de endereços por cm² na superfície da Terra. (Alecrim, 2010, p. única)

Outra mudança significativa é que o Ipv6 é representado por números hexadecimais, divididos em oito blocos de 16bits cada, separados também por ponto. A divisão das redes é feita do mesmo modo que na versão anterior, utilizando o caracter “/”, seguido de um número.

Nas divisões das redes, para os usuários domésticos, por exemplo, foram reservados os IPs entre /48 e /56, o que resulta em uma quantidade de IPs da ordem de 4×10^{21} , no mínimo.

Certamente essa quantidade de IPs será suficiente para atender a todos os equipamentos atualmente conectados na Internet, e os futuros.

Com o Ipv6, todo equipamento receberá um IP real, ou seja, válido e acessível pela Internet, dispensando, definitivamente, a necessidade da utilização do NAT (*Network Address Translation*).

4.1. Funcionamento

O Ipv6 é dividido em três categorias, que são: *unicast*, *multicast* e *anycast*, sendo a primeira responsável por definir uma única interface, de forma que os pacotes enviados e este endereço sejam entregues somente a ele; o multicast entrega pacotes aos endereços pertencentes ao mesmo grupo; e por último, o anycast entrega os pacotes à interface mais próxima, que o distribui para o grupo, ou seja, verifica rotas alternativas para um pacote.

Uma das grandes diferenças em relação ao IPv4 é o cabeçalho, que ficou maior em tamanho, porém mais enxuto no conteúdo, além de proporcionar maior segurança e confiabilidade, atendendo as especificações de QoS.

Na figura a seguir, podemos ver a diferença entre os cabeçalhos da versão 4 e versão 6. No Ipv6, a preocupação maior foi tornar o tráfego mais rápido, criando um cabeçalho que pudesse ser interpretado de forma dinâmica nos equipamentos da rede, pois quanto menos informações a serem lidas, mais rápido o pacote pode seguir em frente.

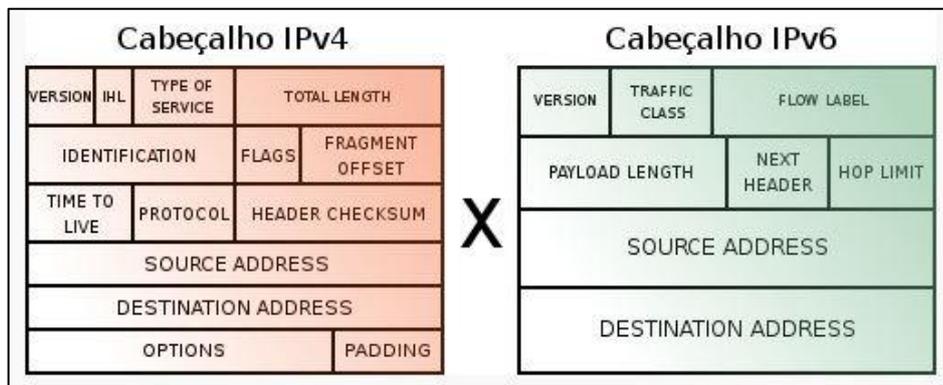


Figura 4.1.1 - Comparação entre o cabeçalho IPv4 e IPv6
Fonte: IPV6 do Brasil – 2010

Cada um dos campos do cabeçalho IPv6, será explicado abaixo:

- *Version*: identifica a versão do protocolo. Se é IPv4 ou IPv6;
- *Traffic Class*: classe a qual o pacote pertence. Responsável por definir as prioridades de envio;
- *Flow Label*: responsável por identificar quais pacotes pertencem ao mesmo fluxo de dados;
- *Payload Length*: informa o tamanho do pacote em bytes;
- *Next Header*: identifica qual o próximo cabeçalho, para ordenar os pacotes e/ou enviar ao protocolo da próxima camada;
- *Hop Limit*: campo que mostra qual a quantidade máxima de roteadores pelo qual o pacote pode passar, antes de ser descartado;
- *Source Address*: endereço de origem do pacote;
- *Destination Address*: endereço de destino do pacote.

Esse cabeçalho ainda pode ser estendido com campos adicionais, como recursos de autenticação e confiabilidade, que garantem mais segurança na transmissão.

Como a implantação do IPv6 é gradativa, num ambiente predominante de IPv4, é preciso fazer com que essas duas versões de protocolos possam se comunicar. Para isso foram criadas três técnicas, a saber, o Tunelamento, que cria circuitos virtuais dentro da rede Ipv4, para que o Ipv6 possa trafegar, e vice versa. Também existe o *Dual Stack*, que possibilita que um único dispositivo, um roteador, por exemplo, seja capaz de trabalhar com os dois protocolos ao mesmo tempo. E a Tradução, que traduz endereços IPv6 em Ipv4, e o contrário. (Alecrim, 2010)

Assim como o IPv4 utiliza o ICMP (*Internet Control Message Protocol*) para identificar a rede e seu conteúdo, e fazer o controle de erros, o IPv6 utiliza o mesmo recurso, o ICMPv6, que é uma versão adaptada, o qual permite, entre outras funções, uma quantidade maior de mensagens trafegando no mesmo ambiente.

O ICMPv6 é um protocolo que trabalha em conjunto com o IPv6, e tem em seu cabeçalho campos que identificam o tipo da mensagem, que pode ser de informação ou de erro, feito pelo Type. Tem também o Code, com o código dos tipos de informação. O *Checksum*, responsável por fazer a soma na entrada e saída, e informar se houver diferença entre os valores. E o Data, que fornece dados relacionados às mensagens.

4.2. Segurança

Uma das exigências das redes convergentes é a segurança, portanto, para que o IPv6 pudesse assumir como protocolo padrão, foi criado alguns recursos de segurança, sendo o IPSec o mais importante.

O IPSec (*IP Security*) fornece criptografia para os pacotes a serem trafegados, afim de garantir a confidencialidade, integridade e autenticidade. “Para que o IPSec seja implementado, é necessário adicionar ao cabeçalho três campos de extensão, chamado Authentication Header (AH) para autenticação, o *Encapsulating Security Payload* (ESP) para a integridade, e o *Internet Key Exchange* (IKE), que criptografa os dados...”, garantindo a confidencialidade. (Alecrim, 2010)

Sem estes campos adicionais, o próprio IPv6 já é mais seguro, pois, devido a quantidade de IP disponíveis, torna inviável o uso de tradutores de IP e IPs falsos (não disponíveis na Internet). Deste modo, cada equipamento conectado receberá um IP válido, vinculado ao *MAC Address*, tornando fraudes mais difíceis de serem mascaradas.

5. PROTOCOLOS DE CONVERGÊNCIA

Nas redes NGN, “...Dois caminhos de comunicação devem ser estabelecidos, para realizar a chamada de voz ou vídeo na rede IP: o caminho para o transporte da voz ou vídeo empacotado, e o caminho para a troca de mensagens de sinalização, que controla o estabelecimento e as características do caminho por onde os pacotes serão transportados”. (Tronco, 2006)

O RTP (*Real Time Transport Protocol*) é o protocolo utilizado no transporte de áudio e vídeo, sendo utilizado pelos terminais de origem e finalização da chamada (gateways). Para que o transporte possa ocorrer, a voz é convertida do estado analógico para o digital, através de codecs.

Já o protocolo de sinalização utilizado, responsável por trocar informações sobre o estado e negociar parâmetros da conexão, pode ser escolhido entre os seguintes: MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), MEGACO, que é uma evolução do MGCP, recebendo, portanto, a mesma definição, e sendo popularmente conhecido como H.248, o H.323, SIP (*Session Initiation Protocol*) e IAX2 (*Inter-Asterisk Exchange Protocol*). (Fagundes, 2004)

Abaixo, será explicado cada um desses protocolos, e suas importâncias para a convergência da rede.

5.1. MGCP

É um protocolo desenvolvido pelo IETF para controle de conexões, o qual separa as funções de processamento de chamadas em softwares, e as funções relacionadas às mídias, em hardware.

O processamento de chamadas é atribuído ao servidor de chamadas, também conhecido como *Call Server* ou *Softswitch*, e a função de processamento de mídias, fica por conta dos gateways. (CISCO, 2006)

O MGCP baseia-se na arquitetura cliente-servidor, no qual os gateways recebem comandos dos servidores de chamadas, onde se concentra a inteligência da comunicação.

Ele é composto por três elementos, sendo o MG (media Gateway), que processa a conversão das mídias (áudio e vídeo) no formato RTP; “O MGC (media Gateway Controllers), também conhecido por *Call Agents* (CA), que estabelece e libera as conexões; e por último, o SG (*Signaling Gateway*), que traduz as mensagens de sinalização da rede de telefonia pública para a rede de pacotes, e vice-versa, sendo então utilizado, para a conversão do tráfego em rede IP”. (UFRJ, 2004)

Por isso o MGC é utilizado entre o servidor de chamadas e os diversos gateways numa rede, conforme é possível observar na figura abaixo.

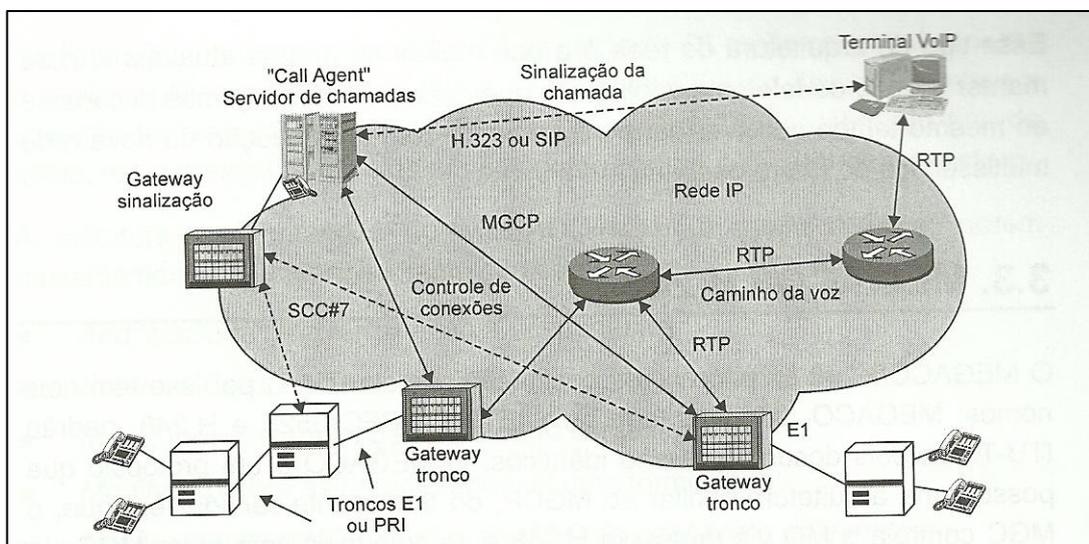


Figura 5.1.1 - Arquitetura MGCP
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Já a comunicação entre os servidores de chamadas e os computadores é feita através do H.323 ou do SIP.

Como os gateways são capazes de estabelecer, modificar e liberar conexões entre os pontos de origem e destino existem vantagens de se adotar a padronizar este tipo de conexão, de acordo com Tronco, como as seguintes:

- Otimização da rede através da centralização no servidor de chamadas;
- Facilidade de controle e gerenciamento das chamadas de voz que fluem pela rede;
- Escalabilidade da rede, pois permite a expansão através da inclusão de novos gateways;
- Simplificação das funções dos gateways, pois todas as funções de controle passam a ser do servidor de chamadas;

- O controle do gateway distribuído tem larga aplicabilidade, pois os MG's podem ser colocados em qualquer ponto da rede.

5.2. MEGACO/H.248

Apesar dos nomes diferentes, esses protocolos são a mesma coisa. MEGACO é o padrão reconhecido pelo IETF, e H.248 pelo ITU-T.

Esses protocolos são muito parecidos com o MGCP, pois a arquitetura também "...É cliente-servidor, e a comunicação se dá através do MGC, que controla o MG através do protocolo H.248, que então se comunica com outro MGC via H.323 ou SIP". (Tronco, 2006)

Contudo, existe uma diferença em relação ao modelo de abstração, onde estes se aplicam a contexto, ou seja, é possível estabelecer diversas terminações sob um único contexto, que utilizam um mesmo tipo de mídia. (Oliveira, 2006)

O H.248 é capaz de trabalhar com UDP, IP e ATM, enquanto que o MGCP trabalha somente com UDP.

5.3. SIP

SIP é um protocolo da camada aplicação, que foi projetado para prover funcionalidades avançadas de sinalização e controle para os serviços multimídia.

Este protocolo "...Estabelece, modifica e termina as sessões de multimídia, fornecendo os meios para o endereçamento de a localização dos membros", ou seja, ele "...Age como protocolo de sinalização com serviços similares ao protocolo de sinalização telefônica...", sem para isso reservar os recursos da rede. (Tronco, 2006)

Uma característica do SIP é que um usuário mantém a mesma identificação sempre, mesmo se conectando em outro ponto da rede, ou utilizando outro dispositivo (*personal mobility*).

Os elementos que compõem essa arquitetura são: os Terminais, que iniciam os pedidos de conexão (telefones IP, PCs ou gateways) e os Servidores que são responsáveis por localizar

os usuários, mapear os nomes em endereços IP, encaminhar mensagens de sinalização e de chamadas entre terminais.

Existem os Servidores de Registro, que recebem as atualizações a respeito da localização atual dos usuários e monitoram os terminais dentro do domínio. (3CX, 2010)

Há também os Servidores de Proxy que encaminham os pedidos e respostas SIP, ou seja, é o ponto de contato do terminal para envio/recebimento das mensagens de sinalização.

O terceiro tipo de servidor é o de Endereçamento, que recebem os pedidos e retornam a localização de outro terminal ou servidor, onde o usuário possa ser encontrado.

O SIP, MEGACO e MGCP são complementares, sendo o primeiro utilizado para conectar diferentes MGCs, conforme podemos observar na figura abaixo.

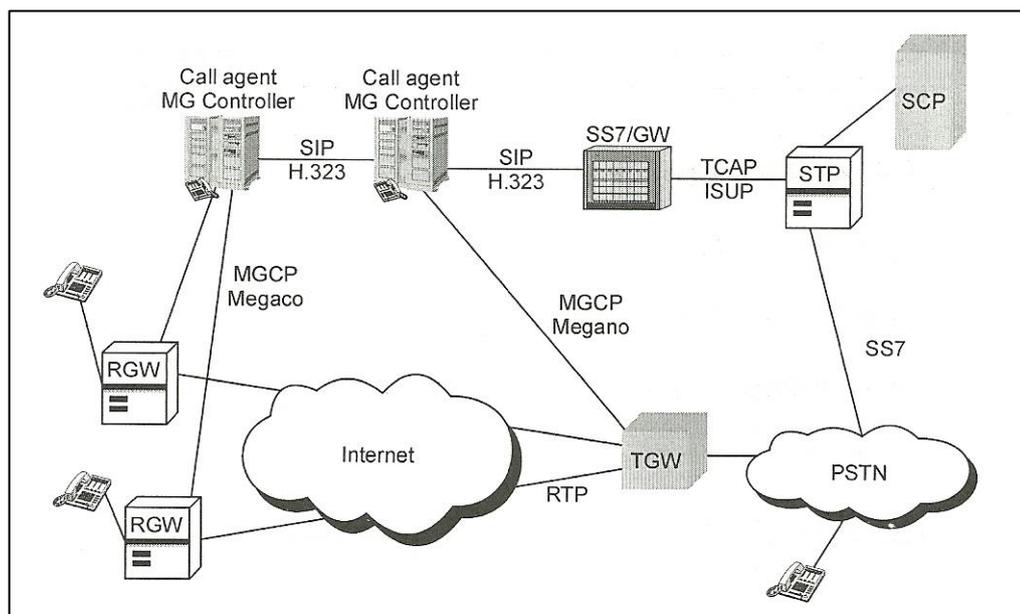


Figura 5.3.1 - Interação entre MGCP, MEGACO e SIP

Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Podemos observar que dois telefones são conectados via gateway residencial, e um TGW (*trunking gateway*), que depois se conecta a um switch público. Se um usuário quiser telefonar, um MGC inicia a sinalização de chamada via SIP com o MGC do outro lado. É possível utilizar MGCP ou H.248 para controlar os media gateways.

5.4. H.323

Este protocolo vem de uma família de protocolos de comunicação em tempo real, sendo que cada um deles é adequado a uma determinada arquitetura de rede, como exemplo, a rede telefônica, RDSI, redes locais com ou sem QoS.

A recomendação H.323 tem o objetivo de especificar sistemas de comunicação multimídia em redes baseadas em pacotes e que não provêm uma Qualidade de Serviço (QoS) garantida. Além disso, estabelece padrões para codificação e decodificação de fluxos de dados de áudio e vídeo, garantindo que produtos baseados no padrão H.323 de um fabricante interoperem com produtos H.323 de outros fabricantes. O padrão H.323 é completamente independente dos aspectos relacionados à rede. Dessa forma, podem ser utilizadas quaisquer tecnologias de enlace, podendo-se escolher livremente entre as que dominam o mercado atual como *Ethernet*, *Fast Ethernet*, *FDDI*, ou *Token Ring*. Também não há restrições quanto à topologia da rede, que pode consistir tanto de uma única ligação ponto a ponto, ou de um único segmento de rede, ou ainda serem complexas, incorporando vários segmentos de redes interconectados. (Leopoldino e Medeiros, 2001, p. única)

O H.323 é composto de uma suíte de protocolos, que pode ser vista na pilha da figura abaixo.

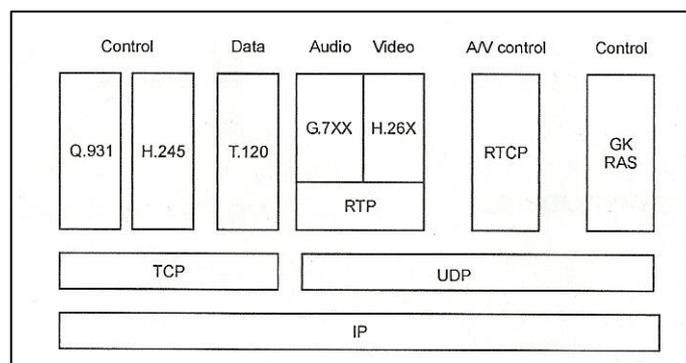


Figura 5.4.1 - Relacionamento dos protocolos no H.323
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

- RAS (*Registration Admission and Status*) – utilizado para registro e controle de admissão de terminais;
- Q.931 - protocolo de sinalização para estabelecimento e liberação de chamadas entre dois H.323;

- H.245 – utilizado para a troca de informações sobre os parâmetros das conexões entre terminais, como os tipos de codecs de áudio/vídeo, relação mestre/escravo e abrir/fechar canais entre os terminais;
- RTP (*Real Time Transmission Protocol*) – realiza o transporte dos sinais de áudio e vídeo. Trabalha em conjunto com o protocolo RICP (*Real Time Control Protocol*);
- G.7xx – protocolo para codificação de áudio;
- H.26x – protocolo para codificação de vídeo;
- T.120 – protocolo para dados.

Para estabelecer uma chamada H.323, o terminal solicita ao GK, que provê tradução de endereços e o controle de acesso aos terminais, através do RAS, que lhe envie o endereço do terminal chamado. O Q.931 estabelece a sessão, e o H.245 define as características e as funções da sessão. Então, em seguida, as mídias são transferidas via RTP.

O H.323 possui uma limitação de escalabilidade, pois suporta um número menor de assinantes em cada gateway, além de não possuir mecanismos de recuperação de falhas, ou seja, em caso de falha, todas as chamadas são perdidas.

Na tabela abaixo, há uma comparação entre os protocolos NGN estudados, que mostra as vantagens e desvantagens de se aplicar cada um deles. De todos os protocolos, o MEGACO é o mais utilizado, pois sua compatibilidade com diversas arquiteturas de rede possibilita uma maior implantação.

	H.323	MGCP	SIP	Megaco/H248
Complexidade	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
Custo	Alto	Médio	Baixo	Baixo
Maturidade	Boa	Pobre	Boa	Recém-padronado
Compatibilidade com a RTPC	Pobre	Boa	Pobre	Boa

Figura 5.4.2 - Comparação entre H.323, MGCP, SIP e MEGACO
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

6. REDES DE TRANSPORTE CONVERGENTES – NÚCLEO DA REDE

Para que a convergência possa existir, o núcleo das plataformas NGN deve possuir os seguintes atributos: Rede única para comutação de todos os tipos de serviços, como voz, dados e vídeo; Tecnologia de pacotes, ou seja, as informações a serem encaminhadas são enviadas em pacotes, sendo que cada pacote deve possuir um cabeçalho com as informações sobre o transporte, tipo, e outros; Alta flexibilidade, para suportar, com rapidez, a crescente demanda; Qualidade de serviço, a fim de garantir o envio e recebimento dos pacotes, assim como é feita na telefonia; e por último o Baixo custo operacional, o que resulta num valor viável de venda ao consumidor final.

Uma vez implantada a rede convergente, será possível aprovisionar serviços de dados, encaminhar tráfego e instalar novos sistemas de gerência, tornando os serviços mais competitivos no mercado.

Redes de transportes são aquelas que realizam o tráfego das informações (vídeo, dados e voz), que são compostas de sistemas de transmissão que interconectam os equipamentos de comutação das redes de pacotes, ou das centrais telefônicas.

Todo sistema de transmissão utiliza um meio físico, denominado *wired*, em inglês. Por exemplo, o cabo par de cobre para a telefonia, o coaxial e a fibra óptica para a Internet, e o espaço aberto (*wireless*), para a transmissão de rede sem fio e rádio. (Tronco, 2006)

Como a implantação do meio tem um custo alto, precisou-se desenvolver um modo de dividir a banda entre diversos aplicativos, ou entre um mesmo tipo de tráfego oriundo de várias fontes. Criou-se, então, o TDM (*Time Division Multiplex*), também conhecido como multiplexação por divisão de tempo, que divide um sinal em espaços pequenos de tempo, onde cada espaço é utilizado por um sinal.

No TDM, um mesmo espaço não pode ser utilizado por dois sinais ao mesmo tempo, mas a divisão visa permitir que muitos sinais sejam transmitidos pelo mesmo meio, em tempos distintos, de modo que não haja conflito de sinal e perda de pacotes. O lado receptor é responsável por recuperar o sinal fracionado e montar a mensagem.

6.1. Redes PCM e SDH

Sob a tecnologia TDM, surgiu o PCM (*Pulse Code Modulation*), que codifica os sinais de voz analógicos, o qual ocupam a faixa de 300 a 3.400 Hz, em amostras digitalizadas e codificadas de 8 bits cada. Com o PCM, utilizando-se fibra óptica e rádio para transmissão, é possível chegar a uma taxa de transferência de 139.264 Kbit/s e um total de 1920 canais podem ser utilizados.

Apesar da alta taxa de transmissão, o PCM não era padronizado em todo o mundo, tornando sua implantação muita cara e inviável. Foi então que surgiu outro padrão de utilização do meio físico para a transmissão, o SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), Hierarquia Digital Síncrona em Português, que provê redes de transmissão com altas taxas, e, principalmente, o gerenciamento centralizado de forma eficiente.

O SDH, um sistema da camada física, é padronizado pelo ITU-T desde a década de 80, e sua taxa primária, nessa época, já era de 51 Mbit/s, sendo que atualmente ele alcança uma taxa de 40 Gbit/s, através da utilização de fibras ópticas.

Este proporciona o “... Desenvolvimento de equipamentos para uso em novas tecnologias, tais como em anel, além dos poderosos recursos para administração, manutenção e operação de forma estruturada, permitindo a interoperabilidade e implementação de ambientes multifornecedores...”, além de fornecer total compatibilidade com o PCM. (Tronco, 2006). 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, de configuração de equipamentos e provisão 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.

Todos estes equipamentos, sua interligação e um modelo de rede SDH podem ser observados na figura a seguir.

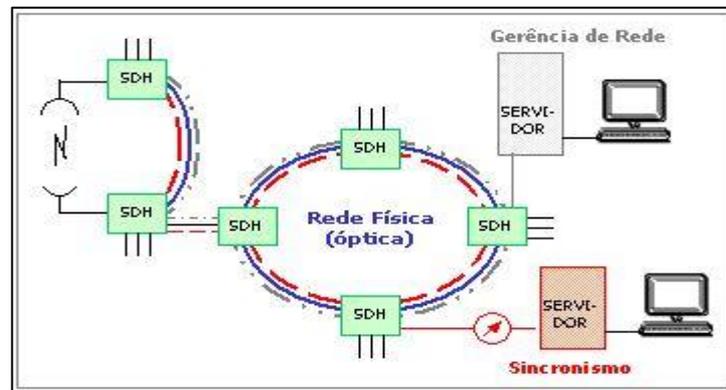


Figura 6.1.1 - Exemplo de rede SDH
Fonte: Teleco – Redes SDH - 2009

O STM (*Synchronous Transport Module*), traduzido para Módulo de Transporte Síncrono no Brasil, é "...Uma estrutura básica de transporte de dados do SDH, constituída de quadros (*frames*) no qual os dados são armazenados). Cada versão SDH, que transmite a uma taxa de bits, possui um STM próprio. (Tronco, 2006)

No STM-1, que trabalha a uma taxa de 155.520 Mbit/s, possui um frame de 2.430 bytes, arranjados em uma estrutura de 270 colunas por nove linhas. Cada quadro STM-1 possui três campos principais, a saber, o da Área útil (*Payload*), o Ponteiro de AU (*Administrative Unit*) e o SOH (*Section Overhead*), que é composto pelo MSOH (*Multiplex SOH*) e o RSOH (*Regenerator SOH*).

A informação a ser transmitida é inserida no *payload*, e então, o ponteiro indica o início da carga útil dentro do quadro. Os dados contidos no SOH são utilizados para a gerência da rede, sendo o MSOH responsável por supervisionar os equipamentos multiplexadores terminais, e o RSOH, para a supervisão dos equipamentos regeneradores de linha intermediários, quando for necessário ampliar o sinal em transmissões de longa distância. (Tronco, 2006)

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. (Filho, 2009, p. 3)

Contêineres virtuais padronizados, que podem ser utilizados para formar o quadro STM-N, de acordo com a estrutura de multiplexação do SDH, estão indicados na tabela abaixo.

Tipo de VC	Taxa do VC	Carga Útil do VC
VC-11	1.664 kbit/s	1.600 kbit/s
VC-12	2.240 kbit/s	2.176 kbit/s
VC-2	6.848 kbit/s	6.784 kbit/s
VC-3	48.960 kbit/s	48.384 kbit/s
VC-4	150.336 kbit/s	149.760 kbit/s
VC-4.4c	601.304 kbit/s	599.040 kbit/s
VC-4.16c	2.405.376 kbit/s	2.396.160 kbit/s
VC-4.64c	9.621.504 kbit/s	9.584.640 kbit/s
VC-4.256c	38.486.016 kbit/s	38.338.560 kbit/s

Figura 6.1.1 - Contêineres virtuais padronizados na SDH
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Já a segurança e proteção, é feita através do SNCP (*Subnetwork Connection Protection*), para segmentos de rede entre os equipamentos, que utilizam duas 2 fibras ópticas, e com o MS SP Ring (*Multiplex Section – Shared Protection Ring*), para aqueles que são constituídos de duas ou quatro fibras ópticas.

Entre dois equipamentos SDH, são configurados dois caminhos, o caminho principal (MSC – *Main Subnetwork Connection*) e o caminho de proteção (PSC – *Protection Subnetwork Connection*). Os dados são enviados pelo emissor por ambos os caminhos, e o equipamento de destino recebe a informação apenas pelo caminho principal. Se este falhar por algum motivo, então os pacote passam a ser recebidos pelo caminho de proteção.

Como foi possível observar, as redes SDH possuem vantagens, como:

Um cabeçalho complexo existente no frame SDH, que permite que a gerência centralizada das redes seja feita; uma arquitetura de

multiplexação síncrona e a padronização tanto em nível de equipamentos (elétricos e ópticos) como de interfaces, o que torna possível 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; e por último, 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. (Filho, 2009, p. 4)

Porém, o SDH não é perfeito, e suas desvantagens vêm da sua complexidade, que exige um projeto muito detalhado da rede. Ainda há o fato de que os sistemas de gerenciamento não são padronizados, mesmo entre os fabricantes de equipamentos SDH, o que impede o gerenciamento da rede centralizado.

6.2. Sistemas SDH de Próxima Geração (SDH-NG)

Apesar de o sistema SDH ter sido criado para otimizar os meios de transmissão, o modo de transporte tradicional do SDH é ineficiente para o tráfego de dados, analisando-se a natureza estatística do tráfego. Numa taxa de transmissão de 2,5 Gbit/s Ethernet, por exemplo, a ineficiência da banda chega a 60%.

“Os novos equipamentos SDH tem evoluído para as plataformas denominadas MSPP (*Multiservice Provisioning Platform*), que possibilitam a oferta de novos serviços, como o Ethernet”, de modo otimizado e dinâmico, além do serviço tradicional TDM, no mesmo meio físico. (Tronco, 2006)

No SDH-NG, o payload é preenchido com IP, usando-se para isso, o protocolo PPP (*Point to Point Protocol*). Este padrão é denominado PoS (*Packet Over Sonet*), que suporta apenas STM-1, conforme é possível observar na figura abaixo.

Com o PoS, o overhead do cabeçalho das redes ATM é eliminado, assim como o comprimento fixo das células ATM de 53 bytes. Para isso, a topologia usada tipicamente é anel, sendo dois anéis bidirecionais, pois, havendo falha de um, o outro passa a receber o tráfego.

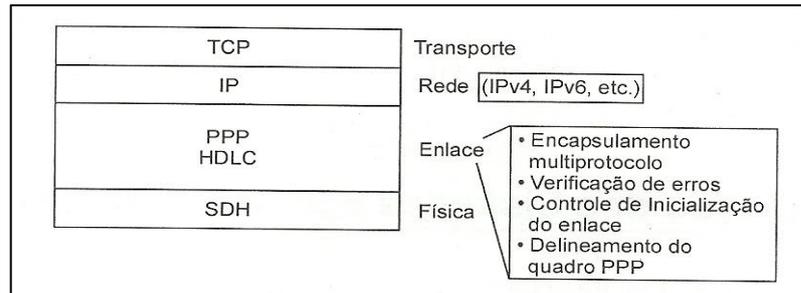


Figura 6.2.1 - TCP/IP/SDH

Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

A vantagem de se usar IP/SDH está no fato de que as taxas de transmissão aumentam, e o overhead do SDH cai para apenas 5%, além de possibilitar que todo o roteamento seja feito por hardware.

A rapidez do processamento e o uso de interface de alta velocidade fazem com que algumas deficiências dessa arquitetura sejam superadas. Por exemplo, o fato de o PPP não priorizar pacotes pode ser problemático em enlaces de baixa velocidade em que a transmissão de grandes pacotes com baixa prioridade pode bloquear a transmissão de pacotes de alta prioridade. Esse efeito, no entanto, pode ser minorado com o uso de interfaces de alta velocidade. (Tronco, 2006, p. 89)

“A principal deficiência da primeira geração de MSPPs é a falta de padronização dos equipamentos...”, contudo, a segunda geração “...Inclui funções de comutação Ethernet (L2 SW) e/ou comutação ATM (ATM SW) e RPR...” (*Resilient Packet Ring*) nos equipamentos SDH, utilizado para melhorar as características de manipulação de dados nos anéis, mantendo rápida a capacidade de recuperação. (Tronco, 2006)

O RPR também assegura um compartilhamento justo de largura de banda, chamado *fairness*, entre os nós do anel, e permite a integração eficiente com a tecnologia legada.

Mas ainda há a terceira geração MSPP, que além de todas as funcionalidades das versões anteriores, inclui um plano de controle GMPLS/ASON nos equipamentos.

O GMPLS (*Generalized Multi-Protocol Label Switching*) é um conjunto de protocolos para estabelecer e liberar conexões, além de proteger a rede automaticamente, que permite um ambiente multifornecedor. ASON (*Automatic Switched Optical Network*) ou ASTN

(*Automatic Switched Transport Network*) são os nomes dados ao GMPLS pelo ITU-T ao padronizar o protocolo.

O plano de controle GMPLS possui as funcionalidades de descobrir a topologia da rede e seus recursos automaticamente, restabelecer de conexão automática após falha e provisionamento dinâmico, que possibilita a oferta de serviços fim a fim, mesmo num ambiente multifornecedor.

Com a nova geração de SDH, as principais tecnologias utilizadas são:

- VCAT (*Virtual Concatenation*) – utilizada para a agregação de canais a fim de compor um canal de maior velocidade;
- LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*) – método de provisionamento e configuração dinâmico de canais TDM, capaz de adequar a banda às necessidades do usuário;
- GFP (*Generic Frame Procedure*) – protocolo de adaptação de qualquer tipo de tráfego de dados para mapeamento SDH;
- OTN (*Optical Transport Network*) – engloba os protocolos ASON, GMPLS e outras funcionalidades;

Como o VCAT permite a alocação dos recursos na rede SDH de modo mais eficiente, além de possibilitar que alguns VCs carreguem E1/E3 e outros sejam concatenados para o transporte do tráfego de dados, há um aumento na utilização do canal, conforme é possível observar na tabela abaixo.

Eficiência VCAT

Protocolo do Cliente	Taxa de Bits (Mbit/s)	SDH Tradicional	Utilização	Com VCAT	Utilização
Ethernet	10	VC-3	20%	VC-12-5v	100%
Fast Ethernet	100	VC-4	67%	VC-3-2v	99%
Gigabit Ethernet	1000	VC-4-16c	42%	VC-4-7v	95%
Escon	200	VC-4-4c	32%	VC-3-4v	100%
Fiber Channel	1000	VC-4-16c	42%	VC-4-7v	95%

Tabela 6.2.1 - Eficiência do VCAT no SDH-NG

Fonte: Redes de Nova Geração – Tania Tronco – 2006 – p. 95

Esse aumento ocorre, porque a carga é subdividida em vários VCs independentes, e transportada em paralelo na rede. Quando os dados chegam ao destino, eles são reagrupados. Com esse método, porém, os VCs chegam ao destino com diferentes atrasos de propagação, pois eles percorrem rotas distintas, e ainda assim, eles precisam ser realinhados e montados na sequência correta. A informação de realinhamento fica dentro do POH no cabeçalho.

Mesmo com a utilização total, ou quase total da banda, a concatenação virtual da banda tem uma desvantagem, pois uma quantidade fixa de banda é alocada para o tráfego de pacotes, e não é possível ajustar dinamicamente o uso da banda nos diferentes VCs, de acordo com a demanda do tráfego. Isso faz com que, em um momento, um VC fique sobrecarregado e outro subutilizado.

Para corrigir esse problema, foi criado o LCAS, que controla e ajusta, de modo dinâmico, a banda, além de retirar um VC caso haja falha no VCG. Então, todo o tráfego que fluía por esse VC retirado, é enviado aos outros VCs ainda ativos.

Em conjunto com o GFP, que mapeia serviços de taxa fixa e taxa variável, o VCAT e o LCAS, formam uma excelente solução NGN para o núcleo da rede, pois o SDH-NG é capaz de suportar, em redes ópticas, “uma capacidade de comutação de VC de no mínimo 640 Gigabit”. (Tronco, 2006)

7. BANDA LARGA CONVERGENTE

Já existem testes com equipamentos convergentes (triple play) em alguns lugares do mundo, capazes de suportar demandas de vídeo, voz e dados.

A demanda por tráfego vem aumentando de forma significativa nos últimos anos. A NGN surge para tornar tudo digital, integrado e baseado em tecnologia de pacotes. “Além disso, com apenas uma entrada (somente um provedor), todos os serviços podem ser ofertados.

Nas figuras a seguir, podemos observar como será o acesso de banda larga na residência, por exemplo, e a divisão da banda entre os aplicativos/protocolos e serviços, previsto para o triple play.

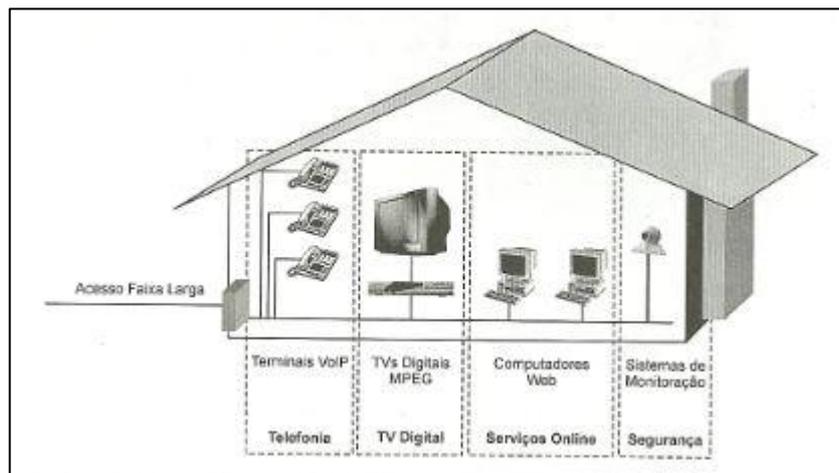


Figura 7.1 - Instalações residências do futuro
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Aplicação	Taxa requerida
Navegação web	5 Mbit/s
Telefones	0,1 Mbit/s
Jogos	1 Mbits
Controle de eletrodomésticos	2 Mbit/s
Dois canais de vídeo digital MPEG	10 Mbit/s
Dois canais de videoconferência	2 Mbit/s
TV de Alta Definição (HDTV)	19,2 Mbit/s
Total	39,3 Mbit/s

Figura 7.2 - Demanda de tráfego por aplicação
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Para que essa estrutura seja possível, novas tecnologias tem surgido, e as principais são: VDSL2, ADSL2/2+, PON, Cabo e Ethernet, que serão descritas a seguir.

7.1. Redes xDSL-NG

7.1.1. ADSL-NG

O ADSL2, que é um tipo de DSL Assimétrico, ou seja, aquele em que a taxa de upload é diferente e inferior a de download, é a melhor solução xDSL disponível atualmente, assim como seu sucessor imediato, o ADSL2+.

O primeiro padrão utiliza 256 tons de modulação TDM, e o ADSL2+ utiliza 512 tons, fazendo com que a taxa de download chegue a 12Mbit/s e 24Mbit/s respectivamente, e a de upload salte para 3,5Mbit/s em ambos os casos.

Esse ganho na transmissão “...É obtido através de uma melhor eficiência de modulação, redução do overhead, alto ganho de codificação, algoritmos de processamento de sinal sofisticados, e melhorias na inicialização”. Com o ADSL2, as frequências são aumentadas para estender o alcance do sinal em até 7Km, que é aumento significativo na distância, em relação ao ADSL comum, que trabalha somente com a distância máxima de 5,5Km, da Central até o modem residencial.

Ainda há, em fase de aprovação, o ADSL2++, que elevará a taxa de *downstream* para 50Mbit/s. Essa solução ainda não foi padronizada, dificultando a aquisição de equipamentos compatíveis.

7.1.2. VDSL-NG

Como outras tecnologias xDSL existentes, o VDSL é capaz de prover acesso de alta velocidade à Internet, bem como serviço de voz. Como a tecnologia VDSL oferece bandas muito maiores que as demais tecnologias xDSL, ela pode prover acessos à Internet com velocidades ainda maiores, mais canais de voz simultâneos e também vídeo digital codificado.

O serviço de vídeo consiste tipicamente em múltiplos canais codificados em MPEG, requerendo taxas de 6 a 8 Mbit/s para sequências com movimentos rápidos e boa qualidade de imagem.

O VDSL pode ser assimétrico ou simétrico, sendo que no primeiro, a taxa máxima de download é em torno de 51 a 55Mbit/s em conexões de até 300 metros. Caso a distância aumente para 1500 metros, a taxa de download cai para 13Mbit/s.

No serviço assimétrico está também a TV digital, vídeo sob demanda, acesso à Internet de alta velocidade, ensino a distância, telemedicina, videoconferência, teleconsultoria, entre outros, sendo capaz de substituir, com qualidade, os acessos T1 e E1, descritos no Capítulo 2.

O aumento na taxa é devido a variação na frequência de transmissão, pois o VDSL utiliza frequências entre 25 KHz e 138KHz para longas distâncias, e 12 MHz a 30 MHz, para curtas distâncias.

Na Figura 7.1.2.1 é possível observar uma comparação entre o padrão assimétrico e simétrico do VDSL, sendo aquele conhecido também como 997, e esse por 998.

Performance VDSL-NG

		Distância Central - Modem		
		200m	500m	1000m
Simétrico (997)	Downstream	35Mbit/s	30Mbit/s	20Mbit/s
	Upstream	35Mbit/s	25Mbit/s	8Mbit/s
Assimétrico (998)	Downstream	45Mbit/s	40Mbit/s	25Mbit/s
	Upstream	20Mbit/s	15Mbit/s	4Mbit/s

Tabela 7.1.2.1 - Tabela de comparação VDSL x distância

Também há o padrão VDSL2, que oferece uma taxa máxima de até 200Mbit/s a uma frequência superior a 12MHz. Porém, este valor está subdividido em perfis, que variam de acordo com a distância da central até o modem.

Existe o padrão 8x (de 8a a 8d), que é ideal para residências, pois suporta triple play e o alcance chega a 2.400 metros. “O perfil 12x (12a e 12b), é adequado ao setor corporativo, para serviços com simetria de taxa, alta taxa *multistream e multi-play* (games, vídeo, dados e voz)”. (Tronco, 2006)

Ainda há um outro padrão de taxa, que é o 17a, que pode ser utilizado por empresas, porém, a distância da central até o modem cai para não mais que 300 metros. E por último, existe o padrão 30a, que possibilita 100Mbit/s simétricos, a uma distância máxima de 150 metros, sendo, portanto, adequado para aplicações dentro de um mesmo prédio ou empresa.

Na figura abaixo, podemos ver as diversas aplicações possíveis ao VDSL2.

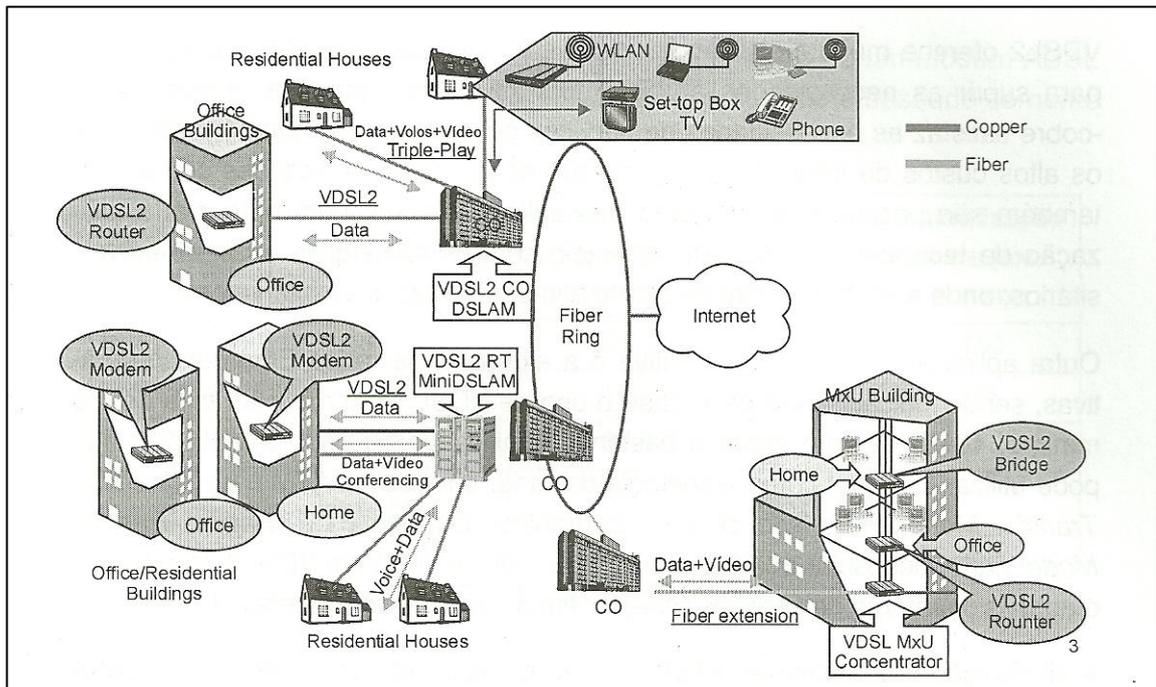


Figura 7.1.2.1 - Aplicações do VDSL2
Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Porém, para que seja possível existir todas as redes mostradas na figura, é preciso que a tecnologia FTTx (*Fiber to the ...*), seja implantada em paralelo, pois altas taxas de transmissão só são possíveis com a fibra óptica. Esse assunto será estudado no próximo item.

Segundo Tania Tronco (Tronco, 2006, p. 116), o “VDSL2 oferece muito mais banda que as outras tecnologias xDSL, e é suficiente para suprir as necessidades atuais e futuras”. Por isso, essa tecnologia tem potencial para ser utilizada em grande escala em aplicações comerciais, edifícios, universidades, e onde a rede de cobre existente sofra grandes picos de uso de banda.

Outro fator que deixa essa tecnologia atraente é o fato dele suportar redes Ethernet corporativas como padrão, ao invés de usar a ATM, além de permitir, também, que sejam criadas *v lans*. Como a Ethernet é o modelo mais utilizado atualmente em redes locais e

metropolitanas, devido a sua simplicidade, compatibilidade com IP e baixo custo, as tecnologias para estender e entregar a Ethernet até a residência têm se desenvolvido, integrando cada vez mais este modelo ao VDSL2.

7.1.2.1. FTTx

O “x” representa o local onde a conexão com fibra óptica termina. A tecnologia FTT, é uma abordagem híbrida, que visa substituir completamente, ou até onde for economicamente viável, os fios de cobre por fibras ópticas.

Existem quatro padrões FTTx em implantação atualmente:

- FTTB (*Fiber to the Building*) – aquela conexão com fibra que inicia na Central e finaliza na entrada do edifício, seja este comercial ou residencial. Também é conhecido como “Fibra até a calçada”. Da calçada até os equipamentos internos, a conexão é feita por cabeamento estruturado (cabos de par trançado).
- FTTA (*Fiber to the Apartment*) - é uma arquitetura onde a rede *drop* adentra o edifício (Comercial ou Residencial) chegando a uma sala de equipamentos. A partir desta sala, o sinal óptico pode sofrer uma divisão do sinal através do uso de splitters ópticos, sendo posteriormente encaminhado individualmente a cada apartamento/escritório.

Outras alternativas de divisão interna ao prédio podem ser implementadas mas sempre cada apartamento/escritório será atendimento por uma única e exclusiva fibra óptica, ou seja, o ponto terminal de acesso interno aos usuários é levado para dentro do apartamento/escritório.

- FTTH (*Fiber to the Home*) – a fibra óptica adentra a residência do assinante, então “o sinal é propriamente disponibilizado através de uma extensão ou cordão óptico para o receptor óptico deste assinante”. (Furukawa, 2009)
- FTTD (*Fiber to the Desk*) – fibra óptica para cabeamento interno corporativo, de alto desempenho. De maneira geral, a partir da Sala de Telecomunicações, o sinal é transmitido por uma rede óptica até a área de trabalho onde estão localizados os equipamentos dos usuários.

7.2. PON

As redes do tipo PON utilizam fibras ópticas ao invés de pares metálicos, ou par-trançado, para o transporte de serviços até o usuário final, e também são classificadas como FTTx.

“Atualmente, a demanda por essa tecnologia advém da capacidade de prover altas taxas (até 2,4 Gbit/s) para atender à crescente demanda de serviços de vídeo sob demanda, jogos interativos, videoconferência, etc”. (Tronco, 2006)

A principal característica da fibra óptica é não possuir limitação de distância como as tecnologias xDSL, podendo chegar a 20Km sem ampliação. Outro fator que permite a fibra ser amplamente usada é o baixo custo de manutenção. Apesar da implantação da fibra ser cara, a manutenção é baixa, pois ela requer poucos equipamentos de interconexão, menor espaço nos armários, não sofre interferência interna ou externamente e não necessita de fonte de alimentação externa entre o *Central Office (CO)* e o *Customer Premise Equipment (CPE)*, sendo esse o motivo de ser chamada de redes passivas.

Redes PON permitem conexões do tipo ponto a ponto e ponto multiponto. Na arquitetura ponto multiponto, um grande número de usuários é conectado a um único alimentador de fibras, localizado num sistema de distribuição, reduzindo o custo da instalação, gerenciamento e manutenção.

A rede é formada por um OLT (*Optical Line Terminal*), que fica no CO, e um conjunto de ONTs (*Optical Network Terminal*), localizado nas instalações dos usuários. Há também os Splitters, que são divisores passivos, e distribuem os serviços para os usuários.

Com essa topologia, é possível ter, no máximo, 32 usuários conectados ao Splitter, mesmo aqueles estando a quilômetros de distância deste.

Na figura abaixo, podemos observar um exemplo de distribuição de serviços numa rede PON. Entre o OLT e os ONT, há vários quilômetros de distância, sem que a qualidade do sinal seja danificada.

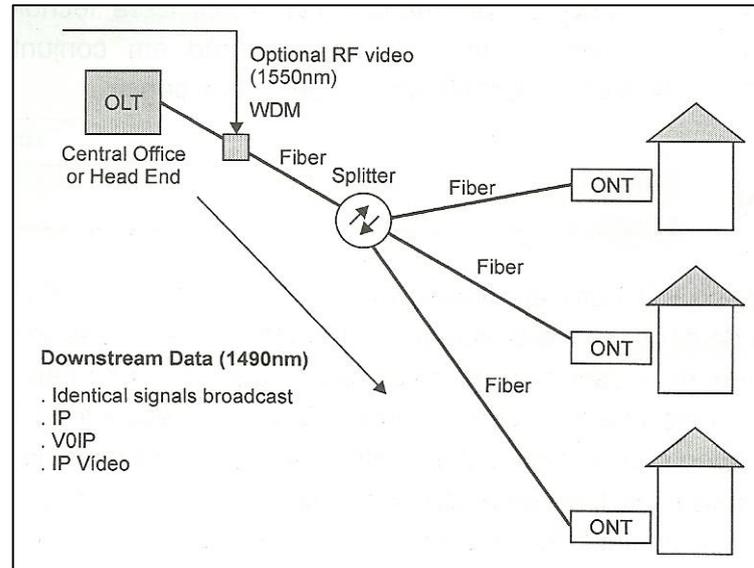


Figura 7.2.1 - Arquitetura PON
 Fonte: Redes de Nova Geração, Tania Tronco, 2006.

Através da PON pode-se enviar sinais de vídeo de alta qualidade (stream, TV a cabo e TV digital) sem que haja perda da qualidade ou necessidade de compactar os sinais demasiadamente.

“As redes PONs possuem os seguintes padrões: APON (ATM PON), BPON (Broadband PON), GPON (Gigabit PON) e EPON (Ethernet PON)”. (Tronco, 2006)

As redes APON e BPON são baseadas em ATM e operam nas taxas de 155 Mbit/s full-duplex e, na versão mais recente, uma taxa downstream variando de 622 Mbit/s até 1,2 Gbit/s e upstream de 155 Mbit/s.

A GPON transporta dados a uma taxa de 2,5 Gbit/s em cada direção, e também suporta redes ATM legadas, TDM e Ethernet.

O último padrão é o EPON, que são as redes PON sobre Ethernet, e é o modelo mais apropriado para a NGN, pois permite o uso ilimitado do IP, e será abordada no próximo tópico.

7.3. Ethernet

Em contrapartida à tecnologia FTTx passiva, existe a FTTx ativa, baseada na tecnologia Ethernet. Para isso, um switch Ethernet de grande porte é instalado na operadora e o sinal é enviado, via fibra óptica, a uma distância de até 70 Km, a um segundo switch instalado próximo às residências dos usuários, que então distribui o sinal.

Cada usuário possui uma interface Ethernet que é conectada a uma porta do switch, sendo o número de usuários limitados pela quantidade de porta do switch. Com essa tecnologia, é possível prover altas taxas e QoS, além de serviços sob demanda, através do MPLS.

As redes Ethernet não possuem mecanismos para reserva de banda e engenharia de tráfego originalmente. Para poder prover essas funcionalidades, deve ser empregado o MPLS, que possui essas ferramentas. Quando o MPLS é adicionado ao switch/router ele passa a ser denominado *Label Switch Router* (LSR).

Com esse tipo de equipamento é criado um LSP (*Label Switch Path*), “caminho/circuito virtual feito pelo switch MPLS que utiliza a largura de banda reservada através da nuvem MPLS, com requisitos de QoS...”, que vai do equipamento do usuário final até a Central de distribuição de Internet. (Tronco, 2006)

CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento das redes convergentes, as redes ópticas passam a ter grande importância no cenário de evolução das telecomunicações, que, devido a estudos revolucionários, passou a permitir a transmissão de diversos sinais ópticos com comprimentos de onda diferentes, numa mesma fibra.

Isso possibilita uma drástica redução nos custos, alta flexibilidade para transportar diferentes tipos de carga, compatibilidade com diversas aplicações existentes e aumento da distribuição do sinal geograficamente, tornando, cada dia mais, a implantação da NGN possível, fazendo com que redes de alta capacidade e velocidade, deixem de ser realizada somente em grandes centros urbanos, passando a existir também em lugares remoto.

O maior objetivo do mercado de telecomunicações, atualmente, é conseguir ser rentável e inovador. As empresas estão passando por um momento de explorar novos horizontes e lançar novos produtos. “Os desafios vão além dos específicos do setor, como os impactos da macroeconomia, crises financeiras, sucessões políticas e questões regulatórias, principalmente este último, pois os avanços tecnológicos estão sempre a frente das leis criadas para regulamentá-los”. (NGC, 2008)

Apesar de a NGN ser a solução de muitos problemas, as operadoras ainda precisam desenvolver capacitações de próxima geração, ou seja, mecanismos para viabilizar a entrega dos novos serviços e experiências ao cliente. Isso só será possível se a camada de sistemas suportar a evolução das outras camadas de rede, além de mudar a orientação das tecnologias para os serviços.

Certamente, uma das premissas da NGN é manter a compatibilidade com sistemas legados, por isso, ela tem sido implantada em fases, e, espera-se que em 3 anos, ela já possa ser realidade em uma boa parte das residências do mundo todo. (NGC, 2008)

Diante das mudanças decorrentes da convergência, veremos uma alteração no cenário de telecomunicação, onde os consumidores exigirão serviços simples e de alta qualidade, uso de equipamentos de diversos fabricantes numa solução, alta tecnologia e operadoras trabalhando em função das exigências do mercado.

Contudo, para atingir o objetivo final da consolidação das Redes de Próxima Geração, será necessário que diversas operadoras, fornecedores de tecnologia e de aplicações, se unam. A chave para união vem da implantação dos protocolos NGN, incluindo protocolos padronizados e proprietários, que estão sendo introduzidos no ambiente mundial quase tão rápido quanto eles estão sendo desenvolvidos.

BIBLIOGRAFIA

ALBERTI, ANTÔNIO M. **NGN-GSI**. Inatel. 2008.

ALECRIM, EMERSON. **ADSL: o que é e como funciona**. 2003. Disponível em: <<http://www.infowester.com/adsl.php>>. Acessado em: 20 de out. 2010.

ALECRIM, EMERSON. **O que é IPv6?**. 2010. Disponível em: <<http://www.infowester.com/ipv6.php>>. Acessado em: 01 de Nov. 2010.

ALECRIM, EMERSON. **Tecnologia ISDN**. 2003. Disponível em: <<http://www.infowester.com/isdn.php>>. Acessado em: 20 de out. 2010.

ANACO, Relatório. **Estudo sobre o impacto das Redes de Próxima Geração no mercado**. 2008.

BASTOS, MICHELE PERPETUO CHEQUETTO HEMERLY at al. **Acesso xDSL**. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. 2005.

CANUTO, FERNANDO. **Redes NGN podem unir serviços móveis de voz e dados**. 2006. Disponível em: <<http://webinsider.uol.com.br/2006/02/13/redes-ngn-podem-unir-servicos-moveis-de-voz-e-dados/>>. Acessado em: 06 de set. 2010.

CASTRO, ALEX. at al. **Next Generation Networks**. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. 2005.

CENTER, NEXT GENERATION, **Redes de Próxima Geração**. 2008. Disponível em: <http://www.nextgenerationcenter.com/courses.php?id_course=41>. Acessado em: 01 de set. 2010.

DUQUE, WELTON SHEL. **Protocolos de Alta Velocidade**. Wireless Brasil, Disponível em: < http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/welton/prot_alt_vel_07.html>. Acessado em: 10 de out. 2010.

FAGUNDES, EDUARDO M. **Convergência de Dados e Voz na Próxima Geração de Redes**. Disponível em: <http://www.efagundes.com/artigos/A%20Convergencia%20de%20Dados%20e%20Voz%20na%20NGN.htm>>. Acessado em: 15 de out. 2010.

FILHO, HUBER BERNAL at al. **Tutoriais Banda Larga**. Teleco. 2004. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialngn/default.asp>>. Acessado em: 13 de Nov. 2010.

FILHO, HUBER BERNAL. **Redes SDH**. 2009. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrsdh/default.asp>>. Acessado em: 10 de Nov. 2010.

FURUKAWA. **FTTx**. 2010. Disponível em: http://www.furukawa.com.br/portal/page?_pageid=393,1365734&_dad=portal&_schema=PORTAL>. Acessado em: 02 de Nov. 2010.

GUILLET, JIM at al. **Minimizando riscos: a estratégia de migração para NGN**. Revista RTI. Março 2005. p. 90.

IANA. **IANA IPv4 Address Space Registry**. 2010. Disponível em: < <http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space/ipv4-address-space.xml>>. Acessado em: 05 de Nov. 2010.

LEOPOLDINO, GRACIELA MACHADO at. al. **H.323: Um padrão para sistemas de comunicação multimídia baseado em pacotes**. 2001. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/0111/h323.html>>. Acessado em: 12 de Nov. 2010.

MADEIRA, FREDERICO. **Voip e NGN – Estudo de caso**. Vocaltec. 2010.

MARTIN, JEAN CLAUDE. **NGN: para que? A visão de uma operadora.** Revista RTI. Março 2003. p. 58.

MORIMOTO, CARLOS E. **Opções de Acesso: ADSL, ADSL2+, cabo, BPL e outros.** Guia do Hardware. 2009. Disponível em: < <http://www.guiadohardware.net/tutoriais/opcoes-acesso/pagina4.html>>. Acessado em: 10 de out. 2010.

OBERLE, KARSTEN at al. **Uma arquitetura IMS otimizada.** Revista RTI. Julho 2007. p. 30.

OLIVEIRA, JÚLIO CÉSAR MANDADORI DE. **Tutoriais Voip.** 2006. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialmegaco/default.asp>>. Acessado em: 17 de out. 2010.

PAMPANELLI, GIOVANA AZEVEDO. **A Evolução do Telefone e uma Nova Forma de Sociabilidade: O Flash Mob.** 2009. Disponível em: < <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n41/gazevedo.html>>. Acessado em: 08 de set. 2010.

REMOALDO, PEDRO. **Protocolos de Comunicação.** 1998. Disponível em: < <http://paginas.fe.up.pt/~mgi97018/comms.html>>. Acessado em: 16 de out. 2010.

RIBEIRO, CÉSAR. **Redes, protocolos, IP e convergência.** 2008. Disponível em: < <http://www.ipnews.com.br/voip/fique-por-dentro/opini-o/redes-protocolos-ip-e-convergencia.html>>. Acessado em: 17 de out. 2010.

SIMON, IMRE. **A ARPANET.** 1997. Disponível em: < <http://www.ime.usp.br/~is/abc/abc/node20.html>>. Acessado em: 11 de set. 2010.

TANENBAUM, ANDREW S. **Redes de Computadores.** São Paulo. Campus, 2003.

TOLEDO, ADALTON P. **Redes de Acesso em Telecomunicações**. São Paulo: Makron Books, 2001.

TRONCO, TANIA REGINA. **Redes de Nova Geração**. São Paulo. Érica, 2006.

TYSON, JEFF. **Como funciona a conexão VDSL**. Como Tudo Funciona-UOL. Disponível em: < <http://informatica.hsw.uol.com.br/conexao-vdsl.htm>>. Acessado em: 20 de out. 2010.

UFRJ. **MGCP**. 2004. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/~rezende/cursos/eel879/trabalhos/voip1/MGCP.html>>. Acessado em: 30 de out. 2010.

UFSC. **Duplexação FDD**. Wiki-Universidade Federal de São Carlos. 2006. Disponível em: http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php?title=Duplexa%C3%A7%C3%A3o_FDD&printable=yes>. Acessado em: 14 de set. 2010.

UNIVATES. **A tecnologia xDSL**. 2001. Disponível em: < http://ensino.univates.br/~laschneiders/Rede/a_tecnologia_xdsl.html>. Acessado em: 10 de set. 2010.

VENTURA, PLÍNIO. **O Modelo OSI e suas 7 camadas**. 2002. Disponível em: < http://imasters.com.br/artigo/882/redes/o_modelo_osi_e_suas_7_camadas/>. Acessado em: 01 de nov. 2010.

WIKIPÉDIA. **Plesiócrono**. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Plesi%C3%B3crono_%28plesiocrono%29>. Acessado em: 20 de set. 2010.

ZAKON, ROBERT H'OBBS. **Internet Timeline 10**. 2010. Disponível em: < <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>>. Acessado em: 01 de set. 2010.