

DESENVOLVIMENTO DE UMA CAMADA DE GERENCIAMENTO PARA INTEROPERAÇÃO DE ILHAS VOIP

Aline G. Fernandes, Lucas C. S. Simonini, Müller F. Silva, Rafael Marra, Luiz C. Theodoro

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Elétrica – MG – Brasil

alinegoncalves.f@hotmail.com, lcs.simonini@gmail.com, muller.udi@gmail.com, rafaelmarra.consel@gmail.com, lclaudio@feelt.ufu.br

Resumo - O objetivo deste trabalho é propor o desenvolvimento de uma camada de software que permita centralizar o roteamento das chamadas de voz sobre protocolo de Internet quando o originador quiser atingir um destinatário de outra operadora de serviço de voz sobre IP. A ideia é utilizar o sistema de mapeamento eletrônico de números.

Palavras-Chave – ENUM, Peering, provedor VoIP, DNS, Servidor DNS, SIP Proxy.

DEVELOPMENT OF A MANAGEMENT LAYER TO INTEROPERATION OF VOIP ISLANDS

Abstract - The purpose of this paper is to introduce the development of a software layer capable of centralizing the routing of Voice calls over internet protocol when the originator requests a recipient from other voice over IP service provider. The main idea is to use the Electronic Numbering System.

Keywords - ENUM, Peering, VoIP provider, DNS, DNS Server, SIP Proxy.

I. INTRODUÇÃO

Este projeto tem por objetivo desenvolver uma camada de software para gerenciar a interconexão de operadoras de Voz sobre protocolo de internet (VoIP), denominada VoIP Peering, capaz de gerenciar as interoperações de redes VoIP utilizando mapeamento eletrônico de números (ENUM).

A motivação para a criação deste projeto veio da necessidade de reduzir a utilização da rede pública de telefonia comutada (PSTN) evitando assim as suas limitações físicas e, ao mesmo tempo, otimizando a utilização de redes que operam sobre protocolo de internet (IP), consequentemente simplificando a topologia entre operadoras VoIP.

Outra finalidade deste projeto é viabilizar a padronização de interconexões VoIP promovendo o surgimento de novos modelos de negócio que só serão possíveis com a visão e atuação de uma estrutura que congregue várias operadoras que prestam o serviço VoIP.

Inicialmente é apresentada uma justificativa para o desenvolvimento da solução. Em seguida, é descrito a forma

como é feita a comunicação entre operadoras hoje. Posteriormente é feito um detalhamento da infraestrutura necessária para suportar este serviço e as tecnologias envolvidas como também a forma pela qual se pretende desenvolver e implantar essa solução.

II. JUSTIFICATIVA

Atualmente, uma estrutura que unifique o tráfego de informações entre as operadoras VoIP é esperada como uma evolução dos modelos de negócio disponíveis e se mostra iminente necessária como forma de conglomerar empresas e reduzir custos, tanto destas quanto do usuário final, visto que o crescimento cada vez maior do número de usuários VoIP no Brasil e no mundo é apontado como tendência irreversível [15].

A tecnologia VoIP é crescentemente difundida no Brasil, haja visto que existem pesquisas apontando em torno de 14 operadoras de rede fixa e outras 79 operadoras de chamada VoIP existentes no Brasil[6], sendo que a maior parte destas atua no ambiente corporativo. Entretanto, uma questão que ainda limita a ampliação de negócios VoIP é a falta de integração entre as redes IP em atividade - sejam estas redes corporativas, governamentais ou operadas por empresas prestadoras de serviços de telecomunicações.

Nesse sentido, este projeto propõe um modelo de interconexão VoIP para iniciar a integração dessas redes, promovendo uma padronização que viabilize a ampliação de negócios, a redução dos custos associados à utilização da rede fixa para essa interconexão, propicie a melhoria na qualidade das chamadas (excluindo as conversões VoIP-PSTN-VoIP, de acordo com a Figura 1) e amplie a possibilidade dos usuários utilizarem ao máximo os benefícios que uma comunicação de Voz sobre IP fíme a fim oferece.

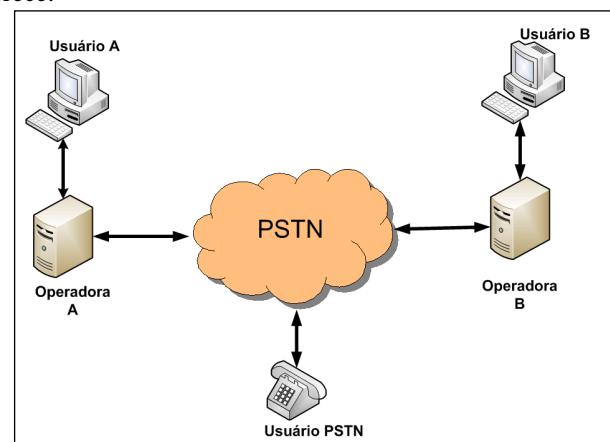


Fig. 1. Integração de usuários de redes IP via PSTN



Com a eliminação das restrições advindas pelo uso da PSTN, por exemplo, a impossibilidade de oferecer recursos avançados associada às próprias restrições do ambiente, nasce um novo cenário para a oferta de serviços, o que faz com que este projeto atenda às demandas de serviços de telecomunicações baseados no protocolo IP. De imediato, surge um novo serviço que poderá organizar o tráfego entre as operadoras envolvidas e, a partir daí, implementar uma série de projetos até então inviáveis pelo caráter individualizado das empresas que prestam serviços VoIP. O uso da tecnologia VoIP já não é mais novidade no mundo da telefonia, apesar de ter seus benefícios evidenciados na crescente participação nas telecomunicações do mundo IP, prestando serviços de voz, dados e vídeo, ainda possui algumas restrições, tanto no aspecto operacional quanto no mercadológico.

Os benefícios advindos do VoIP, principalmente de ordem técnica e econômica, são encontrados, na sua maioria, apenas quando a chamada começa e termina em uma mesma rede. Se levarmos em conta as dificuldades encontradas para a conexão entre as prestadoras deste serviço, veremos que existe razão no fato de não ter ocorrido um aumento ainda mais expressivo no número de usuários.

Observa-se que a maior parte das redes VoIP encontra-se isoladas (as chamadas "ilhas VoIP"), de modo que as chamadas destinadas a um usuário externo a estas redes são encaminhados via rede fixa. Esta situação pode ser minimizada através da interconexão bilateral, modalidade na qual as operadoras das redes, duas a duas, criam relacionamentos técnicos e comerciais entre si, que envolvem configuração dos equipamentos de interconexão, acordos comerciais, etc. Levando em conta o número de empresas que precisam fazer esse serviço par a par, chega-se à conclusão de que existem muitos esforços sendo feitos de forma não integrada.

Levando em consideração que cada operadora de rede deveria ter uma interconexão bilateral com várias outras, esta configuração se expande consideravelmente. Fica também prejudicada a escalabilidade da solução, visto que o surgimento de uma nova rede (uma nova operadora ou uma nova rede corporativa, por exemplo) requer a reconfiguração de todas as demais redes.

Além destes fatos citados, as operadoras de redes VoIP têm custos relevantes para utilizar o encaminhamento de chamadas e o meio físico (enlace E1) da operadora de Multiplexação por Divisão no tempo (TDM) à qual estão conectadas. Estes custos poderiam ser minimizados na medida em que as ligações entre terminais VoIP fossem realizadas somente com tecnologia IP. Entretanto, nessa arquitetura dependente da rede PSTN, as operadoras VoIP estão ilhadas em suas respectivas redes IP, subutilizando o potencial tecnológico que essas redes oferecem em termos de redução de custo operacional e oportunidades de novos negócios.

Neste contexto, faz-se necessária a adoção de um sistema computacional que permita a integração multilateral entre as redes VoIP de maneira a permitir que os usuários destas redes possam estabelecer chamadas entre si sem que estas sejam desviadas para a rede PSTN, incorrendo em custos adicionais e perda de qualidade na chamada devido às

restrições impostas pela rede TDM em comparação com o universo de possibilidades oferecido pela rede IP.

Assim, propõe-se um mecanismo de interconexão VoIP para interligar as diversas redes IP através da utilização do Sistema de Nome de Domínio e Mapeamento Eletrônico de Números (DNS-ENUM). O protocolo ENUM permite o mapeamento de um número telefônico tradicional (formato E.164) para um Identificador de Recurso Uniforme (URI) em rede IP e é definido pela organização de Força Tarefa de Engenharia de Internet (IETF) de acordo com os padrões do Setor de Padronização de Telecomunicações da União Internacional de Telecomunicações (ITU-T) para o formato E.164. Portanto, esta proposta é também uma oportunidade de inserção do Brasil no contexto dessa tecnologia emergente. Vale ressaltar que, além da interconexão, a utilização dessa tecnologia viabiliza a convergência de serviços de telecomunicação e serviços disponíveis na Internet (voz, dados, vídeo, SMS e localização de sites), haja visto que na arquitetura do Subsistema Multimídia IP (IMS) já se identifica o protocolo ENUM como solução para a localização dos serviços, que é parte integrante do módulo do Sistema Operacional de Apoio (OSS) nessa arquitetura.

Com o novo modelo de interconexão, propõe-se centralizar a gestão de *peering* entre as redes VoIP e através do servidor DNS-ENUM armazenando informações que indiquem, com base em dados associados a um usuário de destino, se uma comunicação estabelecida a partir de um usuário VoIP pode ser resolvida através da rede IP, sem a necessidade de desvio desta comunicação para a rede PSTN.

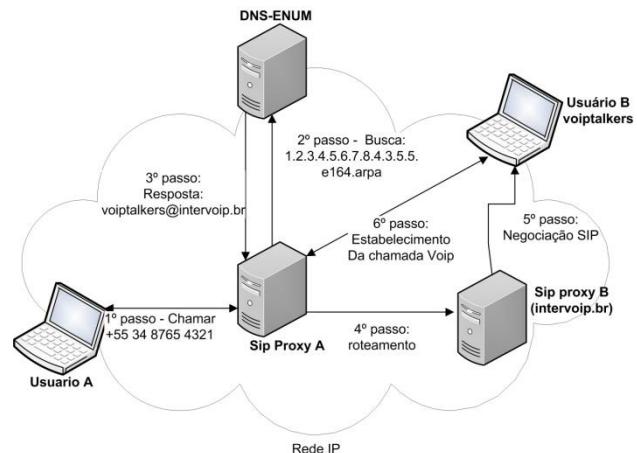


Fig. 2. Conexão dos usuários IP sem utilização da PSTN

A solução proposta é inovadora e encontra respaldo em soluções aplicadas em alguns outros poucos países, como por exemplo, o serviço *Voice Peering Fabric* (VPF) oferecido pela empresa *Stealth Communications*, com várias empresas já integradas a este serviço e funcionando desde 2004.

III. PANORAMA ATUAL

A Internet tem sofrido grandes inovações desde a sua criação. A comunicação através do protocolo da internet é alvo de transformações, tanto nos mecanismos usados para entrega das mensagens quanto nos serviços disponibilizados aos seus usuários. Na segunda metade da década de 90 foram concebidas as primeiras inovações em serviços de VoIP,

desde então o tema se tornou objeto de estudo de muitas operadoras de telecomunicações. Atualmente, a tecnologia VoIP está consolidada, com seus padrões e protocolos bem definidos.

O VoIP, como tecnologia, tem se aproveitado dos protocolos consagrados na rede como: IP, Protocolo de iniciação de sessão (SIP), Controle de *Media Gateway* (Megaco), entre outros; para garantir uma comunicação interessante, porém ainda com níveis de qualidade inferiores aos providos pelas telefonias fixa e móvel. Para avaliar o serviço VoIP é necessário levar em conta a Qualidade do serviço (QoS), o preço e a confiabilidade do mesmo.

O sucesso do serviço VoIP esteve diretamente ligado às possibilidades de redução de custos nas chamadas entre os usuários. Como o meio é a Internet, começou a ser popularizado pelas ligações "sem custo" entre dois usuários na rede e reforçado pela diminuição do preço nas ligações envolvendo chamadas para fixo e móvel, já que as operadoras VoIP conseguiam comprar minutos em grande volume obtendo assim condições de barganhar o custo dessas ligações junto aos usuários finais.

Existem várias operadoras de serviço VoIP que oferecem ligações grátis quando feitas para a mesma operadora e cada uma delas oferece planos variados para ligações locais, dentro do mesmo país e até mesmo pro exterior. Em resumo, elas podem oferecer um preço mais barato que o cobrado pelas operadoras de celulares e de telefonia fixa. Existem também aqueles provedores de serviço VoIP que oferecem o serviço grátis, porém com limitações de qualidade e abrangência do serviço.

Atualmente, um cliente VoIP pode se comunicar de forma direta com os clientes de uma mesma empresa, mas ao tentar se conectar a um usuário de outro serviço VoIP, telefonia fixa ou móvel, deve ser fechada uma conexão direta com a empresa de destino, um procedimento caro e que demanda grandes investimentos em manutenção. Este modelo depende diretamente do fechamento de acordos bilaterais entre empresas provedoras do serviço VoIP, além da instalação de infraestruturas dispendiosas no processo de instalação e manutenção, ou seja, além do desafio político do fechamento de acordos, há o desafio econômico, para criar e suportar a infraestrutura em funcionamento.

Com a perspectiva de crescimento atual dos serviços de telefonia VoIP, cada vez mais utilizados por usuários corporativos e domésticos, a tendência é também o aumento de provedores de serviços, o que dificulta ainda mais a instalação de redes dedicadas entre cada serviço. Nessa situação, se faz interessante um novo modelo de tráfego denominado *peering* no qual a interconexão é feita através de uma gerenciamento único que se responsabiliza pela intermediação das chamadas tentando levar a cada operadora VoIP benefícios como redução de custo, facilidades na configuração de novas rotas, tarifação centralizada e aumento da capilaridade da rede, o que acarreta em uma maior escalabilidade do sistema.

Entretanto, a difusão do VoIP no Brasil se vê bastante limitada, pois existe uma crescente demanda de tráfego entre operadoras que não podem expandir seus serviços devido ao

isolamento entre suas redes, criando assim ilhas de operação VoIP.

IV. ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste projeto envolve uma série de competências e atividades. Inicialmente, é fator crucial que se identifique um servidor DNS com requisitos específicos para ser parte da solução. Serão analisados requisitos do ponto de vista de desempenho, funcionalidade, escalabilidade e software livre. Estes servidores DNS deverão ser avaliados por meio de alguns critérios, sendo que um dos principais é a carga que poderá suportar. A centralização implica que o número de usuários do sistema possa crescer bastante e que o tráfego seja capaz de chegar a valores elevados. Outra característica considerada essencial é a possibilidade de se usar soluções de código aberto que podem comprometer o tempo de desenvolvimento pela equipe implementadora mas tem a grande vantagem de levar autonomia no desenvolvimento das soluções contando com o apoio da comunidade mundial.

Na segunda etapa está prevista a definição e implantação da arquitetura da solução, sendo que será desenhada a topologia proposta para criar o ambiente de desenvolvimento da solução contemplando o software e demais recursos envolvidos. Essa etapa será feita em conjunto com a empresa parceira no projeto, pois é necessário definir quem poderá ser a executora comercial da solução gerada a partir deste esforço.

Prevê-se a execução de um projeto piloto, buscando simular situações semelhantes às esperadas durante a operação real do sistema, validando desta maneira os elementos escolhidos. Esta etapa será monitorada para que os resultados obtidos sejam aplicados nas próximas etapas do projeto, dando respaldo às definições que permearão o seu desenvolvimento.

A. O Servidor DNS

O protocolo DNS é a parte dos padrões da internet que especifica a forma como um computador identifica outro na rede mundial a partir de nomes. A implementação do protocolo DNS é chamada Servidor DNS e este é o principal elemento de nossa rede. Este servidor será responsável por guardar em seus bancos de dados informações de todos os serviços disponíveis para determinado assinante, assim como traduzir nomes de domínio em endereços IP. A arquitetura de rede proposta terá a finalidade de identificar um subdomínio e associá-lo ao serviço de chamada VoIP.

Para realizar tal tarefa será necessário transformar o numero telefônico E.164 em um subdomínio da rede. A nível mundial, o domínio E.164.arpa está sendo preenchido para esta finalidade.

Nosso projeto propõe que a centralizadora *peering* mantenha um servidor DNS responsável por um domínio de rede nacional para ser populado pelas operadoras com os números eletrônicos E.164 de seus assinantes.

O ENUM é um protocolo que tem como objetivo implementar um endereço unificado, possibilitando a interconexão entre sistemas VoIP, celular, telefonia fixa e e-mail. O sistema contaria com um servidor DNS capaz de

resolver um determinado número de telefone em um endereço ENUM, que poderia ser vinculado a um endereço SIP, utilizado para comunicação VoIP, um endereço de e-mail ou um número de telefonia fixa ou celular.

O usuário de um dispositivo ENUM ou um PABX traduz a solicitação pelo número +34 98 765 4321, de acordo com o sistema E.164 para o domínio ENUM: 1.2.3.4.5.6.7.8.9.4.3.e164.arpa de acordo com a sequência a seguir:

- Uma solicitação é enviada para o servidor DNS, pedindo-lhe para procurar o domínio ENUM 1.2.3.4.5.6.7.8.9.4.3. e164.arpa;
- Uma resposta é enviada, baseando-se no protocolo NAPTR, responsável por encontrar registros no servidor DNS. Dessa forma, o servidor informa de que maneira o usuário pode ser contatado;
- Os usuários são conectados via internet, por uma das formas viabilizadas por seus números ENUM.

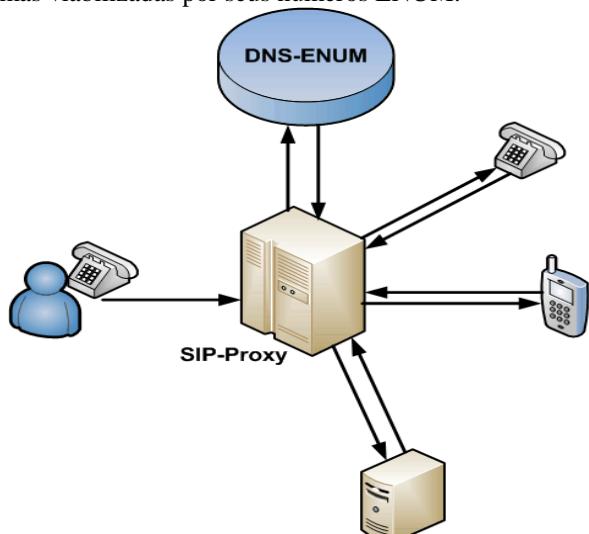


Fig. 3. Formas de conectar-se a outro usuário

A Figura 3 descreve que, por se tratar de um número de comunicação unificado, ao se deparar com um telefone fixo desconectado ou inoperante, um telefone celular desligado ou sem sinal, ainda se pode contatar o cliente via e-mail, ou pelo protocolo SIP.

Para identificar os serviços referentes a um determinado assinante é necessário fazer uma busca nos registros do servidor DNS, para tal usamos o protocolo de ponteiro para nome de autoridade (NAPTR).

Para implementar tal capacidade na rede, será utilizada uma distribuição de software livre chamada *Berkeley Internet Name Domain* (BIND), um servidor DNS desenvolvido pela *Internet Systems Consortium* que possui uma plataforma robusta e estável, além de ser o mais utilizado nos principais servidores do mundo no gênero e possuir suporte ao protocolo NAPTR.

O pacote de Software BIND possui três elementos principais: a biblioteca de resolução de nome de domínios, as ferramentas de teste de servidor e o mais importante, o servidor de nome de domínio.

A biblioteca de resolução de nome de domínios provê os padrões de conversão entre nomes e endereços IP.

As ferramentas de teste são aplicativos capazes de checar configuração, redundância, zonas e atividade do servidor BIND.

O servidor de nomes de domínio tem a responsabilidade de responder as requisições de buscas, chamadas DNS *lookups*, utilizando os dados armazenados em suas zonas. Entende-se por zona os arquivos de configurações ou banco de dados que contém informações sobre os domínios. As entradas contidas dentro de uma zona são chamadas de registros de recursos(*RR*) DNS.

Um arquivo de configuração de zona possui: estruturas de registros de Começo de Autoridade (SOA), responsáveis por delegar o papel do servidor DNS na rede; registros de espaços de nome (NS), responsáveis por listar os nomes de servidores da zona; e registros diversos, área destinada ao registro de dados referente aos *hosts* da zona.

Os registros de recursos diversos possuem informações de mapeamento entre nomes e endereços IP, denominados “A”; entre endereços IP e nomes, denominados “PTR”; e entre pseudônimos e nomes, denominados “CNAME”.

O padrão DNS especifica um algoritmo abstrato chamado Sistema de Descobrimento Dinâmico de Delegação (DDDS), responsável por fazer associações em tempo real de *strings* com sistemas delegados. A associação em tempo real permite carregar sistemas delegados que mudam constantemente ao longo do tempo como status de mensagens instantâneas, status de conta VoIP, entre outros. Este algoritmo será o elemento principal da centralizadora *peering*, permitindo que o servidor DNS seja capaz de resolver nomes de domínio a partir de *strings* passadas no momento do DNS *lookup*.

A associação do número E.164 será feita mapeando a *string* passada na busca com a contida no banco de dados interativamente através de uma aplicação, até que uma condição terminal seja alcançada.

Essa *string*, chamada String Única da Aplicação (AUS), é a entrada do algoritmo DDDS e sua estrutura léxica deve implicar em um resultado que alcançará um estado terminal dos registros de recursos. A AUS do padrão ENUM é o número de telefone E.164.

A aplicação é um conjunto de protocolos que define a forma como a AUS será lida e convertida. No caso da centralizadora *peering*, a aplicação a ser utilizada será o ENUM.

ENUM é uma aplicação DDDS capaz de mapear números E.164 em URI. A URI, por sua vez, poderá identificar um usuário de e-mail, um cliente de Mensagem Instantânea (IM), e principalmente uma conta SIP, caracterizando um usuário VoIP. Mapear números telefônicos em URI permitirá que o roteamento de chamadas VoIP seja feita absolutamente na rede IP, não sendo necessário passar pela PSTN como se faz hoje.

Para se mapear um numero E.164 em uma URI utiliza-se os algoritmos definidos pela aplicação ENUM do DDDS. A figura 4 mostra o processo de conversão:

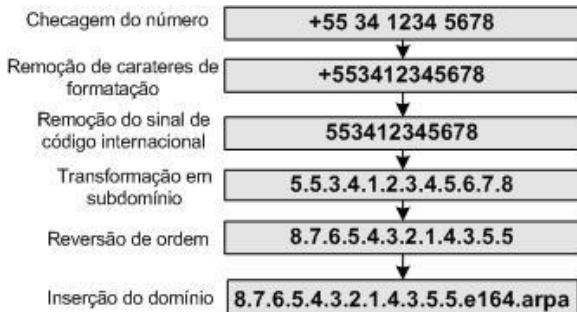


Fig 4. Conversão E.164 para URI

Após a conversão do número E.164 em um nome de domínio efetua-se uma requisição de busca nos registros de recurso do servidor DNS. O padrão ENUM grava as informações de URI referentes ao pseudônimo em um tipo especial de registro de recurso chamado NAPTR.

O registro NAPTR possui 6 campos principais de configuração:

1) *Ordem*: classifica qual a prioridade que um registro NAPTR referente a certo domínio tem em relação aos outros registros NAPTR do mesmo. Exemplo: caso o usuário possua uma conta SIP, um e-mail, um IM e uma conta H323, o campo classifica a ordem de prioridade com o qual o usuário será contatado quando for efetuada uma requisição de busca pelo pseudônimo referente ao seu número E.164.

2) *Preferência*: configura qual a conta de preferência ao qual o usuário será contatado. Essa propriedade permitirá configurar a ordem de prioridade de uma conta VoIP caso o usuário possua mais de uma. Exemplo: caso dois ou mais registros NAPTR do usuário possua mesma ordem, classifica qual registro será retornado quando uma requisição de busca for efetuada.

3) *Flags*: responsáveis por dizer como será a interpretação dos campos no registro, o padrão ENUM utiliza principalmente a flag "u" e indica que o registro é terminal, ou seja, indica que o mapeamento é feito diretamente entre um número E.164 e uma URI.

4) *Serviços*: indica qual o serviço está sendo disponibilizado ao registro NAPTR. Para o padrão ENUM, o serviço é "e2u" que significa "E.164 to URI". O nome completo do serviço é "e2u+PROTOCOLO" e inclui o protocolo usado pelo URI, sendo que este pode ser SIP, e-mail, IM ou outro. Um exemplo seria "e2u+sip".

5) *Expressão regular*: contém uma expressão regular responsável por modificar o AUS, descrito na etapa dois da conversão E.164 para pseudônimo.

6) *Substituição*: em um registro não terminal, indica o próximo nome de domínio a efetuar uma requisição de busca. Como o registro NAPTR permite apenas registros terminais, essa propriedade é preenchida com um ponto final ".", indicando que não há servidor de substituição.

O resultado é um registro de recurso parecido com o abaixo de acordo com os padrões definidos pela RFC 3403[7]:

- \$ORIGIN 8.7.6.5.4.3.2.1.4.3.5.5.e164. IN NAPTR10 1 "u" "sip+E2U" "!^.*\$!sip:voiptalkers@intervoip.br!"

A requisição de busca exemplificada na linha de código acima resultará na resposta "voiptalkers@intervoip.br".

B. Os Módulos de Software

Serão desenvolvidos módulos de software que complementarão as funcionalidades necessárias do sistema proposto, a saber:

1) Módulo de Inclusão Automática de Números: permitirá que o sistema seja informado automaticamente por uma operadora de rede VoIP da necessidade de inclusão de um novo número em sua base. Dessa forma, deverá haver um procedimento para que cada operadora participante possa repassar essas informações. Isto implica em criar uma *Virtual Private Network* (VPN) para que as informações fluam com segurança entre cada lado.

2) Módulo de Portal Básico de Operação: dará acesso manual aos operadores do sistema para manutenção dos dados presentes em sua base, além de fornecer opções diversas de consulta e relatórios. Esta interface terá vários níveis de operação, entre eles: administrador, supervisor, operacional e consulta.

3) Módulo de Interface com Portabilidade Numérica: interface com sistema genérico externo permitindo que o sistema resultante deste projeto seja atualizado de acordo com migrações de números entre operadoras no contexto da portabilidade numérica. Este módulo implica em conexão direta com as bases de dados da portabilidade numérica (BDO).

4) Módulo de Gestão Estatística: implementação de supervisão e contabilidade de solicitações efetuadas ao sistema para dar suporte ao modelo de negócios a ser implantado, permitindo o acompanhamento dos acessos feitos ao sistema pelas redes VoIP usuárias do mesmo.

A todos os módulos de software implementados serão aplicadas atividades de testes visando validar sua adequação aos requisitos definidos, e também serão executados testes de integração entre os módulos desenvolvidos e o servidor DNS escolhido. Testes de homologação envolvendo simulação de ambiente real serão executados à medida que os módulos forem sendo desenvolvidos, buscando a validação em ambiente próximo do real.

C. O Sip proxy

Session Initiation Protocol (SIP) é um protocolo de controle da camada de aplicação usado para criar, modificar e terminar sessões com um ou mais participantes. Essas sessões podem ser de chamadas de telefone via internet, distribuição e conferências multimídia.

Um SIP proxy ou Servidor Proxy SIP é um elemento da rede que roteia uma chamada SIP até o usuário de destino.

O servidor SIP proxy não fará parte da solução, mas será utilizado para a validação da arquitetura proposta. Este proxy SIP será utilizado para simular as solicitações feitas ao servidor DNS-ENUM, além de ser usado para testes de conexão de chamadas de fim a fim.

Atualmente (Maio de 2011), sabe-se que a aplicação ENUM do algoritmo DDDS é suportada pelos principais servidores de sip proxy, gateways SIP e SIP *softphones*. Entre eles as soluções que mais se destacam são: *SIP express router* (SER), Kamailio, *Open Sip Server*(OpenSIPS) como servidores proxy; Asterisk e Swyx como gateways e Ekiga como *softphone*.

A tabela 1 mostra um comparativo entre as principais soluções de servidores SIP encontradas no mercado.

TABELA 1
Comparação das funções dos elementos SIP

	Asterisk	Kamailio	OpenSips	Sip Express Router
Servidor de registro	Sim	Sim	Sim	Sim
Servidor de Localização	Sim	Sim	Sim	sim
Servidor Proxy	Não	Sim	Sim	Sim
Servidor de Redirecionamento	Sim	Sim	Sim	sim
PBX	Sim	sim	Não	Não
Superta ENUM	Sim	sim	Sim	Sim

O ASTERISK é um sistema completo de PBX. Ele pode controlar ou veicular uma chamada de um telefone SIP para outro. O ASTERISK fica no meio da chamada, mantém o estado e controla a transição de cada terminal remoto, diferentemente de um SIP Proxy que manipula mensagens SIP, redireciona para o destino requisitado, autentica e autoriza os utilizadores e provê políticas de gestão de chamadas. Por esta diferença de funcionalidade o ASTERISK não poderá trabalhar como um SIP Proxy, já que ele não consegue gerenciar por completo a chamada.

V. CONCLUSÃO

Um sistema que desempenhe as funções de gerenciamento e roteamento de chamadas VoIP com a intenção de manter o caminho IP entre operadoras VoIP parece ser uma expectativa da comunidade mundial. Este projeto tem a pretensão de atender a esta expectativa implementando uma aplicação de dadas condições para que as prestadoras de serviços reduzam seus custos por meio da solução InterVoIP e consequentemente para os usuários finais. A geração de um novo negócio se faz possível mobilizando empresas prestadoras do serviço VoIP, operadoras de telecomunicações e usuários a apostarem nesta modalidade que traz benefícios tanto para as empresas envolvidas quanto para a sociedade em geral.

AGRADECIMENTOS

Os méritos devem ser dados ao CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, sediado em Campinas que idealizou este projeto e à CTBC – Companhia de Telecomunicações do Brasil Central que apoia com recursos financeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Bradner, L. Conroy, K. Fujiwara, *The E.164 to Uniform Resource Identifiers (URI): Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Application (ENUM): RFC 6116*, 2011. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc6116.txt>.
- [2] P. Mockapetris, *Domain Names — Implementation and Specification: RFC 1035*, 1987. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1035.txt>.
- [3] P. Mockapetris, *Domain Names — Concepts and Facilities: RFC 1034*, 1987. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt>.
- [4] Internet System Consortium (2010), Inc. *BIND 9 Administrator Reference Manual*. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.bind9.net/Bv9.6ARM.pdf>.
- [5] M. Mealling, *Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) - Part One: The Comprehensive DDDS: RFC 3401*, 2002. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3401.txt>.
- [6] M. Mealling, *Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) - Part Two: The Algorithm: RFC 3402*, 2002. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3402.txt>.
- [7] M. Mealling, *Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) - Part Three: The Domain Name System (DNS) Database: RFC 3403*, 2002. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3403.txt>.
- [8] M. Mealling, *Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) - Part Four: The Uniform Resource Identifiers (URI) Resolution Application: RFC 3404*, 2002. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3404.txt>.
- [9] M. Mealling, *Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) - Part Five: URI.ARPA Assignment Procedures: RFC 3405*, 2002. Acedido em 20 de Maio de 2011, em: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3405.txt>.
- [10] Electronic Numbering (ENUM). Acedido em 12 de Maio de 2011, em <http://www.enum.org>.
- [11] Centro de Estudos e Pesquisas em Tecnologia de Redes e Operações (2011). *VoIPix - O sistema de VoIP Peering do NIC.br*. Acedido em 12 de Maio de 2011, em: http://www.ceptror.br/CEPTRO/MenuCEPTROSPVoIP_Peering.
- [12] L. Strand, W. Leiste, “*A Survey of SIP Peering*”, Norwegian Computing Center, P.O. Box 114 Blindern, NO-0314 Oslo, Norwa, 2010.
- [13] H. Lee, T. Kwon, D. H. Cho, “*An Enhanced Uplink Scheduling Algorithm Based on Voice Activity for VoIP Services in IEEE 802.16d/e System*”, IEEE Communications Letters, vol. 9, no. 8, August 2005.
- [14] S. Guha, N. Daswani, R. Jain, “*An Experimental Study of the Skype Peer-to-Peer VoIP System*”. In Proceedings of The 5th International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS), pp. 1—6, 2006.
- [15] Teleco Inteligência em comunicações (2011). *Seção VoIP*. Acedido em 22 de Maio de 2011, em: <http://www.teleco.com.br/opvoip.asp>.