

Compartilhamento do Acesso a Grades Computacionais em Redes Ad Hoc

Diego Souza Gomes¹, Francisco José da Silva e Silva², Alexandre César Tavares Vidal², Danilo Lauande Franco², Vinicius Rogério Araujo Silva²

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade,
Universidade Federal do Maranhão

²Departamento de Informática,
Universidade Federal do Maranhão
São Luís, MA – Brasil

{diego,danilolf,viniciusras}@lsd.ufma.br, {fssilva,vidal}@deinf.ufma.br

Abstract. *This paper presents a software infrastructure that allows mobile users connected through an Ad Hoc network share a mobile service to access the services offered by the grid middleware Integrate. Through this mechanism, mobile clients can request the execution of applications in the grid, monitor the applications execution and view the result of computations already completed. The architecture proposed takes into account the highly dynamic topology of the Ad Hoc networks and has mechanisms for context science, providing support during disconnection and low connectivity periods, as well as, adapting the computation results content returned by the grid.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma infra-estrutura de software que permite a usuários móveis conectados através de uma rede Ad Hoc compartilharem um serviço móvel de acesso aos serviços de grade oferecidos pelo middleware Integrate. Através deste mecanismo, clientes móveis podem solicitar a execução de aplicações na grade, realizar o acompanhamento da execução das aplicações e visualizar o resultado de computações já concluídas. A arquitetura proposta leva em consideração a topologia altamente dinâmica das redes Ad Hoc e possui mecanismos de ciência de contexto, provendo suporte a períodos de desconexão e baixa conectividade, bem como a adaptação de conteúdo dos resultados das computações realizadas pela grade.*

1. Introdução

Tecnologias de computação móvel e de rede sem fio têm evoluído muito rapidamente, de forma que muitos destes dispositivos possuem hoje considerável capacidade de processamento, armazenamento e comunicação. As diversas tecnologias de rede sem fio (*wireless networks*) que existem atualmente tais como sistemas celulares, WLANs (*Wireless Local Area Networks*) e *Bluetooth*, permitem que seus usuários possam ter acesso a dados corporativos, pessoais e conteúdos da Internet de modo conveniente em qualquer lugar e a qualquer hora. Todas estas funcionalidades têm tornado estes dispositivos cada vez mais populares e utilizados por diversos grupos de pessoas para os mais variados fins.

Devido a esta popularização da computação móvel, usuários de dispositivos portáteis formam um importante e novo segmento da computação em grade, assumindo tanto o papel de usuários como também de provedores de recursos, uma vez que a capacidade computacional destes dispositivos tem crescido e as redes sem fio estão presentes em um grande número de ambientes. A computação em grade envolve a agregação de computadores conectados em rede para formar um sistema distribuído de larga escala que pode ser utilizado para realizar as mais variadas computações. Através da divisão da carga de trabalho em uma grande quantidade de computadores, uma grade pode dispor de um enorme poder computacional, de armazenamento e de transferência de dados, além de outros recursos compartilháveis. Essa infra-estrutura pode ser utilizada como uma extensão dos recursos computacionais de dispositivos móveis.

Há duas abordagens principais de integração de dispositivos móveis em grades. Na primeira abordagem, dispositivos móveis podem participar como clientes ou mesmo como provedores (nós de processamento) no contexto de uma grade fixa pré-existente [Hwang and Aravamudham 2004, Bastos et al. 2008]. Na segunda abordagem, esses dispositivos podem formar, de maneira espontânea, grades puramente sem fio - as chamadas “grades móveis Ad Hoc” [Marinescu et al. 2003].

Em [Gomes et al. 2007] é apresentada uma infra-estrutura de software para acesso aos serviços do *middleware* de grade Integrate [Goldchleger et al. 2004] por usuários de dispositivos móveis, denominada Mobile Integrate (MIntegrate). Sua arquitetura foi elaborada de modo a causar o mínimo impacto aos componentes já implementados deste *middleware*. Para tanto, o padrão arquitetural adotado foi o modelo cliente / proxy / servidor descrito em [Pitoura and Samaras 1998]. Nesta arquitetura, há um componente que exerce o papel de um *proxy*, responsável por realizar a interação entre os clientes móveis e o servidor (a grade), tornando os desafios da computação móvel transparentes ao servidor. Porém, como componentes desta arquitetura e a própria grade executam em uma rede estruturada, para que um dispositivo móvel possa se valer desta infraestrutura de acesso aos serviços do *middleware* Integrate é necessário que ele tenha acesso a uma rede infraestruturada IEEE 802.11. Interfaces que provêm acesso a esse tipo de rede nem sempre estão disponíveis nos diversos modelos de celulares, smartphones e PDAs existentes hoje no mercado.

Tendo isto em vista, este trabalho se propõe a estender o mecanismo existente de acesso ao *middleware* Integrate através de dispositivos móveis e disponibilizar para usuários conectados através de uma rede Ad Hoc um serviço móvel que permita que estes possam solicitar a execução de aplicações na grade, realizar o acompanhamento da execução das aplicações e visualizar o resultado das computações realizadas. A arquitetura também possui mecanismos de tolerância a falhas e ciência de contexto que provêm adaptação de conteúdo dos resultados das computações realizadas pela grade de acordo com a característica do dispositivo. A infra-estrutura de *software* usará como base para sua implementação o *middleware* SNU (Spontaneous Network Utilities) [Palmeira Filho 2007], cujo objetivo é facilitar a construção de aplicações voltadas ao compartilhamento de conteúdo em redes Ad Hoc.

Vários desafios têm de ser enfrentados para a construção de um mecanismo eficiente de comunicação com dispositivos móveis, como a diversidade de dispositivos, segurança, limitação das baterias, heterogeneidade da rede e o gerenciamento de períodos

de desconexão e baixa conectividade. Sendo que estes dois últimos são potencializados em redes Ad Hoc espontâneas, onde não existe a garantia da permanência de todos os nós durante a comunicação entre os dispositivos. Esta dinamicidade das redes Ad Hoc também implica no fato de que não se pode contar com nenhum tipo de controle centralizado nestas redes, devendo-se prover assim, uma maneira eficiente de gerenciá-las de forma descentralizada.

Este artigo está estruturado como segue: a seção 2 descreve uma visão geral do *middleware* SNU, a seção 3 discute o acesso aos serviços do Integrate por dispositivos móveis em redes Ad Hoc: seus requisitos e arquitetura. A seção 4 descreve aspectos de implementação desses serviços. A seção 5 discute alguns trabalhos relacionados. Na seção 6 mostramos as conclusões decorrentes deste trabalho.

2. O *Middleware* SNU

A arquitetura do serviço de compartilhamento do acesso a grades de computadores por dispositivos móveis conectados através de uma rede Ad Hoc foi implementada com o auxílio do *middleware* SNU (Spontaneous Network Utilities). O SNU é um *middleware* que tem por objetivo principal facilitar a construção de aplicações voltadas ao compartilhamento de conteúdo em redes Ad Hoc espontâneas de curto alcance.

A arquitetura do SNU é estruturada em camadas, onde cada camada é composta por componentes que tratam de assuntos relacionados ao mesmo nível de abstração. Serviços fornecidos em uma camada podem ser acessados pela camada superior através de uma API bem definida. Isto fornece a possibilidade de substituir funcionalidades, mudando componentes sem que seus clientes sejam afetados.

A Figura 1 mostra as camadas que compõem o *middleware* SNU. A camada de rede realiza o gerenciamento dos dispositivos ao redor, a descoberta dos serviços por eles ofertados, o envio e recebimento de dados através da rede, assim como a compressão e criptografia dos mesmos. A implementação atual desta camada é baseada na tecnologia *bluetooth*, mas a forma como foi desenvolvida permite a utilização de outras tecnologias de rede, através da adoção de uma interface bem definida.

A Camada de Serviços contém todos os serviços disponibilizados pelo *middleware*. Como mostra a Figura 1, esta é a única camada visível para as aplicações, sendo responsável por fornecer todas as interfaces utilizadas pelos desenvolvedores ao criar aplicações para os usuários finais. Existem serviços que lidam com o gerenciamento de contatos e grupos, compartilhamento de dados que podem ser organizados em coleções, gerenciamento de informações de contexto da aplicação e troca de mensagens de texto. Nesta camada introduzimos o serviço de acesso a grade, um dos componentes da arquitetura proposta neste trabalho que será detalhada a seguir.

3. Acesso ao Integrate por Dispositivos Móveis em Redes Ad Hoc

A arquitetura de *software* proposta neste trabalho tem por objetivo o compartilhamento em redes Ad Hoc de um serviço de acesso a grades de computadores estabelecido através do *middleware* Integrate, conforme ilustrado na Figura 2.

Esta arquitetura permite a qualquer dispositivo solicitar a execução de aplicações à grade, acompanhar o estado de execuções solicitadas e visualizar os resultados das

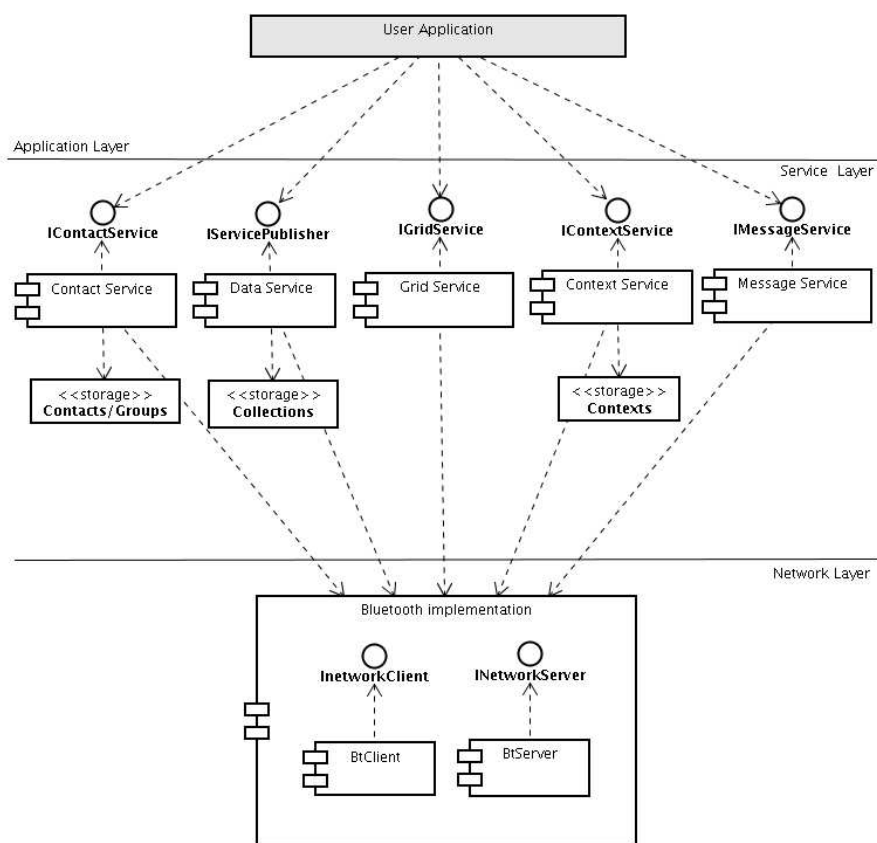


Figure 1. Diagrama de componentes do SNU.

mesmas quando do seu término. Para tanto, pelo menos um dispositivo móvel pertencente à rede Ad Hoc deve funcionar como provedor deste serviço. Este provisionamento é baseado no trabalho apresentado em [Gomes et al. 2007], que adota o padrão arquitetural cliente / *proxy* / servidor [Pitoura and Samaras 1998]. O componente *proxy* executa em uma rede cabeada e é responsável por realizar a interação entre os clientes móveis e o servidor (a grade), tornando os problemas decorrentes do uso de enlaces sem fio e dispositivos móveis transparentes ao *middleware* da grade. Como ilustrado na Figura 2, a comunicação com o *proxy* é realizada através de uma rede infra-estruturada IEEE 802.11. Portanto, o provedor do serviço de compartilhamento do acesso a grade em redes Ad Hoc deve também possuir interface de rede IEEE 802.11.

A solução arquitetural proposta foi guiada por diversos requisitos impostos por características intrínsecas às redes móveis Ad Hoc. Uma característica considerada é a alta dinamicidade da rede, cuja topologia é variável. Dispositivos podem entrar e sair da rede a qualquer momento e sem prévio aviso, passar por períodos de desconexão ou de baixa conectividade, ou até mesmo falharem. Assim, tanto provedores de serviço quanto seus consumidores podem inesperadamente deixar a rede no meio de uma sequência de interações. Outra característica levada em consideração é o suporte à grande heterogeneidade tecnológica dos dispositivos, tanto com relação a propriedades de *hardware* quanto de *software*, decorrente das diversas famílias de equipamentos. Assim, a visualização dos resultados da execução de uma aplicação na grade pode requerer uma adaptação de seu conteúdo. Uma imagem, por exemplo, deve ser adaptada à resolução

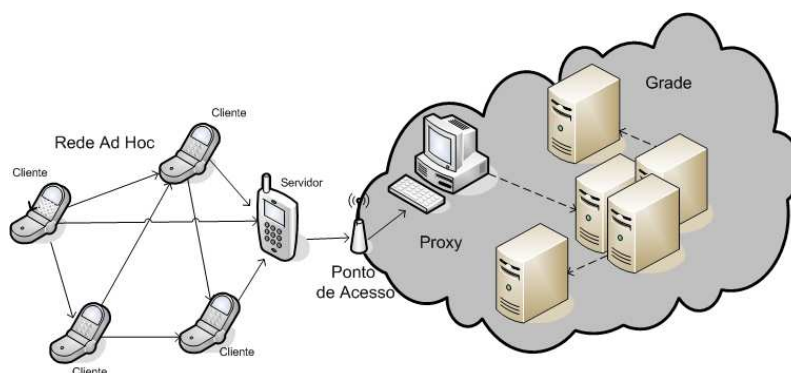


Figure 2. Acesso a grade através de redes Ad Hoc.

da tela do dispositivo. Um outro aspecto levado em consideração são eventuais períodos de desconexão que impossibilitem temporariamente a comunicação entre o *proxy* e os provedores do acesso a grade na rede Ad Hoc.

3.1. Descrição da Arquitetura Proposta

A infra-estrutura de *software* proposta é composta pelos componentes ilustrados na Figura 3. Dois componentes foram implementados na camada de serviço do *middleware* SNU. O *GridClient* executa nos dispositivos que desejam obter acesso aos serviços do Integrade. Utilizando os serviços providos pela camada de rede do SNU, este componente é responsável por descobrir, entre os dispositivos que compõem a rede Ad Hoc, um nó que forneça o serviço de acesso a grade. Através de um protocolo de registro do cliente junto ao provedor do serviço, o cliente passa a poder requisitar os serviços do Integrade. O outro componente implementado na camada de serviço do SNU denomina-se *GridServer*. Ele é executado no dispositivo provedor do serviço de acesso a grade e sua função é receber as solicitações dos clientes, formatar as mensagens recebidas como requisições de serviço à grade e enviá-las ao *middleware* Integrade através de uma rede infra-estruturada IEEE 802.11. O *GridServer* deve também retornar o resultado do processamento das solicitações ao cliente. Para tanto, ele deve manter um mapeamento requisição/resposta, associando-as ao cliente responsável pela requisição, já que o *GridServer* pode estar atuando em favor de diversos clientes.

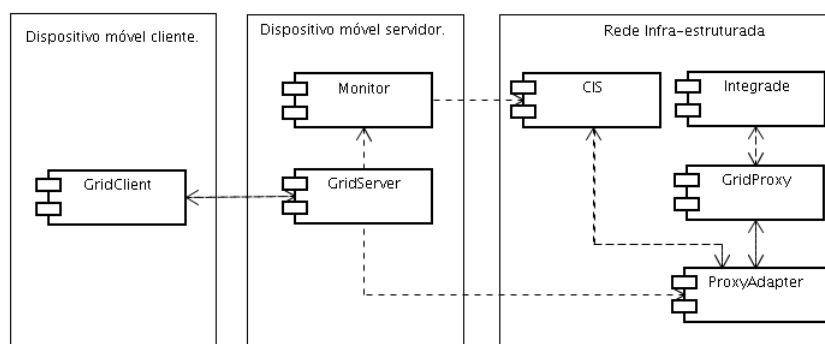


Figure 3. Componentes da arquitetura de acesso a grade em redes Ad Hoc.

A arquitetura proposta compreende também componentes que executam em nós fixos. O componente *ProxyAdapter* intermedeia toda a comunicação entre os dispositivos

móveis que executam o serviço *GridServer* e a grade, tratando eventuais desconexões destes dispositivos através do armazenamento em uma *cache* das mensagens direcionadas a eles até que a conectividade seja restabelecida. Ele também é responsável pela adaptação do conteúdo dos resultados das computações submetidas à grade, de modo a permitir sua exibição nos dispositivos móveis de acordo com suas propriedades de *hardware* e *software*. O *GridProxy* é o componente responsável por tornar os dispositivos móveis transparentes aos demais componentes do *middleware* Integrate. Este componente recebe as requisições enviadas pelos dispositivos móveis, formata estas requisições de acordo com o padrão de comunicação utilizado pelo *middleware* Integrate e as encaminha para execução. As notificações de aplicações finalizadas são também encaminhadas pela grade a este componente para serem, então, enviadas aos dispositivos móveis que as requisitaram. Do ponto de vista da grade, o *GridProxy* é visto como o solicitante das requisições, tornando os problemas decorrentes da mobilidade transparente aos componentes do Integrate.

3.2. Ciência de Contexto

Um dos requisitos da arquitetura proposta é permitir que o resultado das computações realizadas pelo Integrate possam ser visualizadas em uma grande variedade de dispositivos. Para tanto, o conteúdo deve ser adaptado levando-se em consideração aspectos de contexto computacional dos dispositivos, como diferentes resoluções de tela.

Um *daemon* monitor que executa nos dispositivos móveis coleta informações estáticas dos mesmos, como o fabricante e o modelo do dispositivo. Além das informações estáticas, o monitor que executa no nó provedor do serviço na rede Ad Hoc coleta também informações de contexto dinâmicas, tais como percentual de uso da CPU, memória disponível, nível de energia da bateria e o estado da conexão com o ponto de acesso IEEE 802.11. As informações de contexto estático dos nós clientes são repassadas ao nó provedor do serviço na rede Ad Hoc como parte do processo de registro dos mesmos. Estas informações de contexto são registradas pelo provedor de serviço no CIS (*Context Information Service*), um componente que executa em um nó fixo. O CIS utiliza as especificações CC/PP ¹ e UAProf ² como fonte de informação das características estáticas dos dispositivos. Ao receber as informações de fabricante e modelo dos dispositivos móveis, o CIS busca o documento UAProf que descreve as características de *hardware* e *software* daquele dispositivo em seu repositório de arquivos, interpreta o documento, adequa as informações estáticas ali presentes (tipo do dispositivo, resolução de tela, capacidade de exibir cores e quantidades de bits por pixel) ao seu modelo de banco de dados e armazena estas informações.

As informações de contexto dinâmico dos nós provedores de serviço são também armazenadas no CIS, através de um protocolo de atualizações periódicas. Tanto o monitor que executa nos nós provedores de serviço quanto o CIS fazem parte da arquitetura MoCA [Sacramento et al. 2004] (*Mobile Collaboration Architecture*), desenvolvida na PUC-Rio.

O CIS fornece APIs de acesso a contexto que são utilizadas na arquitetura proposta pelo componente *ProxyAdapter* para obtenção do contexto dinâmico e estático dos dispositivos. O *ProxyAdapter* usa essas informações para adaptar o conteúdo das

¹<http://www.w3.org/Mobile/CCPP/>

²<http://www.developershome.com/wap/detection/detection.asp?page=uaprof>

mensagens retornadas pela grade aos dispositivos móveis.

Outro aspecto relacionado ao mecanismo de ciência de contexto empregado é o suporte a eventuais períodos de desconexão ou de conectividade intermitente que o provedor do serviço venha a sofrer com relação a sua conexão com a rede infra-estruturada. O CIS deduz que um dispositivo móvel atravessa um período de desconexão sempre que passar um determinado intervalo de tempo sem receber atualizações das informações de contexto dinâmico do mesmo. A ocorrência deste evento faz com que o CIS gere uma notificação ao *ProxyAdapter*, que passa a armazenar em *cache* informações oriundas da grade direcionadas ao dispositivo, para que estas possam ser repassadas posteriormente quando a conexão com o aparelho for restabelecida.

Um importante requisito tratado pela arquitetura proposta é decorrente da alta dinamicidade das redes Ad Hoc, que impõe ao *software* lidar com a entrada e saída na rede de qualquer nó a qualquer momento e sem aviso prévio. Assim, toda a comunicação na rede Ad Hoc realizada através do *middleware* SNU ocorre de forma assíncrona e todos os protocolos de interação estabelecidos levam em conta a possibilidade de um dos comunicantes tornar-se subitamente indisponível. O *GridClient* é responsável por verificar se o dispositivo que está lhe provendo o serviço de acesso a grade continua disponível na rede. Caso seja detectado a ausência do provedor, é automaticamente iniciada uma busca na rede Ad Hoc por outros dispositivos provedores do mesmo serviço e, caso esta seja bem sucedida, um novo protocolo de registro é iniciado. Mensagens oriundas da grade em decorrência de solicitações anteriores serão automaticamente redirecionadas ao cliente pelo seu novo provedor de serviço.

3.3. Interação entre Componentes

Como ilustração das interações entre os componentes da arquitetura apresentada, o texto a seguir descreve a sequência de passos realizados quando um dispositivo móvel pertencente à rede Ad Hoc solicita a execução de uma aplicação à grade: (1) o usuário do dispositivo móvel indica, através de uma interface gráfica, qual aplicação deseja que seja executada, informando também parâmetros a serem utilizados na sua execução (como os dados de entrada ou as URLs de arquivos através das quais os mesmos podem ser obtidos); (2) O componente *GridClient* recebe esta solicitação e a repassa para o *GridServer* no qual está registrado; (3) O *GridServer* formata a mensagem recebida e a encaminha, através da interface de rede 802.11, ao *ProxyAdapter*, que executa na rede fixa. (4) O *ProxyAdapter* repassa a mensagem ao *GridProxy*. Este último componente mantém um banco de dados que relaciona cada solicitação a um dos serviços da grade ao dispositivo móvel responsável por sua emissão. Além disso, o *GridProxy* é responsável por outras tarefas como, por exemplo, baixar da rede os arquivos contendo os dados de entrada da aplicação a ser executada na grade, localizados através das URLs fornecidas pelo usuário do dispositivo móvel responsável pela submissão da aplicação; (5) O *GridProxy* formata os dados constantes da requisição de execução de acordo com o padrão de comunicação utilizado pelo Integrate e os envia para a grade, tornando transparente o fato da requisição ter sido realizada através de um dispositivo móvel; (6) Após constatar a disponibilidade de recursos para executar a aplicação solicitada, a grade retorna uma mensagem de notificação informando que a requisição foi aceita para execução. Esta mensagem é enviada ao *GridProxy*, que atualiza o estado da entrada em seu banco de dados referente àquela requisição. (7) A mensagem de notificação é, então, repassada

ao *ProxyAdapter* para que possa ser enviada ao dispositivo móvel que está provendo o serviço de acesso a grade. (9) Este, por sua vez, ao receber a mensagem verifica para qual dispositivo da rede Ad Hoc ela é destinada, formata a mensagem de acordo com o padrão de comunicação adotado pelo SNU e a envia para o serviço *GridClient* do dispositivo cliente. (10) Finalmente, ao receber a mensagem de notificação, o *GridClient* chama o método da aplicação de acesso à grade responsável por mostrar ao usuário o estado da solicitação da execução.

4. Aspectos de Implementação

Para a implementação do *GridClient* e da aplicação contendo a interface gráfica utilizada pelo usuário para solicitar os serviços da grade, foi utilizada a plataforma *Connected Limited Device Configuration (CLDC) 1.1, Mobile Information Device Profile (MIDP) 2.0* da *Java Micro Edition (JME)*. O componente *GridServer* foi implementado utilizando-se a plataforma *Connected Device Configuration (CDC) 1.0, Personal Profile 1.0*, dado que ele deve executar em dispositivos com maior poder de processamento por poder atuar em favor de diversos clientes. Como a especificação CDC 1.0 não implementa a API *bluetooth*, foi utilizada a biblioteca *BlueCove*. Os componentes *ProxyAdapter* e *GridProxy* foram implementados utilizando-se Java SE.

A implementação deste trabalho foi desenvolvida utilizando os *toolkits Java Wireless Toolkit 2.5.2 for CLDC* e *Java Toolkit 1.0 for CDC* e emuladores fornecido pela *Sun microsystem*. Para realização dos teste de funcionalidade, os componenetes foram instalados em dispositivos reais que implementam as especificações citadas. Além disso, foram testados diversos cenários de pequena escala onde servidores e clientes da rede Ad Hoc se tornam indisponíveis utilizando-se o simulador *ImprontoSimulator*, que permite a realização de testes de aplicações Java simulando-se a comunicação *bluetooth*.

5. Trabalhos Relacionados

Diversos projetos abordam o uso de dispositivos móveis em grades fixas - tipicamente, a partir de redes infraestruturadas [Rossetto and Dantas 2007, Pinto et al. 2007, Grabowski et al. 2004, Bruneo et al. 2003]. Contudo a interoperação entre dispositivos móveis conectados a uma rede Ad Hoc com recursos de uma grade fixa é um problema ainda pouco abordado na literatura.

Em [Bastos et al. 2008] uma proposta para o acesso de dispositivos móveis participantes de uma grade móvel aos recursos de uma grade fixa é apresentada. O trabalho usa como base os *middlewares* MoGrid [Lima 2007] para grades móveis Ad Hoc, e o Globus Toolkit (GTK) [Foster and Kesselman 1997] para grades fixas. Assim como em nossa abordagem, a solução proposta nesta caso segue o padrão cliente/proxy/servidor. Um proxy situado em uma máquina da rede fixa é responsável por intermediar a comunicação entre os dispositivos da rede Ad Hoc com os dispositivos da rede fixa. Contudo, como as máquinas da rede fixa onde os *proxies* estão situados freqüentemente não possuem interface de comunicação com a rede Ad Hoc, um dispositivo móvel tem de atuar como ponto de acesso entre as duas redes, encaminhando as requisições realizadas para que possa ocorrer a interoperação. Como o GTK trabalha com um sistema de segurança baseado em certificados digitais para autorizar a submissão de tarefas pelos usuários da grade, um sistema de autenticação foi criado no *proxy* dessa arquitetura, de

modo a associar um dispositivo móvel da rede Ad Hoc com um certificado de usuário válido da grade fixa. Entretanto, esse trabalho não se preocupa com questões relacionadas a tolerância a falhas dos dispositivos da rede Ad Hoc que evitem a perda de resultados de execuções de tarefas devido a desconexões ou indisponibilidade dos dispositivos que atuam como ponto de acesso à rede fixa, ou a adaptação do conteúdo das respostas retornadas pela grade as características dos dispositivos.

6. Conclusões

Em contraste com demais abordagens encontradas na literatura, tipicamente focadas na integração de dispositivos móveis a grades através de redes infra-estruturadas, este artigo apresentou uma infra-estrutura de *software* através da qual usuários móveis conectados através de uma rede Ad Hoc podem compartilhar um serviço móvel de acesso aos serviços de grade oferecidos pelo *middleware* Integrate. Através desta arquitetura, usuários de aparelhos móveis podem solicitar a execução de aplicações a grade, realizar o acompanhamento da execução de aplicações e visualizar o resultado de computações já concluídas.

Características intrínsecas a redes móveis Ad Hoc, como a topologia altamente dinâmica da rede, onde dispositivos podem entrar e sair da rede a qualquer momento e sem prévio aviso, passar por períodos de baixa conectividade, ou até mesmo falharem, guiaram a proposta arquitetural da solução. Outras características consideradas foram: o suporte a grande heterogeneidade tecnológica dos dispositivos decorrente das diversas famílias de equipamentos, através da adaptação do conteúdo de imagens retornadas pela grade as diferentes resoluções de telas dos aparelhos e o tratamento de eventuais períodos de desconexão que impossibilitem temporariamente a comunicação entre a grade e os dispositivos da rede Ad Hoc.

Atualmente estamos realizando a avaliação do mecanismo proposto através da simulação da interação entre clientes e servidores considerando diversos modelos de mobilidade para redes Ad Hoc descritos na literatura. Futuramente, pretendemos estender a arquitetura implementada para que seja possível sua adoção em um cenário de redes Ad Hoc de múltiplos saltos.

7. Agradecimentos

Este trabalho faz parte do projeto “Gerenciamento de Recursos, Tolerância a Falhas e Escalabilidade em Grades Computacionais Autônomas”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, processo 55.0895/2007-8.

References

- Bastos, B., Lima, L., Gomes, A., and Ziviani, A. (2008). Interoperação de Grades Móveis Ad hoc com Grades Fixas. *SBC*, page 91.
- Bruneo, D., Scarpa, M., Zaia, A., and Puliafito, A. (2003). Communication Paradigms for Mobile Grid Users. In *Proceedings of the 3st International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, page 669. IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
- Foster, I. and Kesselman, C. (1997). Globus: A metacomputing infrastructure toolkit. *International Journal of High Performance Computing Applications*, 11(2):115.

- Goldchleger, A., Kon, F., Goldman, A., Finger, M., and Bezerra, G. (2004). InteGrade: object-oriented Grid middleware leveraging the idle computing power of desktop machines. *Concurrency and Computation: Practice & Experience*, 16(5):449–459.
- Gomes, D., da Silva e Silva, F. J., and Endler, M. (2007). Integrando dispositivos móveis ao middleware integrate. In *I Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing, WPUC 2007*. SBAC-PAD 2007.
- Grabowski, P., Lewandowski, B., and Russell, M. (2004). Access from j2me-enabled mobile devices to grid services. In *Proceedings of Mobility Conference 2004, Singapore*.
- Hwang, J. and Aravamudham, P. (2004). Middleware services for P2P computing in wireless grid networks. *Internet Computing, IEEE*, 8(4):40–46.
- Lima, L. d. S. (2007). *Um Protocolo Para Descoberta e Seleção de Recursos em Grades Móveis Ad Hoc*. PhD thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio.
- Marinescu, D., Marinescu, G., Ji, Y., Boloni, L., and Siegel, H. (2003). Ad hoc grids: Communication and computing in a power constrained environment. In *Workshop on Energy-Efficient Wireless Communications and Networks*.
- Palmeira Filho, A. S. F. (2007). Snu: Um framework para o desenvolvimento de aplicações voltadas às redes ad-hoc espontaneas. Master's thesis, PPGEE/UFMA.
- Pinto, A., Caetano, M., Dantas, M., and Bordim, J. L. (2007). Abordagem integração de dispositivos móveis com agregados de computadores. In *I Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing, WPUC 2007*. SBAC-PAD 2007.
- Pitoura, E. and Samaras, G. (1998). *Data Management for Mobile Computing*. Kluwer Academic Publisher.
- Rossetto, A. and Dantas, M. (2007). Um mecanismo para tratamento da desconexão na integração de dispositivos móveis e ambientes de grid computacional. In *I Workshop on Pervasive and Ubiquitous Computing, WPUC 2007*. SBAC-PAD 2007.
- Sacramento, V., Endler, M., Rubinsztein, H., Lima, L., Goncalves, K., Nascimento, F., and Bueno, G. (2004). MoCA: A middleware for developing collaborative applications for mobile users. *IEEE Distributed Systems Online*, 5(10):2–2.