

MS2VAN - Um Sistema para Gerência de Serviços em Redes Ativas Virtuais

Fábio Luciano Verdi, Edmundo R. M. Madeira

Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas

Caixa Postal 6176, 13083-970, Campinas - SP - Brasil

e-mail: {fabio.verdi, edmundo}@ic.unicamp.br

Resumo

Neste trabalho apresentamos um sistema para gerenciar serviços em Redes Ativas Virtuais. Estamos particularmente interessados em gerenciar ambientes de Telecomunicação baseados na tecnologia ativa. O sistema de gerência possui alguns componentes desenvolvidos usando a tecnologia de Agentes Móveis e considera a existência de serviços móveis que podem migrar na mesma Rede Ativa Virtual ou de uma Rede Ativa Virtual para outra. O modelo proposto inclui três áreas funcionais de gerenciamento: contabilidade, desempenho e configuração, e suporta também a criação de Redes Ativas Virtuais e a instalação de serviços. A gerência de um serviço de Telecomunicação (serviço de VPN - *Virtual Private Network*) foi implementada a fim de testar o sistema desenvolvido.

Abstract

In this paper we outline a system for service management in Virtual Active Networks (VANs). We are interested in the management of Telecom environments based on the Active Networking technology. Some management system components are developed using a mobile agent platform and the system considers the mobile service migration in the same VAN or from a VAN to another. We focus on three specific management functions: accounting, performance monitoring and configuration. The model also supports the VAN creation and the mobile service installation in Telecom environments. The system is tested in the management of an Internet-based telecom service (Virtual Private Network - VPN service) to validate the proposed model.

Palavras-chave: Redes Ativas Virtuais, Gerência de Serviços Móveis, Agentes Móveis, Gerenciamento baseado em Políticas, Telecom.

1 Introdução

A oferta e a demanda de serviços têm aumentado muito atualmente, exigindo uma infraestrutura de rede que permita um mecanismo rápido e eficiente para a disponibilização desses serviços na rede. As Redes Ativas (*Active Networks - ANs*) permitem que aplicações sejam transferidas para localizações estratégicas atendendo a uma certa demanda

do usuário. Esse tipo de rede também permite e facilita o desenvolvimento e a disponibilização de novos serviços na rede de forma que qualquer desenvolvedor possa colocar suas aplicações à disposição de clientes. No ambiente das ANs, os pacotes, tipicamente chamados de cápsulas, não transportam somente dados mas também código que poderá, ou não, ser executado em nós intermediários que possuem ambientes específicos para isso, ou instanciar programas representando serviços a serem oferecidos.

Nesse ambiente das ANs é muito comum a existência de clientes (usuários) que solicitam serviços a algum fornecedor para serem executados em seus domínios. Esses domínios podem ser amplamente caracterizados como sendo qualquer ambiente específico que será criado para atender a uma demanda ou necessidade específica. Isso introduz um conceito muito importante em redes ativas que são as Redes Ativas Virtuais (*Virtual Active Network - VANs*). Com as VANs, é possível abstrair dispositivos intermediários e criar um ambiente com nós específicos atendendo às necessidades de cada cliente ou grupo de clientes.

A tendência atual aponta para o uso das ANs em ambientes de Telecomunicação onde existe a necessidade de transferência de serviços de forma rápida, fácil e dinâmica para lugares específicos na rede [7]. Isso permite que as atualizações, remoções, substituições e outras tarefas relacionadas à vida útil de um serviço sejam feitas usando linguagens de programação de alto nível. Nesses ambientes de Telecom, é comum a presença de um Fornecedor de Serviços (*Service Provider - SP*) que centraliza os serviços disponíveis para os clientes. Esses clientes poderão definir uma VAN e solicitar ao SP o envio de alguns serviços para a sua rede. A VAN será a entidade pela qual os recursos físicos serão compartilhados pelos vários usuários separando um cliente do outro.

É com base nessas características e na forte tendência do uso das ANs em ambientes Telecom que esse trabalho propõe um modelo para gerenciar serviços em VANs onde os objetos que representam os serviços podem migrar dentro da própria VAN ou entre VANs. O modelo também propõe uma infra-estrutura para a criação de VANs e para o fornecimento e instalação de serviços.

Desenvolvemos um modelo de gerenciamento hierárquico para um domínio em quatro níveis: por serviço, por host, por VAN e no nível mais alto, em todo o conjunto de VANs (um domínio). O modelo aborda três das cinco áreas funcionais de gerenciamento: contabilidade, desempenho e configuração. Além disso, estamos considerando o uso de políticas e, portanto, a gerência de cada serviço deve considerar as políticas pré-definidas pelo desenvolvedor daquele serviço. Além do sistema de gerência propriamente dito, projetamos toda a infra-estrutura para que os clientes possam criar suas VANs com os serviços desejados e acrescentar novos serviços à sua rede virtual conforme a necessidade.

A maioria dos trabalhos que abordam a gerência de serviços em redes ativas usam a própria AN para gerenciar os serviços ativos e não consideram serviços móveis. Uma solução particularmente interessante para serviços estáticos define um *framework* a fim de que os serviços sejam instalados por um fornecedor mas a gerência seja feita pelo usuário ou pelo próprio fornecedor do serviço [5]. Modelos mais genéricos que consideram serviços móveis, e não somente serviços estáticos, usam agentes móveis para gerenciar tais serviços [6]. O uso da tecnologia de Agentes Móveis para a implementação das redes ativas é comentado em [7]. Na maioria desses modelos, um agente móvel é responsável pela gerência de um serviço, migrando na medida que o serviço migra. Entretanto, se

o número de serviços aumenta muito, tipicamente o que ocorre em ambientes Telecom, esta solução apresenta-se inviável devido ao grande número de agentes móveis que seria necessário para gerenciar todos os serviços.

O modelo proposto neste trabalho considera serviços móveis e o gerenciamento baseado em políticas. O modelo hierárquico definido minimiza o número de agentes de gerência apresentando-se viável para ambientes onde há um grande número de serviços. As políticas definidas exigiram o desenvolvimento de componentes para controlar as migrações e a aplicação destas políticas sobre o ambiente gerenciado.

O modelo é validado através da implementação de um protótipo dando origem ao Sistema de Gerência de Serviços Móveis para Redes Ativas Virtuais (*Mobile Service Management System for Virtual Active Networks - MS2VAN*). A infra-estrutura para as ANs foi desenvolvida usando o *toolkit ANTS (Active Node Transfer System)* [2].

Este artigo está organizado da seguinte maneira: a seguir apresentamos alguns conceitos básicos sobre a tecnologia das ANs. A Seção 3 apresenta o modelo proposto e os componentes da infra-estrutura. A Seção 4 destaca dois possíveis cenários de gerência utilizados neste trabalho. Alguns aspectos relacionados à implementação do modelo são abordados na Seção 5. Na Seção 6 apresentamos como o sistema desenvolvido gerencia um serviço de Telecomunicação. Por fim, a Seção 7 conclui o artigo e apresenta alguns trabalhos futuros.

2 Conceitos Básicos

2.1 Redes Ativas

As ANs [4, 9], diferentemente das redes tradicionais, permitem que códigos de programas sejam carregados pelos pacotes e instanciados em nós intermediários. Estas redes são ativas pois os nós podem realizar computações e modificar o conteúdo desses pacotes. O processamento pode ser realizado de forma personalizada por usuário ou por aplicação, ao contrário das redes tradicionais onde o processamento dos pacotes limita-se às operações realizadas nos cabeçalhos, principalmente com objetivo de roteamento sem modificar o dado do usuário, o qual é transferido de forma opaca pela rede.

A tecnologia das ANs permite que os usuários “injetem” programas na rede de forma a construir ou definir o processamento dos nós para que seja específico a uma determinada aplicação ou usuário. Assim, pode-se “moldar” o processamento em cada nó para atender certas necessidades específicas bastando para isso, instalar programas e definir o fluxo dos pacotes pelos nós programáveis.

2.2 Redes Ativas Virtuais

Uma Rede Ativa Virtual (*VAN*) pode ser descrita como um grafo de nós ativos virtuais conectados por links virtuais [5]. Os nós ativos virtuais são também chamados de Ambientes de Execução, seguindo a terminologia citada em [8]. Graficamente uma VAN pode ser visualizada conforme a Figura 1.

Um nó ativo virtual possui recursos para realizar processamento e armazenamento de informações sendo que um único nó ativo (físico) pode executar vários nós ativos virtuais

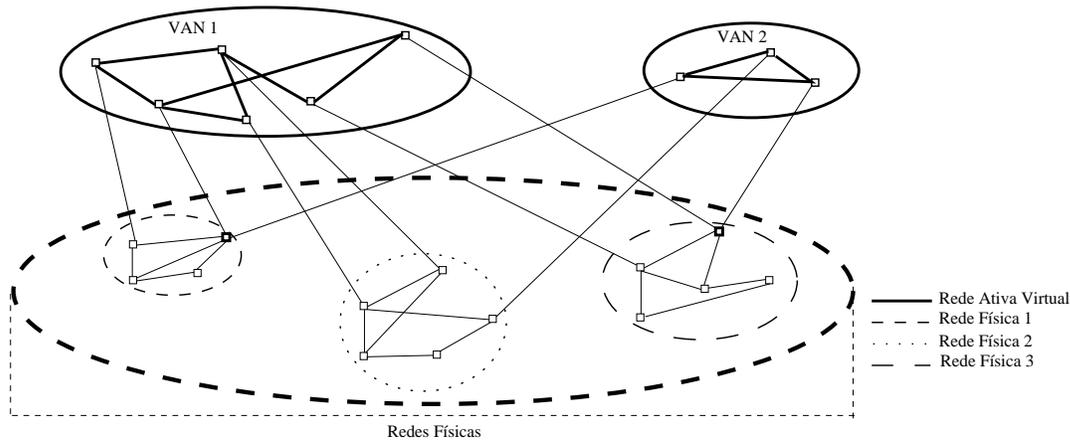


Figura 1: Uma Rede Ativa Virtual construída a partir de redes físicas.

pertencentes a diferentes VANs [5], ou seja, um nó ativo pode executar vários ambientes de execução, cada um representando uma rede ativa virtual específica. Note na Figura 1, que um nó da rede física 1 e um nó da rede física 3 são compartilhados pelas VANs 1 e 2, caracterizando a sobreposição de VANs.

Uma VAN captura a funcionalidade e os recursos que um fornecedor oferece para um cliente. Da mesma forma que uma rede ativa pode ser entendida como uma generalização de uma rede tradicional, uma VAN pode ser vista como uma generalização de uma VPN (*Virtual Private Network*) tradicional. Como em uma VPN, uma VAN pode ser usada por um cliente para executar serviços usando a estrutura física de um fornecedor. Ao contrário de uma VPN, uma VAN oferece ao cliente um grau muito maior de flexibilidade e controle, permitindo não somente que serviços sejam criados mas também que sejam gerenciados pelos próprios clientes.

3 O Modelo de Gerência

O modelo de gerência proposto possui componentes para a criação de VANs e a instalação e gerenciamento de serviços em ambientes de Telecomunicação baseados na tecnologia ativa. O modelo inclui as áreas de contabilidade, desempenho e configuração, onde queremos saber, por exemplo, qual o serviço mais requisitado em uma VAN, ou em um host (contabilidade); ou qual o host mais sobrecarregado em relação a média geral (desempenho) [3]. Com base nessas respostas, o sistema de gerência permite que o gerente (humano) avance no sentido de agir em relação a uma possível (re)configuração do ambiente gerenciado, por exemplo, migrando um serviço de um host para outro para balanceamento de carga.

Dados para a área funcional de contabilidade são basicamente relacionados ao número e tempo de resposta das invocações recebidas pelos serviços. Para a área de desempenho as métricas estão relacionadas ao uso de memória e CPU em cada host. Com os dados de contabilidade e desempenho coletados e tabulados, um conjunto de informações é fornecido para o gerente. A análise dessas informações permite a detecção de possíveis problemas no ambiente. Dessa forma, definimos três ações de configuração que poderão ser executadas pelo gerente a fim de evitar ou amenizar situações indesejadas. As três

ações de configuração são:

1. Mover um serviço de um host para outro dentro da mesma VAN com propósito de balanceamento de carga;
2. Criar uma nova instância de um serviço;
3. Excluir um serviço do ambiente.

A primeira ação de configuração pode ser usada quando o gerente detectar que um determinado host está muito sobrecarregado. Ele poderá então migrar algum dos serviços que estão localizados no host para outro local interno à VAN, de preferência para o host menos sobrecarregado. A segunda ação de configuração cria uma nova cópia do serviço enviando-a para algum host específico na rede. Por fim, a terceira ação de configuração assume que muitas cópias de um determinado serviço podem ser criadas devido a uma demanda crescente em um determinado período e, portanto, em algum momento no futuro elas deveriam ser eliminadas.

Neste trabalho, foram definidas cinco políticas representativas para o modelo, mas outras podem ser inseridas conforme a necessidade do domínio do cliente. Além de definirmos as políticas para os serviços, definimos também uma política para o ambiente gerenciado (política 4 abaixo). As políticas criadas são as seguintes:

1. Um serviço pode ser definido como interno ou externo à VAN;
2. Um serviço possui um limite máximo de migrações em um certo período de tempo;
3. Um serviço possui um número máximo de instâncias criadas na rede;
4. Existe um serviço menos recentemente usado na rede (*Least Recently Used Service - LRUS*);
5. O número mínimo de migrações de um serviço pode levá-lo a ser um candidato à remoção.

Essas políticas estão diretamente relacionadas com as ações de configuração. A primeira política refere-se a capacidade que um determinado serviço possui para migrar ou não para outras VANs. Serviços internos podem migrar somente dentro de sua VAN. Serviços externos podem migrar entre diferentes VANs. A segunda política evita que um determinado serviço migre excessivamente em um curto intervalo de tempo. A política 3 limita a quantidade de cópias de um determinado serviço na rede. A política 4 está relacionada ao momento em um cliente deseja instalar um novo serviço em sua VAN. Neste caso, o LRUS será o candidato para atender a solicitação, migrando para a VAN do cliente. A política 5 refere-se ao número de migrações de um serviço. Se ele estiver migrando pouco, conforme definido em sua política, este serviço pode tornar-se um candidato à remoção.

3.1 Os Componentes da Infra-Estrutura

Antes de explicarmos cada componente separadamente, mostramos através da Figura 2, a distribuição hierárquica desses componentes e seus relacionamentos. A figura também mostra duas redes ativas virtuais que compartilham um mesmo nó (nó X), caracterizando a sobreposição de VANs em diferentes hosts da rede.

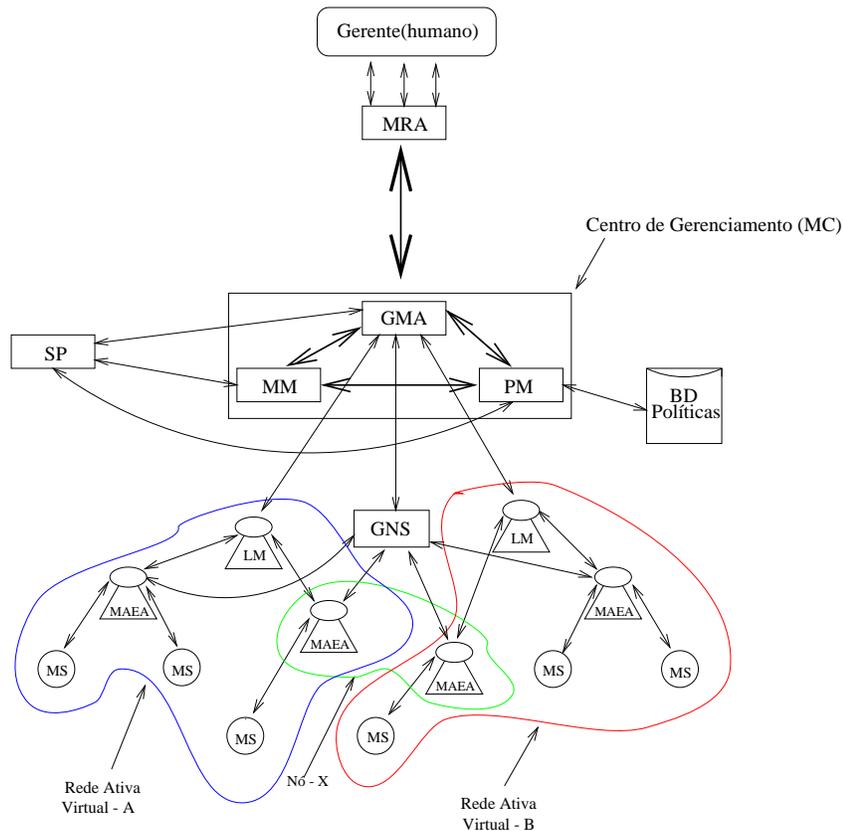


Figura 2: Os componentes da infra-estrutura e seus relacionamentos.

Na Figura 2 podemos ver os componentes desenvolvidos, faltando apenas o PMA (*Performance Manager Agent*), responsável pela coleta de dados de desempenho. O GMA (*Global Manager Agent - GMA*) é o gerente do domínio sendo responsável pela centralização e análise das informações de gerência. O LM (*Local Manager - LM*) é o gerente responsável pela VAN e, portanto, coleta e gerencia informações sobre sua rede ativa virtual. O MAEA (*Managed Active Element Agent - MAEA*) coleta informações do Serviço Gerenciado (*Managed Service - MS*). O MS representa um serviço a ser oferecido na rede para os usuários. Um cliente solicita serviços quando ele deseja instalar uma VAN, ou posteriormente quando ele necessita de novos serviços em sua rede ativa virtual. O serviço passa a se chamar Serviço Gerenciado pois ele possui uma interface e atributos específicos para a gerência. O PM (*Policy Manager - PM*) gerencia a inserção e remoção das políticas dos serviços e o MM (*Migration Manager - MM*) é responsável pela aplicação das políticas de migração no momento em que um determinado serviço deseja migrar. O SP oferece e instala serviços assim como cria e exclui VANs para os clientes, e o GNS (*Global Naming Service - GNS*) é o serviço de nomes do domínio. Logicamente definimos um Centro de Gerenciamento (*Management Center - MC*) formado pelo GMA, PM e MM. Abaixo explicamos de forma mais detalhada a função de cada componente.

- **Gerente Global - GMA (*Global Manager Agent*)**. É o gerente estático e centralizado do modelo possuindo uma visão geral do domínio. É no GMA que encontramos as informações sobre as redes ativas existentes e seus serviços. Através

dele podemos saber quais os hosts que formam uma rede virtual, quais os serviços que uma determinada VAN possui e quais os serviços localizados em um determinado host, entre outras informações. É responsável pela análise dos dados de contabilidade e desempenho.

- **Gerente da Rede Ativa Virtual - LM (*Local Manager*)**. Coleta e gerencia informações da rede virtual da qual ele é responsável. O LM pode aplicar filtros a fim de diminuir a quantidade de informações a ser enviada para o GMA. Nesse nível de gerência sempre haverá a necessidade de consultar o MAEA para coletar os dados nos serviços gerenciados (MSs).
- **Gerente do Elemento Ativo Gerenciado - MAEA (*Managed Active Element Agent*)**. Esse agente é responsável pela gerência de um ou mais serviços em um host pertencente a uma VAN. O MAEA acessa a interface de gerência do MS para coletar os dados sobre as métricas definidas e/ou ativar contadores de tempo. Nesse nível também são aplicados filtros sobre as informações a fim de enviar somente o que é solicitado pelo nível acima.
- **Gerente de Desempenho - PMA (*Performance Manager Agent*)**. Esse agente é responsável pela coleta de dados para a área funcional de desempenho. Será enviado um agente desse tipo para cada host onde deseja-se coletar dados, diferentemente dos modelos encontrados na literatura atual, onde um único agente coleta os dados “pulando” de host em host armazenando informações sobre cada nó. Este agente ficará coletando dados no host durante o intervalo de tempo especificado pelo gerente (humano). Após isso, o PMA retornará para o Centro de Gerenciamento (MC) onde irá entregar os dados coletados para o GMA.
- **Gerente de Migrações - MM (*Migration Manager*)**. O MM é responsável pelo envio de agentes de gerência da área de contabilidade e desempenho para os hosts especificados. O MM desempenha um papel muito importante no momento de disponibilização de uma VAN, enviando os agentes para a coleta de dados de contabilidade, ou seja, o MAEA e o LM, para os hosts que formarão a nova VAN. O MM é responsável pela aplicação das políticas de migração para os serviços, armazenando as informações de cada migração em uma tabela de migrações. Essa tabela possui informações de quantas vezes um determinado serviço já migrou, a hora da migração, host de origem e de destino e o número de invocações recebidas em cada host.
- **Gerente de Políticas - PM (*Policy Manager*)**. O PM é responsável pelo controle, inserção, atualização e remoção de políticas na base de dados de políticas. Uma política é inserida na base de dados quando um serviço é registrado no SP, e removida quando o serviço é desregistrado dele. O PM desempenha uma tarefa simples no sistema: armazenar e gerenciar as políticas dos serviços disponibilizando-as para os componentes que desejam obtê-las.
- **Fornecedor de Serviços - SP (*Service Provider*)**. O SP é o componente central para o fornecimento de serviços e disponibilização de VANs para os clientes. É através dele que o cliente poderá instalar uma VAN e seus serviços, assim como adicionar serviços isoladamente em sua VAN. Quando um determinado cliente deseja instalar uma VAN e seus respectivos serviços, ele deverá enviar uma cápsula para

o SP informando quais hosts formarão a VAN e quais serviços pertencerão a cada host. O SP, ao receber esta cápsula, disponibiliza uma VAN enviando os serviços solicitados para o cliente. O SP deverá informar o MM e o GMA sobre a criação de uma nova VAN.

- **Serviço de Nomes Global - GNS (*Global Naming Service*)**. O GNS é um serviço de nomes global e centralizado por meio do qual qualquer componente da infra-estrutura poderá obter uma referência para um serviço (objeto remoto). Esse componente recebe a localização do serviço e seu identificador, criando uma referência única que indica onde o serviço está localizado na rede. Os agentes de gerência consultam esse componente para obter as referências para os serviços.
- **Aplicação Remota de Gerenciamento - MRA (*Management Remote Application*)**. A MRA é a aplicação de gerência usada pelo gerente (humano). Ela disponibiliza uma interface visual com os métodos disponíveis para a realização das tarefas de gerenciamento, inserção de políticas e registro de serviços. Os resultados são apresentados de forma gráfica ou em forma de tabelas, conforme a operação sendo realizada. O gerente poderá gerenciar o ambiente de uma forma geral ou refinando os parâmetros a fim de definir um escopo mais específico para a coleta de dados.

A hierarquia de níveis modelada é unicamente usada para a coleta de dados de contabilidade já que para a coleta de dados de desempenho, os agentes de gerência serão enviados para os hosts específicos onde coletarão informações e retornarão com os dados coletados [3].

4 Cenários de Gerência

As possibilidades de uso de uma rede ativa foram desenvolvidas pensando nos possíveis cenários encontrados em ambientes Telecom. O cliente usa o ambiente ativo através de uma Aplicação Ativa (*Active Application - AA*). A seguir, apresentamos de forma detalhada o comportamento dos componentes nos dois principais cenários desenvolvidos. O primeiro cenário representa a solicitação de um cliente para instalar uma VAN e seus serviços em seu domínio. O segundo cenário representa a solicitação de um cliente para instalar um novo serviço em sua VAN. Além destes cenários, o cliente poderá remover serviços, migrar serviços internamente a sua VAN e extinguir uma VAN criada por ele.

1. Cliente solicita a instalação de uma VAN e seus serviços.

Essa funcionalidade permite que o cliente instale uma VAN e alguns serviços em seu domínio. Para isso, o cliente deverá informar os hosts que formarão a nova VAN, os serviços que pertencerão à VAN e o host destino para cada serviço. Após essas informações serem colocadas na cápsula, ela será enviada pela AA para o SP. Neste cenário, a seguinte seqüência de etapas é necessária, como mostra a Figura 3:

- (a) Cliente envia uma cápsula para o SP informando quais hosts formarão a VAN e quais serviços cada host terá;

- (b) O SP, ao receber a cápsula, analisa as informações contidas nela e então envia os serviços para os hosts especificados;
- (c) O SP notifica o MM enviando-lhe as informações sobre a nova VAN. O SP também notifica o GMA sobre a criação de mais uma rede ativa virtual;
- (d) O MM envia os agentes de gerência de contabilidade (MAEA e LM) para os hosts informados;
- (e) Cada serviço se registra no GNS.

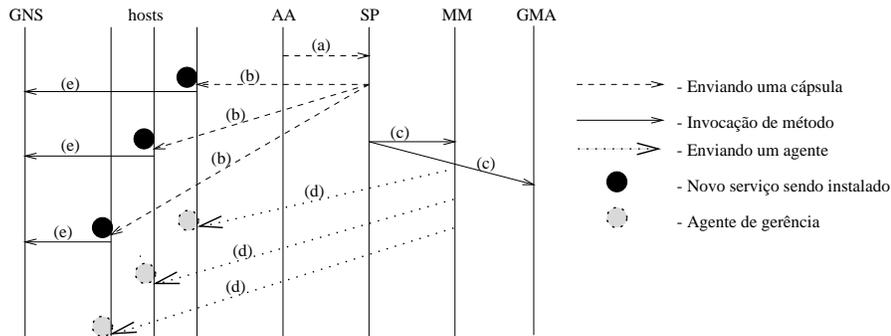


Figura 3: Cliente instalando uma VAN em seu domínio.

Considerando as políticas definidas, o PM não é notificado neste cenário. Isso ocorre porque nenhuma política é verificada quando o cliente deseja instalar uma VAN, ou seja, as políticas não serão aplicadas aos serviços solicitados juntamente com a instalação da VAN. As políticas são aplicadas somente aos serviços solicitados após a instalação de uma VAN. Isso garante que o cliente sempre poderá criar uma VAN, e os serviços solicitados por ele serão prontamente enviados para o seu domínio, a menos que o serviço não esteja registrado no SP. Contudo, o PM poderá ser notificado se houver outras políticas que necessitam ser verificadas quando o cliente está solicitando uma VAN.

2. Cliente adiciona novos serviços à VAN.

Esse cenário é considerado o mais importante já que envolve a interação entre quase todas as partes que pertencem ao ambiente gerenciado. Além disso, instalar novos serviços em uma VAN é um cenário bastante comum em ambientes Telecom.

A instalação de um novo serviço pode gerar a migração desse serviço de uma VAN para outra. Antes desta migração ocorrer, será necessário encontrar o serviço menos usado na rede (LRUS) e verificar as políticas do serviço a fim de permitir ou não tal migração. O caso mais simples de instalação de um serviço é quando não existe nenhuma cópia do serviço solicitado na rede e, portanto, o SP simplesmente envia uma cópia desse serviço para o cliente. Nesta seção, para a demonstração desse cenário, consideramos o caso típico e mais complexo, ou seja, a situação onde existem várias instâncias do mesmo serviço (classe) na rede. Além disso, consideramos que o cliente deseja instalar um serviço externo à sua VAN ocorrendo, portanto, uma migração entre VANs. A Figura 4 ilustra graficamente a interação entre as várias

partes do ambiente. Abaixo apresentamos a seqüência realizada para representar este cenário.

- (a) O cliente envia uma cápsula para o SP informando qual serviço está sendo solicitado e para qual host ele deverá ser enviado. A partir desse momento o cliente deverá aguardar até todas as etapas de instalação do novo serviço serem completadas. O cliente será informado do término da instalação através do recebimento da cápsula que instalou o serviço no host especificado.
- (b) O SP, ao receber a cápsula, procura em toda rede (domínio) pelo LRUS;
- (c) O SP interage com o MM para verificar se a migração do LRUS encontrado é possível;
- (d) O MM obtém as políticas do serviço a fim de aplicá-las sobre o mesmo;
- (e) O MM responde para o SP sobre a possibilidade ou não da migração;
- (f) Se a migração é possível, o SP envia uma cápsula para a AA da rede ativa virtual onde o LRUS está atualmente instalado. Essa cápsula será responsável pela remoção do serviço de uma VAN e a instalação do mesmo em outra. O envio da cápsula primeiramente para a AA, e não diretamente ao host onde o LRUS está localizado, deve-se a necessidade de avisar a AA para parar de usar o LRUS em sua VAN. Por outro lado, se a migração não é possível (aplicando a política 2 sobre quantidade máxima de migrações), e a política 3 é satisfeita (número máximo de cópias do serviço não foi alcançado), o SP envia uma cápsula para o host destino especificado pelo cliente. Essa cápsula criará uma nova instância do serviço naquele host (f'). As etapas l , m e n são as mesmas tanto para uma nova instância quanto para a migração do serviço. Se a política 3 não for satisfeita, ou seja, se o número máximo de cópias daquele serviço foi alcançado, o gerente (humano) deverá decidir sobre esta situação. O gerente poderá forçar a migração ou enviar uma nova instância do serviço para o host;
- (g) Se uma nova instância do serviço foi criada, o SP deverá notificar o GMA e o MM sobre o fato. Se a migração ocorreu, o SP notifica somente o GMA (g'). Note que no último caso, não é necessário avisar o MM sobre a migração do serviço. No passo (d), o MM realiza essa verificação e portanto ele já estará sabendo da possibilidade ou não da migração do serviço;
- (h) A cápsula que realizará a migração do serviço é então enviada para o host onde o serviço está atualmente localizado;
- (i) O serviço se desregistra do GNS e notifica o MAEA responsável pelo seu gerenciamento que ele (o serviço) está migrando;
- (j) A cápsula remove o serviço do nó ativo local e migra para o novo host onde o serviço será instalado;
- (k) O MAEA local (host de origem) avisa o MAEA do host destino que um novo serviço está chegando;
- (l) A cápsula chega ao nó ativo destino, instancia o serviço solicitado e registra-o no GNS;
- (m) O serviço notifica o MAEA local sobre sua chegada;
- (n) A cápsula é finalmente enviada para a AA do cliente que solicitou o serviço. Com isso, o cliente ficará sabendo que o novo serviço foi instalado e que poderá ser usado.

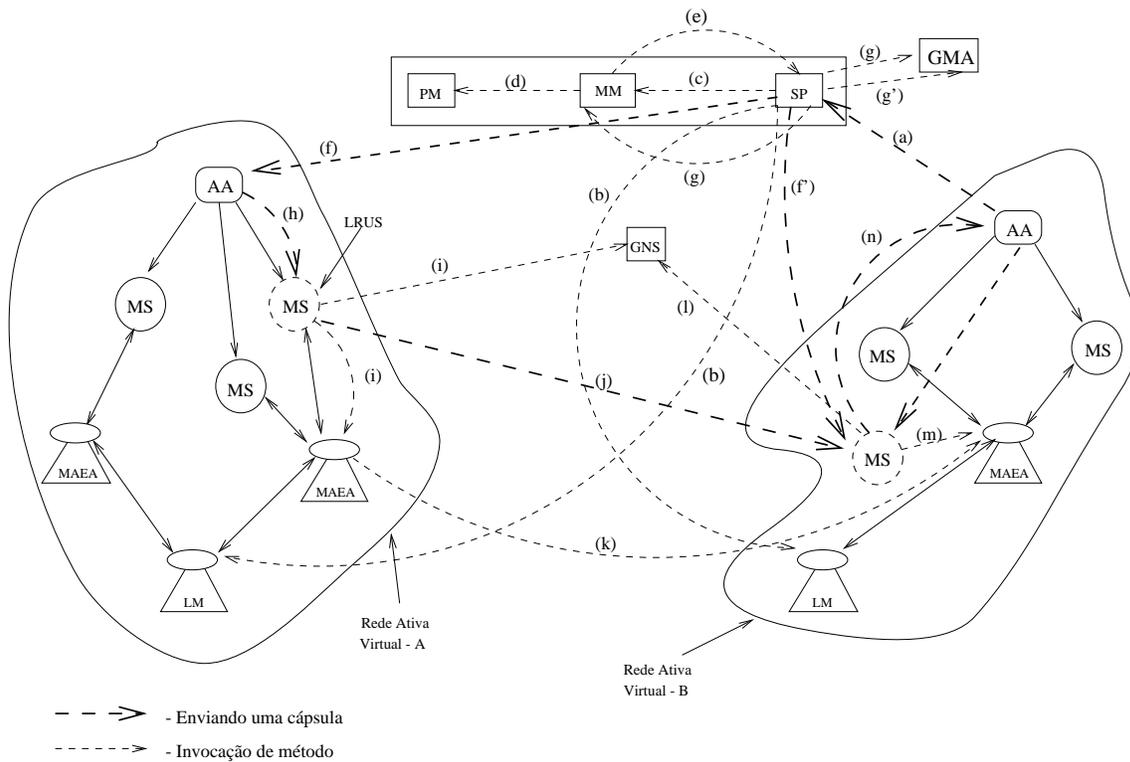


Figura 4: Cliente adicionando um serviço em sua VAN.

Cada LM é responsável por encontrar o LRUS em sua VAN. Note a comunicação entre MAEAs de redes virtuais diferentes ocorrendo unicamente devido à migração de um serviço. Se a migração ocorrer dentro da mesma VAN, os passos apresentados acima são os mesmos. A comunicação entre MAEAs pertencentes à mesma VAN ocorre da mesma forma que a comunicação entre MAEAs de VANs diferentes.

5 Implementação

A implementação tanto da infra-estrutura para a criação de redes ativas como do sistema de gerência foi feita usando a linguagem Java em ambiente Solaris. A plataforma de agentes móveis *Grasshopper 2.1* foi utilizada para suportar os agentes de gerência, suas migrações e instanciações. A infra-estrutura para suportar as redes ativas foi desenvolvida usando o *toolkit* ANTS. As principais classes usadas do ANTS foram:

- *DataCapsule*: estende a classe básica *Capsule*. Usada para a criação das cápsulas para a comunicação entre cliente e fornecedor, e para a instalação e remoção de serviços dos nós;
- *Protocol*: para a definição do protocolo para o ambiente. Um protocolo está associado com as cápsulas definidas para ele. Isto garante que somente estas cápsulas poderão ser enviadas e recebidas pelos nós que usam este protocolo;
- *Node*: representa uma instância de um nó ativo. É o ambiente onde as cápsulas são avaliadas e os serviços são instalados. Um único nó físico pode executar vários nós ativos de forma independente;

- *Application*: o cliente estende esta classe para enviar e receber cápsulas.

Para suportar a infra-estrutura das ANs no ambiente proposto, definimos algumas cápsulas que formam o protocolo usado neste trabalho. Dentre as principais podemos citar a cápsula para o cliente solicitar a instalação de uma VAN e seus serviços, a cápsula para instalar serviços em nós ativos e a cápsula para o cliente instalar um novo serviço em sua VAN.

A plataforma de agentes móveis Grasshopper foi utilizada simplesmente para enviar os agentes de gerenciamento para os hosts. A comunicação entre os agentes foi feita através de *sockets* usando invocações síncronas e assíncronas. As invocações assíncronas foram usadas pelo LM a fim de disparar a coleta de dados de contabilidade em cada MAEA de sua rede ativa.

O Serviço de Nomes Global (GNS) foi desenvolvido para facilitar a busca pelos serviços no ambiente distribuído, devido à falta de transparência de localização do RMI (*Remote Method Invocation*). Todos os serviços estão registrados no GNS e qualquer componente que desejar invocar um serviço deverá obter a referência para o mesmo usando o GNS. O GNS foi desenvolvido usando o pacote JNDI (*Java Naming and Directory Interface*) juntamente com o RMI. O nome de um serviço é o resultado da concatenação entre o nome da VAN em que o serviço está instalado, o nó ativo onde o serviço está localizado e o nome do serviço dado pelo fornecedor. Um exemplo é mostrado abaixo.

Nome da VAN: **VAN2**;

Nome do host: **1.1.1.5**;

Nome do serviço dado pelo fornecedor: **serviceA**;

O nome final do serviço será: **VAN21.1.1.5serviceA**.

Este nome será único em toda rede. A cada migração, o nome do serviço é atualizado para refletir a nova localização.

Para o gerente invocar operações de gerência assim como visualizar os resultados destas operações, desenvolvemos a Aplicação Remota de Gerenciamento (MRA). Esta aplicação comunica-se com o GMA através da invocação de métodos remotos (RMI) e usa o pacote *swing*, principalmente o componente *JTable*, para apresentação dos resultados. As operações da MRA estão divididas em operações de contabilidade, desempenho e configuração. Além disso há opções para registrar serviços no SP e inserir políticas no banco de dados de políticas. Há também operações para saber os hosts de cada VAN e os serviços de cada host. Por último podemos mostrar graficamente a composição das VANs dando ao gerente uma visão rápida de como uma VAN está formada.

A coleta de dados de contabilidade é dividida por host, por VAN e em todo o domínio. Ainda podemos saber as invocações recebidas em um determinado host ou em um serviço específico. A coleta de dados de desempenho envolve unicamente a coleta de dados sobre o uso de memória e CPU. Além disso, quando o gerente invoca a operação para a coleta destes dados, o sistema de gerência dispara automaticamente a coleta de dados de contabilidade. Assim, ao final do tempo determinado pelo gerente, é mostrado na tela um conjunto de informações tanto de desempenho como de contabilidade. Com estas informações, podemos gerar uma tabela de decisão de hosts com possíveis problemas. A Figura 5 mostra como fica a MRA após este tipo de operação de gerência. Podemos observar nesta figura que o host iguaçu está com o uso de memória e CPU acima da média,

e por isso necessita de uma gerência mais específica. O gerente poderia obter os serviços que estão instalados neste host e descobrir se algum deles está causando a sobrecarga. Uma possível solução neste caso seria realizar a migração de serviços para outros hosts a fim de distribuir a carga de processamento.

Host	CPU Use (%)	Mem. Use (%)	#Req. Rec.	Throughput
pinheiros.dcc...	32.0	91.0204081...	160	10.66666666...
xingu.dcc.uni...	12.0	83.3935018...	69	4.6
iguacu.dcc.u...	94.0	98.0246443...	128	8.53333333...

Host	Cpu Use(aver...	Mem. Use(aver...	Throughput(aver...	Take Action
pinheiros.dcc...	below	above	above	no
xingu.dcc.uni...	below	below	below	no
iguacu.dcc.u...	above	above	above	yes

Figura 5: MRA após a gerência de desempenho e contabilidade.

As operações para a área de configuração envolvem a remoção de serviços pouco usados conforme a política definida para eles, e a migração de um serviço de um host para outro dentro da mesma VAN. Dentre as operações restantes, implementamos uma operação que apresenta as migrações de um determinado serviço. Esta operação permite ao gerente saber quais os hosts em que um serviço passou, qual o tempo de residência e quantas requisições o serviço recebeu em cada host. A Figura 6 mostra a MRA após a invocação desta operação realizada para saber as migrações do serviço **VAN21.1.1.2c**

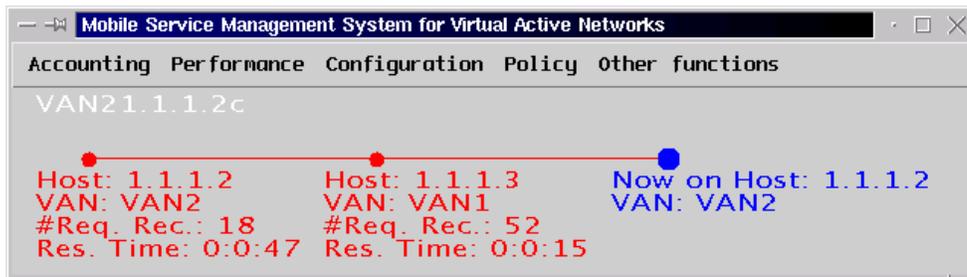


Figura 6: MRA depois de gerenciar a migração de um serviço.

Outra operação permite ao gerente visualizar uma VAN, onde os hosts são representados por pontos e uma aresta conectando dois pontos representa uma conexão lógica entre estes pontos em uma VAN específica (esta aresta pode corresponder a um ou mais enlaces físicos). Com isto, o gerente poderá saber quais são as VANs existentes em seu domínio, qual a composição de cada VAN e quais hosts pertencem a mais de uma VAN. A Figura 7 apresenta a MRA após o gerente invocar a operação para visualizar as VANs instaladas em seu domínio. Podemos observar que há duas VANs instaladas neste domínio, a VAN1 com dois hosts e a VAN2 com três hosts. Note que os hosts 1.1.1.2 e 1.1.1.3 pertencem às duas VANs.

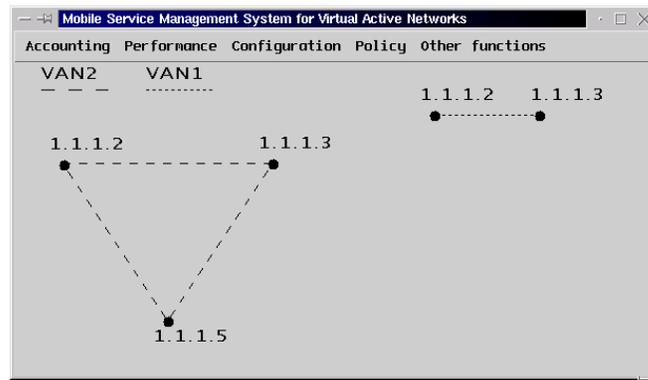


Figura 7: VANs instaladas em um domínio específico.

6 Aplicações

Nesta seção apresentamos como o nosso sistema gerencia um serviço típico de Telecomunicação. A possibilidade de criar Redes Privadas Virtuais (*Virtual Private Network - VPN*) [7] caracteriza o serviço gerenciado. O serviço de VPN permite que diferentes organizações ou companhias definam redes privadas entre elas usando os recursos de redes públicas. No nosso modelo, uma rede privada pode ser criada a partir de diferentes VANs de diferentes empresas formando uma Rede Ativa Privada Virtual (*Virtual Private Active Network - VPAN*). O objetivo deste serviço é mostrar como o modelo que propomos pode ser usado para gerenciar uma VAN que é formada por hosts de diferentes domínios. Até aqui nós gerenciamos VANs que pertencem ao mesmo domínio, e portanto um GMA é responsável por todas as VANs instaladas. Agora, com vários domínios a questão a ser respondida é: como um gerente de um domínio poderá coletar informações de hosts e serviços que pertencem a outros domínios? Para esse caso, foram acrescentadas algumas extensões unicamente no GMA para permitir a comunicação entre GMAs de diferentes domínios. Com isso, os GMAs podem interagir para instalar e gerenciar tanto as VPANs como seus serviços. O GMA de um domínio terá acesso somente às informações de gerência dos serviços que pertencem a sua VPAN. Um GMA de um determinado domínio não terá acesso às informações de gerência de serviços de outros domínios que não estejam incluídos na VPAN.

Qualquer gerente de qualquer domínio pertencente a uma VPAN poderá gerenciá-la após ela ter sido instalada. A Figura 8 ilustra as etapas desse tipo de gerência. Nesse exemplo, o gerente do domínio 2 deseja obter informações sobre a VPAN a qual ele faz parte.

A figura mostra uma VPAN criada usando hosts dos domínios 1, 2 e 3. A operação de gerência é disparada pelo gerente do domínio 2 (1). O GMA do domínio 2 interage com os GMAs dos domínios 1 e 3 (2). Após o GMA do domínio 2 obter as informações desejadas, elas são enviadas para a MRA do gerente local (3). Com esse mecanismo, qualquer informação para a área de contabilidade ou desempenho pode ser obtida. A Figura 9 mostra a MRA após o gerente do domínio 2 ter invocado uma operação para saber quantas VANs estão instaladas naquele domínio. Essa operação também mostra as VPANs em que o domínio 2 está inserido. Nesse caso, o domínio 2 possui duas VANs

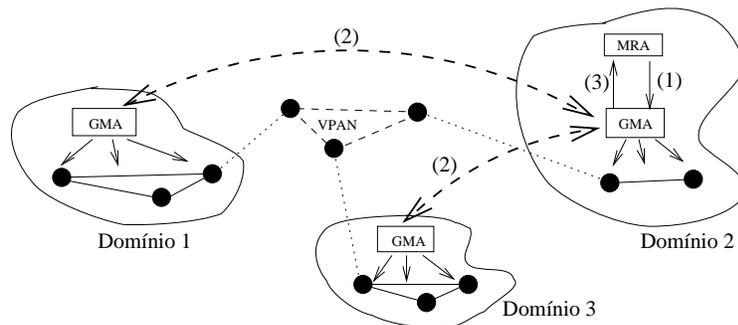


Figura 8: Etapas para gerenciar uma VPAN.

instaladas e o host 1.1.1.2 é parte da VPAN1 formada também pelos domínios 1 e 3.

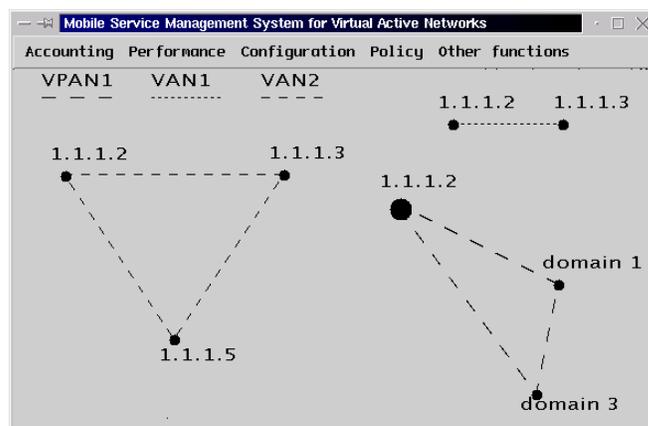


Figura 9: MRA mostrando as VANS e VPANs do domínio 2.

7 Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho apresentamos um sistema para gerenciar serviços móveis em ambientes de Telecomunicação baseados na tecnologia das redes ativas. O modelo propõe uma infraestrutura para a criação de VANS e a instalação de serviços, e considera a gerência de redes ativas virtuais (VANS) onde um serviço pode migrar de uma VAN para outra. O modelo inclui três das cinco áreas funcionais de gerenciamento: contabilidade, desempenho e configuração. Definimos algumas políticas para os serviços e uma política para o ambiente gerenciado (LRUS). Alguns dos componentes do sistema foram desenvolvidos usando a tecnologia de Agentes Móveis a fim de facilitar o envio e recebimento dos agentes de gerência. Por fim, apresentamos como o nosso sistema gerencia um serviço de Telecomunicação (VPN) considerando a gerência entre domínios.

O modelo hierárquico definido diminui o número necessário de agentes de gerência em ambientes com muitos serviços, o que tipicamente ocorre em ambientes de Telecomunicação. A aplicação de filtros em cada nível de gerência diminui a quantidade de dados que devem ser trocados pelos agentes. A implementação usando Agentes Móveis auxiliou

no envio e recebimento dos agentes de gerência para os locais a serem gerenciados. O ANTS, apesar de suportar somente serviços desenvolvidos na linguagem Java, é muito flexível e permite criar redes ativas de uma forma muito simples. Além disso, existe uma separação bem definida entre a infra-estrutura para fornecer e instalar VANs e serviços em redes ativas e os componentes responsáveis pela gerência deste ambiente. Com isso, incrementar o modelo e inserir novas funcionalidades tanto nos componentes de gerência como nos componentes para o fornecimento de serviços torna-se uma tarefa mais simples.

Vislumbramos os seguintes trabalhos futuros:

- Considerar não somente serviços implementados na linguagem Java mas também em outras linguagens. Uma solução para isso seria definir serviços CORBA e então utilizar a interface MASIF (*Mobile Agent System Interoperability Facility*) padronizada pelo OMG (*Object Management Group*) para gerenciar estes objetos;
- Acrescentar uma etapa de negociação entre cliente e fornecedor;
- Realizar uma gerência antes da instalação dos serviços. Este tópico é comentado em [1] e considera que os serviços possuem políticas e necessidades para a instalação;
- Considerar a existência de mais de um fornecedor oferecendo o mesmo serviço; e
- Permitir que os serviços mantenham seu estado após as migrações.

Agradecimentos: Este trabalho foi parcialmente financiado por CNPq, CAPES e PRO-NEX.

Referências

- [1] R. Haas, P. Droz e B. Stiller. Distributed Service Deployment over Programmable Networks. *IEEE 12th International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management - DSOM'01*, Nancy, França. pp. 113-127, Outubro de 2001.
- [2] D. J. Wetherall, J. V. Guttag, e D. L. Tennenhouse. ANTS: A Toolkit for Building and Dynamically Deploying Network Protocols. In *IEEE OPENARCH'98*, San Francisco, CA, Abril de 1998.
- [3] F. L. Verdi e E. R. M. Madeira. A Mobile Agent-based Model for Service Management in Virtual Active Networks. *IEEE 12th International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management - DSOM'01*, Nancy, França. pp. 101-112, Outubro de 2001.
- [4] D. L. Tennenhouse, M. Smith, W. D. Sincoskie, D. J. Wetherall e G. J. Minden. A Survey of Active Network Research. *IEEE Communications Magazine*, pp. 80-86, Janeiro de 1997.
- [5] M. Brunner, B. Plattner e R. Stadler. Service Creation and Management in Active Telecom Networks. *Communications of the ACM*, pp. 55-61, Março de 2001.
- [6] M. Breugst e S. Choy. Management of Mobile Agent Based Services. *Intelligence in Services and Networks (IS&N'99)*, Barcelona, Spain, Springer, pp. 143-154, Abril de 1999.
- [7] M. Breugst e T. Magedanz. Mobile Agents - Enabling Technology for Active Intelligent Network Implementation. *IEEE Network*, pp. 53-60, Maio/Junho de 1998.
- [8] AN Architecture Working Group. Architectural framework for active networks. *Calvert, K. (editor)*, Julho de 1999.
- [9] K. Psounis. Active Networks: Applications, Security, Safety, and Architectures. *IEEE Communications Surveys*, pp. 2-16, janeiro-março de 1999.