

# AS REDES CONVERGENTES IP E O IMPACTO NA ARQUITETURA DA REDE PÚBLICA

José Manoel Duarte Mendes, Tania R.T Fudoli

Fundação CPqD

GIR/DRT

Rodovia Campinas Mogi-Mirim, Km 118,5 - CEP 13.088-902

Campinas - SP

## RESUMO

O modelo atual de rede de telecomunicações está passando por um processo revolucionário, semelhante ao ocorrido com os computadores pessoais na década de 80. O modelo atual de redes, no qual voz, vídeo e dados são transmitidos separadamente sobre redes dedicadas, não atende mais as necessidades de negócio do século XXI. Diante deste cenário, a compreensão dos princípios básicos, motivadores desta revolução, é fundamental para que direções, possíveis cenários de evolução e diferentes fases de transição sejam identificados. Neste contexto, o presente artigo descreve os principais conceitos envolvidos nas redes convergentes IP de nova geração, também denominadas NGN (*Next Generation Networks*), e seu impacto na atual arquitetura de rede pública. Os novos elementos de rede, principais foros, protocolos envolvidos e exemplos de plataformas disponíveis atualmente, são descritos.

## 1. INTRODUÇÃO

No modelo de rede atual, os serviços de telecomunicações estão associados às tecnologias de rede e em geral estão atrelados a fornecedores de equipamentos, como mostra a Figura 1. Estes serviços são genéricos de modo a satisfazerem o maior número possível de usuários e uma personalização, para satisfazer necessidades individuais, tem alto custo. Além disto, o modelo de redes baseado em TDM (*Time Division Multiplexing*) é eficiente para transportar o tráfego de voz, mas muito ineficiente para transportar o tráfego em rajadas de dados. Isto implica num mau uso dos recursos de transmissão e comutação. A sobreposição de redes implica num alto custo de operação e manutenção.

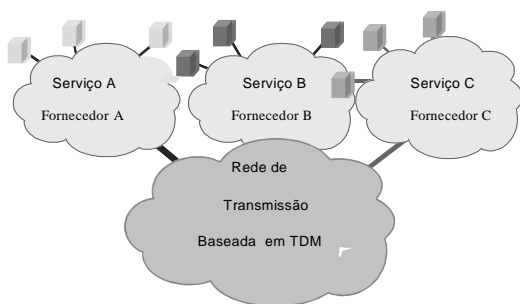


Figura 1 - Modelo Atual de Redes

A dependência de fornecedores ocorre porque os comutadores telefônicos atuais possuem uma arquitetura monolítica, ou seja, uma arquitetura onde as funções de encaminhamento e controle são inseparáveis, como mostra a Figura 2. Esta arquitetura traz, como consequência, uma forte dependência da operadora de um único fabricante, em relação a novas funcionalidades de software, novas funcionalidades de hardware, política de preço e criação de novos serviços.

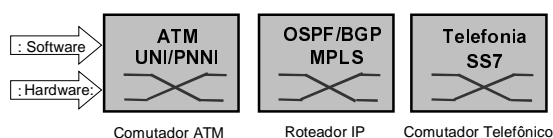
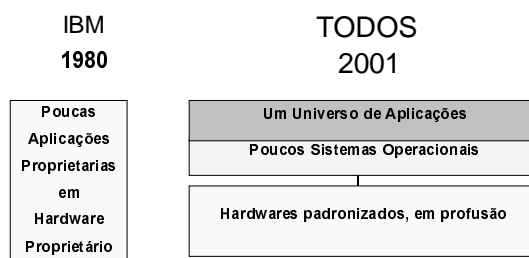


Figura 2 - Tecnologia de Comutação Monolítica

Fazendo-se uma analogia com a revolução ocorrida nos microcomputadores pessoais, o princípio de separar o *software* de controle do *hardware*, através de interfaces abertas, fez com que o modelo monolítico de microcomputador, fabricado somente pela IBM, fosse substituído por um modelo aberto, onde há um grande número de fabricantes de *hardware*, alguns fabricantes de sistemas operacionais e uma grande variedade de novas aplicações, como mostra a Figura 3. Este processo fez com que o preço dos mesmos fosse reduzido drasticamente e o conjunto de aplicativos aumentasse de forma significativa.



Fonte: MS Forum

Figura 3 - A Revolução dos Microcomputadores Pessoais

O foco da nova arquitetura de redes NGN é similar ao descrito acima, no sentido de separar o *hardware* do *software* dos equipamentos de telecomunicações, através de interfaces padronizadas, criando um ambiente multivendedor para *hardware* e *software*. Nesta arquitetura, a criação de novos

serviços é facilitada e independente do hardware. Além disto, a separação HW/SW torna possível a distribuição destas partes para locais mais apropriados, mais próximos dos assinantes ou mais próximos do núcleo da rede.

## 2. O MODELO DE REDES CONVERGENTES (NGN)

A arquitetura NGN decompõe os elementos de rede em camadas funcionais, conforme ilustra a Figura 4. A primeira camada refere-se à camada de acesso (*Edge Layer*), que provê interfaces para os dispositivos do usuário, ou para outras entidades da rede, no plano de adaptação do fluxo de dados do usuário às características da rede. É na *edge* da rede que os elementos de rede, responsáveis pela prestação dos serviços são colocados. Na camada central (*Core Layer*) tem-se a função de comutação, a camada de controle (*Network Control Layer*) controla os comutadores e os elementos do acesso e, na camada de serviços de rede são implementados os serviços.

Historicamente, a separação das funções dos elementos de rede teve início com o advento da Rede Inteligente (RI), conforme mostra a Figura 5. Na RI iniciou-se o processo de separação da camada de aplicação (ambiente de criação de serviços) das camadas de controle, comutação e acesso da central telefônica. No entanto, este ambiente ainda é muito vinculado à tecnologia de central telefônica. O processo continuou com a separação da camada de controle das camadas de comutação e acesso. A camada de acesso e comutação passou a ser denominada de *Media Gateway (MG)* e a camada de controle de *Media Gateway Controller (MGC)*. A padronização da interface entre o MGC e MGs, através do protocolo Megaco/H.248, permitirá às operadoras, a livre escolha entre diferentes fabricantes de equipamentos para os MGs e para os MGCs.

Além de possuir as características dos sistema abertos, conforme descrito acima, as redes NGN possibilitam a integração dos serviços de voz na rede de dados, denominados Voz sobre IP (VoIP) e possuem uma arquitetura distribuída baseada na tecnologia de pacotes, principalmente IP (*Internet Protocol*). Isto facilita o desenvolvimento de aplicações e serviços Internet.

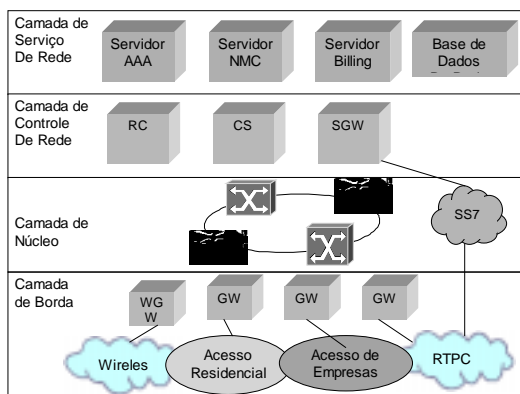


Figura 4 - Modelo da NGN

Além disso, a separação do controle e da comutação propicia o compartilhamento dos recursos de comutação por diferentes controladores e o aumento da velocidade de comutação, que a partir deste momento passa somente a encaminhar os dados.

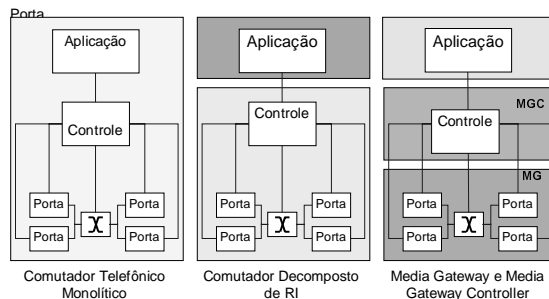
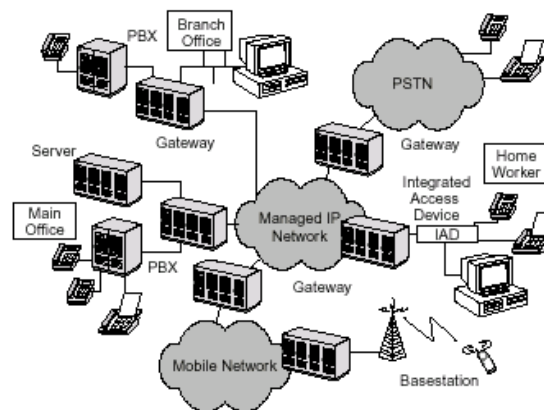


Figura 5 - Decomposição dos Elementos de Rede

Estas redes suportam todos os tipos de tráfego de usuários, utilizando protocolos tais como ATM, Frame Relay ou IP. Dentre estes, o protocolo dominante, tanto no acesso como no núcleo da rede, é o IP. As redes convergentes permitem a integração e interoperabilidade de diversos sistemas, conforme ilustra a Figura 6. Esta integração diminui o custo de operação de redes distintas. Os usuários podem, ao mesmo tempo, utilizar serviços de voz e dados pois as redes são conectadas. Um usuário pode simultaneamente utilizar o telefone celular e acessar uma página Web. Cada seção aberta pode fazer uso de diferentes técnicas e recursos de telecomunicações para manipular dados, voz e fax. Os fluxos dos diferentes mídias tem que ser adaptados às redes de pacotes em diferentes estágios. Esta é a tarefa do denominado *Media Gateway*.



Fonte: techguide.com

Figura 6 - Interoperabilidade de Sistemas na NGN

A visão do futuro é a conectividade global, na qual os elementos de redes possam ser interconectados e escolhidos com relativa liberdade. Esta infra-estrutura de nova geração de redes expandirá o mercado para novos fabricantes e

desenvolvedores de elementos de redes, aumentando a competição e acelerando a criação e inovação de soluções no mundo das telecomunicações. Em resumo, esta arquitetura de redes integradas, com ambiente de criação de serviços independente, com elementos particionados e interoperáveis, permitirá o desenvolvimento rápido de novos serviços. Isto ocorrerá sem que novos investimentos em computadores e equipamentos de transmissão sejam requeridos, obtendo-se serviços controlados por software e adaptados para satisfazerem os requisitos do usuário final. De forma resumida, pode-se concluir que as redes de nova geração seguem os seguintes princípios:

- Decomposição das funções dos elementos de rede em componentes com interfaces bem definidas;
- Separação dos serviços da camada de rede;
- Arquitetura totalmente distribuída e processamento transparente da localização do componente;
- Suporte a atualizações de rede;
- Provimento de funções de interoperabilidade para possibilitar, às novas redes, interação com os sistemas legados já existente;
- Integração do sistema de gerenciamento;
- Criação de um ambiente multivendedor para os diversos componentes da rede;
- Criação de uma rede multisserviço;
- Uso eficiente dos recursos de comutação e transmissão (multiplexação estatística);
- Estabelecimento de ampla conectividade.

A seguir, os principais foros de padronização e de discussão de redes NGN são apresentados resumidamente.

### 3. FOROS DE PADRONIZAÇÃO

Diversos organismos de padronização e foros globais estão definindo os padrões e soluções para a NGN. Dentre estes destacam-se:

- **MSF (Multiservice Switching Forum)** – o objetivo principal deste Forum é desenvolver e promover acordos de implementação para protocolos e de interfaces, numa arquitetura aberta de sistemas de comutação multisserviço. Um sistema de comutação multisserviço corresponde a um comutador distribuído (baseado em quadro, célula ou pacote), projetado para suportar voz, vídeo e dados. Os acordos de implementação definem interfaces entre os diversos componentes deste comutador e arquiteturas, utilizando os elementos e protocolos definidos.  
MSForum: [www.msforum.org](http://www.msforum.org)
- **ISC (International Softswitch Consortium)** - promove uma arquitetura aberta baseada em software e a interoperabilidade e compatibilidade de múltiplos fornecedores de *softswitches (media gateway controllers)*.  
ISC: [www.softswitch.org](http://www.softswitch.org)
- **Parlay** – define APIs que abstraem os recursos de rede, especificando interfaces que permitem ao provedor de rede usar os recursos de rede de um outro provedor de serviços, ou provedor de conectividade de rede, de modo padronizado.

- **ETSI (European Telecommunications Standards Institute)** – responsável pela elaboração de padrões na área de telecomunicações, utilizados há décadas principalmente na Europa. Em particular, o grupo Tiphon do ETSI é responsável pelas questões relativas à interoperabilidade entre a rede de circuitos atual e a nova rede de pacotes. Além disso, o grupo 3GPP está envolvido na definição da rede celular de terceira geração.

Tiphon: [www.etsi.org/tiphon](http://www.etsi.org/tiphon)

3GPP: [www.etsi.org/3gpp](http://www.etsi.org/3gpp)

- **IETF (Internet Engineering Task Force)** – comunidade internacional constituída por operadoras, fornecedores e projetistas de equipamentos e pesquisadores relacionados à evolução da arquitetura Internet. Uma vez que a arquitetura das NGNs é baseada nos protocolos Internet, a maioria dos grupos de trabalho deste Forum é relevante.  
IETF: [www.ietf.org](http://www.ietf.org)

### 4. DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS

Os principais elementos constituintes principais da NGN, relacionados à interconexão da RTPC com os novos serviços sobre a plataforma de pacotes são:

- **Media Gateways**, responsáveis pela interconexão da rede IP com a rede RTPC, propriamente dita;
- **Signaling Gateways**, que traduzem os vários tipos de sinalização entre os diversos elementos de rede;
- **Media Gateway Controller**, ou *softswitches*, que exerce a coordenação entre gateways de acordo com a informação recebida dos gateways de sinalização;
- Elementos de retaguarda, que são aqui agrupados para fins didáticos, responsáveis pelas funcionalidades de bilhetagem, gerência de rede e suporte ao usuário.

#### 4.1 Media Gateways (MG)

Pelas suas atribuições de interconectar padrões distintos de redes de diferentes naturezas, os *media gateways* têm um papel importante no processo de aproveitamento das redes legadas no processo de evolução para as redes de nova geração. Algumas características podem ser citadas, no exercício dessas interconexões:

- prover vários tipos de terminações como T1/E1, Ethernet e ATM;
- implementar codecs de voz, como os da série G.7xx do ITU-T;
- realizar cancelamento de eco;
- detecção e geração de tons do tipo DTMF, tons de prosseguimento de chamada.

Assim, alguns tipos de *media gateways* podem ser encontrados, como:

*Gateway* de acesso, para conversão de sinais TDM de interfaces de usuários para VoIP ou VoA (voz sobre ATM); é o elemento que realiza a terminação da sinalização chamada

TDM e a passa essa informação para ao MGC para que este tome as decisões necessárias de controle;

*Gateway* de tronco, para fazer a interface entre a rede RTPC e a rede de pacotes (ou ATM). Realiza as mesmas funções de conversão de sinais TDM e sinais de pacotes, manipulando um volume grande de canais virtuais de circuitos e circuitos TDM. A sinalização, contudo, vai em um caminho diferente, via GS (*gateway* de sinalização).

Servidor de acesso de rede, que é uma forma especializada de *gateway* de acesso, para terminação de chamadas de modems ou conexão HDLC, permitindo acesso a rede IP.

#### 4.2 Gateway de Sinalização

A sua função é realizar a interface entre a Rede Telefônica Pública Comutada (RTPC) e a rede de sinalização SS7, normalmente, e enviar a informação de sinalização para o MGC pela rede IP. Provê acesso também a base de dados da RI, para lá acessar alguns tipos de serviços, como configuração de chamada, por exemplo. O protocolo que utiliza para tal é o padrão SigTran.

#### 4.3 Media Gateway Controller (MGC)

O MGC possui as funções de mediador de sinalização, processamento e controle de chamadas dos media gateways. Constitui-se também na base de criação de novos serviços, dada a sua característica de ser um elemento baseado em software e estar realizando majoritariamente funções do plano de controle. Apesar do nome alternativo de *softswitch*, não realiza funções de comutação, mas sim manipula e envia os sinais que a acionam e outros, como os de roteamento, autenticação de usuário, estabelecimento e liberação de conexão.

O MGC deve compatibilizar a interconexão entre funcionalidades de controle de várias redes diferentes, e para isso deve manipular informações de protocolos da SS7, V5, GR-303 e R2, por exemplo, de forma direta ou através de um GS. Na interligação com o media gateway, contudo, adota o protocolo MGCP, ou, mais recentemente padronizado, o MEGACO, como padrões.

### 5. PRINCIPAIS PADRÕES E PROTOCOLOS NGN

No processo de conversão da informação de voz contida nos sinais TDM para os sinais de pacotes IP, há uma troca de outras informações como as de sinalização, de controle de chamada, de acesso de usuário e outras, que se fazem entre os elementos da rede NGN. Esta troca de informações vem sendo realizada por protocolos, que constituem os padrões de especificações e tem sido desenvolvidos ao longo do tempo, como o H.323, por exemplo. Conforme descrito nos itens 2 e 3, estes padrões objetivam implementar uma funcionalidade distribuída na rede, realizada pelos elementos descritos em 4, e que trafegam entre eles por meio de interfaces abertas. Este modelo de interfaces abertas é o caminho, há muito desejado, e implementado pela RI, para o modelo RTPC, para se estabelecer competição entre fabricantes e prestadores de serviços, visando uma redução de custo de equipamentos, otimização da utilização dos recursos de

rede, flexibilidade na criação de novos serviços e gerência de uma única estrutura de rede de pacotes.

#### 5.1 Arquitetura H.323

Este padrão foi desenvolvido pelo ITU-T para atribuir QoS aos tráfegos multimídia de voz e dados, naquelas redes de pacotes onde este atributo não existia, atuando no estabelecimento de chamadas e transmissão de informações. Utiliza os protocolo RTP/RTCP (*Real Time Protocol/Real Time Control Protocol*) do IETF para a transmissão de informação, adotando os codecs padronizados na série G.xxx do ITU-T. A Figura 7 identifica o local de atuação dos principais protocolos nos elementos de uma NGN.

Foi o primeiro protocolo a ser implementado em aplicações de VoIP e, atualmente, passa por um processo de modificações no ITU-T, para ser utilizado com terminais mais simplificados. Com o surgimento do protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), desenvolvido pelo IETF e que apresenta um mecanismo de estabelecimento de chamada mais simplificado e escalabilidade melhor, uma forte pressão se fez sentir para a arquitetura H.323 pudesse acompanhar estas tendências e pudesse ser utilizado em larga escala.

Os demais protocolos pertencentes à suíte H.323, e suas atribuições, são mostrados na Tabela 5.1.

Protocolo	Atuação	Observações
H.245	Negociação de formato	tipo de canal, banda, supervisão da conexão
H.225	Estabelecimento de chamada	em composição com RAS ( <i>Register, Access, Security</i> ) e Q.931
H.450	Serviços suplementares	
H.332	Conferências estilo painel	Prove escuta multicast

Tabela 5.1 - Protocolos da Suíte H.323

#### 5.2 SIP

O protocolo SIP é um protocolo da camada de aplicação e possui funcionalidades semelhantes à dos protocolos da suíte H.323; realiza estabelecimento, modificações e liberação de sessões multimídia, ou chamadas, na rede IP. As sessões SIP englobam conferências multimídia, ensino a distância e telefonia IP, entre outras, do tipo unicast e multicast.

O protocolo foi proposto na RFC 2543, na categoria de standard track, em março de 1999. [2]

#### 5.3 MGCP (Media Gateway Control Protocol)

Este protocolo é usado para controlar os MGs (*Media Gateways*), a partir de elementos de controle de chamada externos, os MGCs (*Media Gateways Controllers*), também denominados *call agents*, ou *softswitches*. Seu aspecto principal

é assumir o controle da arquitetura de chamadas, quando a inteligência deste controle é externa aos *gateways*, e manipulada por elementos externos. Assim, os MGs são vistos como terminais (*endpoints*) que devem ser agrupados em uma conexão. Estes terminais podem ser físicos, como uma linha telefônica, ou virtual como um fluxo de dados de uma conexão UDP/IP. Os *endpoints* podem ser internos, não se caracterizando como terminais, portanto. Um exemplo é o serviço de anúncio de voz. Os mesmos mecanismos de cancelamento de eco e codificação de voz se aplicam na prestação de serviços pelo MGCP.

O protocolo está publicado na RFC 2705 do IETF, que foi publicada com o *status informational* em outubro de 1999, em sua versão 1.0. [3]. O protocolo não é um padrão fechado, mas foi o utilizado nas implementações de VoIP até agora. Com a recente aprovação do padrão MEGACO (*Media Gateway Control Protocol*), aprovado conjuntamente pelos órgãos ITU-T e IETF, a sua utilização cessa ao longo do tempo.

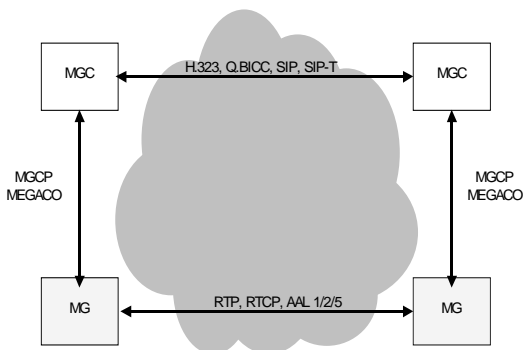


Figura 7 – Protocolos de Controle e Transmissão Dados

### 5.4 MEGACO/H.248

Este protocolo deve substituir protocolo MGCP como padrão para controle de *media gateways*. Possui um modelo de conexão semelhante ao daquele protocolo e pode ser utilizado entre elementos de um *gateway* multimídia fisicamente decomposto, unidades de controle multiponto e, também, para controle de unidades IVRs (*Interactive Voice Response*).

Na concepção do MEGACO, os *endpoints* (*gateways*) se constituem em um conjunto de terminações (identificáveis), dentro de um determinado contexto. As terminações se constituem em fontes ou destinos, que podem trafegar *streams* multimídia. Quando uma terminação é colocada em um contexto (2 ou mais *streams* de terminações, ligadas entre si), com outras terminações ocorre a comunicação. Como exemplo, um encaminhamento de chamada (*call forwarding*) se efetiva pela mudança de uma terminação de um contexto para outro. Como outro exemplo, uma conferência se realiza pela aglutinação de várias terminações em um único contexto. Este *modus operandi* é responsável pelo caráter multimídia de uma conexão MEGACO.

Devido às diferentes implementações de terminações de MGs distintos, a interoperabilidade pode ser prejudicada. O protocolo disponibiliza uma funcionalidade de auditoria que verifica a

possibilidade de conexão destas terminações, antes de tentar efetivar as conexões.

O protocolo está especificado na RFC 3015, na categoria de *standard track*, de emissão de novembro de 2000 [4].

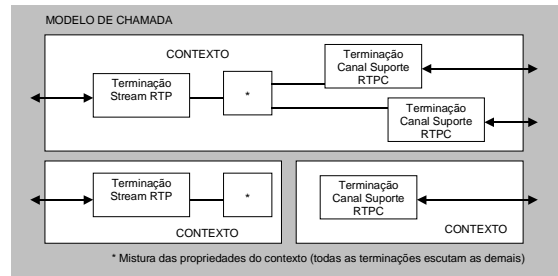


Figura 8 – MEGACO: Terminações e Contextos

### 5.5 SIGTRAN (Signaling Transport)

Esta é uma suíte de protocolos da camada de adaptação, utilizada para o transporte de informação de sinalização, como as mensagens Q.931 e ISUP, pela rede de pacotes na arquitetura de VoIP, entre os nós IP como SG (*Signaling Gateway*), MGC, Gatekeeper ou SCP (*Service Control Point*) [5] para que as redes IP interfuncionem com a RTPC; suas funcionalidades estão distribuídas entre o SCTP (*Stream Control Transport Protocol*), definido na RFC 2960 e responsável pelo transporte da sinalização propriamente dito, e a camada de adaptação.

As funções destas camadas são, entre outras:

- transportar a informação de sinalização das camadas de sinalização (MTP3, MTP2, Q.921 and SCCP) correspondentes usando os serviços do SCTP;
- realizar segmentação e *bundling* dos dados de usuário;
- prover proteção contra mascaramento, repúdio e fraude;
- exercer controle de congestionamento.

O SigTran está definido na RFC 2719, do IETF.

### 5.6 SIP-T (SIP for Telephones)

Conhecido anteriormente por SIP-BCP-T, é um protocolo que possui um mecanismo para facilitar a interconexão entre a rede PSTN com a IP, pois permite que serviços de IN tradicionais convivam harmoniosamente na rede IP. Em suma, seu objetivo é possibilitar que a informação SS7 existente naqueles pontos de interconexão PSTN possa ser utilizada de forma transparente em pontos onde o SIP não consegue atuar. Assim, o protocolo SIP-T atribui ao SIP as funcionalidades necessárias para viabilizar a interconexão com a ISUP. O SIP-T está definido no *draft* do IETF draft-vemuri-sip-t-context-02.txt. [6].

## 6. OS PRODUTOS NGN VS FOROS DE PADRONIZAÇÃO

A arquitetura distribuída, multicamadas e multivendedor proposta nos Foros, especialmente o MSForum, está sendo seguida pela maioria dos fornecedores de NGN tais como Cisco, Ericsson, Nec, Nortel, Lucent, Siemens, etc. Estes fornecedores já estão disponibilizando plataformas nas quais os conceitos de separação dos planos de controle, comutação e serviço se aplicam. A Cisco possui a plataforma denominada *Open Packet Telephony*, a Ericsson a plataforma *Engine*, a NEC a plataforma *Progressive Unity*, a Nortel a plataforma *Sucession* e a Lucent a plataforma *7R/E*. A maioria dos fornecedores, no momento, utiliza o protocolo MGCP entre os MGCs e os MG e tem como meta evoluir para o MEGACO, atualmente padronizado pelo ITU-T e IETF. As operadoras de redes públicas atuais estão num processo de identificação e escolha de cenários para evoluir para a NGN, uma vez que este processo tornou-se irreversível, face ao barateamento e diversidade dos serviços que este tipo de tecnologia introduz. Dois cenários principais podem ser identificados para esta transição:

- Cenário I onde o legado é mantido e a NGN entra somente para a adição de novos serviços;
- Cenário II onde o todo o legado é trocado pela nova tecnologia.

O cenário I é bastante atrativo para as operadoras estabelecidas, pois o legado é preservado e a transição é mais suave. Neste caso, as atuais RTPC, RI e Redes de Dados são mantidas e a NGN pode ser utilizada como integradora destes sistemas. Pode-se adotar uma filosofia multivendedor entre as diversas camadas da plataforma NGN, a ser adquirida. Nesta nova plataforma, o processo de criação de serviços é muito rápido. No entanto, a permanência do legado onera o custo destes serviços, uma vez que o custo de operação/manutenção da tecnologia antiga fica embutido. O cenário II elimina este custo operacional mas implica num alto investimento inicial para a troca dos recursos existentes, visto que o valor de depreciação

dos equipamentos antigos deve ser considerado. Este cenário é mais apropriado para as operadoras entrantes no mercado.

## 7. CONCLUSÃO

Neste artigo foram apresentados os princípios básicos, o modelo de rede e os principais protocolos envolvidos na rede de nova geração. Além disso, cenários de migração para operadoras estabelecidas e entrantes e algumas plataformas comerciais foram apresentadas. A escolha de um destes cenários e de estratégias de migração devem ser analisados de forma criteriosa pelas operadoras, avaliando-se o legado de cada uma e o custo operacional destas redes. Isto implica em projetos específicos a serem realizados em conjunto com fornecedores e especialistas.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] Jerry Ryan, "The Converged Network Infrastructure: An Introductory Guide", The Applied Technologies Group, Inc., techguide.com, 2001.
- [2] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, RFC 2543, "SIP: Session Initiation Protocol", IETF, março 1999.
- [3] M. Arango, A. Dugan, I. Elliott, C. Huitema, S. Pickett, RFC 2705, "Media Gateway Control Protocol (MGCP) – Version 1.0", IETF, Network Working Group, , October 1999.
- [4] F. Cuervo, N. Greene, A. Rayhan, C. Huitema, B. Rosen, J. Segers, "Megaco Protocol Version 1.0", IETF, Network Working Group, November 2000.
- [5] L. Ong, I. Rytina, M. Garcia, H. Schwarzbauer, L. Coene, H. Lin, I. Juhasz, M. Holdrege, C. Sharp, RFC 2719, "Framework Architecture for Signaling Transport", IETF, Network Working Group, October 1999.
- [6] Aparna Vemuri, Jon Peterson, "SIP for Telephones (SIP-T): Context and Architectures", IETF, February 2001.