

# Hierarquia de Gerenciamento de Redes com Componentes Móveis

Edson N. Silva Júnior<sup>3,4</sup>, Iara Augustin<sup>2,4</sup>, Adenauer Yamin<sup>1,4</sup>, Jorge Barbosa<sup>1,4</sup>, Liane M. R. Tarouco<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Escola de Informática, Universidade Católica de Pelotas (UCPel)  
R. Félix da Cunha, 412, Pelotas, RS, Brasil  
{adenauer, barbosa}@atlas.ucpel.tche.br

<sup>2</sup> Departamento de Eletrônica e Computação, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
Campus Universitário, Santa Maria, RS, Brasil  
august@inf.ufsm.br

<sup>3</sup> Departamento de Ciência da Computação, Universidade do Amazonas (UA)  
Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, 3000 Campus Universitário, Manaus, AM, Brasil  
edsonj@dcc.fua.br

<sup>4</sup> Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil  
{adenauer, edsonj, august, barbosa, tarouco}@inf.ufrgs.br

## RESUMO

O paradigma tradicional de gerenciamento centralizado não é mais suficiente para soluções efetivas de gerenciamento, principalmente pela falta de um melhor grau de escalabilidade, visto o crescimento da importância das redes de computadores e o aumento do número de dispositivos e serviços que estão acoplados a elas, levando à necessidade de redes e sistemas de gerenciamento eficientes. Uma abordagem mais promissora envolve um gerenciamento baseado em tarefas distribuídas, o que também facilita a integração entre o sistema de gerenciamento de redes e o de aplicações móveis distribuídas. Este artigo apresenta o projeto GRAMA (Gerenciamento de Redes usando Agentes Móveis), concentrando-se na sua arquitetura de gerenciamento com seus requisitos básicos e seus principais componentes. O projeto GRAMA deve interagir com o projeto ISAM (Infra-estrutura de Suporte à Aplicações Móveis) visando garantir uma eficiente infra-estrutura para o desenvolvimento de aplicações móveis. Ambos os projetos estão em desenvolvimento na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** gerenciamento de redes, computação móvel, agentes móveis, aplicações móveis distribuídas.

## 1 INTRODUÇÃO

A computação móvel vem surgindo como uma nova proposta de paradigma computacional advinda da tecnologia de rede sem fio e dos sistemas distribuídos. Nela o usuário, portando dispositivos móveis como *palmtops* e *notebooks*, tem acesso a uma infra-estrutura compartilhada independente da sua localização física. Isto fornece uma comunicação flexível entre as pessoas e um acesso contínuo aos serviços de rede.

A principal tarefa de um sistema de gerenciamento de redes é oferecer aos usuários finais o melhor serviço de rede possível ao menor custo. Como as redes têm expandido em número, dimensão, complexidade, dinamismo e variedade de equipamento, o gerenciamento e o controle de rede estão se transformando em tarefas não triviais, fazendo com que a quantidade de esforço dispendido para gerenciar uma rede e seus sistemas seja considerável. Por outro lado, as aplicações estão se tornando cada vez mais complexas, e o nível de qualidade de serviço exigido pelo usuário está aumentando.

Esses dois aspectos tornam-se os principais pontos de partida para o desenvolvimento de estudos que buscam melhorar a eficiência, a adequação e a garantia dos serviços de rede oferecidos dentro de um ambiente complexo. Para isso, um caminho a seguir é tentar aproximar o ambiente de gerenciamento de rede do ambiente das aplicações.

No campo do gerenciamento de redes, observa-se uma falta de suporte uniforme para tornar mais eficiente a construção e execução de aplicações distribuídas móveis. Com o intuito de abordar este problema, está em desenvolvimento o projeto GRAMA (Gerenciamento de Redes usando Agentes Móveis), que visa projetar uma arquitetura de gerenciamento de rede de computadores adequada à mobilidade. GRAMA usa a tecnologia de agentes móveis para modelar o monitoramento e o controle da rede. Além disso, os agentes são responsáveis por adquirir, tratar, armazenar e disponibilizar informações referentes ao funcionamento da rede móvel com dois propósitos: (i) integrar a parte de monitoração para o gerenciamento da rede (GRAMA), (ii) integrar o módulo de monitoração da arquitetura ISAM (Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis). ISAM é um projeto em desenvolvimento na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que objetiva prover uma infra-estrutura para a programação e execução de aplicações distribuídas em ambiente com mobilidade física e lógica. A arquitetura ISAM está baseada no conceito de adaptação, e provê o suporte para que a aplicação altere seu comportamento em resposta à variação do seu contexto de execução [YAM01].

O objetivo deste artigo é apresentar a arquitetura GRAMA e sua integração com o ISAM, e está estruturado da seguinte forma. Na seção 2, apresenta-se uma caracterização das redes com componentes móveis. Na sessão 3, é tratado o gerenciamento de redes, sendo discutida também a questão da mobilidade. A seção 4 concentra-se na modelagem do sistema de gerenciamento móvel proposto. A seção 5 apresenta a arquitetura ISAM e sua integração com GRAMA. Os trabalhos relacionados e as conclusões são apresentados na seção 6 e 7, respectivamente.

## 2 CARACTERÍSTICAS DAS REDES COM COMPONENTES MÓVEIS

O termo computação móvel é usado pelos autores em um espectro grande de ambientes, os quais envolvem alguma forma de mobilidade. De forma genérica, diz-se que a computação móvel é a computação distribuída que envolve elementos cuja localização se altera no curso da computação. Esses elementos podem ser: componentes de software, dados, hardware e usuário [BAG98], originando vários tipos de cenários:

- (a) o hardware pode se mover (computação nômade). Sistemas nômades são tipicamente baseados em facilidades de comunicação com rede discada. A mobilidade não é transparente e requer uma nova conexão quando o usuário se move para outra localização [CHA99];
- (b) usuário e hardware podem se mover enquanto ocorre o acesso a um conjunto fixo de estações conectadas à rede (computação com redes sem fio);
- (c) a aplicação pode se mover (código móvel e agentes móveis);
- (d) o usuário, portando um equipamento portátil (hardware), executando aplicações com dados e código móvel, se locomove enquanto mantém a conexão à rede.

Este último cenário categoriza os verdadeiros sistemas móveis, e são os sistemas foco dos projetos GRAMA e ISAM. Para dar suporte de comunicação aos sistemas móveis, distinguem-se dois tipos de redes [LOU98]:

- (1) Redes Infra-Estruturadas – compõem-se de *host móveis* (dispositivos portáteis que se comunicam por meio sem fio) com acesso de comunicação à *estações-bases* ou pontos-de-acesso (servidores de rede com interface para redes sem fio). A estrutura está organizada de forma que o dispositivo móvel registrado se comunica com uma estação-base que lhe oferece um contínuo ambiente de processamento e comunicação. As estações-bases estão ligadas entre si por uma rede fixa, permitindo o acesso indireto dos *host* móveis à toda estrutura de rede. O *host* móvel pode se deslocar fisicamente dentro de uma *célula* (área de abrangência da comunicação com a estação-base), a qual pode variar de dimensões: pico, micro, macro, e entre as células.

- (2) Redes *Ad-Hoc* – compostas exclusivamente de *host* móveis, formando um cenário altamente dinâmico, sem o suporte de uma rede fixa. A topologia da rede é altamente variável, constituída a partir das intersecções das áreas de abrangência (células) dos *host* móveis. A tecnologia para este tipo está começando a ser disponibilizada, com o protocolo Bluetooth [BLU01, HAR98]

Considera-se que, para o desenvolvimento de aplicações distribuídas mais avançadas, é necessário que os *hosts* móveis usufruam da infra-estrutura de rede fixa existente e possam se beneficiar de ambientes como o oferecido pela Internet. Assim, a escolha do ambiente de rede dos projetos GRAMA e ISAM é o infra-estruturado e representado na figura 1.

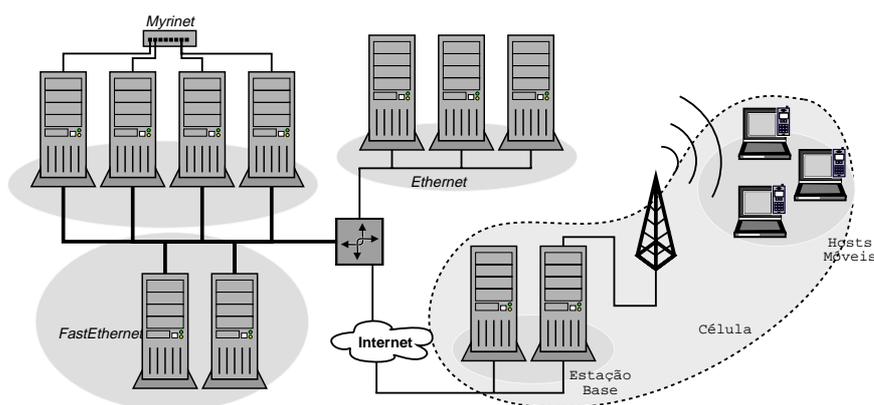


figura 1 – Ambiente de rede para o ISAM e GRAMA

### 3 GERENCIAMENTO DE REDES

O gerenciamento de redes compreende essencialmente o monitoramento e controle dos elementos de uma rede. O monitoramento envolve a observação e análise da situação da rede devendo causar baixa interferência no funcionamento da mesma. O controle de rede envolve interferências ativas e configuração do estado da rede. Um sistema completo de gerenciamento de rede provê as funcionalidades de configuração, monitoramento, estudo de desempenho, manipulação da segurança e estudo dos alarmes gerados pela rede.

As redes móveis introduzem restrições ao ambiente devido à natureza das suas propriedades: portabilidade, da mobilidade e da conexão sem fio [AUG00]. Para ser portátil o dispositivo deve ser leve e pequeno, o que induz às decisões de projeto que priorizam baterias com duração de poucas horas, limitações nas capacidades de armazenamento e processamento e de interação com o usuário (interface). Desta forma, o sistema deve economizar no uso desses recursos, otimizando a transmissão de dados, por exemplo. A mobilidade introduz questões de localização das unidades móveis, e tratamento dos deslocamento nos limites das células. Já a conexão sem fio introduz dificuldades inerentes ao meio sem fio: baixa banda passante, alta latência e alta taxa de erros. Outro aspecto importante do ambiente móvel é o modo de operação deste em relação à conexão, que pode ser: fortemente conectado, fracamente conectado e desconectado [SAT96]. É consenso entre os pesquisadores que, para economizar recursos, o dispositivo móvel opera grande parte do tempo em modo desconectado.

#### 3.1 QUESTÕES SOBRE O GERENCIAMENTO

O gerenciamento de ambientes distribuídos e móveis requer recursos extensivos de rede e de computação, bem como estratégias para tratamento das restrições impostas pela natureza desses ambientes. Nesses sistemas, os desafios-chave para as soluções de gerenciamento são:

- manipular um grande número de recursos gerenciáveis, dispersos geograficamente;
- manipular a heterogeneidade, tanto em termos de tipos (i.e., roteadores *versus laptops*) e tecnologias, bem como capacidades (i.e., *workstations versus PDA*);
- garantir a mobilidade dos dispositivos dos usuários bem como seus serviços;
- garantir a qualidade de serviço fim-a-fim, e
- manipular múltiplos domínios de autoridades de gerenciamento que constituem os sistemas típicos.

A conjuntura dessas novas redes expõe a inadequação do tradicional paradigma centralizado de gerenciamento de redes, o qual não é amplo o suficiente para manipular os requisitos de gerenciamento dos grandes sistemas e, em especial, para trabalhar com redes com componentes móveis. Alternativas para essa abordagem tradicional indicam o uso da distribuição de funções no gerenciamento das redes. E como tendência, tem-se mostrado em diversos trabalhos que o uso de agentes móveis se apresenta como uma alternativa viável na consolidação de uma nova abordagem de gerenciamento de redes, mais flexível e menos dispendiosa no uso dos recursos disponíveis [BIE98].

### 3.2 AGENTES MÓVEIS NO GERENCIAMENTO DE REDES

Agentes móveis são programas autônomos que podem se mover ao longo da rede, de *host* para *host* com controle próprio, interagindo com os recursos locais e outros agentes. Apesar de ser discutível o uso de agentes móveis no gerenciamento de redes tradicionais, estes parecem apropriados à computação móvel. As vantagens de modelar o gerenciamento das redes com agentes móveis advém da aproximação dos seus conceitos com as necessidades da mobilidade. São entidades que contém código e estado interno, dotadas de autonomia e com a capacidade de migrar entre os pontos da rede, dirigidos por itinerários, em busca dos recursos que a aplicação necessita. Os agentes executam o código da interação assincronamente e local ao nó destino, não necessitam manter a conectividade à rede fixa (após terem sido inicializados) e reduzem o tráfego de mensagens entre o cliente móvel e o servidor.

Este novo paradigma para modelagem de aplicações integra conceitos novos à programação: lugares, agentes, viagens, encontros e permissões, conexões e autoridades que incorporam o *framework* da mobilidade [GRA97]. O comportamento dos agentes é determinado pela interação de um conjunto de modelos que cada agente móvel possui [BIE98]:

- modelo de *ciclo de vida*, que determina como o agente se comportará durante sua existência. Inclui serviços para criar, clonar, destruir, disparar, suspender, parar, etc. os agentes;
- modelo *computacional*, que trata todo o funcionamento do agente diante das situações de interação com o ambiente onde executa. Inclui serviços para manipulação de dados e primitivas de controle de *thread*, por exemplo;
- modelo de *segurança*, que se ocupa das questões de integridade do ambiente. Inclui serviços de autenticação e autorização;
- modelo de *locomoção*, define o plano de movimentação do agente na rede. Inclui os serviços de transporte e de definição de trajetória;
- modelo de *comunicação*, que não define um protocolo, como o SNMP por exemplo, mas a forma como os agentes se comunicam entre si, com o ambiente e com os gerentes. Inclui serviços de interação entre agentes e entre o agente e outras entidades locais (a rede, por exemplo).

Esses modelos possibilitam aos agentes móveis expressar a capacidade de aprendizado e cooperação. Isso significa que um agente móvel é capaz de analisar os dados coletados, tomar algumas decisões, registrar essas ações internamente e agilizar futuras operações. Ou seja, aprender.

A interação com outros agentes permite, ainda, que um agente aprenda não apenas com as suas ações, mas também através do conhecimento decorrente das ações dos outros agentes. Isto é, cooperação.

Certamente, o *framework* da mobilidade inclui custos associados ao consumo de memória e de recursos de processamento, porém a tecnologia para o mesmo está evoluindo rapidamente. Grande parte dos sistemas de agentes móveis disponíveis são implementados no ambiente Java, tais como Aglets [IBM00], Mole [BAU94], AgentSpace [SIL00] e Voyager [OBJ97]. Java tem a vantagem de tratar transparentemente da heterogeneidade (através da Java Virtual Machine) e oferecer a tecnologia para a mobilidade de código e de objetos remotos (Remote Method Invocation) [HOR00]

## 4 A ARQUITETURA DO GRAMA

O GRAMA busca a promoção de um gerenciamento de redes com componentes móveis, visando uma aproximação na forma de tratamento de informações entre o gerenciamento de redes com componentes móveis e sistemas móveis distribuídos, de modo que estes possam usufruir das informações geradas pelo GRAMA e interagir de um modo mais apropriado com o mesmo.

Para isso, observou-se a necessidade da classificação dos diversos serviços de gerenciamento de redes em níveis de abstrações distintos, que será explicado a seguir. Também será detalhado o nível de transação do GRAMA.

### 4.1 NÍVEIS DE ABSTRAÇÃO DE GERENCIAMENTO

A aplicação de redes para suporte a sistemas móveis distribuídos torna a atividade de gerenciamento de rede ainda mais complexa. A adoção de um paradigma de agentes móveis possibilita uma maior eficiência na execução das tarefas de gerenciamento, pois estas são pulverizadas entre os diversos agentes, sem comprometer o desempenho da rede como um todo. Além disso, a abordagem de agentes móveis é mais adequada no tratamento de componentes móveis inseridos na rede. Como forma de reduzir a complexidade, os serviços foram divididos em níveis de abstração, baseando-se nos conceitos de processos de negócio, de modo a agilizar a implementação desses serviços. Os níveis reconhecidos são três: (1) Nível de Transação; (2) Nível de Diretoria, e (3) Nível de Negócio (figura 2).

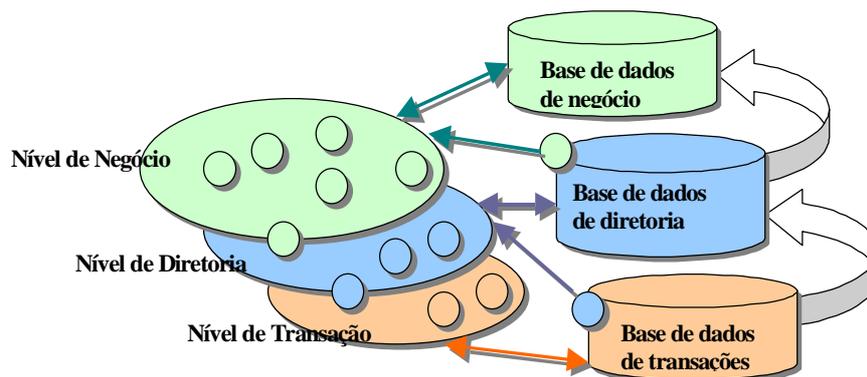


figura 2 – Níveis de abstração do GRAMA

O Nível de Transação tem por objetivo produzir as informações básicas do gerenciamento da rede. Para tanto, cabe a ele realizar algumas tarefas, entre elas: (i) captura e armazenamento dos dados da rede; (ii) definição das rotas dos agentes; (iii) disparo dos agentes na rede; (iv) chamada de um agente; (v) remoção de um agente; (vi) autorização/autenticação de um agente.

O Nível de Diretoria é responsável pela definição do funcionamento estratégico do gerenciamento da rede. Cabe a esse nível informar os serviços de rede disponíveis para acesso dos

*hosts* móveis, bem como, manter uma base de informações relativas ao comportamento dos dispositivos e usuários da rede, para que possam ser feitas as negociações dos serviços disponíveis. As tarefas desse nível são: (i) correlacionar os dados obtidos através do nível de transação; (ii) gerar perfis de comportamento para usuários e dispositivos da rede; (iii) gerar relatórios de comportamento da rede; (iv) realizar o gerenciamento reativo; (v) gerenciar o agendamento de uso de recursos; (vi) definir percentuais de disponibilidade de recursos e serviços da rede.

Ao Nível de Negócio cabe interagir principalmente com os usuários de modo a: (i) autorizar, cancelar e/ou rejeitar as solicitações de acesso a rede; (ii) permitir o agendamento do uso de recursos e serviços da rede; (iii) disponibilizar recursos e serviços para serem negociados; (iv) realizar gerenciamento proativo; (v) negociar junto aos usuários os percentuais de serviço ou recursos de rede a serem reservados.

O gerenciamento nesses três níveis de abstração permite que parâmetros de qualidade de serviço sejam melhor e mais facilmente avaliados, garantindo uma eficácia na definição dos níveis de acessibilidade, conectibilidade, disponibilidade, ocupabilidade, e níveis de carga dos componentes de uma rede, sejam eles móveis ou fixos.

## 4.2 O NÍVEL DE TRANSAÇÃO

A figura 3 retrata o modelo de transação do GRAMA. Tal modelo busca a execução segura e transparente das atividades dos agentes móveis, dentro do ambiente da rede, e ilustra como um agente móvel, que representa uma transação, migra através da rede, de modo assíncrono. Da flexibilidade dessa abordagem decorrem as seguintes características:

- **Ser bastante apropriada para suportar processamento de transações em ambientes altamente distribuídos.** Comunicações via RPC podem introduzir retardos e excessivas retransmissões quando a comunicação entre os pontos da rede é deficiente ou a conexão entre eles é de baixa qualidade. A programação remota garante a qualidade (em termos de desempenho e segurança) da transação.
- **Ser bastante apropriada para suportar atividades em ambientes com mudanças dinâmicas.** Sistemas distribuídos estão constantemente sujeitos a mudanças, tais como a inserção ou remoção de fontes de informações e servidores sem um registro ou controle geral formal. Trabalhando em modo assíncrono, uma transação baseada em agente móveis executa progressivamente, sem dependência de servidores (gerentes) disponíveis contactados anteriormente, permitindo a esses gerentes serem ativados ou desativados, sem afetar o processamento da transação. Por suportar a especificação de fluxos de controle complexos, agentes móveis permitem a especificação de código que pode ser altamente adaptável a situações de falhas e ambientes mutantes.
- **Provê um suporte adequado para dispositivos móveis.** Tais componentes possuem uma conexão intermitente com a rede. Quando estão conectados, suas conexões são normalmente custosas, inseguras e provida de baixa largura de banda. Após os agentes móveis terem sido disparados pelos dispositivos móveis, esses podem ser desconectado ou desligado, e reconectado mais tarde, somente para receber os resultados da transação.
- **Cumpre os requisitos de coordenação de diferentes tipos de aplicações.** Por prover conceitos para especificação de flexibilidade de controle de fluxos complexos e semânticas transacionais diferentes, transações baseadas em agentes podem satisfazer os requisitos de coordenação e sincronismo de acordo com as necessidades de cada aplicação.

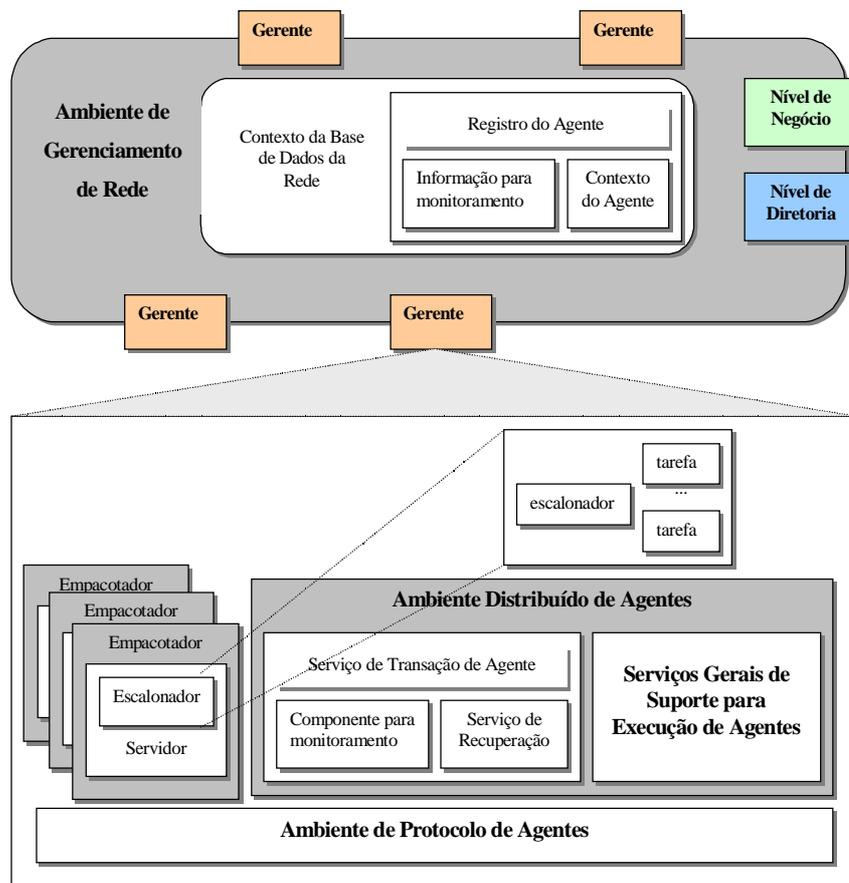


figura 3 – Detalhamento do Nível de Transação do GRAMA

Como detalhado na figura 3, no GRAMA um gerente abrange os servidores acessados por aplicações e suporta serviços do AGR (Ambiente de Gerenciamento de Redes) e do APA (Ambiente de Protocolo de Agentes). O AGR representa os serviços básicos para suporte a execuções de agentes móveis, e também especifica serviços para suportar transações dos agentes. Serviços específicos de suporte a transação são representados pelo componente “Serviço de Transação de Gerente”, enquanto os outros serviços são representados pelo componente “Serviços Gerais de Suporte para Execução de Agentes”. Os serviços providos pelo AGR são baseados nos serviços providos pelo APA.

O APA preocupa-se com a transparência de interação entre clientes e servidores e com um conjunto de serviços genéricos que suporta aplicações distribuídas e móveis, como “serviço de nomes”, “serviços de persistência”, entre outros.

Cada servidor possui seu próprio escalonador que controla os acessos concorrentes ao servidor e faz as recuperações locais. Os servidores são encapsulados nos empacotadores. Um empacotador transforma formas específicas de interação com o servidor em formas comuns de acesso, conhecidas pelos agentes móveis. Os empacotadores podem prover, por exemplo, interfaces IDL (*Interactive Data Language*) com primitivas padrões de gerência de transações. Além disso, as interfaces providas pelos empacotadores devem ser seguras.

O controle de fluxo de agente é garantido por um escalonador interno de agente, que também controla a execução de um protocolo de *commitment* com servidores, de modo a suportar o grupo de propriedades referente a atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade.

O componente de “Serviço de Recuperação” do “Serviço de Transação de Agentes” é responsável por recuperar agentes que estão executando no servidor, quando alguma falha acontece. Quando um servidor se recupera de uma falha, esse componente controla a reativação dos agentes e envia um sinal para cada um deles recuperar suas atividades.

Cada agente executa sua própria recuperação usando informações armazenadas durante sua execução. Cada agente armazena e recupera as informações de recuperação usando o “Contexto de Banco de Dados da Rede”. As informações de recuperação compreendem valores de dados internos do agente e informações sobre o estado de execução do agente.

Os serviços dos níveis de Negócio e de Diretoria estão num grau de abstração superior, e são considerados pelo Nível de Transação como sendo globalmente disponíveis, de forma a suportar a execução de transações em um ambiente aberto, e executam tarefas como descritas anteriormente.

### 4.3 TRATAMENTO DE QoS

No GRAMA, o tratamento de qualidade de serviço (QoS) é disposto no Nível de Negócio, porém, esse tratamento e toda a negociação de QoS depende diretamente das informações obtidas e geradas nos três níveis de abstração da estrutura do GRAMA. Uma das principais questões de QoS avaliadas dentro do GRAMA diz respeito ao fornecimento dos recursos de rede para elementos de um sistema de computação móvel. Existe um potencial muito grande de aplicações de computação móvel que se tornarão importantes num futuro próximo, com o aumento do poder dos dispositivos de computação portátil e com a redução dos custos da comunicação sem fio.

É comum encontrarmos um tratamento de QoS de redes em termos principalmente de tamanho de banda, retardo, *jitter* e *throughput*. Porém nós iremos abordar QoS segundo a visão encontrada em [CHA99], que divide o gerenciamento de QoS em funções estáticas, aplicadas na iniciação de uma interação; e funções dinâmicas, aplicadas quando necessárias, ao longo de uma interação. As funções estáticas de gerenciamento de QoS retratam as propriedades ou requisitos que se mantêm constantes ao longo de uma atividade: (i) especificação, (ii) negociação, (iii) controle de admissão, (iv) reserva de recurso [BLA97, HUT94, NAH95]. Os aspectos dinâmicos do gerenciamento de QoS reagem as mudanças do ambiente, permitindo que um contrato seja cumprido ao longo do andamento. As especificações dos contratos são muitas vezes inexatas quanto ao uso de recursos e as características de fluxo geralmente não são completamente definidas com antecedência [SRE96]. As funções dinâmicas de gerenciamento de QoS são: (i) monitoramento, (ii) policiamento, (iii) manutenção, (iv) renegociação, (v) adaptação, (vi) sincronização. Esses aspectos são explanados em [BLA97, HUT94, NAH95, CAM97].

## 5 ARQUITETURA ISAM

A arquitetura ISAM foi concebida para habilitar as aplicações móveis a obterem as informações de contexto e se adaptarem às alterações que ocorrem no transcurso da execução. Para auxiliar o projeto, o software de suporte deve fornecer: (i) abstrações que permitam pensar sobre a aplicação – paradigma; (ii) serviços que combinados são usados para construir as aplicações. Desta forma, a arquitetura apresenta uma organização lógica em três camadas: (i) camada de aplicação; (ii) camada de suporte e ambiente de execução; (iii) camada de sistemas básicos. A camada superior (aplicação) oferece o paradigma e a linguagem de programação – HoloParadigma e HoloLinguagem [BAR01a, BAR01b]. A camada intermediária (ambiente de execução) oferece os mecanismos de suporte à execução da aplicação e às estratégias de adaptação. A camada inferior é composta dos sistemas e linguagens nativas das máquinas que integram a rede móvel. Por questões de portabilidade, nesta camada a plataforma base de implementação é a Máquina Virtual Java [HOR00].

A adaptação é oferecida em dois modos: explícito – o programador informa ao sistema políticas de adaptação, ou projeta um comportamento adaptativo da aplicação; implícito – o comportamento adaptativo é pré-embutido e gerenciado pelo escalonador de aplicações [AUG00]. Para ambos, a adaptação ocorre com base nas informações da alteração de contexto fornecidas pelo **módulo de monitoração** da arquitetura.

## 5.1 MONITORAÇÃO NO ISAM

A mobilidade física introduz a possibilidade de movimentação do usuário durante a execução de uma aplicação. Com este deslocamento, os recursos disponíveis podem se alterar, tanto em função da área de cobertura e heterogeneidade das redes, quanto em função da disponibilidade variável dos recursos devido à alta dinamicidade do sistema. Desta forma a localização corrente do usuário determina o contexto de execução. No ISAM o contexto é definido como: “toda informação, relevante para a aplicação, que pode ser usada para definir seu comportamento”. Numa análise preliminar, inspirada nos trabalhos [DIX00, SCH98], o contexto pode ser determinado através de quem, onde, quando e o que está sendo realizado e com o que está sendo realizado. Obter essas informações é a tarefa do módulo de monitoração, que atua tanto na parte móvel da rede quanto na parte fixa.

Para gerenciar a complexidade do contexto, este foi estruturado em tipos de informações que o compõem (e que serão coletadas): físicas – relativas ao hardware (bateria, latência, banda, etc); lógicas – relativas ao software (tarefas, arquivos, preferências, etc); e sociais – relativa ao contexto da comunidade de usuários. Essas informações alimentam o conceito de adaptação ISAM, tanto no nível de sistema (escalonador) quanto no nível de aplicação, além de comporem o Perfil do Usuário [AUG00].

Por sua vez, o módulo de monitoração do contexto também é organizado em três camadas. Nelas são monitoradas informações pertinentes à (i) aplicação; (ii) sistema de execução e (iii) rede. As camadas de monitoração da aplicação e do sistema de execução são definidas internamente ao ISAM, sendo objeto de trabalhos em andamento [AZE01, SIL01]. A integração específica com o GRAMA se dá na camada de monitoração da rede. Com a perspectiva de manter a independência entre os sistemas, a integração está modelada em uma camada *middleware* que trata a interoperabilidade entre eles.

## 5.2 INTEGRAÇÃO DA MONITORAÇÃO ISAM-GRAMA

O processo de monitoração inclui três momentos: (i) registro dos recursos de interesse; (ii) detecção do status corrente do recurso; (iii) notificação de alteração. A figura 4 mostra o esquema de integração GRAMA-ISAM. Usando métodos definidos na Interface de Integração, a aplicação ISAM registra os recursos de seu interesse que são monitorados pelo GRAMA (figura 4 – detalhe 1). Aos recursos, a aplicação associa faixa de valores de tolerância que quando extrapolados devem disparar a notificação de alteração. Por seu lado, o GRAMA registra o interesse da aplicação (figura 4 – detalhe 2), e monitora o(s) recurso(s) (figura 4 – detalhe 3). Periodicamente, o GRAMA filtra as informações e testa os limites de tolerância registrados pela aplicação. Se ocorrer a extrapolação dos limites, a aplicação é notificada (figura 4 – detalhe 4) com a inserção da informação no espaço de memória distribuída compartilhada da arquitetura ISAM (história). Esta atividade é realizada por um agente GRAMA. Cabe salientar que o período de tempo para a consolidação das informações coletas e verificação do status é dependente de cada tipo de recurso. Assim, aspectos de contexto com variação mais lenta (ponto de conexão do usuário, por exemplo) são verificados a intervalos maiores do que recursos altamente variáveis, como banda e memória disponível. Além disso, se a aplicação ISAM deseja obter informações diretamente da Base de Dados Compartilhada, esta pode fazer a solicitação sob demanda, via a Interface de Integração.

O Tratamento da Interoperabilidade é uma questão importante para a integração, principalmente a nível de formato parametrizado da informação disponibilizada ao ISAM. Os dados valorados obtidos pela monitoração no GRAMA devem ser traduzidos para dados simbólicos usados no ISAM (figura 4 – detalhe 5). Por exemplo, considerando uma escala de 1 a 10, a faixa de valores 8-10 pode ser considerada de “boa qualidade da banda passante”. Essa tradução é realizada via Regras Semânticas de Interpretação, e é dependente do binômio aplicação x perfil do usuário ISAM.

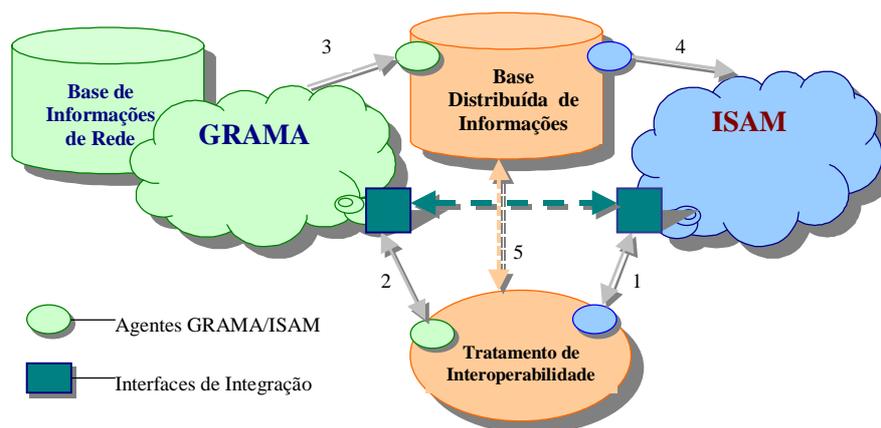


figura 4 - Integração GRAMA-ISAM

## 6 TRABALHOS RELACIONADOS

Recentemente, um número de ferramentas de monitoramento para ambientes móveis adaptativos têm sido propostas. Dentre estas, citam-se Mobeware [ANG98], Odyssey [NOB00], ReMoS [DeW97], Darwin [MIL00] e Timely [BHA98]. Como GRAMA e ISAM, o modelo de rede desses trabalhos é caracterizado como rede infra-estruturada. Porém, nestes, a monitoração da rede é interna a cada sistema de adaptação, que em geral somente monitora a banda passante ou a latência da rede, e adapta-se às suas variações. Esta é uma abordagem limitada. Diferentemente, a integração GRAMA-ISAM permite uma melhor relação custo-benefício, uma vez que o processo de monitoramento serve para dois propósitos.

Existem muitos sistemas de agentes móveis, porém poucos abordam a influência da mobilidade física, dentre esses, citam-se: Agent Tcl [GRA97], Concordia [CAS98], e Itinerant Agent [CHE95]. Para tal, os sistemas de agentes devem tratar dos problemas que advém da desconexão e da fraca conectividade, das restrições naturais dos dispositivos móveis, e da descoberta e gerenciamento dos recursos cuja localização é desconhecida a princípio. No gerenciamento distribuído de redes tradicionais, muitos trabalhos abordam o uso de agentes móveis [BIE98, SHA98, WON99] e outros, o uso de código móvel para disponibilizar uma rede "plug-and-play" [BAL97, BIE98]. Alguns aspectos em gerenciamento distribuído são também pertinentes à pesquisa em redes ativas e programáveis [SUZ98, KAW00, RAZ00].

Próximo ao contexto do GRAMA, o DMF [FER99] possui uma arquitetura orientada a objetos para o desenvolvimento dinâmico de aplicações para gerenciamento distribuído. Porém o DFM não se preocupa com o comportamento da rede. Já o MAGENTA [SAH98] aborda a questão da computação móvel, provendo extensibilidade, tolerância a falhas, adaptabilidade dinâmica e execução remota. Sendo que se apresenta como um ambiente para desenvolvimento de aplicações de gerenciamento de rede, não trata de modelos de gerenciamento, nem tem preocupação com QoS.

## 7 CONCLUSÕES

O suporte a componentes móveis torna as redes diferenciadas sob o ponto de vista do gerenciamento. Questões relativas à detecção de falhas, ao roteamento de pacote, ao balanceamento de carga, entre outras, passam a necessitar de uma adequação a essa nova realidade, para dar o tratamento desejado aos elementos móveis da rede. A abstração do gerenciamento em 3 níveis, como proposto nesse trabalho, auxilia no tratamento das informações de rede. O uso de agentes móveis aliado a essa abstração permite a flexibilização do controle do ambiente de rede adotado nesse trabalho. Com a estratégia adotada na composição do GRAMA, o suporte às aplicações móveis distribuídas fica estruturado, o que possibilita uma integração com o ISAM, buscando minimizar o *gap* entre o gerenciamento de redes e os sistemas distribuídos.

## BIBLIOGRAFIA

- [ANG98] ANGIN, Oguz; et al. “*The Mobeware Toolkit: Programmable Support for Adaptive Mobile Networking*”. IEEE Personal Comm. Magazine. Special Issue on Adapting to Network and Client Variability. Aug. 1998.
- [AUG00] AUGUSTIN, Iara. “*Acesso aos Dados no Contexto da Computação Móvel*”. PPGC/UFRGS. Porto Alegre. Dez. 2000 (Exame de Qualificação).
- [AZE01] AZEVEDO, Silvana; et. al. “*DEPAnalyzer: Um analisador estático de dependências para programas Java*”. II Workshop em Computação de Alto desempenho – WSCAD’2001 – Pinelópolis, GO, 2001.
- [BAG98] BAGGIO, Aline. “*System Support for Transparency and Network-aware Adaptation in Mobile Environments*”. In: ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING - Special Track on Mobile Computing Systems and Applications. *Proceedings*. Atlanta, USA. Feb. 1998.
- [BAL97] BALDI, M.; GAI, S.; PICCO, G. “*Exploiting code mobility in decentralized and flexible network management*”. in: Proc. MA’97, April, 1997, Berlin, Germany.
- [BAR01a] BARBOSA, Jorge L. V.; GEYER, Cláudio F. R. “*Uma Linguagem Multiparadigma Orientada ao Desenvolvimento de Software Distribuído*”. V Simpósio Brasileiro de Linguagens de Programação (SBLP). *Anais*. Maio. 2001.
- [BAR01b] BARBOSA, Jorge L. V.; GEYER, Cláudio F. R. “*Integrating Logic Blackboards and Multiple Paradigm for Distributed Software Development*”. *Proceedings of International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA)*. June. 2001.
- [BAU94] BAUMAN, J.; HOHL, F.; STRASSER, M. “*The Mole System*”. <http://mole.informatik.uni-stuttgart.de/>
- [BIE98] BIESZCZAD, A.; PAGUREK, B.; WHITE, T. “*Mobile Agents for Network Management*”, IEEE Communications Survey. Disponível em <http://www.comsoc.org/pubs/surveys>, Fourth Quarter, 1(1), 1998.
- [BHA98] BHARGHAVAN, Vaduvur; et al. “*The Timely Adaptive Resource Management Architecture*”. IEEE Personal Communications Magazine. v.5, n. 4. 1998.
- [BLA97] BLAIR, G.; STEFANI, J-B. “*Open Distributed Processing and Multimedia*”. Addison-Wesley, 1997.
- [BLU01] Bluetooth – a Global Specification for Wireless Connectivity. July. 2001. <http://www.bluetooth.com>
- [CAM97] CAMPBELL, A.; COULSON, G. “*A QoS Adaptive Multimedia Transport System: Design, Implementation and Experiences*”. *Media Distributed System Engineering*, vol. 4, pp. 28-37, 1997.
- [CAS98] CASTILHO, A. ; et al. “*Concordia<sup>TM</sup> as Enabling Technology for Cooperative Information Gathering*”. *Proceedings of the Japanese Society for Artificial Intelligence Conference*. Jun. 1998.
- [CHA99] CHALMERS, Dan; SOLMAN, Morris. “*A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environments*”. IEEE Communications Surveys. 1999.
- [CHE95] CHESS, David; et. al.. “*Itinerant Agents for Mobile Computing*”. IEEE Personal Comm. N.2. Oct. 1995.

- [DEW97] DeWITT, Tony; et al. “*ReMoS: A Resource Monitoring System for Network-aware Applications*”. Technical Report. CMU-CS-97-194. Carnegie Mellon University. Dec. 1997. Disponível em <http://www.cs.cmu.edu>
- [DIX00] DIX, Alan; et al. “*Exploiting Space and Location as a Design Framework for Interactive Mobile Systems*”. ACM Transactions on Computer-Human Interaction. v.7, n.3, sept. 2000.
- [FER99] Feredium, M.; Krause, J. “*Distributed Management with Mobile Components*”. in: Proc. 6<sup>th</sup> IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management “IM’99”, Piscataway, 1999, pp. 857-870.
- [GRA97] GRAY, Robert; et. al. “*Mobile Agents for Mobile Computing*”. Proceeding of 2<sup>nd</sup> International Symposium on Parallel Algorithms/Architectures Synthesis. Japan. Mar. 1997.
- [HAR98] HARTSEN, J.; et. al. “*Bluetooth: Vision, Goals and Architecture*”. ACM Mobile Computing and Communications Review. Vol. 2 n.4, oct. 1998.
- [HOR00] HORSTMANN, C. S.; CORNELL, G. “*Core JAVA. Volume II – Advanced Features*”. Prentice Hall Title. 2000.
- [HUT94] HUTCHISON, D. et al. “*QoS Management in Distributed Systems in Network and Distributed System Management*”. M. Sloman, Ed. , pp. 273-302, Addison-Wesley, 1994.
- [IBM00] IBM. <http://www.trl.ibm.com/aglets>.
- [KAW00] KAWAMURA, R.; STADLER, R. “*A middleware architecture for active distributed management of IP networks*”, in: Proc. NOMS 2000, Hawaii, USA.
- [LOU98] LOUREIRO, Antonio F.; MATHEUS, G.R. “*Introdução à Computação Móvel. Tutorial.*” 11<sup>a</sup> Escola de Computação, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.
- [MIL00] MILLER, N.; STEENKISTE, P. “*Collecting Network Status Information for Network-Aware Applications*”. Infocom’00. Tel Aviv, Mar. 2000.
- [NOB00] NOBLE, Brian. “*System Support for Mobile, Adaptive Applications*”. IEEE Personal Computing Systems. v.7, n.1, p. 44-49, Feb. 2000.
- [OBJ97] ObjectSpace. “*ObjectSpace Voyager Core Package Technical Overview*”. **Technical Report**. July. 1997. Disponível em <http://www.objectspace.com/>.
- [RAZ00] RAZ, D.; SHAVITT, Y. “*Active Networks for Efficient And Distributed Network Management*”, IEEE Communication, 38(3), 2000.
- [SAT96] SATYARAYANAN, M. “*Fundamental Challenges in Mobile Computing*”. 15<sup>th</sup> ACM Symposium on Principles of Distributed Computing. Proceeding, 1996.
- [SAH98] SAHAI, A.; Morin, Christine. “*Towards Distributed and Dynamic Network Management*”, in: Proc. NOMS’98, February, 1998, New Orleans, Louisiana, USA.
- [SCH98] SCHMIDT, Albrecht; et al. “*There is More to Context than Location*”. Proceedings International Workshop Interactive Applications of Mobile Computing. Rostock, Germany. Nov, 1998.
- [SAH97] SAHAI, A., BILLIART S., MORIN, C. “*Astrolog: A Distributed and Dynamic Environment for Network and System Management*” in proceedings of 1st European Information Infrastructure User Conference , Feb 1997, University of Stuttgart, Germany.
- [SAH98] SAHAI A., MORIN, C. “*Mobile Agents for Enabling Mobile User Aware Applications*”; In Proceedings of the Second ACM International Conference Autonomous Agents (Agents 98), May 1998, Minneapolis/St.Paul, USA.
- [SIL00] SILVA, A.. “*The AgentSpace*”, 2000, Disponível em: <http://berlin.inesc.pt/agentspace/index.html>
- [SIL01] SILVA, Luciano da; YAMIN, Adenauer; AUGUSTIN, Iara; ARAUJO, Edvar; GEYER, Cláudio. “*Mecanismos de Suporte ao Escalonamento em Sistemas com Objetos Distribuídos Java*”. CACIC2001 (submetido à publicação).
- [SRE96] SREENAN, C. J.; MISHRA, P. P. “*Equus: A QoS Manager for Distributed Applications*”. In proc. IFIP/IEEE International Conference on Distributed Platforms. Desden, pp. 496-509, 1996.
- [SUZ98] SUZUKI, M.; WANG, W.; WEINSTEIN, S. “*Special issue on Programmable Networks*”, IEEE Commun. 36(10), 1998.
- [WON99] WONG, D.; PACIOREK, N.; MOORE, D. “*Java-based Mobile Agents*”, Commun. ACM, 42(3), 1999.
- [YAM01] YAMIN, Adenauer; AUGUSTIN, Iara; BARBOSA, Jorge; SILVA, Luciano; GEYER, Cláudio. “*Explorando o Escalonamento no Desempenho de Aplicações Móveis Distribuídas*”. II Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho. Goiás, Brasil. Set. 2001.