

PROPOSTA DE MODELO PARA SISTEMA DE GESTÃO DE REDES DE COMUNICAÇÕES AVANÇADAS*

Francisco Fontes^{1,2}, Tomás de Miguel² e Arturo Azcorra²

¹ Portugal Telecom
Direcção de Investigação e Desenvolvimento – Centro de Estudos de Telecomunicações
Rua Eng. José Ferreira Pinto Basto
3810 Aveiro - PORTUGAL
Tel.: +351-34-89 13 247, Fax: +351-34-20 722,
E-mail: fontes@cet.pt

² Universidad Politecnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
Dep. Ing. y Sistemas Telemáticos
Ciudad Universitaria s/n,
28040 Madrid - ESPANHA
Tel.: +34-91-336 73 66, Fax: +34-91-336 7333,
E-mail: {fontes, tmiguel, azcorra}@dit.upm.es

Sumário

Proposta de arquitectura para um sistema de gestão de redes de comunicações integrando soluções Web e Java [1], satisfazendo requisitos de real distribuição de tarefas de gestão, grande escalabilidade, flexibilidade e rapidez na resposta aos utilizadores e acontecimentos originados na rede. Utilização de conceitos próximos da Gestão por Delegação (RdM [2][11]) e Redes Activas [3], proporcionando uma nova aproximação à gestão de redes adoptando uma postura pró-activa contrariamente à tradicional postura reactiva. Possibilidade de integração de mecanismos de gestão suportados por agentes de gestão móveis [4].

1. INTRODUÇÃO

Possuir um sistema de gestão de redes de comunicações eficiente e de fácil manejo é de extrema importância para o operador de telecomunicações que pretende assumir a liderança dentro do seu mercado face aos seus competidores. Assitindo-se actualmente à crescente e inevitável fusão de redes de comunicações outrora apresentando diferentes tecnologias para diferentes fins, para o qual o RDIS e mais recentemente o ATM não são estranhos, novas aproximações são possíveis e desejadas. A rápida proliferação da Internet, com o surgimento do World Wide Web, e a evolução dos protocolos de comunicação e de gestão tornam possível a proposta de novas abordagens à temática da gestão de redes. Propostas como as efectuadas pelo JMAPI [5], WBEM[6] e DMTF [7], são algumas das tendências que surgem num horizonte próximo. Serviços como o WWW, protocolos multicast, portabilidade de código a várias plataformas (Java) e transferência dinâmica de código através da rede de comunicações são algumas das soluções a integrar.

A realização de uma proposta para uma nova arquitectura aplicada a sistemas de gestão de redes de comunicações surgiu como resultado da identificação de um conjunto de requisitos para os quais as actuais ferramentas e soluções propostas pelos standards e produtos comerciais existentes no mercado não satisfazem. Com o modelo proposto, para além da satisfação desses requisitos, pretende-se fazer o aproveitamento de um conjunto de novos mecanismos e protocolos de comunicação que, embora ainda não sendo vulgarmente aplicados à área da gestão de redes, poderão trazer proveitos quando aplicados à mesma.

2. REQUISITOS

Entre outros, os principais requisitos impostos ao modelo do novo sistema de gestão são os que seguidamente se enumeram:

i) **Baixa latência para o utilizador e para as entidades geridas:** os sistemas comuns de gestão baseados em dois níveis, *single-tier* ou agente-gestor, e em três níveis, *three-tier* ou agente-servidor-gestor, têm de assumir compromissos de forma a garantir um equilíbrio entre rapidez de respostas aos eventos gerados pelas entidades geridas e rapidez na execução dos estímulos dos utilizadores. O sistema proposto pretende garantir os elementos necessários para que com o mínimo de elementos na rede a resposta do sistema seja o mais rápida possível.

ii) **Separação entre processamento e interface gráfico:** pretende-se que o sistema de gestão proposto não necessite da existência de uma consola ou outro interface gráfico de controlo para que possa realizar as suas tarefas. Caso assim não seja, para além da falha de segurança que representa a necessidade de manter em funcionamento um interface gráfico, suportado por algum terminal apropriado, mesmo que protegido por palavras chave, implica a instalação de software dedicado a essa operação nos pontos de acesso ao sistema de gestão, o que limitará sem dúvida o número total desses pontos. Adoptando uma solução em que todos os elementos estão integrados, além de elevar os requisitos impostos aos sistemas de suporte terminais, também o desempenho associado poderá vir afectado com a essa integração já que uma anomalia num dos componentes afectará o outro.

iii) **Proporcionar independência temporal e espacial:** este requisito e o anterior estão muito próximos e são os dois que maior importância e relevo têm na solução final proposta. Com independência temporal pretende-se que o utilizador do sistema não necessite estar presente junto ao sistema de gestão no instante em que uma operação de gestão necessite ser executada, assim como não necessite estar presente quando os resultados de determinado operação de gestão sejam disponibilizados pelo sistema. Com independência espacial pretende-se que o utilizador não necessite estar junto da entidade executante da operação de gestão ou das entidades geridas sobre as quais essas operações irão incidir, quer no momento de definição dessas operações, durante a sua execução ou para recepção dos resultados das mesmas operações de gestão.

iv) **Portabilidade a distintas plataformas:** as entidades constituintes do sistema de gestão não deverão limitar a sua utilização a um tipo de plataforma ou sistema operativo. O

* Trabalho desenvolvido no âmbito da tese de doutoramento do Eng. Francisco Fontes, a decorrer na Universidade Politécnica de Madrid e orientada pelos Prof. Tomás de Miguel e Arturo Azcorra

código desenvolvido deverá ser portátil de forma a reduzir o número necessário de versões a desenvolver.

v) **Real distribuição de tarefas de gestão e controlo da rede:** muitas das soluções propostas hoje em dia baseiam-se na adopção do CORBA para afirmarem proporcionar uma plataforma distribuída de gestão. Na realidade o que se adopta são mecanismos que ocultam a real localização dos elementos de suporte às operações realizadas utilizando mecanismos complexos, e de eficiência reduzida, que dão ao utilizador a impressão de estar a executar remotamente e sem o estabelecimento de ligações permanentes as suas tarefas. Com o presente trabalho propõe-se um conjunto de soluções com as quais existe uma real distribuição na realização das tarefas de gestão, sendo estas definidas e postas em funcionamento por distintas entidades na rede, sendo a selecção dessas entidades efectuada com base em diversos factores como localização geográfica, domínio de propriedade, ou outros igualmente válidos. Para tal um modelo de informação e de definição de operações de gestão e controlo é proposto.

vi) **Fácil adaptabilidade a ambientes de dimensões variadas:** o sistema proposto pretende-se que tenha capacidade para ser utilizado em sistemas de pequena dimensão, como seja o caso de uma rede local, e grande dimensão, sendo possível a sua utilização em redes de dimensão nacional ou internacional.

vii) **Fácil crescimento:** adicionalmente à necessidade de um sistema de gestão que, constituído pelas mesmas entidades e com as mesmas características, tenha a capacidade de gerir sistemas de pequena e de grande dimensão, ele deve ter a capacidade de acompanhar alterações na dimensão desses sistemas sem interrupções no serviço proporcionado. Uma rede em evolução muda de dimensão, de complexidade, de tipo de serviços disponibilizados aos seus clientes, de entidades constituintes e de topologia. A plataforma de gestão terá de adaptar-se a cada uma dessas situações.

viii) **Segurança:** o sistema deve ser seguro de forma a evitar a sua utilização para outros fins que não o de garantir o bom funcionamento das entidades geridas. Deve possibilitar a definição de perfis de utilizadores, com distintas capacidades de gestão.

ix) **Fácil utilização e acessibilidade:** as entidades clientes do sistema de gestão, humanos ou processos de computador, não deverão ter a necessidade de possuir conhecimentos em qualquer linguagem de programação, ou outros conhecimentos mais avançados, para fazerem utilização do sistema de gestão. A sua utilização deve ser intuitiva e tão simples quanto possível. A forma de representar internamente as operações a realizar deve ser a apropriada para efectuar uma representação gráfica a um utilizador e para ser gerada por um processo de computador. Também deverá ser fácil ter acesso desde qualquer local às entidades de gestão do sistema. Tecnologias Web deverão ser consideradas.

x) **Eficiência na utilização dos recursos utilizados:** a solução a propôr terá de ser eficiente na utilização dos recursos de processamento e de comunicação necessários. Isso permitirá reutilizar elementos da rede para albergar entidades do sistema e suportar um maior número de entidades geridas para a mesma dimensão do sistema gestor. Modelos existem que ao proporem um único servidor concentram num único elemento todo o processamento e concentram perto de si grandes quantidade de tráfego na rede destinada às tarefas de gestão da mesma (SNMP).

xi) **Robustez, consistência, simplicidade, desempenho:** estes factores não são de menor importância relativamente aos anteriormente referidos mas devido ao seu carácter óbvio não são aqui desenvolvidos. Apenas será de referir a permanente preocupação em propôr e desenvolver um sistema simples já

que essa é a base para um sistema fiável, consistente e com um elevado desempenho. Mecanismos complexos e de desempenho limitado (e.g. CORBA) são evitados.

3. MODELO ARQUITECTURAL

Dois dos requisitos anteriormente mencionados têm uma importância preponderante no modelo da arquitectura proposto para o sistema: a necessidade de uma baixa latência para o utilizador e para as entidades geridas (i) e o da separação entre o interface gráfico e processos de execução da gestão (ii). De forma a satisfazer directamente esses requisitos duas outras entidades são definidas, para além dos utilizadores, executando operações de gestão, e dos recursos geridos, sobre as quais essas operações de gestão irão actuar: um que se ocupará das actividades relacionadas com o suporte aos utilizadores do sistema de gestão (Gestores) e outro que se ocupará das operação relacionadas com o interface às entidades geridas (Servidores de Gestão). Ambas essas entidades estarão distribuídas na rede, em número conveniente para as funcionalidades apresentadas por cada uma e para a forma de utilização do sistema de gestão. Enquanto modelos mais antigos (e.g. SNMP) apresentam apenas dois níveis (*two-tier*, consola de gestão e elementos geridos) e os mais recentes fazem a adição de um nível médio (*three-tier*, consola de gestão, servidor e elementos geridos), o modelo aqui proposto acrescenta mais um nível ao anterior dividindo o servidor referido em dois níveis, podendo-se considerar um "*four-tier*".

Podendo ser coexistentes num mesmo equipamento de suporte, os Gestores deverão estar mais próximo dos utilizadores e os Servidores de Gestão mais próximo das entidades geridas de modo a responder rapidamente a cada um. A comunicação entre ambos far-se-á pela invocação remota de métodos (RMI Java, *Remote Method Invocation*) dos objectos constituintes do sistema ficando limitada a qualidade dessa comunicação à qualidade de serviço disponibilizado pelos meios de comunicação utilizados.

Com a arquitectura proposta e os elementos constituintes propostos garante-se uma rápida resposta às solicitações de

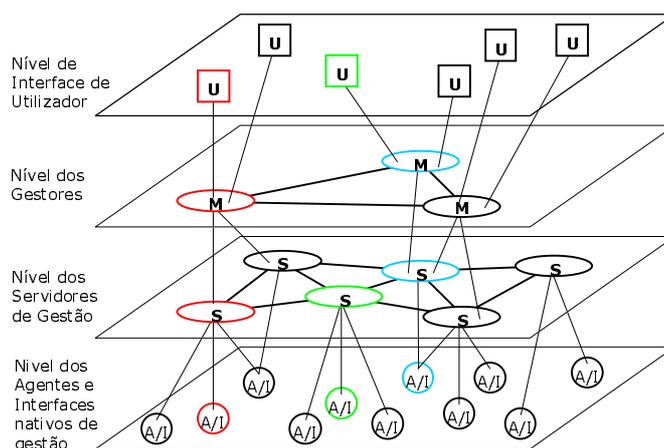


Figura 1 – Arquitectura e entidades existentes no modelo de gestão proposto

ambos os extremos, providencia-se uma correcta distribuição de pontos de acesso ao sistema de gestão e efectua-se uma real distribuição das tarefas de gestão colocando em execução as acções de gestão nos Servidores responsáveis pela gestão dos recurso alvo dessas acções. Seguidamente procede-se à descrição das funcionalidades dos elementos existentes em cada um dos níveis propostos.

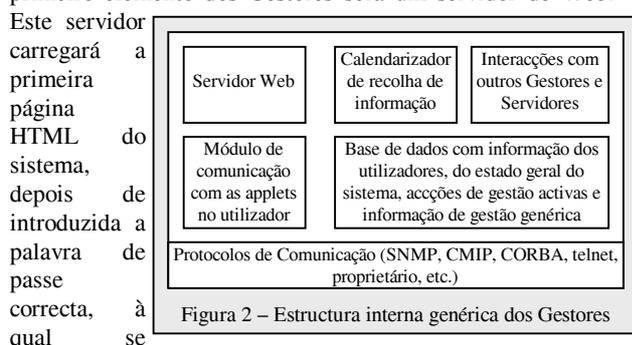
3.1. Browser de Web - U

Como interface gráfico a utilizar pelos utilizadores do sistema de gestão é proposto utilizarem-se *browsers* de Web

comuns, capazes de suportar *applets* Java, permitindo ao utilizador ter acesso ao sistema de gestão da rede utilizada por si desde qualquer computador actual. Os serviços providenciados pelo sistema deverão permitir que o referido *browser* e computador de suporte apenas sejam utilizados para construir o interface gráfico e proporcionar os protocolos de comunicação necessários por essas ferramentas (protocolos Internet). Desta forma o sistema terá de identificar o utilizador e guardar as suas características como por exemplo acções de gestão definidas, resultados esperados e visão pretendida da rede gerida. As *applet* no *browser* do utilizador poderão complementar essas operações efectuando últimas alterações na forma de representar a informação pretendida.

3.2. Gestores - M

Os Gestores são as entidades responsáveis por fazerem o interface aos utilizadores do sistema. Utilizando estes preferencialmente *browsers* de Web e *applets* Java, um primeiro elemento dos Gestores será um servidor de Web.



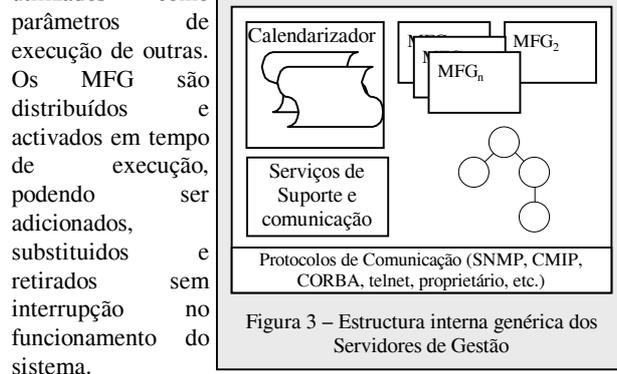
Este servidor carregará a primeira página HTML do sistema, depois de introduzida a palavra de passe correcta, à qual sucederão outras com *applets* adequadas a cada operação a realizar pelos utilizadores. Toda a comunicação subsequente desenrolar-se-á sem a intervenção do servidor de Web. O conjunto dos Gestores deverá manter uma base de dados distribuída com informação respeitante aos utilizadores do sistema (quem são e que acções de gestão têm definidas), do próprio sistema (que entidades existem, com que potencialidades, com que localização) e das entidades geridas (quem são, que entidades do sistema as gerem). A comunicação entre Gestores far-se-á pela utilização de RMI ou CORBA.

Se bem que se pretenda que o sistema seja distribuído, sendo as funcionalidades disponibilizadas iguais em qualquer ponto, alguns serviços de suporte terão de estar centralizados, não apenas para facilitar a sua implementação mas também por questões de segurança e robustez. Entre outros, a criação de utilizadores com a respectiva descrição é um deles.

3.3. Servidores de gestão - S

Os Servidores de Gestão são as peças mais importantes do sistema sendo os elementos que mais perto estão das entidades geridas e que asseguram o diálogo directo com essas entidades. Grande parte da flexibilidade de todo o sistema é responsabilidade destes elementos e da forma como são constituídos. Estes são compostos por três peças principais: modelo adequado das entidades geridas, Módulos Funcionais de Gestão (MFG) e um conjunto de regras e operações de gestão controladas por um calendarizador. Os MFG são os módulos que definem as funções possíveis de realizar-se nos elementos geridos. São distribuídos pelos Servidores de acordo com as necessidades de gestão existentes em cada Servidor. Desenvolvidos por quem conheça em detalhe o interface e as capacidades de gestão das entidades geridas, disponibilizam ao utilizador as funções possíveis de realizar-se nos elementos geridos e que

se podem introduzir na definição das acções de gestão sendo relacionadas por operadores aritméticos, lógicos ou estatísticos. Para a realização de tarefas mais avançadas essas funções têm a possibilidade de serem colocadas em cascata de forma a que os resultados de umas sejam utilizados como



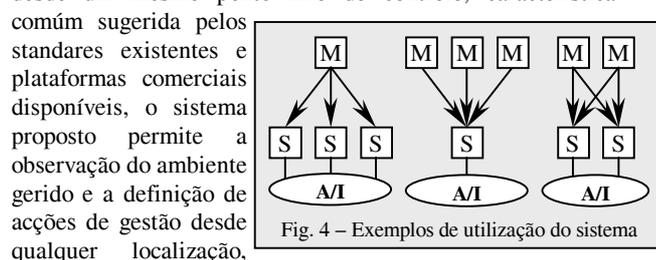
Por cada acção de gestão recebida dos utilizadores do sistema e para a qual seja chegado o instante da sua (re-)execução, é-lhe atribuído uma *thread* de execução até que esta esteja completa. O resultado será processado de acordo com as instruções dadas ao sistema.

3.4. Agentes e Interfaces nativos de gestão– A/I

Os agentes e interfaces de gestão nativos são os elementos fornecidos com os equipamentos e outras entidades a gerir destinadas a essa função. Seguido algum standard existente ou adoptando soluções proprietárias, a linguagem e mecanismos de comunicação usados por eles terão de ser reconhecidos pelo sistema de gestão proposto. Sendo o interface a estas entidades efectuado pelos Servidores de Gestão, mais uma vez é a flexibilidade apresentada por estes elementos, através dos Módulos Funcionais de Gestão e da definição de regras de gestão apropriadas a colocar nos Servidores mais próximos desses elementos, que capacitará o sistema para gerir os actuais e futuros elementos e serviços que requeiram os serviços de gestão apropriados.

4. CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO

O modelo proposto apresenta grandes vantagens para o utilizador. Além de lhe permitir uma grande facilidade de acesso às operações de gestão através de um *browser* comum de Web, são vários os possíveis cenários de utilização. Contrariamente à necessidade de executar as operações desde um mesmo ponto fixo de controlo, característica comum sugerida pelos



standares existentes e plataformas comerciais disponíveis, o sistema proposto permite a observação do ambiente gerido e a definição de acções de gestão desde qualquer localização, desde que exista um *browser* de Web e conectividade com o Gestor mais próximo. Adicionalmente, essas acções apenas serão executadas de acordo com os dados cronológicos associados e as condições das entidades geridas no instante da execução, podendo os resultados ser obtidos de localizações diversas daquelas de onde se definiram as acções que lhes deram origem. O número de Gestores e de Servidores a colocar na rede também se adaptam às necessidades de cada aplicação. Na figura anterior é mostrada uma primeira situação na qual os utilizadores estarão concentrados num único ponto, servidos por um único Gestor, mas acedendo a uma rede de grandes dimensões.

Uma segunda situação mostra uma situação inversa na qual um potencial elevado número de utilizadores distribuídos por diversas localizações procederão à gestão de um número reduzido de entidades concentradas num único ponto e servidas por um único Servidor de Gestão. A terceira situação será a mais genérica em que o número de Gestores e de Servidores será o adequado ao número e distribuição dos utilizadores do sistema e das entidades geridas.

5. ESCALABILIDADE: ÁRVORES DE GESTÃO

No contexto do sistema de gestão proposto, além da organização das entidades constituintes do sistema por níveis, em que cada nível alberga um tipo de entidade diferente, propõe-se uma organização horizontal dessas entidades de forma a suportar uma correcta escalabilidade do sistema. Essa organização é reflectida nos Servidores de Gestão já que, sendo essas as entidades do sistema que mais perto estão dos elementos geridos, são as que melhor reflectem as dimensões e complexidade do conjunto de entidades geridas. De uma forma simples poder-se-á dizer que para mais elementos geridos existentes numa rede, mais Servidores terão de existir, sendo cada um responsável por um sub-conjunto desses elementos.

Com o propósito mencionado, os Servidores de Gestão são organizados numa árvore horizontal e fixa, a Árvore de Gestão, com a qual cada novo Servidor posto em funcionamento na rede estabelece um e apenas um canal lógico privilegiado de comunicação com outro qualquer Servidor já existente nessa Árvore. Executando a mesma operação para cada novo Servidor obtém-se uma árvore na qual todos os Servidores estão ligados formando os seus nós. A Árvore assim formada permite a execução de algumas tarefas de gestão e manutenção de baixo nível do sistema que, de outra forma, implicariam a utilização de mecanismos complexos e sujeitos a erros. Estes são alguns exemplos de aplicação: i) distribuir os MFG a todos os Servidores; ii) distribuir tarefas de gestão que se aplicam a um grande número de destinos; iii) ajudar em tarefas de inventariação de entidades geridas; iv) ajudar na pesquisa de entidades geridas para as quais não se sabe qual é a entidade gestora.

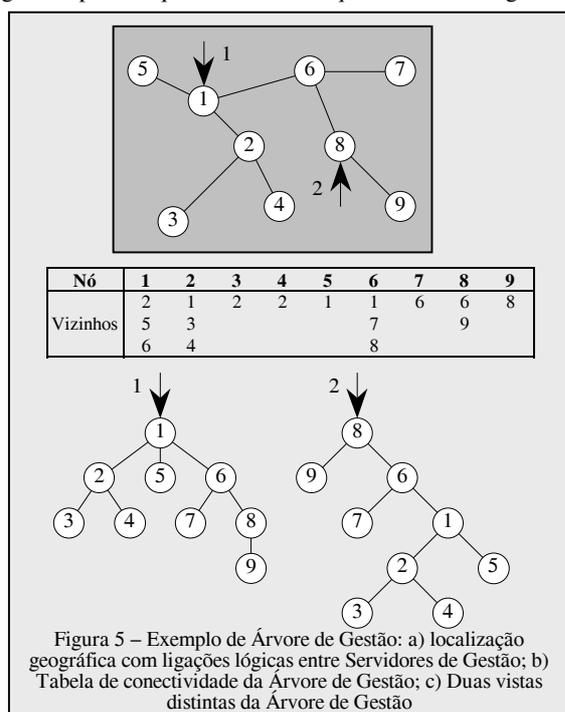


Figura 5 – Exemplo de Árvore de Gestão: a) localização geográfica com ligações lógicas entre Servidores de Gestão; b) Tabela de conectividade da Árvore de Gestão; c) Duas vistas distintas da Árvore de Gestão

Na figura anterior é exemplificada a construção de uma dessas árvores, com a numeração dando indicação da ordem pela qual os elementos foram adicionados. É ainda mostrada

a tabela de conectividade, a qual deverá ser mantida por um elemento central de nível superior (Gestor) através das indicações recebidas dos Servidores, mantendo cada Servidor uma lista correspondente à coluna correspondente. Esta tabela e cada uma das colunas são utilizados na eventualidade de uma necessidade de reconfiguração da Árvore e no controlo da agregação de informação. É precisamente na recolha e processamento prévio de informação, que a Árvore de Gestão também é importante através da definição de funções de filtragem que, na situação de o sistema ter sido instruído no sentido de o resultado das acções de gestão seguirem o caminho inverso ao seguido por essas acções, poderem, nos pontos de junção, recolher todos os resultados obtidos dos nós a jusante e fazer seguir para o Servidor seguinte uma menor quantidade de informação contendo apenas os aspectos que o utilizador pretende. De forma a utilizar e manter em correcto funcionamento a Árvore de Gestão, um conjunto de áreas de operação têm de ser definidas. Não sendo exaustivos estas são algumas das áreas e operações consideradas, às quais corresponderão mensagens a trocar pelos Servidores: Falhas (detecção de loops e de nós em falha), Manutenção (reconfiguração da Árvore, registo de novos nós), Operação (distribuição de operações de gestão, distribuição de MFG, agregação de informação de gestão).

6. MODELO DE INFORMAÇÃO

6.1. Modelização das entidades geridas

Para modelar as entidades a gerir adopta-se o *Common Information Model*, CIM [8], originado pelo WBEM e actualmente de posse do DMTF [7]. Isto deve-se à adopção de muitos dos conceitos da programação orientada a objectos para o desenvolvimento do modelo, e portanto de fácil integração no sistema em desenvolvimento, e à proposta de unificação e extensão efectuada relativamente à instrumentação e modelização actualmente existentes, tais como os utilizados pelo SNMP e CMIP. Também uma recente proposta [9] para a representação de informação sob o formato CIM utilizando documentos XML [10] é um contributo para a integração desta solução com as tecnologias Web. Refira-se ainda que o CIM será, até ao final do ano, proposto como um standard ISO.

6.2. Definição de regras e operações de gestão

A definição das regras e operações de gestão far-se-á pela utilização de um interface gráfico apropriado apresentado ao utilizador. Dessa forma será possível especificar esses elementos pela introdução de referências às funções contidas nos MFG e pelo seu relacionamento pela utilização de operadores lógicos e aritméticos. Também poderão existir referências entre regras e operações de gestão, por exemplo de forma a activar umas quando as condições expressas pelas primeiras sejam satisfeitas. Isto resultará num conjunto de objectos apropriados, cujo transporte faz-se pela utilização de um modelo de objectos serializáveis e RMI, contrariamente a propostas existentes (e.g., *snmp script language*, SSL) para a utilização de linguagens específicas que dificultariam a utilização do sistema pela necessidade de um período de aprendizagem.

7. SEGURANÇA

A segurança do sistema será realizada em dois níveis: primeiro, pela definição de um conjunto limitado de palavras de passe para a primeira página web (uma para cada perfil de utilizador definido) e segundo, pela atribuição de um *login* e palavra de passe para cada utilizador em particular. Esta é a forma de cada utilizador ter acesso às funcionalidades do sistema para os quais estará habilitado e de ser reconhecido

individualmente pelo sistema de forma a personalizar a sua actividade e limitar o acesso à informação de gestão apenas a quem de direito.

Tal como em UNIX, o acesso às operações de gestão, e resultados, pode ser definido por diferentes níveis de comunidades como sejam *mundo*, *grupo* e *dono*. Está considerada a inclusão de mais um, *dominio*, já que dentro de um mesmo perfil se poderão definir vários dominios. O perfil administrador pode ser dividido, por exemplo, em dominios de conhecimento (e.g., *sistemas ATM e routers IP*) ou por áreas de responsabilidade (e.g., *norte e sul* ou *empresa A e empresa B*).

8. CONCLUSÕES

As novas tecnologias de WWW, a portabilidade do Java e o actual crescimento do número de utilizadores dos protocolos Internet, são factores suficientes para o forte interesse, por parte de organismos de standardização e grupos de investigação, para o desenvolvimento de novas técnicas e modelos de gestão de redes de comunicação. A arquitectura proposta pretende tirar partido desses factores, apresentando um modelo simples, eficiente, de fácil crescimento e com bastante flexibilidade para se adaptar a um grande número de possíveis cenários de aplicação.

Um primeiro protótipo do sistema descrito já foi implementado, totalmente em Java, se bem que com funcionalidades limitadas. Em execução encontra-se um segundo protótipo, este já com todas as funcionalidades descritas, e com principal incidência no suporte de SNMP para comunicação com as entidades geridas.

9. REFERÊNCIAS

- [1] <http://java.sun.com>
- [2] Germán S. Goldszmidt, "Distributed Management by Delegation", PhD Thesis, University of Columbia, 1996
- [3] David L. Tennenhouse, MIT, Jonhatan M. Smith, University of Pennsylvania, W. David Sincoskie, Bell Communications Research, David J. Wetherall, MIT, "A Survey of Active Network Research", IEEE Communication Networks Magazine, 1997
- [4] Vu Anh Pham, Ahmed Karmouch, Mobile Software Agents: an overview", IEEE Communications Magazine, Julho/1998
- [5] <http://www.sun.com>
- [6] <http://wbem.freerange.com>
- [7] <http://www.dmtf.org>
- [8] Desktop Management Task Force, Inc., Common Information Model (CIM) Specification, versão 2.0, Março 1998
- [9] Roger Booth, Microsoft Corporation, "XML as a representation for management information – a white paper", 29/05/98, Microsoft discussion paper
- [10] <http://www.w3.org/XML>
- [11] J. Schonwalder, "Network management by delegation – from research prototypes towards standards", Computer Networks and ISDN Systems 29 (1997) 1843-1852