

# Implementação e Avaliação de Gestão remota sobre DISMAN

**Rui Pedro Lopes**

Escola Superior de Tecnologia e de Gestão – Instituto Politécnico de Bragança

e-mail: [rlopes@ipb.pt](mailto:rlopes@ipb.pt)

**José Luís Oliveira**

Departamento de Electrónica e de Telecomunicações – Universidade de Aveiro

e-mail: [jlo@ua.pt](mailto:jlo@ua.pt)

## Sumário

Apesar da evolução do SNMP durante a última década e que conduziu recentemente à versão *Draft Standard* do SNMPv3, várias são as lacunas que continuam a ser apontadas a este modelo. No seio do IETF o *Disman WG* tem procurar vingar a ideia da utilização de uma arquitectura de gestão distribuída colmatando, assim, uma dos mais graves limitações do SNMP – a escalonabilidade.

Neste artigo apresentar-se-á um trabalho exploratório que pretende conduzir a um ambiente de gestão SNMP onde a distribuição de operações de gestão é efectuada através de agentes *disman* móveis.

## 1. Introdução

O mercado de gestão de redes de comunicação tem sido dominado, ao longo de década, pela arquitectura de gestão Internet, ou mais usualmente pelo SNMP (*Simple Network Management Protocol*). Este panorama confirma a ideia de que as soluções mais simples são, geralmente, mais fáceis de serem aceites relativamente às mais complicadas e poderosas. Praticamente todo o equipamento de gestão instalado em redes locais é baseado no modelo de gestão SNMP. Este modelo apresenta, no entanto, algumas deficiências importantes, como por exemplo a falta de escalonabilidade em redes de dimensão considerável e a pouca eficiência no transporte de grandes quantidades de informação.

Estas falhas levaram o IETF (*Internet Engineering Task Force*) a promover um grupo de trabalho que foi designado por Disman (*Distributed Management WG*) e que, entre os seus objectivos, conta poder criar uma estrutura para distribuição da carga de gestão por um conjunto de sub-gestores distribuídos (*Distributed Manager – DM*).

Por outro lado, algumas lacunas arquitecturais subsistem, principalmente em termos de flexibilidade e adaptabilidade às condições da rede. A associação de tecnologia de agentes móveis com a estrutura Disman pode melhorar o comportamento dos DMs em condições de sobrecarga de processamento ou de falha de comunicação.

Este artigo descreve a estrutura Disman e faz uma avaliação preliminar da arquitectura base de um DM. De seguida, propõe um modelo de integração de tecnologia de agentes móveis com o DM e termina com algumas conclusões e discussão sobre trabalho futuro.

## 2. Lacunas da Arquitectura SNMP

A estrutura de gestão da IETF é baseada num conjunto simplificado de conceitos (Figura 1).

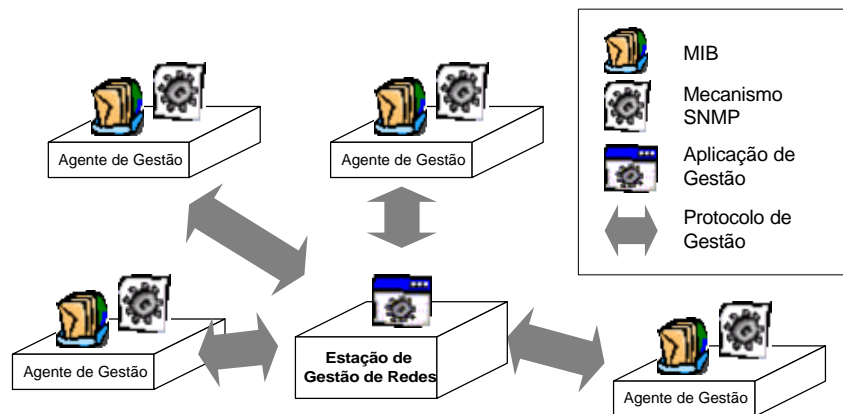


Figura 1. Modelo de gestão cliente/servidor.

Com o propósito de providenciar uma base de administração remota de computadores e de componentes de rede diversos, a estrutura básica do modelo SNMP contém vários agentes de gestão em diversos pontos da rede que disponibilizam o acesso remoto à instrumentação. A supervisão e controlo de toda a instrumentação é efectuada pelo utilizador a partir de um ponto central através de uma aplicação de gestão, tradicionalmente denominada NMS (*Network Management Station*), que concentra todas as funções de processamento de dados. A informação trocada entre os agentes e o NMS é transportada por um protocolo de gestão – o *Simple Network Management Protocol* [1].

Apesar da evolução do SNMP durante a última década (SNMPv1, ..., SNMPv3) são várias as lacunas que continuam a ser apontadas a esta arquitectura.

O modelo é extremamente dependente da estação central de gestão, pelo que se a comunicação com esta, por algum motivo, falha, todo o sistema falha. Por outro lado, a estrutura SNMP apresenta apenas soluções de baixo nível, como a descrição abstracta da informação de gestão (SMI e MIB) e a forma como aquela é acedida (protocolo de gestão – SNMP). Não define qualquer tarefa de nível mais elevado, como interpretação, correlação e medidas de correcção. Estas funções são tipicamente deixadas sob a responsabilidade do NMS.

A arquitectura apresenta igualmente uma lacuna relacionada com a falta de extensibilidade e escalabilidade. Esta falta resulta da incapacidade em processar grandes quantidades de informação e da dificuldade em realizar a monitorização centralizada sobre pontos distribuídos por redes de grande dimensão [2].

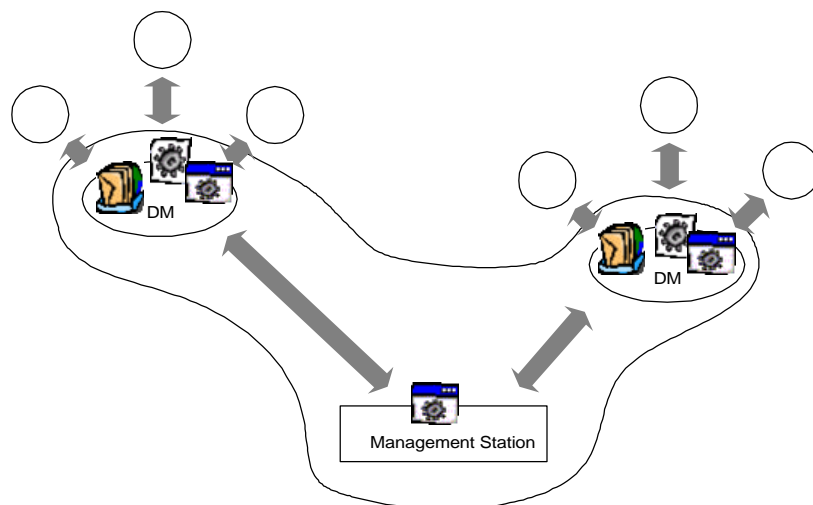
Um outro problema tem a haver com a quantidade de informação de gestão que surge continuamente e que o sistema gestor tem de manipular. Existem actualmente cerca de 100 módulos MIB totalizando aproximadamente 10.000 objectos definidos [3]. Este valor não inclui os módulos definidos por empresas, grupos de investigação e consórcios.

Alguns autores consideraram já estes problemas nos anos decorrentes, resultando em soluções *ad-hoc* e parciais, tipicamente baseadas na distribuição de tarefas de gestão [4] [5] [6]. O IETF constituiu um grupo específico para considerar estas falhas. O grupo Disman encontra-se a definir uma arquitectura onde a NMS pode distribuir controlo por

várias estações de gestão de forma a melhorar a escalabilidade e permitir operações independentes da conectividade com o NMS.

### 3. Gestão Distribuída – Disman

A distribuição de gestão permite reduzir a carga das estações de gestão tradicionalmente centralizadas. As operações são executadas por um conjunto de gestores distribuídos (DM) ou de agentes computacionalmente mais poderosos. Em termos práticos, um DM é uma entidade SNMP que recebe pedidos de outros gestores e efectua operações de gestão em agentes ou outros gestores. Este modelo de distribuição permite criar “ilhas” hierárquicas, aumentando a robustez e a tolerância a falhas do sistema (**Figura 2**). Mesmo se a estação de gestão central não estiver acessível é possível que o DM lide localmente com situações críticas.



**Figura 2.** Arquitectura Disman.

O modelo Disman é baseado nos conceitos de aplicações de gestão distribuídas e de serviços de gestão distribuídos. A aplicação distribuída desempenha funções de gestão, nomeadamente, monitorização e controlo de componentes de rede. Os serviços providenciam funções diversificadas para um conjunto de aplicações no sistema. Cada serviço é acessado através de um módulo MIB [7]. Entre os diversos serviços figuram mecanismos que permitem definir operações de gestão (*scripts*) de forma a processar localmente a informação e um mecanismo de calendarização de tarefas [8]. Estes são escritos em linguagens suportadas pelos DMs (TCL ou Java, por exemplo), permitem aumentar o nível de abstracção devido ao processamento local de dados e simplificam o processo de desenvolvimento de operações de gestão. Encontra-se também incluído um serviço de execução remota de operações, como *ping*, *traceroute* e *nslookup* [9].

#### 3.1. Módulos MIB

O grupo de trabalho Disman, ao todo, propõe oito módulos MIB [10]. Os módulos definem um conjunto de objectos de gestão e uma estrutura adequada para a distribuição de operações de gestão.

A Event MIB é a sucessora da Manager-to-Manager MIB do SNMPv2 e permite monitorar objectos MIB quer locais quer remotos. Permite também iniciar uma acção quando uma determinada condição ocorre.

A Expression MIB foi desenvolvida com o propósito de tornar possível a definição de objectos que não foram inicialmente considerados durante o desenvolvimento do módulo. Por outras palavras, permite especificar expressões externas baseadas em objectos de gestão existentes. Permite também definir expressões de expressões. Uma expressão pode ser avaliada como uma taxa ou um valor lógico e, conseqüentemente disparar um evento, resultando numa notificação SNMP. Sem a Expression MIB este tipo de operações encontra-se limitado aos objectos existentes nas MIBs pré-definidas. Em conjunto com a Event MIB definem um mecanismo poderoso de processamento de informação de gestão.

A Notification Log MIB define um mecanismo de salvaguarda de notificações (*logging*) de forma a poder recuperar eventos perdidos. Embora mais adequada a produtores de notificações também pode ser implementada pelos consumidores.

A Remote Operations MIB permite executar remotamente algumas operações essenciais para a gestão de redes, como o *ping*, *traceroute* e *lookup*. Define uma forma standard de realizar os testes e gerar notificações de acordo com os resultados das operações remotas.

Por vezes é útil executar operações periódicas. A Schedule MIB apresenta um conjunto de objectos que possibilita calendarizar acções, efectuadas através de operações de escrita SNMP (*SetRequest*) sobre objectos de gestão locais (com a restrição do tipo a INTEGER). Acções mais complexas podem ser efectuadas através da execução de *scripts*.

A Script MIB permite distribuir funções de gestão desenvolvidos numa linguagem reconhecida pelo DM. Pode ser uma linguagem específica de *scripting*, como o TCL, ou mesmo código nativo, se a implementação o conseguir executar. O DM encontra-se constituído por dois blocos: a entidade SNMP (*SNMP entity*), que implementa a MIB, e o sistema de execução (*runtime system*), que executa os *scripts*. O sistema de execução pode ser considerado uma aplicação SNMP, como definido na arquitectura SNMPv3.

### 3.2. Críticas à arquitectura Disman

Apesar de a distribuição de tarefas de gestão por diversos agentes estáticos, como proposto pela arquitectura Disman, ser uma melhoria relativamente a arquitecturas centralizadas, não deixa de apresentar algumas lacunas:

1. O protocolo de comunicações (SNMP) usa endereços IP para identificar os intervenientes. Se for colocada uma *firewall* entre os intervenientes e usado um endereço inválido (192.168.0.xx, por exemplo) não é possível o contacto entre eles, a não ser que seja utilizado algum túnel IP [12]. O próprio esquema de endereçamento IP é extremamente rígido em termos de localização. A utilização de mecanismos de tradução de nomes torna possível obter referências para objectos independentemente da localização.
2. A actualização do sistema implica a modificação de serviços e de aplicações.
3. A adição de novas ferramentas torna, frequentemente, o sistema mais complexo.
4. Os agentes estáticos podem apresentar capacidade limitada ou não possuir recursos suficientes para desempenhar tarefas específicas [13].
5. A correlação de informação de diversos DM é possível apenas de uma forma hierárquica.

De qualquer forma, a arquitectura Disman apresenta uma solução para o crescimento da complexidade aplicando uma máxima já bem conhecida – “Dividir para conquistar”.

### **3.3. Arquitectura Móvel Disman**

A tecnologias de Agentes (de *software*) tem vindo a ser proclamada durante os últimos anos como a solução para tornar os sistemas facilmente escaláveis e abertos. De entre a tipologia de agentes uma característica, embora não consensual para muitos autores, parece emergir como fundamental na área das redes de comunicação – a mobilidade [18] [19]. Um dos campos que mais pode beneficiar com a utilização de agentes móveis é a gestão de redes [20] [21] [22].

A arquitectura Disman pode ser enriquecida pela adição de mobilidade aos DMs – *MobAg*. A integração de tecnologia de agentes móveis com modelos standards de gestão mantém a solução aberta e previne o aparecimento descontrolado de abordagens proprietárias. Vários aspectos podem ser avaliados, nomeadamente:

#### **Instalação dos DMs – distribuição de software.**

A técnica clássica de instalação de agentes consiste na colocação manual, ou semi-manual, de software específico em cada uma das plataformas. Para o caso de equipamento activo de rede (encaminhadores, computadores, ...) pode mesmo ser necessário trocar alguns componentes.

Utilizando agentes móveis, a instalação pode ser efectuada por clonagem de um agente móvel, embora, neste caso, o equipamento activo tenha que implementar a plataforma de suporte de agentes móveis.

#### **Comunicação – entre agentes e aplicações de gestão.**

A comunicação é realizada, nas implementações mais conhecidas, directamente sobre IP, por intermédio do SNMP, HTTP ou FTP. O esquema de endereçamento IP é bastante rígido e traz alguns problemas de configuração quando se utilizam *firewalls* ou equipamento nómada.

A utilização de agentes móveis possibilita utilizar um esquema de endereçamento de alto nível, baseado em nomes.

#### **Processamento de dados – correlacionamento directo de informação.**

Cada agente recolhe e processa dados específicos de uma determinada plataforma ou a partir de informação recolhida por um conjunto de outros agentes.

Um único agente móvel pode recolher e processar informação de diversas fontes.

#### **Correlação de dados – obtenção de resultados de forma eficaz.**

O correlacionamento de dados num esquema estático tem de ser efectuada hierarquicamente com base em informação colhida por agentes SNMP ou por aplicações de gestão de nível inferior.

Um único agente móvel pode migrar de nó para nó dispondo sempre da informação dos nós anteriores, facilitando assim a obtenção de resultados.

#### **Distribuição de tarefas – *load balancing*.**

Algumas tarefas de gestão, nomeadamente o processamento de informação, podem tornar-se pesadas em termos computacionais. É difícil, para o caso estático, implementar uma forma de distribuição de carga por nós menos sobrecarregados.

A clonagem de agentes seguida de migração, para nós de mais baixa taxa de ocupação permite otimizar a utilização de recursos de rede.

#### **Actualização de agentes** – actualização de *software*.

Para o caso Disman, a utilização da Script MIB e da Expression MIB permite aumentar as capacidades do gestor distribuído. Este é um caso particular de *Code on demand*.

A migração de agentes móveis para o destino adequado, além de código pode transportar também conhecimento.

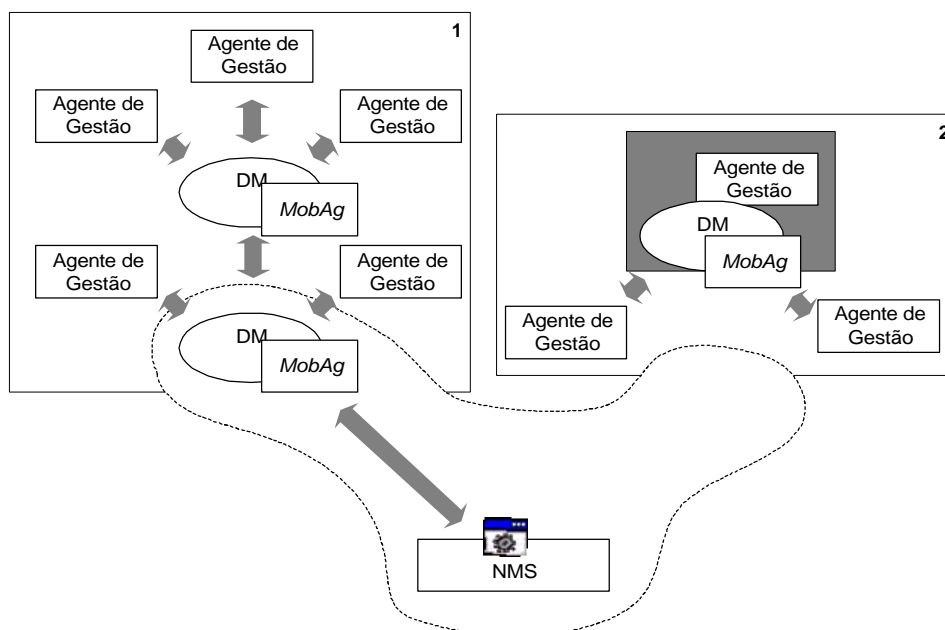
#### **Falhas de comunicação** – robustez.

Cada gestor distribuído mantém uma certa autonomia relativamente à aplicação de gestão centralizada. No entanto, devido ao seu carácter estático também sofre com situações de mau funcionamento da rede, o que pode levar a situações de difícil gestão.

Um DM móvel pode adaptar a sua posição de acordo com o tráfego, alvos de processamento e falhas de rede.

O modelo sugerido de seguida associa a estrutura Disman com capacidade de deslocação na rede. A característica de mobilidade permite aos DMs adaptarem-se a condições mutáveis e simplifica a tarefa de distribuição de agentes e de tarefas.

A **Figura 3** apresenta duas situações de DMs com características móveis. No primeiro caso (um) o DM escolhe efectuar uma clonagem para um domínio diferente devido a um aumento instantâneo de carga. A situação dois apresenta o caso em que a comunicação com o NMS principal foi interrompida. Como exemplo, o DM pode ter detectado uma falha na plataforma onde se encontrava instalado e escolheu migrar para uma outra localização para continuar a operação. Outra situação em que este caso pode acontecer é quando um determinado agente gera tráfego elevado de forma esporádica. O DM pode migrar para a plataforma que acolhe o agente e comunicar localmente com ele, libertando a rede de tráfego desnecessário. O DM pode inferir dinamicamente acerca deste tipo de condições e adaptar-se da melhor forma ao ambiente onde se encontra integrado.



**Figura 3** – Arquitectura móvel Disman.

Do ponto de vista de utilização, o utilizador pode definir DMs directamente no NMS e seleccionar o seu comportamento. Depois de criado o DM, o utilizador pode definir o itinerário a seguir através de alguma política de distribuição.

#### 4. Implementação e avaliação

Para avaliação da arquitectura proposta encontra-se em desenvolvimento uma estrutura de objectos que permite simplificar a construção de agentes SNMP com capacidade de migração. O termo migração, neste contexto, refere-se à capacidade de mover não só código (como os Applet Java) mas também o seu estado.

Inicialmente, o desenvolvimento passou pela construção de uma ferramenta simples mas indispensável, que é um navegador de MIBs (*MIB browser*). Esta ferramenta permite listar e modificar o conteúdo dos objectos de uma MIB implementados por um agente SNMP (neste caso SNMPv1, SNMPv2 ou SNMPv3).

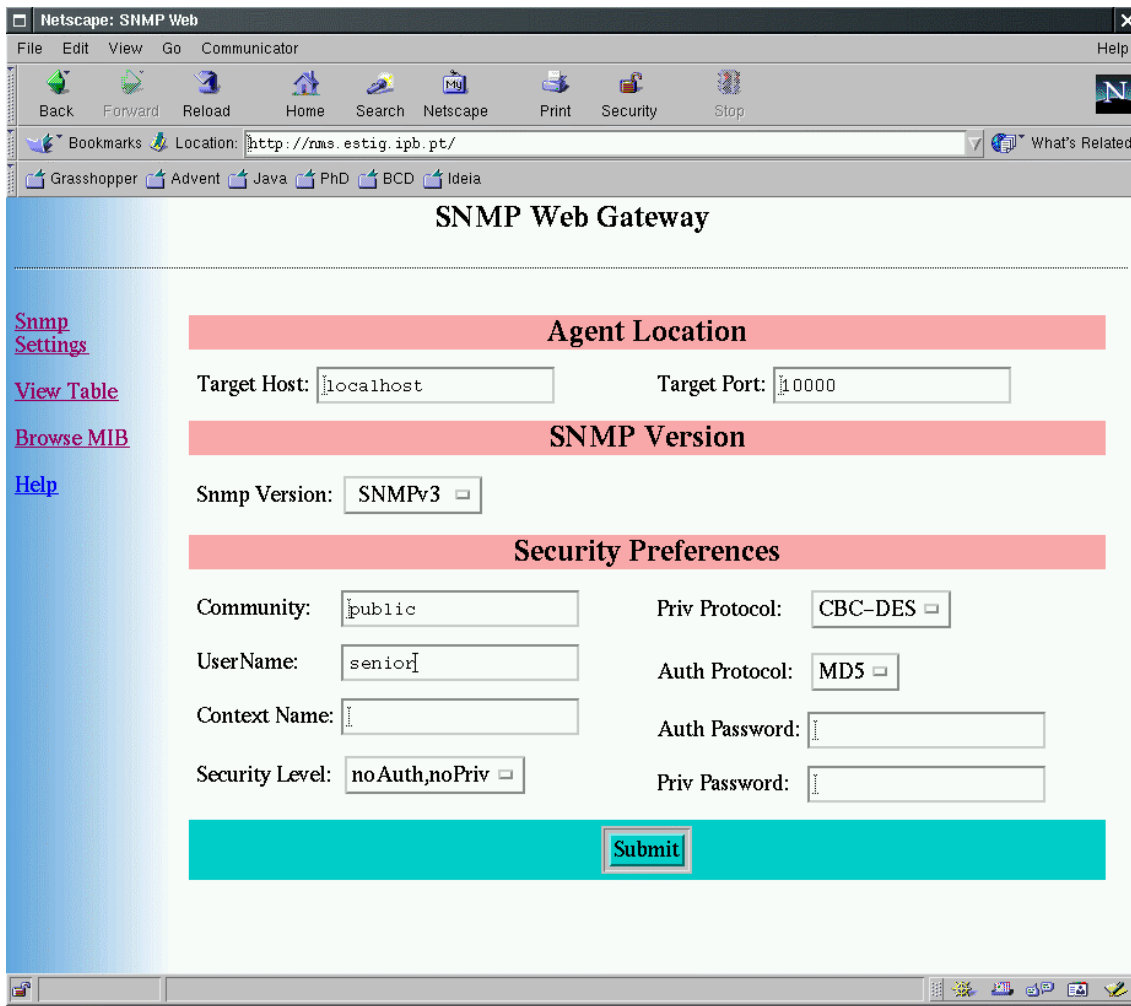
Com a funcionalidade básica operacional de consulta e modificação de informação de gestão passou-se ao desenvolvimento da estrutura básica de agentes SNMP móveis.

##### 4.1. SNMP Web

Dois dos requisitos iniciais relativos à ferramenta básica de consulta e modificação de informação de gestão (*MIB browser*) foi a simplicidade de utilização e universalidade de acesso. Este último ponto possibilitaria aceder à ferramenta de qualquer ponto da rede sem qualquer limitação relativamente ao sistema operativo ou arquitectura. Uma forma de cumprir estes dois pontos seria utilizar módulos Java executáveis em navegadores de Internet (Applets), mas esta opção eliminaria a possibilidade de utilizar navegadores unicamente textuais. Mantendo a ferramenta simples seria possível utilizar formulários definidos em HTML, associados a módulos executáveis do lado do servidor HTTP.

Desta forma conseguem-se traduzir comandos inseridos numa página de Web em comandos SNMP. A ferramenta suporta os comandos Get, GetNext, Set e GetBulk. Em

termos de segurança, suporta o conceito de comunidade, introduzida com o SNMPv1 e continuada com o SNMPv2c, e também mecanismos do SNMPv3, nomeadamente autenticação com base nas normas MD5 [14] e SHA [15] e privacidade com base nas normas DES [16] (**Figura 4**).



The image shows a Netscape browser window displaying the 'SNMP Web Gateway' configuration page. The browser's address bar shows 'http://rms.estig.ipb.pt/'. The page has a blue sidebar on the left with links for 'Snm Settings', 'View Table', 'Browse MIB', and 'Help'. The main content area is divided into four sections, each with a red header bar: 'Agent Location', 'SNMP Version', 'Security Preferences', and a 'Submit' button at the bottom. The 'Agent Location' section has 'Target Host' set to 'localhost' and 'Target Port' set to '10000'. The 'SNMP Version' section has a dropdown menu set to 'SNMPv3'. The 'Security Preferences' section has 'Community' set to 'public', 'Priv Protocol' set to 'CBC-DES', 'Auth Protocol' set to 'MD5', and 'Security Level' set to 'noAuth,noPriv'. There are also input fields for 'UserName' (containing 'senior'), 'Context Name', 'Auth Password', and 'Priv Password'. A 'Submit' button is located at the bottom of the form.

**Figura 4** – SNMP Web. Formulário de configuração.

Neste momento, a ferramenta encontra-se disponível para uso generalizado em <http://nms.estig.ipb.pt/>.

## 4.2. Agente SNMP móvel

O desenvolvimento de um agente SNMP móvel passa por agrupar dois grandes blocos: a funcionalidade de agente SNMP e a capacidade de migração.

Relativamente à funcionalidade de agente SNMP, em particular com módulos Disman, foi feita uma pesquisa das implementações existentes para reaproveitar trabalho existente. A Technical University of Braunschweig e os NEC C&C Research Laboratories Berlin desenvolveram uma implementação da Script MIB de acordo com o trabalho realizado pelo grupo Disman da IETF [17]. Apesar de funcional, o código fonte não é fornecido, estando disponíveis apenas os binários mediante pagamento. A SNMP Research ([www.snmp.com](http://www.snmp.com)) encontra-se de momento a desenvolver uma implementação comercial baseada numa linguagem proprietária, pelo que não se pode usar como base



para um sistema móvel. Neste momento não são conhecidas mais implementações de módulos Dismant, pelo que não se pode avançar tão rapidamente como desejado.

Devido a estas dificuldades, é necessário, à partida, desenvolver toda a funcionalidade de agente SNMP e associar esta funcionalidade a uma plataforma de agentes móveis (Figura 5).

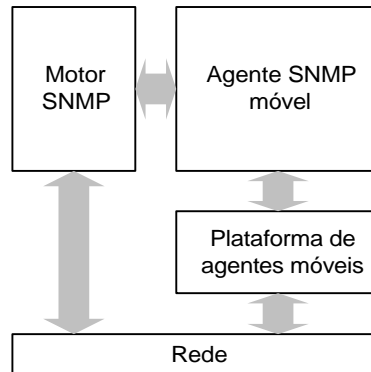


Figura 5 – Arquitectura básica de um agente SNMP móvel.

Por diversos motivos foram seleccionados o pacote SNMPv3 da AdventNet ([www.adventnet.com](http://www.adventnet.com)) para o motor SNMP e a plataforma de agentes móveis Grasshopper ([www.ikv.de/grasshopper/](http://www.ikv.de/grasshopper/)).

A associação dos dois blocos é efectuada pelo Agente SNMP Móvel. O controlo do agente é efectuado a partir de uma MIB desenvolvida para o efeito (MOBILE-AGENT-MIB) que permite consultar o caminho percorrido, especificar destinos, despoletar migração com base em comandos SNMP.

A MOBILE-AGENT-MIB define uma tabela com os seguintes campos, que permitem consultar e especificar o percurso do agente (**Figura 6**):

- mamLocationIndex,
- mamLocationScheme,
- mamLocationHostIP,
- mamLocationPort,
- mamAgentSystemName,
- mamAgentSystemPlace,
- mamArriveLocalTime,
- mamDepartureLocalTime,
- mamLocationStatus.

LocationIndex	mamLocationScheme	mamLocationHostIP	mamLocationPort	mamAgentSystemName	mamAgentPlaceName	mamAgentSystemName
1	grasshopperiop	193.136.195.210	-1	Agency1	Disman	
2	socket	193.136.195.16	10000	prometeus	InformationDesk	

Figura 6 – Tabela de percurso.

A migração é forçada efectuando uma operação de Set sobre o objecto `mamMoveAgent` com o correspondente `mamLocationIndex`. Se, por algum motivo, a migração falhar, o tipo de falha é indicada no campo de `mamLocationStatus`.

## 5. Conclusões e Trabalho Futuro

O modelo Disman permite obviar os problemas de monitorização centralizada (*polling*) através da distribuição de responsabilidade de gestão. Cada gestor distribuído apresenta funcionalidade de gestor, substituindo assim a estação principal de gestão (NMS), e providencia um comportamento semelhante a um agente SNMP, de forma a possibilitar a informação monitorização e controlo de funcionamento. Consegue-se, desta forma, que o sistema de gestão funcione também quando o NMS não se encontra acessível.

O modelo pode, no entanto, ser melhorado se incluir funções que permitam mudar de localização mas manter o código e o estado de funcionamento. O sistema torna-se mais flexível e robusto.

Este artigo apresenta uma arquitectura móvel para o modelo Disman e discute algumas vantagens desta simbiose. Com primeiro passo desta estratégia foi desenvolvido um agente móvel genérico com capacidades de gestão via SNMP. Esta associação permite controlar o agente móvel através de comandos SNMP, com o auxílio de uma MIB definida para o efeito.

## 6. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao revisores pelo trabalho de revisão pormenorizado que permitiu enriquecer a objectividade deste artigo.

## 7. Referências

- [1] J. Case, R. Mundy, D. Partain, B. Stewart, RFC2570 (I), “Introduction to Version 3 of the Internet-standard Network Management Framework”, Abril 1999.
- [2] R. Sprenkels, J-P Martin-Flatin, “Bulk Transfer of MIB Data”, *The Simple Times*, Vol. 7, N. 1, Março 1999.
- [3] J. Postel, J. Reynolds, “Internet Official Protocol Standards”, STD 1, Setembro 1998.

- [4] G. Goldszmidt, Y. Yemini, "Delegated Agents for Network Management", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 36 No. 3, pgs. 66-71, Março 1998.
- [5] J. Oliveira, *Arquitetura para Desenvolvimento e Integração de Aplicações de Gestão*, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Setembro 1995.
- [6] A. Brites, *et al.*, "A Protocol-independent Notation for the Specification of Operations and Management Applications", *Proc. DSOM'94, Fifth IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management*, Outubro 1994.
- [7] A. Bierman, M. Greene, B. Stewart, S. Waldbusser, "Distributed Management Framework", *draft-ietf-disman-framework-02.txt*, Agosto 1998.
- [8] D. Levi, J. Shoenwaelder, RFC 2591 (PS), "Definitions of Managed Objects for Scheduling Management Operations", Maio 1999.
- [9] K. White, "Definitions of Managed Objects for Remote Ping, Traceroute, and Lookup Operations Using SMIPv2", *draft-ietf-disman-remops-04.txt*, Novembro 1998.
- [10] Distributed Management (Disman) Charter, <http://www.ietf.org/html.charters/disman-charter.html>
- [11] D. Levi, J. Schoenwaelder, RFC 2952 (PS), "Definitions of Managed Objects for the Delegation of Management Scripts", Maio 1999.
- [12] Mobile-IP: Supporting Transparent Host Migration on the Internet, <http://anchor.cs.binghamton.edu/~mobileip/LJ/>
- [13] O. Shehory, K. Sycara, P. Chalasani, S. Jha, "Agent Cloning: An Approach to Agent Mobility and Resource Allocation", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 36, N. 7, Julho de 1998.
- [14] Rivest, R., "Message Digest Algorithm MD5", *Internet Request for Comments 1321*, Abril de 1992.
- [15] "Secure Hash Algorithm. NIST FIPS 180-1", <http://csrc.nist.gov/fips/fip180-1.ps>, Abril de 1995.
- [16] Data Encryption Standard, National Institute of Standards and Technology. Federal Information Processing Standard (FIPS) Publication 46-1. Janeiro de 1988.
- [17] Jasmin – Java Script Mib Implementation, <http://www.ibr.cs.tu-bs.de/projects/jasmin/>
- [18] M. Breugst, T. Magedanz, "Mobile Agents – Enabling Technology for Active Intelligent Network Implementation", *IEEE Network Magazine*, Vol. 12 No. 3, May/June, 1998.
- [19] T. White, B. Pagurek, F. Oppacher, "ASGA: Improving the Ant System by Integration with Genetic Algorithms", *Proc. Of the 3rd Conference on Genetic Programming (GP/SGA'98)*, July, 1998 - 2.

- [20] V. Pham, A. Karmouch, “Mobile Software Agents: An Overview”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 36, No. 7, Julho 1998, pp. 26-37.
- [21] S. Krause, T. Magedanz, “Mobile Service Agents enabling Intelligence on Demand in Telecommunications”, *Proc. IEEE GLOBECOM’96*, 1996.
- [22] R. P. Lopes, J. L. Oliveira, “Software Agents in Network Management”, *Proc. of the 1st International Conference on Enterprise Information Systems – ICEIS’99*, Março 1999, Setúbal, Portugal.