PUC

ISSN 0103-9741

Monografias em Ciência da Computação
n° 28/06

Grades Sem Fio: Desenvolvendo Aplicações baseadas no Compartilhamento de Recursos

Luciana dos Santos Lima
Markus Endler
Luiz Fernando Gomes Soares
Antônio Tadeu Azevedo Gomes
Artur Ziviani

Departamento de Informática

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

RUA MARQUÊS DE SÃO VICENTE, 225 - CEP 22453-900

RIO DE JANEIRO – BRASIL]

Monografias em Ciência da Computação, No. 28/06 ISSN: 0103-9741
Editor: Prof. Carlos José Pereira de Lucena Agosto, 2006

Grades Sem Fio: Desenvolvendo Aplicações baseadas no Compartilhamento de Recursos

Luciana dos Santos Lima[1,2], Markus Endler[1], Luiz Fernando Gomes Soares[1], Antônio Tadeu Azevedo Gomes[2], Artur Ziviani[2]

[1]Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)
[2]Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC)

{lslima, endler, lfgs}@inf.puc-rio.br, {atagomes, ziviani}@lncc.br

Abstract. Originally a concept for sharing computing resources among wired participants, grid computing is gradually being extended to support scenarios including wireless networks, which introduce a variety of novel devices and possible uses. Wireless grids are resource sharing networks spontaneously formed by nomadic devices. In this work we present the main challenges in the development of P2P applications for wireless grid networks, focusing on the resource management system.

Keywords: *Resource Sharing, Wireless Networks, Grids, Wireless Grids*.

Resumo. Originalmente concebido como um conceito para o compartilhamento de recursos computacionais em redes cabeadas, o conceito de grade tem gradativamente sido estendido para o cenário delineado pelas redes sem fio, o qual introduz uma gama de novos dispositivos e possibilidades de uso. Grades sem fio são redes para o compartilhamento de recursos formadas espontaneamente por dispositivos nômades. Neste trabalho são abordados os principais desafios no desenvolvimento de aplicações P2P para redes de grade sem fio, tendo como foco o sistema de gerenciamento de recursos.

Palavras-chave: *Compartilhamento de Recursos, Redes Sem Fio, Grades, Grades Sem Fio*.

In charge for publications:

Rosane Teles Lins Castilho
Assessoria de Biblioteca, Documentação e Informação
PUC-Rio Departamento de Informática
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea
22453-900 Rio de Janeiro RJ Brasil
Tel. +55 21 3114-1516 Fax: +55 21 3114-1530
E-mail: bib-di@inf.puc-rio.br
Web site: http://bib-di.inf.puc-rio.br/techreports/

Sumário

1 Introdução 6
1.1 Motivação 6
1.2 Origem da Tecnologia de Grades Sem Fio 7
1.3 Classificação de Grades Sem Fio segundo Padrões de Uso 9
1.3.1 Grade Sem Fio Computacional 10
1.3.2 Grade Sem Fio de Dados 10
1.3.3 Grade Sem Fio de Serviço Público 11
1.4 Objetivos 11
1.5 Organização do Texto 11
2 Aplicações para Grades Sem Fio 11
2.1 Cenários de Uso 11
2.1.1 Distribuição de Áudio com Alta Qualidade (WGRT, 2004) 12
2.1.2 Edição e Exibição de Vídeos em Bares e Clubes Noturnos (WGRT, 2004) 12
2.1.3 Descoberta e Compartilhamento de Dispositivos de Exibição (WGRT, 2004) 13
2.1.4 Transcrição de Notas de Áudio para Texto (WGRT, 2004) 13
2.1.5 Roteamento de Chamadas de VoIP através do Compartilhamento de Interfaces de Rede (WGRT, 2004) 14
2.1.6 Obtenção da Localização Espacial de Dispositivos Sem Fio em um Museu por Triangulação de Som (WGRT, 2004) 14
2.1.7 Aperfeiçoamento do Cálculo e Visualização do Modelo de Dispersão da Poluição do Ar através da Correlação de Fatores Climáticos coletados *in loco* (WGRT, 2004) 15
2.1.8 Acesso à Internet para Motoristas de Veículos Pesados (WGRT, 2004) 15
2.1.9 Monitoramento de Motores Industriais para Evitar Falhas e Reduzir o Consumo de Energia (Johnson, 2004) 15
2.1.10 Serviço de Alerta para Segurança Pessoal 16
2.2 Classificação das Aplicações em Grades Sem Fio 16
2.2.1 Aplicações para Agregação de Informação 17
2.2.2 Aplicações para Acesso a Recursos Locais para Processamento 19
2.2.3 Aplicações para Compartilhamento de Recursos entre Dispositivos Móveis 19
2.3 Foco da Pesquisa 20
3 Desafios no Desenvolvimento de Aplicações para Grades Sem Fio 20
3.1 Sistemas de Coordenação 21
3.2 Descrição e Descoberta de Serviços 21
3.3 Roteamento com Gerenciamento de Consumo de Energia 24
3.4 Políticas de Segurança 24
3.5 Mecanismos de Reputação 26
3.6 Qualidade de Serviço 27

4 Arquitetura Conceitual para o Desenvolvimento de Aplicações em Redes de Grades Sem Fio 30
4.1 Descoberta, Composição e Gerenciamento de Serviços 31
4.2 Compartilhamento de Recursos com Qualidade de Serviço 33
5 Conclusões 35
Referências Bibliográficas 36
Apêndice 1 Acrônimos 41

Lista de Figuras

Figura 1 – Grades sem fio fixas e dinâmicas [fonte: (McKnight et al., 2004)] 6
Figura 2 – Mapa de temas e padrões associados à tecnologia de grades sem fio [fonte: (McKnight et al., 2004)] 9
Figura 3 – Arquitetura de uma grade sem fio [fonte: (Agarwal et al., 2004b)] 10
Figura 4 – Exemplo da interface de usuário do DARC* [fonte: (McKnight et al., 2004)].....12
Figura 5 – Mecanismo de localização por triangulação do som usando RF ou Bluetooth.....14
Figura 6 – Monitoramento de sinais vitais utilizando celulares como sensores [fonte: (Tuisku, 2003)] 17
Figura 7 – Uma rede de sensores para coleta de informações integrada aos sensores de dados em uma grade de aplicações [fonte: (Gaynor et al., 2004)].....18
Figura 8 – Gerenciamento de uma cadeia de suprimentos com sensores de rede inteligentes [fonte: (Gaynor et al., 2004)] 18
Figura 9 – Exemplo de uma entrada UDDI baseada na localização distribuída de recurso [fonte corrigida: (Hwang & Aravamudham, 2004)].....23
Figura 10 – Arquitetura para grade sem fio baseada no uso de *proxy* [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)].....28
Figura 11 – Exemplo de uma especificação de QoS em XML para o serviço de um cliente [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)] 29
Figura 12 – Exemplo de uma mensagem emitida para o *proxy* com as medições referentes à QoS do sistema [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)] 29
Figura 13 – Opções de garantias de QoS alternativas [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)] 29
Figura 14 – Requisitos envolvidos no processo de compartilhamento de recursos 31

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Padrões de uso de grades sem fio 10

1 Introdução

1.1 Motivação

Grades computacionais surgem como a nova tendência em computação distribuída de alto desempenho (Foster, 2003). Em uma grade computacional, unidades de processamento são dispostas em agrupamentos que tentam tirar proveito da ociosidade de processadores presentes nas diferentes unidades. Paralelamente, nos últimos anos, temos assistido a um crescimento vertiginoso da utilização de redes sem fio (Kikta et al., 2002). Quando comparadas às redes convencionais, redes sem fio trazem consigo desafios próprios, como uma qualidade inferior de transmissão no meio sem fio e uma relativa escassez de largura de banda. Para agravar o cenário delineado pelas redes sem fio, o uso cada vez mais disseminado de aplicações de banda larga na Internet tem demandado infra-estruturas de comunicação sem fio de maior capacidade e com melhor suporte à provisão de qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*).

Originalmente concebido como um conceito para o compartilhamento de recursos computacionais entre participantes fixos, o conceito de grade tem gradativamente sido estendido para o cenário delineado pelas redes sem fio, o qual introduz uma vasta gama de dispositivos (sensores, receptores GPS, câmeras, entre outros) e novas possibilidades de uso. Grades sem fio podem também influir significativamente no avanço das arquiteturas de rede sem fio (Park et al., 2003 *apud* McKnight et al., 2004). Isso porque grades sem fio trazem novas demandas em termos de gerenciamento de mobilidade inter-sistemas e de acesso adaptativo dos dispositivos da grade sem fio aos recursos das grades convencionais, o que aumenta o grau de heterogeneidade do sistema (Figura 1). Pesquisas sobre dispositivos sem fio com restrições de consumo de energia e aplicações em grade podem esclarecer questões importantes relativas ao gerenciamento de redes sem fio ponto-a-ponto e aos serviços de grade através de redes pertencentes a um mesmo domínio administrativo ou localizadas em diferentes organizações. Essas questões envolvem interesses técnicos, econômicos e políticos, evidenciando a interdisciplinaridade e o potencial impacto sócio-econômico dessa nova área de pesquisa.

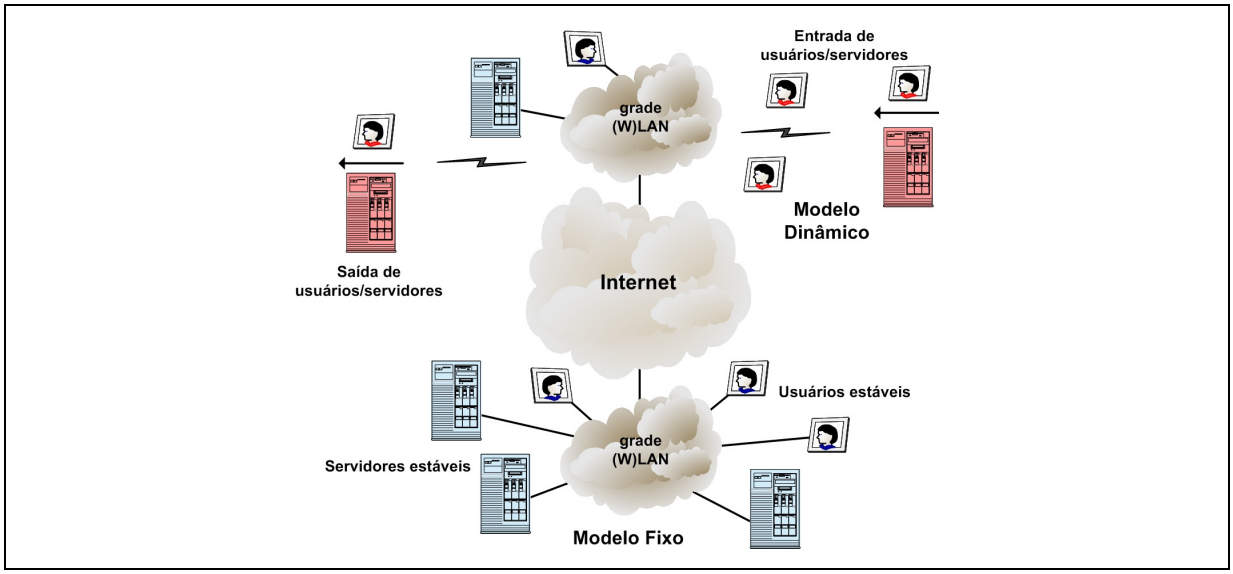

Figura 1 – Grades sem fio fixas e dinâmicas [fonte: (McKnight et al., 2004)]

Grades sem fio disponibilizam novos recursos, possibilidades de uso e padrões de controle para grades computacionais através de um mecanismo *ad-hoc* de compartilhamento de recursos distribuídos. Na visão de Anius & McKnight (2002), grades sem fio facilitam o compartilhamento de uma grande variedade de recursos, incluindo tanto informações técnicas quanto qualitativas, tais como, largura de banda, qualidade de serviço, *Web services* (Cerami, 2002) e uma ampla variedade de conteúdo ponto-a-ponto e outros serviços de informação. A Figura 1 ilustra duas categorias de grades computacionais sem fio: grades sem fio fixas e grades sem fio dinâmicas. A primeira classe é formada por componentes com identidades bem conhecidas, gerenciadas dentro de uma estrutura institucional estável. A segunda classe é formada por usuários e dispositivos nômades cujas identidades não são conhecidas. Esses dispositivos estão engajados no compartilhamento *ad-hoc* de recursos e na criação de serviços em uma região particular, dado o contexto em que se encontram inseridos. Segundo McKnight et al. (2003a), nesse tipo de grade sem fio os dispositivos e os seus usuários vêm e vão, alterando a demanda por serviços específicos, bem como a variedade de aplicações e serviços oferecidos pela grade.

1.2 Origem da Tecnologia de Grades Sem Fio

Segundo McKnight et al. (2004), grades sem fio emergem de uma combinação da proliferação de novos modelos de negócio de mercado, das tecnologias inovadoras desenvolvidas em ambientes de redes sem fio e de três paradigmas computacionais inter-relacionados e bem conhecidos: grades computacionais, computação P2P (*Peer to Peer*) e *Web services*.

Grades computacionais tradicionais (cabeadas) são tipicamente agregações de recursos fixos entre instituições conhecidas, sejam elas acadêmicas ou corporativas, em ambientes altamente confiáveis e relativamente estáticos. Grades sem fio fixas, como aquela ilustrada na Figura 1, seguem o modelo de grades cabeadas. Para participar de uma grade tradicional, uma máquina deve criar, por exemplo, um certificado X.509 e efetuar um registro prévio. Esses ambientes estáticos e confiáveis são contrastantes frente o cenário delineado pelas grades sem fio (McKnight et al., 2004). Foster & Imanitchi (2003) afirmam que as grades cabeadas dão ênfase "a integração de recursos substanciais para entregar qualidade de serviço não trivial dentro de um ambiente com no mínimo um nível de confiabilidade limitada". Apesar disso, os objetivos da computação em grade são os mesmos que norteiam os esforços da pesquisa na área de grades sem fio: "compartilhamento de recursos flexível, seguro e coordenado entre coleções dinâmicas de indivíduos, instituições e recursos" (Foster et al., 2001).

O fortalecimento de redes P2P – como Napster, Gnutella, Freenet, BitTorrent e Kazaa – e de redes computacionais – como SETI@Home[1] e distributed.net[2] – reafirmam o modelo de arquitetura fim-a-fim da Internet e ilustram a importância do comportamento do usuário como um fator decisivo no desempenho do sistema. Segundo McKnight et al. (2003b), em redes P2P os recursos que constituem a rede (espaço de armazenamento, roteamento e ciclos computacionais) são disponibilizados de forma voluntária pelos usuários finais, os quais não possuem um vínculo institucional ou relação de confiança. Para McKnight & Howison (2003) as redes P2P têm como propósito organizar o compartilhamento coordenado entre dispositivos heterogêneos, através de enlaces de rede não confiáveis, sem uma estruturação prévia e com um mecanismo de alerta de falhas precário ou inexistente. Avaliando esses

[1] SETI(Search for ExtraTerrestrial Intelligence)@Home (http://setiathome.ssl.berkeley.edu/).

[2] http://www.distributed.net/.

aspectos pode-se dizer que existem similaridades técnicas e sociais entre grades sem fio e redes P2P. Foster & Imanitchi (2003) argumentam que grades computacionais têm como objetivo a criação de "uma infra-estrutura de serviços persistente, baseada em padrões" enquanto computação P2P tem sido utilizada para criar comunidades virtuais para o compartilhamento de recursos entre indivíduos anônimos, com pouco incentivo para atuarem de forma cooperativa.

As pesquisas de McKnight et al. (2004) apontam *Web services*, juntamente com grades computacionais e redes P2P, como um elemento relevante no desenvolvimento de um *framework* computacional que resulte em uma abordagem para redes sem fio. Apesar do muito que se tem falado a respeito dessa tecnologia e a sua grande aceitação na indústria nos últimos anos, não há nada realmente novo sobre *Web services*, o seu princípio pode ser resumido como um esforço no sentido de facilitar o acesso remoto a recursos diversos. Embora esses recursos tenham sido concebidos originalmente como "serviços de informação", eles não ficaram restritos apenas a essa categoria. *Web services* promovem o acesso a um conjunto de serviços entre provedores e consumidores ou entre parceiros comerciais, sendo apontada como a tecnologia mais promissora para promover a integração de aplicações na Internet. Sistemas para o encaminhamento de mensagens baseados em XML[3] (*lightweight* XML *message passing*), SOAP[4], WSDL[5] e UDDI[6] são componentes chave no desenvolvimento de *Web services*, sendo de grande relevância para o desenvolvimento de mecanismos para o compartilhamento de serviços *ad-hoc*. XML é utilizado para rotular o dado, SOAP para a sua transferência, WSDL para descrever os serviços disponíveis e UDDI é usado para listar quais serviços estão disponíveis.

Em seu trabalho, McKnight & Howison (2003) observam que os três paradigmas de compartilhamento de recursos, mencionados anteriormente, antecipam em quais dispositivos os serviços e aplicações estarão instalados. No caso de grades computacionais, pode-se observar o uso dessa técnica no desenvolvimento de *frameworks* como Globus[7] e Legion[8]. Nas redes P2P são utilizados *frameworks* como JXTA[9] e JINI[10]. Por sua vez, em implementações usando Java[11] e .Net[12], os *frameworks* de *Web services* utilizam elementos centralizados e padronizados, tais como UDDI.

Em uma grade sem fio, não há como prever quais os recursos estarão disponíveis e, muito menos, através de quais dispositivos eles serão acessíveis. No espaço de tempo compreendido em um dia, um mesmo dispositivo pode se deslocar entre ambientes institucionais diversos, podendo migrar de ambientes domésticos para comerciais e ainda para ambientes de lazer, percorrendo diferentes espaços públicos. Nesse cenário, é visível a necessidade de um mecanismo *ad-hoc* para coordenar o compartilhamento de recursos. Esse mecanismo deve viabilizar transações entre dispositivos heterogêneos, sem a necessidade de que os mesmos executem *frameworks* idênticos.

---

[3] Acrônimo de eXtensible Markup Language (http://www.w3.org/XML/).

[4] Acrônimo de Simple Object Access Protocol (http://www.w3.org/TR/soap/).

[5] Acrônimo de Web Services Description Language (http://www.w3.org/TR/wsdl/).

[6] Acrônimo de Universal Description, Discovery and Integration (http://www.uddi.org/).

[7] http://ww.globus.org/.

[8] http://legion.virginia.edu/.

[9] http://www.sun.com/software/jxta/.

[10] http://www.sun.com/software/jini/.

[11] http://java.sun.com/.

[12] http://www.microsoft.com/net/.

A Figura 2 ilustra a complexidade associada às grades sem fio através do mapeamento da variedade de tecnologias e padrões relacionados a sua origem e motivação.

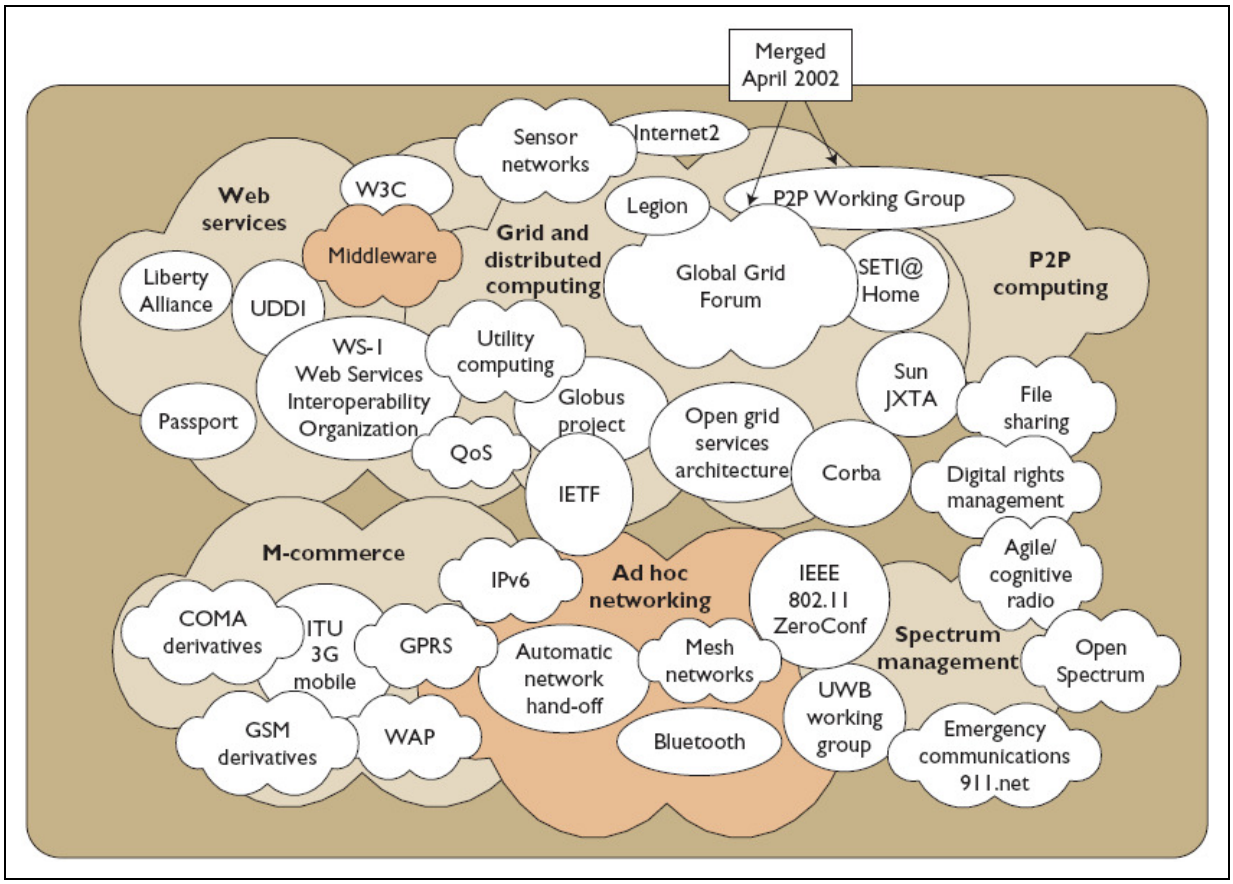

Figura 2 – Mapa de temas e padrões associados à tecnologia de grades sem fio [fonte: (McKnight et al., 2004)]

1.3 Classificação de Grades Sem Fio segundo Padrões de Uso

Utilizando uma abordagem similar a adotada em grades computacionais tradicionais (Németh & Sunderam, 2003), Agarwal et al. (2004b) classificam as grades sem fio, de acordo com a arquitetura[13] (Figura 3) a que elas pertencem e o tipo de recurso compartilhado, adotando padrões de uso, conforme o resumo apresentado na Tabela 1.

[13] Segundo Agarwal et al. (2004b), a arquitetura de uma grade sem fio pode ser classificada em três categorias (Figura 3): grade homogênea, intra-grade e inter-grade. Uma grade homogênea engloba uma coleção de dispositivos sem fio em uma mesma localidade, idênticos ou muito similares, que compartilham a mesma arquitetura de *hardware* e o mesmo sistema operacional. Uma intra-grade engloba dispositivos sem fio pertencentes a diferentes comunidades dentro de uma mesma organização real. Muito embora essas comunidades possam estar em localidades geográficas distintas e ser regidas por políticas de acesso distintas, possuem uma relação de confiança mútua. Uma inter-grade engloba várias organizações reais constituindo-se em um ambiente heterogêneo que apresenta características diferentes, como localização geográfica, domínio organizacional, direitos de propriedade intelectual, leis nacionais, entre outras. Em uma inter-grade as organizações reais se agrupam formando uma organização virtual, podendo estabelecer relações de colaboração, compartilhando tanto recursos como informações (McKnight et al., 2002; Gaynor et al., 2003; McKnight et al., 2004).

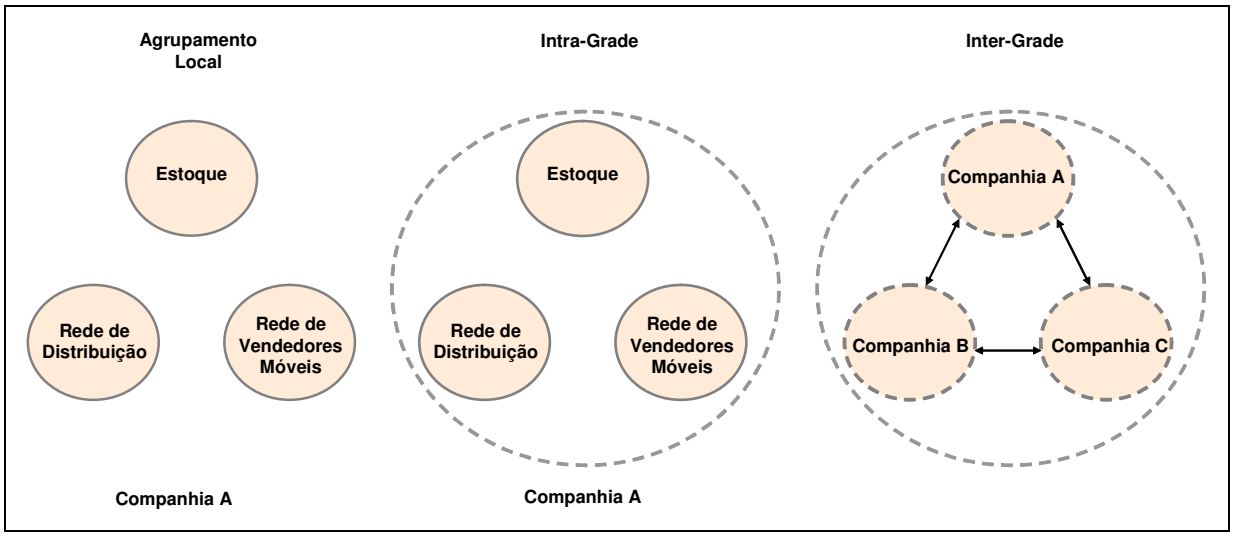

Figura 3 – Arquitetura de uma grade sem fio [fonte: (Agarwal et al., 2004b)]

Tabela 1 – Padrões de uso de grades sem fio

Tipo de Grade	Arquitetura	Recurso
Computacional	Agrupamento local, intra-grade, inter-grade	Poder computacional
Dados	Agrupamento local, intra-grade, inter-grade	Acesso a dados e armazenamento
Serviço Público	Intra-grade, inter-grade	Acesso sob demanda para todos os tipos de recursos

1.3.1 Grade Sem Fio Computacional

Nesse tipo de grade, a motivação para a criação de uma grade sem fio é guiada principalmente pela necessidade de se tomar emprestado recursos computacionais de outros dispositivos. Essa necessidade surge, em parte, por causa das restrições comuns aos dispositivos móveis, os quais apresentam limitações quanto a sua capacidade de processamento e comunicação. A grade computacional pode ser cooperativa ou do tipo parasitário. Um exemplo de uma grade cooperativa pode ser o de uma rede de sensores usada para monitorar condições que precedem desastres naturais, como terremotos e vulcões.

1.3.2 Grade Sem Fio de Dados

Nesse caso, a motivação para a criação de uma grade sem fio é ditada principalmente pela necessidade de se prover acesso seguro e compartilhado a dados distribuídos. Como os dados podem ser apresentados em contextos diversos sobre sistemas diferentes, conciliar essas diferentes semânticas continua representando um desafio para o desenvolvimento da tecnologia. Um exemplo de aplicação seria a busca emergencial de doadores com um tipo sanguíneo raro. Um hospital deve poder realizar uma consulta na base de dados regional através de sua rede móvel. Os provedores de serviço móvel irão notificar potenciais doadores através de mensagens de alerta transmitidas para seus dispositivos móveis. As respostas resultantes dessa consulta são processadas e o resultado final é encaminhado para o hospital.

1.3.3 Grade Sem Fio de Serviço Público

Aqui a motivação para grades sem fio é derivada da necessidade de prover acesso ubíquo para porções especializadas de *software* e *hardware*. Um usuário pode solicitar recursos conforme a sua necessidade, de acordo com a sua demanda, sendo cobrado apenas pela quantidade utilizada. Essa categoria pode incluir os modelos de grade Computacional e de Dados. Por exemplo, usuários podem acessar grades sem fio de Serviço Público, para obter informações referentes a condições de trânsito e para efetuar transações instantâneas relacionadas a produtos e serviços comerciais.

1.4 Objetivos

O objetivo desse trabalho é estudar as diferentes categorias de aplicações da área de grades sem fio, para identificar requisitos abstratos que possam ser modelados em uma arquitetura conceitual. A finalidade dessa arquitetura é identificar os pontos críticos dessas aplicações para viabilizar o seu desenvolvimento, de modo a tornar transparente ao desenvolvedor aspectos relacionados ao compartilhamento de recursos em um ambiente altamente dinâmico, criado de forma espontânea através de características como interesses comuns e proximidade (localização geográfica).

1.5 Organização do Texto

Na próxima seção será abordada a classificação adotada na literatura para as aplicações no contexto de grades sem fio. Essa classificação é introduzida pela apresentação de uma série de cenários de uso. Na Seção 3, são discutidos os diversos mecanismos envolvidos no processo de desenvolvimento de aplicações para redes de grade sem fio, a saber: sistemas de coordenação, descrição e descoberta de serviços, roteamento com gerenciamento de consumo de energia, políticas de segurança, mecanismos de reputação e qualidade de serviço. Como resultado dessa investigação, são escolhidos os mecanismos considerados na arquitetura conceitual, introduzida na Seção 4, para o desenvolvimento de aplicações para grades sem fio. A Seção 5 conclui o trabalho.

2 Aplicações para Grades Sem Fio

2.1 Cenários de Uso

O grupo de pesquisa da Universidade de Syracuse elaborou um documento (WGRT, 2004) que relata uma série de cenários de uso para a tecnologia de grades sem fio. Os cenários, que serão brevemente descritos nas próximas subseções, são divergentes entre si, porém apresentam uma característica comum: o compartilhamento de recursos entre dispositivos móveis. Os recursos compartilhados nesses cenários de uso podem ser classificados em três categorias:

- *Sensores e dispositivos de entrada/saída*: receptores GPS, microfones, alto-falantes, monitores, entre outros.
- *Interfaces de rede*: celular, rádio, Wi-Fi, *Bluetooth*, entre outros.
- *Poder de processamento*: obtido pela divisão de tarefas entre dispositivos, o que reduz o tempo de execução de cada tarefa e economiza energia (bateria).

2.1.1 Distribuição de Áudio com Alta Qualidade (WGRT, 2004)

Espectadores de um concerto decidem usar seus telefones celulares para gravar as músicas apresentadas. Eles escolhem lugares próximos ao palco e começam a gravar o concerto. Seus telefones negociam, automaticamente, recursos como espaço de armazenamento e poder de processamento com os dispositivos na vizinhança. Os microfones nos telefones celulares irão capturar o áudio e enviá-lo para dispositivos com os quais os recursos de armazenamento e processamento foram negociados.

As fontes de áudio são filtradas e consolidadas em fontes discretas que são, então, combinadas em um arquivo único utilizando formatos como *Dolby Digital* (AC3) ou *Digital Theater System* (DTS). Ao término do concerto, os espectadores têm acesso à gravação da coletânea de músicas apresentadas com uma qualidade bem superior a que qualquer um dos presentes teria sido capaz de criar individualmente.

O grupo de pesquisadores da Universidade de Syracuse está desenvolvendo o DARC* (*Distributed Ad Hoc Resource Coordination*, pronuncia-se "*dark star*") (McKnight et al., 2004), um sistema baseado no compartilhamento *ad-hoc* de recursos para a gravação de áudio distribuída. O DARC* permite a um grupo de dispositivos, que não se conhece previamente, registrar e mixar sinais de áudio em um contexto social, fora dos ambientes computacionais tradicionais, como em concertos, palestras, aulas ou eventos de emergência (Figura 4).

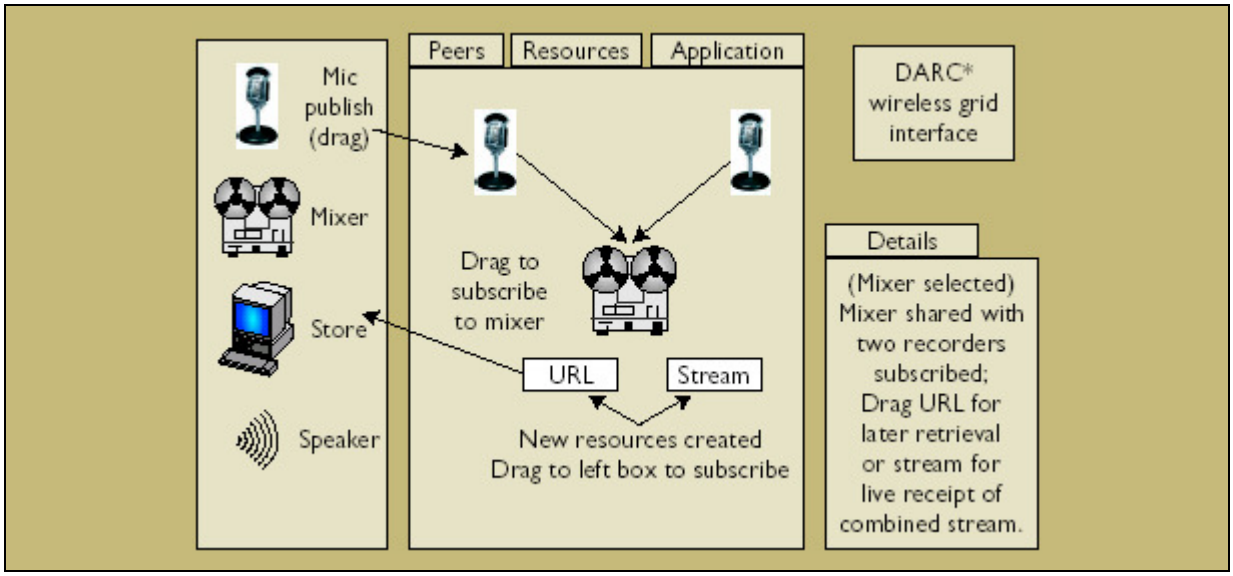

Figura 4 – Exemplo da interface de usuário do DARC* [fonte: (McKnight et al., 2004)]

2.1.2 Edição e Exibição de Vídeos em Bares e Clubes Noturnos (WGRT, 2004)

Um jovem está em um bar e faz alguns vídeos de seus amigos. Ele deseja aplicar efeitos digitais nas imagens para então exibir o vídeo modificado na tela de projeção onde são exibidos os vídeos das músicas executadas pelo DJ.

O jovem não quer perder tempo, ele deseja fazer a montagem enquanto seus amigos ainda se encontram no bar. O seu dispositivo não possui processador e carga de bateria suficientes para completar o processamento. Logo, o seu dispositivo contacta os dispositivos dos demais freqüentadores do bar. Após assegurar a disponibilidade dos recursos necessários através de negociações realizadas pelo protocolo de compartilhamento, a tarefa é então segmentada e

enviada para cada um dos dispositivos contactados. Quando o processamento é concluído, os pedaços são reagrupados e o vídeo final está pronto para ser exibido.

A tela de projeção é então contactada e o jovem obtém permissão para usar o dispositivo. Como o dono do bar sabe que esse tipo de atividade é apreciada pelos freqüentadores do seu estabelecimento, ele configura a sua tela de projeção para aceitar requisições de seus clientes.

2.1.3 Descoberta e Compartilhamento de Dispositivos de Exibição (WGRT, 2004)

Um grupo se reúne e os membros trazem os seus *laptops*. Cada membro elaborou uma apresentação que deve ser compartilhada com o grupo durante o encontro. Um projetor deve ser utilizado para exibir as apresentações, entretanto, cada participante terá que conectar o seu *laptop* ao projetor ou então eles podem conectar um único *laptop* ao projetor e copiar para ele todas as apresentações.

Grades sem fio possibilitam o compartilhamento da tela de exibição principal conectando-se um *laptop* ao projetor (posteriormente o compartilhamento pode ser feito no próprio projetor) e disponibilizando esse recurso para os demais usuários através da rede local Wi-Fi (IEEE 802.11). O serviço de descoberta de recursos, instalado nos demais *laptops*, detecta a tela de exibição e os membros são capazes de enviar suas apresentações, para serem exibidas através do projetor.

Pode-se tornar essa abordagem ainda mais flexível através da exibição de mais de uma apresentação, simultaneamente no projetor, através da divisão da tela de projeção em regiões – por exemplo, em quatro regiões – que seriam utilizadas para a exibição de diferentes apresentações. Ainda se pode imaginar o uso remoto desse recurso. Nesse cenário, um membro do grupo não precisa estar fisicamente presente na sala de reunião, para disponibilizar a sua apresentação para os demais participantes. Outra possibilidade é permitir o compartilhamento da tela de cada *laptop* entre os participantes, o que permitiria a transferência do conteúdo da apresentação entre eles.

2.1.4 Transcrição de Notas de Áudio para Texto (WGRT, 2004)

Um jornalista finalizou uma entrevista e deseja revisar a sua transcrição enquanto está no trem a caminho de casa. Seu dispositivo tem pouca energia disponível (bateria) e o processamento necessário para a conversão de fala-texto[14] agravaria ainda mais esse problema, por gerar um alto consumo de energia. A solução encontrada é contactar dispositivos disponíveis em uma grade sem fio, para auxiliar nesse processamento enquanto o jornalista caminha até a estação. A negociação é realizada e a tarefa é dividida em componentes que são encaminhados para os dispositivos na grade. Quando o processamento é finalizado, os resultados são enviados para o dispositivo do jornalista.

O jornalista chega na estação, embarca no trem e pode então ler a transcrição de sua entrevista sem que o nível de energia do seu dispositivo seja reduzido drasticamente, provocando o seu desligamento.

[14] Do inglês, *speech-to-text*.

2.1.5 Roteamento de Chamadas de VoIP através do Compartilhamento de Interfaces de Rede (WGRT, 2004)

Um usuário deseja realizar uma chamada de VoIP. Nesse momento, ele tem acesso apenas à cobertura da sua operadora de telefonia celular e o nível de energia de seu dispositivo está baixo. Se o dispositivo do usuário realizar um *broadcast* para o estabelecimento de uma conexão de dados, considerando-se os requisitos de freqüência e consumo de energia de um sistema de telefonia celular, essa ação deve reduzir a energia do dispositivo para um nível crítico. Nesse cenário, o aparelho do usuário acessa dispositivos próximos e outras interfaces de rede para efetuar o encaminhamento da chamada de forma satisfatória.

2.1.6 Obtenção da Localização Espacial de Dispositivos Sem Fio em um Museu por Triangulação de Som (WGRT, 2004)

Considere um museu de ciência que recebe visitas diárias de pessoas interessadas em seus eventos. Um mapa pode ser utilizado, para que os visitantes tenham conhecimento da sua localização dentro do museu. Entretanto, esse tipo de informação é limitado, pois não existe a possibilidade de se obter a localização de outras pessoas (por exemplo, amigos, parentes). Um exemplo típico é o de responsáveis por grupos de estudantes. Essas pessoas estão interessadas em saber a localização exata dessas crianças dentro do museu.

Se os visitantes do museu possuem dispositivos de mão (PDAs, celulares) eles podem utilizar um mecanismo de triangulação do som, como mostra a Figura 5, para obter a localização uns dos outros, o que é útil, por exemplo, caso alguém se perca do seu grupo. Nesse contexto, existe ainda a possibilidade dos visitantes trocarem informações sobre os diferentes eventos que estão acontecendo no museu.

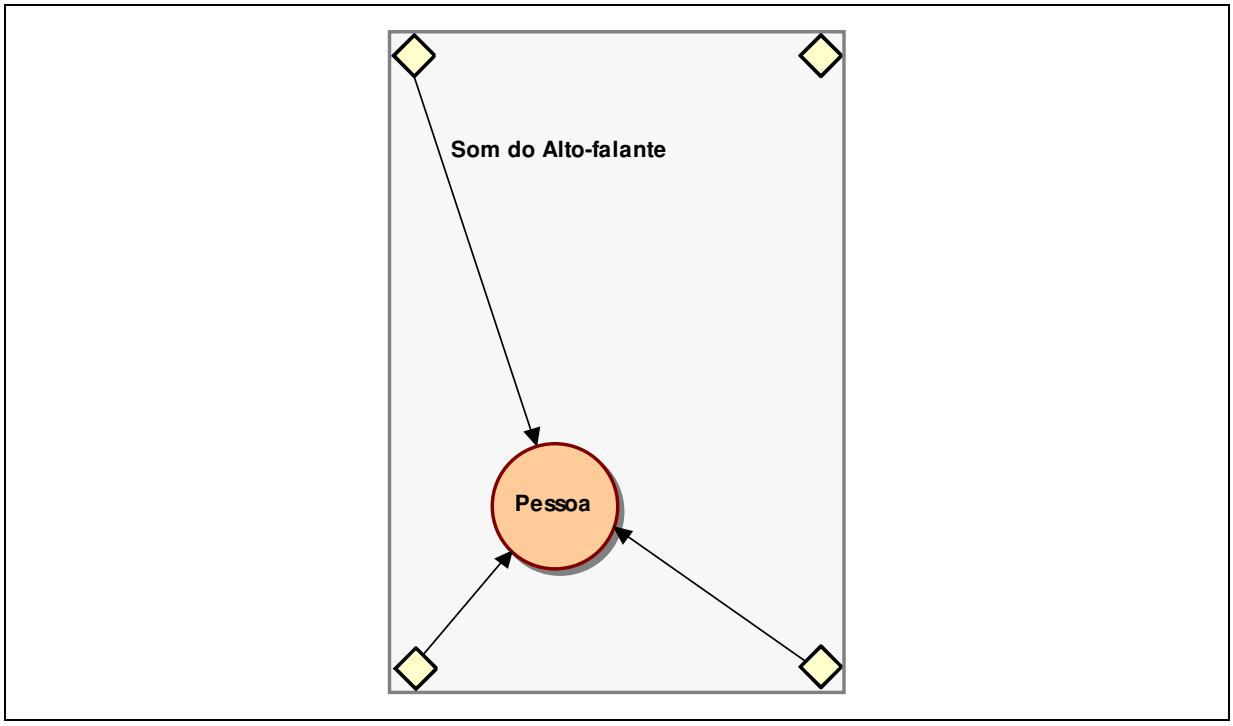

Figura 5 – Mecanismo de localização por triangulação do som usando RF ou Bluetooth

2.1.7 Aperfeiçoamento do Cálculo e Visualização do Modelo de Dispersão da Poluição do Ar através da Correlação de Fatores Climáticos coletados *in loco* (WGRT, 2004)

Dispositivos móveis em ambientes industriais geralmente são equipados com sensores capazes de coletar dados climáticos *in loco*, para obter um perfil mais realístico e preciso da concentração de poluentes do ar. Conforme o dado vai sendo armazenado, o seu processamento pode ser distribuído entre vários dispositivos para execução.

Em um ambiente científico, a dispersão atmosférica de efluentes é simulada, usando um modelo de dispersão matemático. Esse modelo inclui alguns fatores climáticos importantes, como deslocamento do ar e estabilidade. Dado que a equação de difusão básica é extremamente complexa, o modelo de dispersão é aproximado pelo uso de algumas hipóteses, tais como considerar o processo como de estado sólido, vento com velocidade constante, radiação solar constante, etc. Essas restrições são efetuadas para fins de simplificação.

2.1.8 Acesso à Internet para Motoristas de Veículos Pesados (WGRT, 2004)

Um caminhoneiro deseja verificar seu *e-mail* enquanto seu veículo encontra-se parado em uma rodovia, devido a um congestionamento. Apesar de todos os veículos a sua volta, o caminhoneiro encontra-se a quilômetros de distância de qualquer região habitada. O seu dispositivo passa então a negociar com os dispositivos inseridos no tráfego de veículos ao seu redor; esses, por sua vez, negociam com os veículos nas suas proximidades. O processo de negociação prossegue até que o caminhoneiro esteja conectado a uma infra-estrutura que viabilize o *download* de seus *e-mails* para o seu dispositivo.

Motoristas de caminhão transportam bens entre regiões, permanecendo na estrada por vários dias. Enquanto algumas operadoras garantem a segurança de suas frotas, a um custo elevado, através de mecanismos de rastreamento por satélite e do uso de sistemas de comunicação, pequenas operadoras não têm muita escolha e utilizam apenas telefones para manter a sua frota conectada. Os serviços oferecidos por operadoras de telefonia fixa e móvel apresentam limitações quanto a custo e, em alguns casos, quanto à área de cobertura. O serviço descrito no parágrafo anterior pode ser útil em áreas com baixa conectividade, mas onde o tráfego de veículos é intenso.

2.1.9 Monitoramento de Motores Industriais para Evitar Falhas e Reduzir o Consumo de Energia (Johnson, 2004)

Johnson (2004) vislumbra um cenário ideal para as indústrias: centenas de sensores sem fio interconectados, responsáveis pelo monitoramento dos motores com o propósito de prevenir falhas e reduzir drasticamente o consumo de energia – tudo funcionando com o ritmo e a precisão de uma orquestra filarmônica.

Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos, os motores industriais foram responsáveis pelo consumo de 679 bilhões de *kilowatts*/hora no país só em 2003. O que corresponde a 63% da eletricidade usada na indústria e a 23% de toda a eletricidade consumida nesse país no mesmo período.

Centros de pesquisa como GE *Global Research*, *Sensicast Systems* Inc. e *Rensselaer Polytechnic Institute* vêm realizando estudos nessa área. Segundo seus pesquisadores, é possível monitorar, com baixo consumo de energia, uma malha de sensores sem fio e enviar todos os dados coletados em tempo real para os operadores dos sistemas. Esse tipo de rede tem a

capacidade de corrigir falhas como, por exemplo, eleger automaticamente uma nova rota para a transmissão de dados, caso exista algum obstáculo naquela escolhida anteriormente. Nesse cenário, os dispositivos, em sua maioria, são estáveis, o que caracteriza uma grade sem fio fixa (Subseção 1.1).

Cada sensor sem fio poderá operar por anos com a carga de uma simples bateria, mas espera-se que, em um futuro próximo, os próprios motores sejam responsáveis pela alimentação dos sensores. A GE está trabalhando em uma nova tecnologia capaz de utilizar a energia liberada na vibração dos motores, para realimentar os transceptores. O instituto Renseelaer, por outro lado, está desenvolvendo um modelo físico capaz de realizar predições sobre o tempo de vida de um motor, a partir da análise dos dados coletados pelos sensores.

2.1.10 Serviço de Alerta para Segurança Pessoal

Considerando-se a preocupação mundial com questões referentes à segurança pública e, mais especificamente, contextualizando para a nossa realidade, com os cenários de violência testemunhados nos grandes centros urbanos brasileiros, pensou-se em uma aplicação que dispararia alertas em situações de emergência como assaltos, roubos, acidentes de trânsito, seqüestros, etc., com o propósito de manter uma rede de proteção de pessoas próximas.

Durante boa parte do nosso dia-a-dia estamos cercados por pessoas, conhecidas ou não, e em movimento, nesse contexto, o grupo muda constantemente. Quando acontece algum contratempo queremos denunciar o incidente o mais rápido possível, a fim de que as pessoas na proximidade possam nos ajudar ou mesmo se proteger.

O alerta seria disparado pelo indivíduo às pessoas em sua vizinhança. Poderia ser utilizado um parâmetro de controle definindo o nível de profundidade do processo de difusão, ou seja, se o alerta seria disparado apenas para as pessoas na vizinhança ou se ele seria difundido pelos receptores, para as pessoas na sua vizinhança, e assim sucessivamente.

Nesse cenário é necessário que se estabeleça uma relação de confiança, geralmente é preciso fornecer a identificação do usuário e, possivelmente, indicar a hora e o local da ocorrência, o que garante um certo grau de confiabilidade. Os usuários notificados devem ser capazes de reconhecer rapidamente a pessoa afetada (foto, identidade, localização) a fim de socorrê-la.

Para essa aplicação deve-se pensar em uma interface com o usuário simplificada, já que, em algumas das situações de emergência ilustradas, seria interessante que o alerta fosse disparado sem que o usuário precisasse interagir com a aplicação, por exemplo, pressionando uma única tecla, ou uma combinação de teclas.

2.2 Classificação das Aplicações em Grades Sem Fio

Grades sem fio oferecem uma grande variedade de possíveis aplicações, as quais podem ser agrupadas em três classes (McKnight et al., 2003a; McKnight et al., 2004): (i) aplicações que agregam informações das interfaces de entrada e saída tipicamente encontradas nos dispositivos nômades como, por exemplo, em uma rede de sensores sem fio usada na prevenção de desastres naturais, através do monitoramento de condições climáticas; (ii) aplicações que levam em conta a localização e o contexto no qual os dispositivos estão inseridos de modo a ter acesso a recursos extras para processamento; (iii) aplicações que

consideram a capacidade de formação de redes em malha (*mesh*[15]), densamente conectadas, através de grupos de dispositivos nômades autônomos para o compartilhamento coordenado de recursos. Dentro dessas categorias podemos vislumbrar aplicações inovadoras, originadas, a partir da percepção de necessidades específicas ou gerais, pelos membros das comunidades virtuais.

2.2.1 Aplicações para Agregação de Informação

Dispositivos sem fio como aparelhos celulares ou *pagers* podem ser empregados de uma forma inovadora, desempenhando funções similares as de sensores ou captores. Um grupo de pesquisadores do Instituto de Física de Helsinki vêm desenvolvendo um trabalho na área médica utilizando esses sensores (Tuisku, 2003). Considerando a qualidade individual da conexão sem fio dos telefones móveis, interferências mínimas como o movimento de partes do corpo e batidas cardíacas podem ser detectadas com uma precisão de até 90% a uma distância de 50 cm do corpo humano, produzindo informações sobre pulsação e taxa respiratória para aplicações médicas (Figura 6).

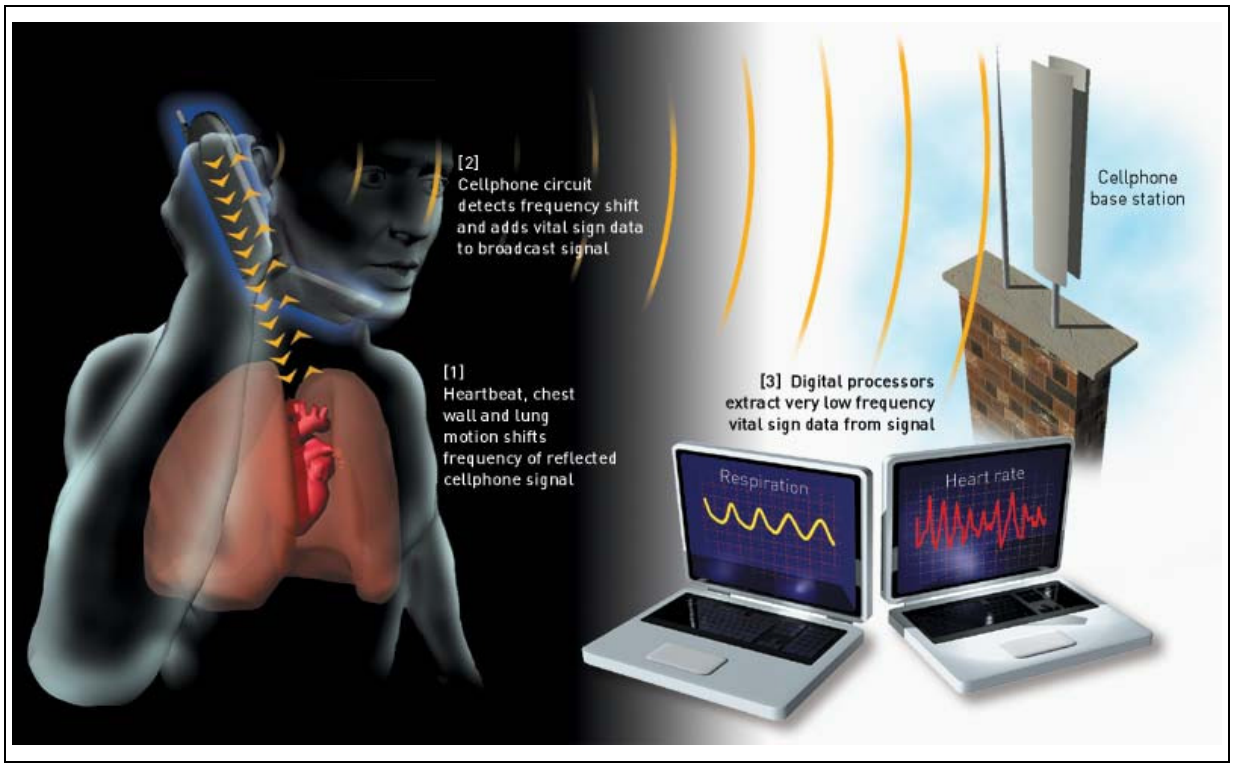

Figura 6 – Monitoramento de sinais vitais utilizando celulares como sensores [fonte: (Tuisku, 2003)]

Em seu trabalho, Gayner et al. (2004) descrevem a integração de redes de sensores sem fio com a tecnologia de grades. Eles ilustram esse processo através de duas aplicações diferentes: serviços de emergência médica (Figura 7) e o gerenciamento de uma cadeia de suprimento[16] (Figura 8).

---

[15] *Mesh*: topologia de rede sem fio, conhecida também como multiponto-a-multiponto, na qual os assinantes (estações) dentro de uma área geográfica estão interconectados e podem atuar como estações repetidoras. Isso permite uma variedade de rotas entre o núcleo da rede e qualquer estação assinante. Sistemas *mesh* não possuem estações base no sentido convencional, como na topologia ponto-a-multiponto.

[16] Do inglês, *supply chain*.

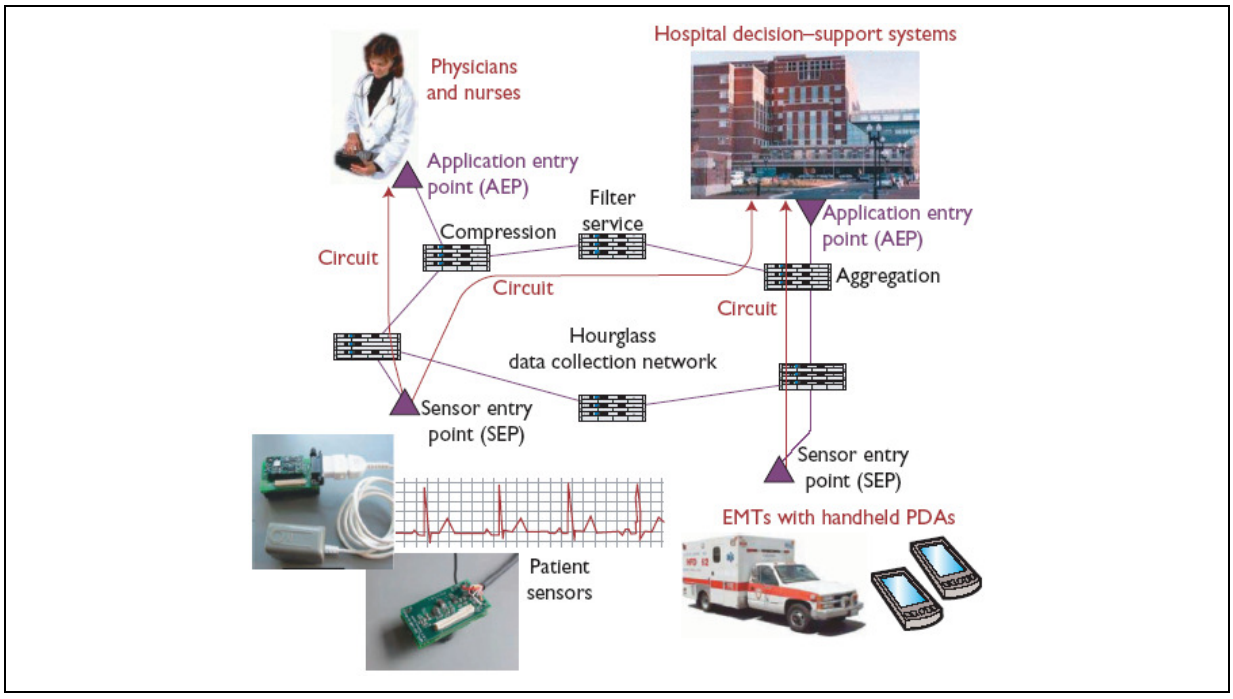

Figura 7 – Uma rede de sensores para coleta de informações integrada aos sensores de dados em uma grade de aplicações [fonte: (Gaynor et al., 2004)]

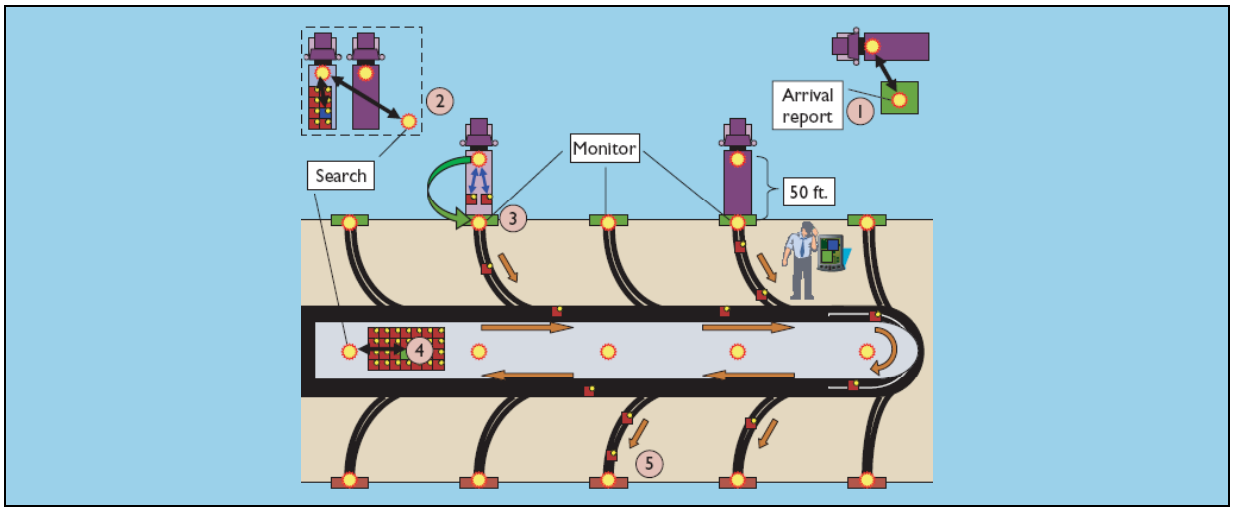

Figura 8 – Gerenciamento de uma cadeia de suprimentos com sensores de rede inteligentes [fonte: (Gaynor et al., 2004)]

Depois do *checking in* (1), caminhões de entrega são enfileirados (2) para esperar pelo processo de descarga ou são enviados diretamente para a plataforma de descarregamento (3). Quando o caminhão é descarregado, cada item pode ser monitorado por sensores enquanto se desloca dentro do armazém através da esteira central. Os itens podem ser localizados dentro do armazém (4) e durante o processo de redirecionamento para as lojas ou clientes (5).

Dentre os cenários de uso apresentados na Seção 2.1 os que melhor se adequam a categoria de aplicações para agregação de informações são:

- Aperfeiçoamento do Cálculo e Visualização do Modelo de Dispersão da Poluição do Ar através da Correlação de Fatores Climáticos coletados *in loco*;
- Monitoramento de Motores Industriais para Evitar Falhas e Reduzir o Consumo de Energia.

2.2.2 Aplicações para Acesso a Recursos Locais para Processamento

Em uma grade sem fio com dispositivos que apresentam restrições quanto ao consumo de energia e espaço de armazenamento é natural que se pense em um conjunto de aplicações que utilizem características como a proximidade física e o contexto local para obter recursos extras para processamento. Em um cenário típico, uma aplicação realiza *download* de áudio/vídeo para um dispositivo móvel. Um usuário estabelece conexões com *sites* da Internet a partir de seu PDA através de uma rede local sem fio (WLAN – *Wireless LAN*). Em sua maioria, as aplicações utilizadas geram/consomem tráfego de áudio e/ou vídeo. Conforme o usuário se desloca, entrando em áreas de congestão, flutuações na disponibilidade de largura de banda e nas taxas de transmissão são percebidas, o que compromete a qualidade da aplicação sendo executada. Para controlar a congestão e manter o nível de qualidade de serviço, um mecanismo pode utilizar os recursos disponíveis na grade para maximizar a largura de banda, garantindo níveis aceitáveis de QoS.

Dentre os cenários de uso apresentados na Seção 2.1 os que melhor se adequam a categoria de aplicações para acesso a recursos extras para processamento são:

- Distribuição de Áudio com Alta Qualidade;
- Edição e Exibição de Vídeos em Bares e Clubes Noturnos;
- Descoberta e Compartilhamento de Dispositivos de Exibição;
- Obtenção da Localização Espacial de Dispositivos Sem Fio em um Museu por Triangulação de Som.

2.2.3 Aplicações para Compartilhamento de Recursos entre Dispositivos Móveis

Em uma grade sem fio, onde os dispositivos são acessíveis através de uma topologia em malha, o compartilhamento de recursos entre dispositivos móveis pode gerar aplicações inovadoras. McKnight & Howison (2003) afirmam que uma classe interessante de aplicações poderá ser construída em torno dos recursos de entrada/saída que estarão disponíveis nesses dispositivos.

Novas aplicações, especialmente aquelas envolvendo eventos inesperados e dinâmicos, precisam ser atendidas através do rápido provisionamento de grandes quantidades de largura de banda, para processamento e comunicação. Por exemplo, a ocorrência de uma catástrofe urbana pode disparar a formação de uma rede sem fio dinâmica e adaptativa para alertar as pessoas no sentido de evitar regiões de risco e organizar ações de socorro, de uma maneira coordenada, provendo um melhor controle dos recursos materiais e humanos disponíveis (Agarwal et al., 2004b).

Dentre os cenários de uso apresentados na Seção 2.1 os que melhor se adequam a categoria de aplicações para compartilhamento de recursos entre dispositivos móveis são:

- Transcrição de Notas de Áudio para Texto;
- Roteamento de Chamadas de VoIP através do Compartilhamento de Interfaces de Rede;
- Acesso à Internet para Motoristas de Veículos ;
- Serviço de Alerta para Segurança Pessoal.

2.3 Foco da Pesquisa

As categorias de aplicações apresentadas na Seção 2.2 foram definidas por McKnight et al. (2004) com o propósito de representar os *frameworks* conceituais nos quais os pesquisadores da área de grades sem fio podem concentrar seus esforços. As três classes de aplicações exemplificadas não são mutuamente exclusivas. Entender um pouco mais sobre aspectos como o compartilhamento de recursos, possibilidades de uso, propriedade intelectual e padrões de controle dentro dos quais as grades sem fio irão operar, deve auxiliar no processo de definição de futuros padrões de uso e de modelos de negócio.

Dentre as categorias de aplicações apresentadas, a que interessa de perto ao desenvolvimento desse trabalho corresponde à categoria das aplicações para compartilhamento de recursos entre dispositivos móveis em um cenário altamente dinâmico, onde serviços e recursos são efêmeros. Essa categoria de aplicações atende às necessidades de comunidades virtuais formadas espontaneamente por fatores como proximidade e interesses comuns.

3 Desafios no Desenvolvimento de Aplicações para Grades Sem Fio

No desenvolvimento de aplicações para grades sem fio deve-se levar em consideração aspectos como a heterogeneidade dos dispositivos, restrições quanto à disponibilidade de largura de banda e ao consumo de energia, conexões com latência elevada, períodos constantes de desconexão e interoperabilidade entre aplicativos. As aplicações devem ser construídas para interagir com a infra-estrutura de modo a garantir, de forma rápida e eficiente, as demandas por largura de banda para processamento e comunicação requeridas pelos consumidores a preços competitivos (Tuisku, 2003; Agarwal et al., 2004a; Agarwal et al., 2004b; McKnight et al., 2003a).

Vários autores (McKnight et al., 2002; Gaynor et al., 2003; McKnight et al., 2004) propõem um cenário onde dispositivos sem fio formam uma Organização Virtual (VO – *Virtual Organization*), trabalhando em conjunto com Organizações Reais (AOs – *Actual Organizations*) para conduzir transações comerciais ou compartilhar artefatos. Nesse cenário, onde recursos computacionais e de comunicação são relativamente escassos, existe a necessidade de se avaliar algumas questões cruciais. Dentre elas, podemos citar: (i) de que forma os dispositivos devem ser gerenciados; (ii) como os nós da rede e seus serviços são descobertos; (iii) quais protocolos resultam em um menor consumo de energia; (iv) quais políticas de segurança (privacidade, autenticação, privilégios de acesso, proteção à propriedade intelectual, jurisdição, etc.) devem ser implementadas e (v) como a natureza dinâmica das redes sem fio *ad-hoc* influi na descoberta de recursos computacionais, na provisão de QoS e na autenticação/autorização de usuários entre localizações geograficamente dispersas, entre outros aspectos.

Garantir um mecanismo de roteamento eficiente mediante restrições de consumo de energia e instabilidade na conexão dos nós é um aspecto essencial para grades sem fio. Muitos protocolos de roteamento *ad-hoc* têm sido propostos para prover a conectividade em redes sem fio, uma variedade de estudos investiga o desempenho desses sistemas associados à disponibilidade de largura de banda. Outras pesquisas avaliam a influência do ambiente sem fio (localização, aplicações, energia, espaço em disco, memória, projeto de interface do usuário, conectividade, etc.) em ambientes colaborativos, o que também inclui aspectos sociais como a garantia de que todos os elementos em uma VO irão contribuir na construção

de um bem comum. Essas pesquisas apontam mecanismos de reputação (Rheingold, 2003) como uma possível solução para esse problema.

3.1 Sistemas de Coordenação

Sistemas de coordenação permitem que dispositivos compartilhem recursos entre si, além de oferecer mecanismos de requisição e escalonamento de recursos. Cada dispositivo pode utilizar um conjunto de mecanismos de coordenação familiar, para compartilhar diferentes recursos. Por exemplo, para compartilhar espaço em disco, o mecanismo de coordenação utilizado deve ser NFS, Samba ou WebDav. Por outro lado, para compartilhar ciclos de processador, deve-se adotar um cliente distributed.net ou ainda os algoritmos de alocação de recursos embutidos no Globus através da API GRAM (*Globus Grid Resource Allocation Manager*) (McKnight et al., 2004; McKnight & Howison, 2003). Em ambientes sem fio, o gerenciamento da propriedade intelectual e da rede são distribuídos entre uma coleção de nós finais heterogêneos. Essa autonomia torna o processo de coordenação muito mais difícil. A diversidade de tecnologias de comunicação e computação, refletidas nesses nós, conduz o problema da coordenação para um novo nível de complexidade.

Coordenar o comportamento entre nós, em um sistema de grade tradicional onde todos os participantes compartilham os mesmos interesses estratégicos, é um problema difícil, porém bem definido. Entretanto, em uma grade sem fio, o compartilhamento de recursos requer coordenação entre dispositivos que apresentam características e interesses divergentes.

Gerentes e especialistas responsáveis pelo projeto de grades sem fio *ad-hoc* terão que antecipar a estratégia de comportamento dos nós finais que irão constituir a rede. Esse desafio englobará duas etapas: na primeira, os nós terão que ser induzidos a disponibilizar seus recursos para a rede e, na segunda, os nós deverão se comportar, enquanto parte da rede, de modo que a sua colaboração maximize os benefícios obtidos pela rede como um todo (McKnight & Howison, 2003). Por exemplo, em uma grade sem fio, os dispositivos serão induzidos a contribuir com recursos de comunicação/computação para processar tráfego de outros nós, enquanto, ao mesmo tempo, deverão refrear comportamentos que deteriorem o serviço oferecido para os demais usuários, como uso excessivo dos recursos compartilhados (Strulo et al., 2003, Buttyán & Hubaux, 2003).

Grades sem fio irão requerer o desenvolvimento de mecanismos de coordenação apropriados, os quais deverão ser compatíveis com as estruturas de coordenação atualmente em uso.

3.2 Descrição e Descoberta de Serviços

Protocolos para **descrição de serviços** são utilizados na especificação de provedores de serviço através dos diferentes dispositivos que constituem a grade sem fio. Uma vez publicados, é necessário que se defina um protocolo para **descoberta de serviços** capaz de efetuar o mapeamento dos recursos móveis disponíveis para os serviços solicitados (Agarwal et al., 2004b). Nesse contexto, algumas questões desafiadoras são levantadas (McKnight et al., 2002): Um serviço eficiente e com um custo razoável pode ser localizado rapidamente dentre a diversidade de serviços disponíveis na grade? Os protocolos para descoberta de serviços projetados para as redes sem fio[17] são praticáveis em ambientes de grades sem fio?

[17] Protocolos baseados em técnicas *push*, onde uma entidade particular anuncia seus serviços para as outras entidades na rede, ou *pull*, onde uma entidade solicita expressamente o serviço desejado para as demais entidades na rede.

Antes que qualquer grupo de dispositivos possa discutir suas necessidades e a disponibilidade de recursos, seus membros devem chegar a um acordo quanto ao mecanismo que será adotado para a descrição desses recursos. Existe uma variedade de esquemas disponíveis para a descrição de recursos, nenhum dos quais cobre toda a diversidade existente, mas juntos definem os recursos que serão compartilhados. Por exemplo, se um grupo de dispositivos deseja compartilhar ciclos de processador eles devem primeiro ser capazes de descrever os requerimentos de processamento. Protocolos para descrição de recursos são incluídos em padrões como ZeroConf[18] do IETF, UPnP[19] (*Universal Plug and Play*), RDL (*Grid Resource Description Language*), definições específicas de serviço usando linguagens de descrição para *Web services* (WSDL) e descrições (parametrização de recursos) de vários padrões de QoS (McKnight & Howison, 2003; McKnight et al., 2004).

Uma vez que a linguagem para a descrição tenha sido escolhida, os dispositivos são capazes de formular as suas necessidades e publicar os seus recursos, o que corresponde ao processo abstrato de descoberta de recursos. Diferentes mecanismos para compartilhamento de recursos executam esse processo de maneiras distintas; por exemplo, o sistema Globus utiliza o MDS (*Meta Directory Service*) que é baseado no protocolo LDAP (*Lightweight Database Access Protocol*). Redes de compartilhamento de músicas P2P utilizam o nome do arquivo para descrever os recursos, usando, em vários níveis de padronização, os artistas e os nomes das músicas. O sistema OGSA[20] (*Open Grid Services Architecture*) utiliza um indexador de serviço (*IndexService*), no qual se baseiam os *Web services*, para reunir descrições de recursos publicadas por cada instância do serviço. A comunidade de *Web services* tem utilizado UDDI e protocolos associados para criar uma base de dados dos serviços disponíveis. Sistemas como JXTA empregam ZeroConf, mais conhecido como Rendezvous[21], para descobrir recursos utilizando *multicast* sobre a rede local (McKnight & Howison, 2003; McKnight et al., 2004). Alguns trabalhos têm caminhado na direção de um serviço de nomes intencional (INS –*Intentional Naming System*) de modo a oferecer suporte à descoberta de recursos e localização de serviços para MANETs (Adjie-Winoto et al., 1999).

A Figura 9 exemplifica a descrição de recursos de um dispositivo móvel através de MIDP[22] (*Mobile Information Device Profile*) publicado como um *Web service* em um registro distribuído para grupos de *MIDlets*[23]. O exemplo ilustra um *MIDlet* para uma conversão fala-texto carregada em um dispositivo móvel, que pode ser localizado através de um diretório UDDI distribuído. A descrição também provê um protocolo para associação da informação (SOAP *binding*), detalhes específicos da aplicação e, finalmente, a URL para o *download* (McKnight et al., 2003a; Hwang & Aravamudham, 2004).

Além de determinar o custo dos recursos disponíveis, o serviço de descoberta deve também definir a interface de comunicação que será disponibilizada – interface textual, reconhecimento de fala ou alguma nova técnica de interação – para que o usuário possa se comunicar com a rede. Outro ponto importante diz respeito aos mecanismos de enlace de

---

[18] http://www.zeroconf.org/.

[19] http://www.upnp.org.

[20] http://www.globus.org/ogsa/.

[21] "Rendezvous" (http://developer.apple.com/macosx/rendezvous/index.html) é o nome dado pela Apple para a sua implementação em código aberto (*open source*) do padrão IETF ZeroConf.

[22] MIDP é um conjunto de APIs que definem o perfil J2ME (*Java 2 Micro Edition*) associado aos dispositivos de mão (*handhelds*) como telefones celulares, *pagers*, PDAs, etc. e as suas capacidades.

[23] Um *MIDlet* é uma aplicação que obedece ao padrão MIDP. O MIDP define um modelo de aplicação que permite que os recursos limitados dos dispositivos de mão sejam compartilhados por várias *MIDlets*. Tipicamente o tamanho máximo de um *MIDlet* varia de 30 – 50 Kbps. A título de ilustração, vale ressaltar que usuários de telefonia móvel podem fazer *download* de 4 a 6 aplicações para o seu dispositivo.

comunicação entre os usuários e os agentes dos serviços. Protocolos que determinem o nível de prioridade que os usuários têm, em relação aos recursos da grade, devem ser definidos para viabilizar a localização dos recursos e dos agentes de serviços solicitados pelos usuários (Agarwal et al., 2004b).

```
<wirelessDetail>

  <wirelessEntity wirelessKey="some-key"

            operator="www.syr.edu/~jshwang/wirelessGrid/uddi"
            authorizedName="paravamu">

  <discoveryURLs>

     <discoveryURL useType="wirelessEntity"> http://www.syr.edu/~jshwang/wirelessGrid/uddi/get?
     wirelessKey=some-key </discoveryURL>
     <discoveryGroups> Midlet Groups </discoveryGroups>

  </discoveryURLs>

  <deviceName> Sharp-3G-PDA-Type-CellPhone </deviceName>
  <description xml:lang="en"> PDA-style 3G cellular phone with Bluetooth capability </description>

  <contacts>

     <contact useType="Owner">

        <personName> Praveen Aravamudham </personName>
        <phone userType="Founder" />
        <email useType="Founder"> paravamu@syr.edu </email>

     </contact>

  </contacts>

  <wirelessServices>

     <wirelessService serviceKey="some-key" wirelessKey="some-key">

        <name> Speech-to-Text conversion Midlet </name>
        <description xml:lang="en"> Provides a dynamic speech to text conversion </description>

        <bindingTemplates>

           <bindingTemplate bindingKey="some-binding-key" serviceKey="some-key">

              <description xml:lang="en"> SOAP binding for speech to text conversion </description>
              <accessPoint URL Type="http"> http://www.syr.edu/~jshwang/wirelessGrid/uddi/
              speechtotextmidlet </accessPoint>

              <tModelInstanceDetails>

                 <tModelInstance InfotModelKey="some-model-key" />

              </tModelInstanceDetails>

           </bindingTemplate>

        </bindingTemplates>

     </wirelessService>

  </wirelessServices>

  </wirelessEntity>

</wirelessDetail>
```

Figura 9 – Exemplo de uma entrada UDDI baseada na localização distribuída de recurso [fonte corrigida: (Hwang & Aravamudham, 2004)]

3.3 Roteamento com Gerenciamento de Consumo de Energia

Prover um mecanismo de roteamento eficiente que ofereça suporte à economia de energia é um ponto central em grades sem fio, dada a limitação que os dispositivos que compõem esse tipo de rede apresentam quanto à autonomia proporcionada por suas baterias. Muitos protocolos de roteamento *ad-hoc* têm sido propostos para oferecer conectividade às redes sem fio como, por exemplo, o DSR[24] (*Dynamic Source Routing Protocol*) e o AODV[25] (*Ad hoc On Demand Vector routing*), e uma variedade de estudos de desempenho tem sido efetuada, considerando aspectos como otimização de rota, estabilidade da conexão sem fio e uso eficiente da limitada largura de banda (McKnight & Howison, 2003; McKnight et al., 2003a; Agarwal et al., 2004b). Entretanto, ainda é necessário que se investigue de forma aprofundada esses mecanismos, para que eles possam ser integrados às grades sem fio.

Os estudos realizados por McKnight & Howison (2003), referentes às características associadas ao consumo de energia dos protocolos de roteamento *ad-hoc*, têm demonstrado que a eficiência desses protocolos apresenta uma forte dependência com relação à mobilidade e ao padrão de tráfego definidos pelos dispositivos que constituem a grade sem fio. Motivados pela estreita relação que existe entre os modelos de mobilidade e o consumo de energia, em seu trabalho, Chen & Chang (2003) estudaram o impacto da mobilidade em diferentes protocolos de roteamento para redes *ad-hoc* (AODV, DSR, TORA e DSDV), com o propósito de avaliar o desempenho quanto ao fator conservação de energia.

O progresso dos estudos nessa área de pesquisa contribuirá, de forma decisiva, para o desenvolvimento de aplicações e serviços para as grades sem fio.

3.4 Políticas de Segurança

O processo de compartilhamento de recursos requer um nível mínimo de confiabilidade. Num cenário mais complexo, cada elemento que participa da transação pode exigir um mecanismo diferente para o estabelecimento de uma relação de confiança. Por exemplo, antes que um ator ofereça a descrição dos seus recursos disponíveis, ele deve querer ter algum tipo de confirmação sobre a identidade do dispositivo ou usuário com quem ele está se comunicando. Essa confirmação pode ser obtida através de um sistema institucional de identidade como uma infra-estrutura de chave pública ou o Kerberos. Entretanto, esse estabelecimento de confiança pode divergir significativamente de um sistema de agregação cíclica como o utilizado pelo SETI@Home. Nesse tipo de sistema, o objetivo é garantir que o conjunto de resultados obtidos pela execução do código em outros clientes do sistema distribuído sejam confiáveis (McKnight et al., 2004).

Qualquer processo de negociação deve ser capaz de assegurar que as identidades dos parceiros da transação não se alterem durante o processo, resistindo a ataques maliciosos. Por esse motivo, uma exigência natural das aplicações para grades sem fio é o uso de um sistema que possa garantir aos parceiros, no mínimo, uma identidade persistente anônima.

A maioria dos sistemas de compartilhamento de recursos não implementa condições complexas para o acesso aos recursos. Tipicamente, os sistemas garantem o acesso aos recursos baseados na habilidade de um dispositivo, serviço ou usuário associar os membros de uma classe a uma categoria de acesso apropriada. Protocolos comuns para autenticação e controle de acesso são Kerberos e X.509. Sistemas de compartilhamento, como as redes P2P

[24] http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt.

[25] http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-13.txt.

que estão fora de um ambiente institucional, têm inovado nessa área, empregando mecanismos baseados na troca de privilégios entre os seus usuários.

Como se pode observar, mecanismos de autenticação e autorização de usuários através de diferentes domínios organizacionais podem ser extremamente complexos. Esses mecanismos são tópicos de grande interesse no contexto de ambientes comerciais. As tecnologias de grade, utilizadas atualmente, apontam soluções primárias através da autenticação do usuário (McKnight et al., 2002). Esse mecanismo de autenticação não exige que o usuário faça *logon* várias vezes para ter acesso a diferentes locais; o acesso à grade implica no acesso aos recursos no nível local.

O projeto de uma grade sem fio deve contemplar os mecanismos de autenticação dos usuários e da grade, além de garantir mecanismos de comunicação privada entre os usuários. Protocolos relacionados à criptografia podem ser usados para autenticação, assinaturas digitais, pagamentos anônimos, entre outros; entretanto, deve haver uma relação favorável de custo e benefício entre fatores como eficiência, segurança, robustez, coleção de dados que podem tornar a grade mais útil e eficiente e a proteção da privacidade do usuário. A complexidade adicionada pela acomodação de diferentes entidades utilizando soluções de segurança local diferenciadas (e segurança entre grades) também apresenta os seus desafios.

A arquitetura definida para o Globus propõe que a política de segurança para a grade seja definida pelas seguintes características:

- Operações locais são assunto exclusivo de uma política de segurança para o domínio local;
- Autenticação mútua entre usuários é solicitada para transações entre entidades em domínios diferentes;
- Autenticação global requer autenticação local (assume-se que cada domínio local tenha a sua própria política de segurança);
- O controle de acesso aos recursos é assunto exclusivo da política de segurança local;
- Usuários podem delegar direitos de acesso para processos.

A principal diferença entre as tecnologias de grade existentes e o que se vê no ambiente comercial é a introdução do paradigma de comércio eletrônico, o qual não é incorporado atualmente pelas tecnologias de grades. Que tipos de mecanismos de segurança estão disponíveis para proteger os dados do consumidor (como informações de cartão de crédito) de fraudes causadas por usuários/entidades dentro do ambiente da grade? Se o usuário permite que dados pessoais sejam armazenados na grade para que possam ser utilizados quando requisitados por agentes de serviços diferentes, como é que a grade pode garantir a segurança e a integridade desses dados?

Garantias de segurança e privacidade são especialmente críticas na implementação de uma grade sem fio. O proprietário de um dispositivo móvel quer ter a certeza de que seu dispositivo não será vítima de um ataque, e que seus dados privados não serão comprometidos. Por outro lado, a grade necessitará estar protegida de dispositivos "maliciosos" ou com problemas de funcionamento. Segundo McKnight et al. (2002), ao se definir políticas de segurança é necessário considerar três questões: (i) Como os mecanismos de segurança podem ser utilizados por usuários com dispositivos móveis pessoais como PDAs? (ii) Como o mesmo mecanismo de segurança pode ser utilizado por dispositivos sem embarcados, com poucos recursos computacionais? E, finalmente, (iii) como a proteção dos dados pode ser assegurada para os usuários móveis?

Além das questões relativas a mecanismos de autenticação e políticas de acesso, existe ainda a dificuldade de se garantir a proteção dos direitos de propriedade intelectual nas grades sem fio, devido a natureza transiente de muitos de seus usuários, cuja mobilidade altera o fluxo do tráfego sobre essas redes constantemente. Uzuner & Davis (2003) sugerem, como uma solução para esse problema, a utilização de um sistema de identificação efetivo da propriedade intelectual através de um rastreador da distribuição de volume (DVT – *Distribution Volume Tracking*). A informação sobre a distribuição de volume obtida por sistemas DVT sobre as redes de grade sem fio pode ser usada para assegurar a compensação apropriada para os autores de conteúdo cujos trabalhos estão sendo compartilhados nessas redes.

3.5 Mecanismos de Reputação

Os mecanismos sociais de maior interesse são aqueles que operam através de (i) fatores cognitivos, como a consciência e (ii) influências sociais, especialmente a reputação no contexto do grupo. Enquanto a reputação diz respeito às opiniões que os outros têm sobre um ator, a consciência diz respeito às opiniões de um ator sobre as suas próprias ações. Ambos os mecanismos atuam de modo a regular o comportamento de um grupo; entretanto, a partir da perspectiva dos projetistas de aplicações, o mecanismo de reputação é o mais efetivo (Rheingold, 2003, McKnight & Howison, 2003).

O funcionamento do mecanismo de reputação se baseia na preocupação que os atores têm em manter a sua reputação elevada, evitando assim qualquer comportamento que reduza o seu conceito perante os demais membros do grupo. Em seu trabalho, Bolton et al. (2002) realizam uma avaliação empírica sobre a efetividade desses mecanismos.

Mecanismos de reputação vêm sendo largamente utilizados. Um dos mais conhecidos e estudados sistemas de reputação é o mecanismo de "*feedback*" utilizado pelo eBay[26]. Nesse sistema, compradores e vendedores podem trocar informações (que são disponibilizadas publicamente) sobre a sua satisfação com a transação. Resnick et al. (2002) concluem que os vendedores com as reputações mais elevadas vendem aproximadamente 7% mais do que os vendedores com baixa reputação. Sistemas de reputação são também utilizados como ferramentas para combater *spam* através de listas de servidores de *e-mails* associados ao envio dessas mensagens. Dentre essas ferramentas, o sistema mais conhecido é o RBL (*Realtime Blackhole List*)[27]. Reputação também tem sido adotada para coordenar o comportamento de sistemas de compartilhamento de arquivos P2P. Nesses sistemas, o objetivo é aumentar a quantidade e a qualidade do conteúdo disponível na rede. Sistemas como Gnutella e Kazaa priorizam o *download* de clientes que tenham estabelecido uma boa reputação, provendo *uploads* (McKnight & Howison, 2003).

O principal desafio na construção de sistemas para formalizar e estender as regras do comportamento social através de reputação é solucionar questões relativas a mecanismos de incentivo. Esse tema é abordado por Jurca & Faltings (2005) e Miller et al. (2003).

Mecanismos de reputação têm sido utilizados para garantir um comportamento colaborativo entre os nós finais em projetos de computação distribuída, que são os precursores de aplicações em grade. Seguindo essa abordagem, o projeto SETI@Home disponibiliza estatísticas sobre o número de unidades que os usuários têm processado, utilizando tanto mecanismos de reputação quanto de consciência.

---

[26] http://www.ebay.com/.

[27] http://www.declude.com/junkmail/support/ip4r.htm.

As regras de convivência social continuam sendo um mecanismo importante, particularmente em situações caracterizadas por um grande volume de repetidas interações, para garantir um ambiente colaborativo. Em grades sem fio, mecanismos de reputação se adequam à proposta de experimentação e de criação de aplicações inovadoras (McKnight & Howison, 2003).

3.6 Qualidade de Serviço

Existe um interesse evidente na definição de um mecanismo que garanta a provisão de QoS fim-a-fim para os recursos disponíveis, em todos os níveis, dentro de redes de grade sem fio. Entretanto, existe atualmente apenas uma compreensão limitada de como a qualidade de serviço fim-a-fim para serviços banda larga deve ser assegurada nos ambientes em que se inserem as grades sem fio, caracterizadas pela existência de diferentes provedores e tipos de serviços. A ausência de um mecanismo padronizado e de aceitação geral para assegurar a qualidade de serviço constitui uma barreira significativa para o acesso banda larga competitivo.

Segundo McKnight et al. (2002), para se desenvolver um *framework* que contemple todas as requisições de QoS de uma grade sem fio é necessário a definição de quais mecanismos irão determinar os requisitos de QoS do sistema. O *framework* proposto deverá mapear, de forma eficiente, as requisições de QoS pré-definidas para os recursos inseridos na rede. Em condições ideais, algumas dessas requisições devem ser definidas no sistema local com o propósito de minimizar a complexidade dos protocolos utilizados na camada de *middleware*. Além disso, será necessário considerar os aspectos relacionados ao problema da combinação de diferentes tipos de parâmetros de QoS, oriundos das diversas categorias de recursos disponíveis na grade e entre grades distintas.

A Internet usa o protocolo IP, que foi originalmente desenvolvido para prover um mecanismo único de entrega de pacotes baseado no serviço de melhor esforço. Esse mecanismo não se mostra eficaz para lidar com a heterogeneidade de tráfego existente, o qual apresenta requisitos distintos, dependendo do tipo de serviço oferecido. Para solucionar esse problema deve-se empregar uma infra-estrutura comum, de modo a prover diferentes camadas de serviço que se adequem às necessidades dos usuários. Essa solução não reflete o estado atual da Internet e, muito menos, atende às exigências do contexto de uma grade sem fio, onde os relacionamentos entre os pares são dinâmicos – sendo continuamente criados e destruídos – e o acesso aos dados em tempo real é uma necessidade.

Um pré-requisito para oferecer serviços sobre grades sem fio é a provisão de novos mecanismos que permitam a essas redes tratar o tráfego, gerado de forma diferenciada, de acordo com as suas limitações e exigências de desempenho. Mecanismos de diferenciação de serviços através da priorização do tráfego oferecem uma solução mais razoável para a arquitetura de rede de grades do que os serviços garantidos. Segundo McKnight et al. (2003a), os desafios se concentram na definição de políticas de gerenciamento, baseadas em níveis de prioridades dentro de uma grade sem fio comercial.

Em seu trabalho, Hwang & Aravamudham (2003, 2004) apresentam como objetivo principal a integração de grades convencionais e grades sem fio através de um conjunto de serviços de *middleware* para computação P2P. Os autores propõem uma arquitetura que utiliza um *proxy* para permitir acesso a uma nova e convergente tecnologia de *grid services*[28]

[28] *Grid service* é uma coleção de serviços sem fio independentes combinados através da rede, cuja origem está associada a uma junção das tecnologias de grade e *web service*. O conceito de *grid service* (Foster et al., 2001) tem sido estendido para as grades sem fio.

(OGSA – *Open Grid Services Architecture*), definida como uma extensão às tecnologias de *Web services* para grades (Figura 10). A arquitetura proposta negocia principalmente a adaptação da rede e da QoS entre os dispositivos sem fio e a infra-estrutura de rede. A adaptação da rede descreve como a disponibilidade dos recursos da rede e a sua conectividade devem ser coordenadas entre as redes de grade convencionais e as sem fio. A adaptação da QoS trata o gerenciamento da qualidade de serviço entre diferentes recursos através do mecanismo de *proxy*.

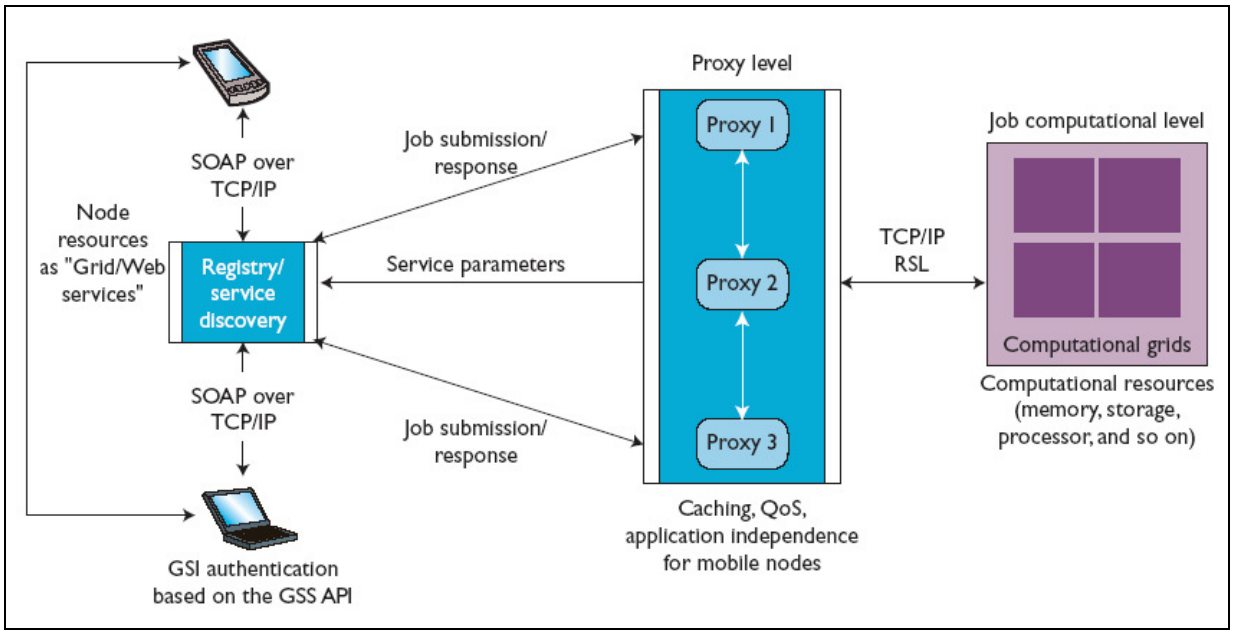

Figura 10 – Arquitetura para grade sem fio baseada no uso de *proxy* [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)]

Como descrevem Hwang & Aravamudham (2004), em um cenário de aplicação típico, um cliente sem fio contacta o seu *proxy* com uma dada tarefa que deve ser executada em um intervalo de tempo específico. O *proxy* consulta então os seus registros autorizados que possuem informações relacionadas às capacidades de QoS, especificadas dentro de cada domínio. Em resposta a essa consulta, os registros enviam uma lista de serviços que se enquadram no perfil de QoS especificado, para o *proxy* determinar qual deles é o mais adequado para atender às necessidades do seu cliente, de acordo com a disponibilidade dos recursos nos seus respectivos domínios. Uma vez que a disponibilidade do recurso é estabelecida, o agente invoca o escalonador de tarefas hierárquico proposto pelos autores baseado na OGSA, e o responsável pela largura de banda facilita e conduz as funções de alocação de recurso. Depois que os recursos são alocados, o serviço escolhido é inicializado; o *proxy* monitora constantemente as informações referentes à QoS para sinalizar qualquer alteração nos parâmetros de QoS negociados. A Figura 11 ilustra os descritores de serviço para a especificação da QoS, a Figura 12 ilustra o monitoramento dos níveis de QoS do sistema e a Figura 13 ilustra extensões para interfaces alternativas.

Com base nesse modelo inicial, os autores sugerem, como trabalho futuro, o desenvolvimento de arquiteturas escaláveis para grades sem fio que absorvam grades de grande e pequeno porte, sensores e supercomputadores.

```
<Service>

    <CPU-QoS> 10 CPU </CPU-QoS>
    <Memory-QoS> 128 MB </Memory-QoS>

    <Network-QoS>

        <Wireless-Device> Sharp-Zaurus </Wireless-Device>
        <Best-Device> Compaq Presario </Best-Device>
        <Bandwidth-Req> 48 Mbps </Bandwidth-Req>
        <Packet-Loss> Less Than 2% </Packet-Loss>

    </Network-QoS>

</Service>
```

Figura 11 – Exemplo de uma especificação de QoS em XML para o serviço de um cliente [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)]

```
<Service>

    <Message-ID> 1000 </Message-ID>

    <Final-Network-QoS>

        <Wireless-Device> Sharp-Zaurus </Wireless-Device>
        <Best-Device> Compaq Presario </Best-Device>
        <Bandwidth-Received> 47 Mbps </Bandwidth-Received>
        <Packet-Loss> Less Than 1% </Packet-Loss>
        <Delay> 2 ms </Delay>

    </Final-Network-QoS>

</Service>
```

Figura 12 – Exemplo de uma mensagem emitida para o *proxy* com as medições referentes à QoS do sistema [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)]

```
<Service>

    <Message-ID> 1000 </Message-ID>

    <Final-Network-QoS>

        <Wireless-Device> Sharp-Zaurus </Wireless-Device>
        <Best-Device> Compaq Presario </Best-Device>
        <Bandwidth-Received> 30 Mbps </Bandwidth-Received>
        <Packet-Loss> Less Than 20% </Packet-Loss>
        <Delay> 10 ms </Delay>

    </Final-Network-QoS>

    <Alternative -QoS>

        <Device-IP> 192.21.3.1 </Device-IP>
        <Bandwidth> 47 Mbps </Bandwidth>
        <Packet-Loss> Less Than 1% </Packet-Loss>

    </Alternative-QoS>

</Service>
```

Figura 13 – Opções de garantias de QoS alternativas [fonte: (Hwang & Aravamudham, 2004)]

4 Arquitetura Conceitual para o Desenvolvimento de Aplicações em Redes de Grades Sem Fio

Existe a necessidade de se definir uma arquitetura de *middleware* capaz de tornar transparente, ao desenvolvedor de aplicações para grades sem fio, as características particulares de dispositivos e redes, a descrição e localização de serviços e a coordenação do acesso aos recursos entre dispositivos heterogêneos (Lima et al., 2005).

Segundo Tuisku (2003), os dispositivos sem fio (PDAs, telefones móveis, etc.) podem desempenhar papéis distintos em uma infra-estrutura de grade, os quais devem ser observados no desenvolvimento de aplicações. São eles:

- *Elemento computacional*: dispositivo com capacidade de executar pequenas tarefas computacionais ou serviços sob demanda;
- *Produtor de dados*: dispositivo com capacidade de registrar fenômenos físicos como sensores ou captores;
- *Consumidor de dados*: dispositivo capaz de oferecer uma interface de usuário inteligente para análises e controle remotos;
- *Elemento de armazenamento*: dispositivo capaz de oferecer armazenamento persistente para os dados produzidos na grade ou para informações de configuração usadas na grade.

Um sistema projetado para uma rede de grades sem fio, caracterizado como um ambiente de computação pervasiva (Hingne et al., 2003), deve unir as seguintes características:

- Ser capaz de lidar com problemas do nível de transporte, causados pela largura de banda reduzida, alta latência, desconexões freqüentes e alterações constantes na topologia da rede;
- Ser capaz de operar em dispositivos heterogêneos, com configurações diversas e limitações quanto à disponibilidade de recursos;
- Detectar automaticamente os componentes necessários para a execução de uma tarefa e descobri-los na rede;
- Ser capaz de orquestrar os componentes descobertos para criar, de forma dinâmica, a aplicação solicitada;
- Ser capaz de particionar a tarefa a ser executada, de forma dinâmica, através dos vários elementos computacionais, de acordo com os recursos dos dispositivos, localização dos dados e de código e, por fim, largura de banda/conectividade da rede.

No projeto de uma arquitetura conceitual para o desenvolvimento de aplicações para uma infra-estrutura de grade, deve-se considerar os papéis desempenhados pelos dispositivos sem fio, bem como as características relevantes ao projeto de sistemas para esse tipo de grade. Dentro desse contexto, no projeto de um *middleware* para o desenvolvimento de aplicações que utilizam os recursos computacionais e de comunicação de um ambiente de grade sem fio, um aspecto fundamental é o projeto de um protocolo que permita o compartilhamento dinâmico desses recursos. Esse protocolo viabilizaria a divulgação e a descoberta de serviços e recursos, oferecendo suporte a soluções heterogêneas para transações de segurança, serviços de diretório, qualidade de serviço e tarifação. O protocolo

de compartilhamento tornaria transparente a utilização de serviços de computação distribuída, promovendo um mecanismo adaptativo de estruturação da grade, refletindo a natureza dinâmica das redes sem fio.

A partir da análise de trabalhos nessa área (McKnight & Howison, 2003; Hwang & Aravamudham, 2004; McKnight et al., 2004), foram identificados quatro requisitos abstratos que devem ser considerados no projeto de um protocolo para compartilhamento de recursos *ad-hoc* (Figura 14): (i) descrição e (ii) descoberta de recursos, (iii) coordenação e (iv) estabelecimento de confiança. Esses requisitos foram brevemente introduzidos na Seção 3 .

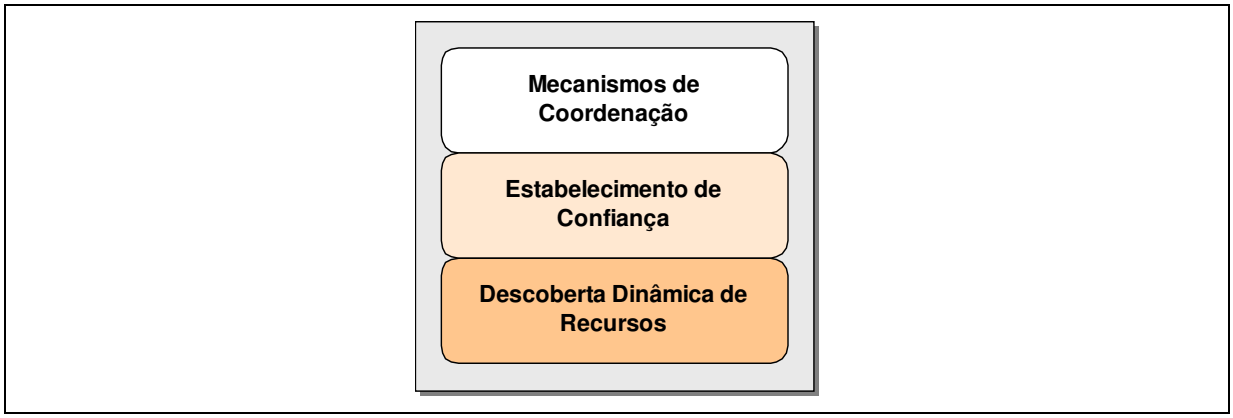

Figura 14 – Requisitos envolvidos no processo de compartilhamento de recursos

Dentre os requisitos abstratos ilustrados na Figura 14 os que se encontram no foco de interesse dessa pesquisa correspondem ao compartilhamento de recursos, englobando mecanismos como descrição, descoberta, composição e gerenciamento de serviços, além dos mecanismos associados à qualidade de serviço. Esses mecanismos serão abordados nas próximas subseções.

4.1 Descoberta, Composição e Gerenciamento de Serviços

Segundo Hingne et al. (2003) existe a necessidade de se desenvolver mecanismos que permitam que os componentes se descrevam (em um nível semântico) e descrevam também os seus "requerimentos", permitindo, ainda, que os demais componentes possam localizá-los.

Sistemas como JINI, Salutation[29] (John, 1999), UPnP, SLP[30] (*Service Location Protocol*), E-Speak[31](Hewlett-Packard, 2001), Ninja[32], e mais recentemente UDDI, disponibilizam mecanismos para que os dispositivos anunciem as suas funcionalidades na rede. Entretanto, ou esses sistemas estão atrelados a uma linguagem, como é o caso da ligação JINI-Java, ou descrevem serviços em termos sintáticos, como descrições de interface (APIs). Além disso, eles retornam, como resultado, a combinação "exata" da expressão utilizada na busca, realizando o casamento de padrões apenas entre expressões idênticas. Isso conduz a uma perda no poder de expressividade da descrição dos componentes. Esses mecanismos não são suficientes para que, por exemplo, clientes encontrem a impressora que tenha a menor fila de impressão, que esteja geograficamente mais próxima, ou aquela que pode imprimir em cores,

[29] http://www.salutation.org/.

[30] Protocolo para localização de serviços do IETF (http://www.ietf.org/rfc/rfc2608.txt).

[31] http://www.hp.com/go/espeak/.

[32] http://ninja.cs.berkeley.edu/.

porém, somente dentro de um custo previamente especificado. Analisando os mecanismos de descoberta de serviço mais próximos a ambientes móveis *ad-hoc*, como é o caso do Bluetooth, a situação é ainda mais alarmante. O protocolo de descoberta de serviço do Bluetooth (Bluetooth SDP[33]) utiliza um único registro UDDI de 128 bits para descrever e localizar serviços, o que é claramente inadequado na visão de Hingne et al. (2003).

Em seu trabalho, Hingne et al. (2003) propõem que os recursos sejam descritos em termos semânticos, para tanto, eles sugerem a utilização de linguagens de *web* semântica, como DAML/DAML-S[34] (DARPA *Agent Markup Language*). Segundo os autores, cada entidade/componente do sistema será capaz de descrever a si mesmo, usando DAML. Os componentes registram as suas capacidades (quais serviços eles podem prover) e as suas necessidades (que *software/hardware* eles precisam para funcionar, qual o custo da operação, quais interfaces eles provêem, etc.), usando DAML. A comparação da requisição com os serviços disponíveis é semântica e usa descrições DAML. A resposta obtida através desse mecanismo é maleável, produzindo uma lista ordenada com as combinações mais indicadas.

Para Hingne et al. (2003) a coordenação e o gerenciamento são aspectos importantes na composição do serviço. Cada plataforma de composição de serviços deve ter alguma entidade coordenando os diferentes serviços envolvidos na composição. O problema da coordenação e gerenciamento torna-se difícil em um ambiente constituído de dispositivos heterogêneos, com potencialidades variáveis, onde as entidades estão distribuídas através da rede e alguns serviços residem em um ambiente "fixo", relativamente estável, e outros são "móveis" e estão presentes na vizinhança do cliente. O responsável pela composição deve ser capaz de gerenciar os recursos da rede e aplicar certos critérios de otimização, para reduzir o custo do serviço composto. Uma boa arquitetura de composição de serviço, em um ambiente móvel, deve ser capaz de utilizar a quantidade máxima de recursos que ela possa obter de sua vizinhança, na composição de uma consulta complexa. Tal mecanismo de utilização de recurso aponta para uma abordagem distribuída de implementação da arquitetura de composição.

Pode haver diferentes maneiras de se realizar a composição de serviço, dependendo da freqüência na qual as requisições são efetuadas. Duas abordagens possíveis são a pró-ativa e a reativa. Dentro da primeira abordagem, os elementos devem processar, pró-ativamente, algumas informações genéricas sobre os serviços solicitados, para responder de forma imediata às consultas que são requisitadas com muita freqüência. A segunda abordagem é integrar e executar reativamente os serviços para obter o resultado de uma consulta.

Para viabilizar o projeto de uma plataforma de composição de serviço heterogêneo, é preciso que serviços distintos, obedecendo a mecanismos de troca de mensagem diversos, possam operar em conjunto. Exemplos desse tipo de mecanismo incluem serviços que utilizam o paradigma de passagem de mensagens para se comunicar com os clientes, serviços que obedecem ao mecanismo de invocação de método remoto, como SOAP, ou ainda, serviços baseados em agentes. Uma boa plataforma de composição de serviço deve poder se comunicar com os diferentes serviços e utilizá-los apropriadamente para qualquer composição com outros serviços que não obedeçam ao mesmo tipo de paradigma de troca de informação (Hingne et al., 2003).

---

[33] Acrônimo de *Bluetooth Service Discovery Protocol*.

[34] http://www.daml.org/.

4.2 Compartilhamento de Recursos com Qualidade de Serviço

As grades sem fio introduzem mais complexidade ao universo das redes sem fio. Para uma rápida absorção dessa tecnologia, é necessário que se garanta a continuidade dos serviços e recursos utilizados pelos membros da grade. A interrupção do serviço ou a indisponibilidade do recurso em uso caracterizam fatores restritivos à adoção dessa abordagem.

Para que o compartilhamento de recursos apresente resultados satisfatórios, deve-se oferecer suporte a um mecanismo de gerenciamento de QoS. Os usuários irão exigir operações precisas, o que conduz a sistemas seguros, escaláveis e que sobrevivam às limitações dos enlaces e dispositivos sem fio.

A definição de QoS tem um aspecto subjetivo, podendo variar de aplicação para aplicação, de acordo com as características desejadas para o serviço oferecido pela rede. Porém, de alguma forma, esta subjetividade inicial deve ser traduzida em parâmetros que serão negociados entre as aplicações e a rede.

Muitas propostas têm sido apresentadas com a finalidade de modelar os mecanismos envolvidos na provisão da qualidade de serviço. Segundo Hwang & Aravamudham (2004), os parâmetros que definem a qualidade de serviço, em um contexto genérico, devem atender às seguintes necessidades e requerimentos:

- Reserva e alocação de recursos computacionais;
- Adaptação às condições de variação da rede;
- Negociação de parâmetros de QoS com vários proprietários de recursos;
- Segurança que varia do controle de acesso ao dispositivo até aos contratos de serviço;
- Finalização de sessões ativas associadas ao intercâmbio de dados.

Usando uma abordagem mais didática, Gomes et al. (2001) afirmam que a definição de uma arquitetura para provisão de QoS, em ambientes genéricos, contempla as seguintes fases: (i) iniciação do sistema, (ii) requisição de serviços, (iii) estabelecimento de contratos de serviço e (iv) manutenção desses contratos.

- *Iniciação do sistema*: o processo de iniciação do sistema está relacionado à definição da infra-estrutura que dará suporte aos serviços oferecidos e que determinará a forma de descrição do estado interno da mesma. As informações sobre a disponibilidade de recursos do ambiente fazem parte da especificação do estado interno de um provedor.
- *Requisição de serviços*: após a iniciação do sistema, usuários podem requisitar serviços a qualquer momento. Uma requisição é feita através da caracterização da carga de processamento e comunicação a ser produzida ou consumida pelos usuários, e da especificação da QoS desejada.
- *Estabelecimento de contratos de serviço*: a fase de estabelecimento de contratos é iniciada quando uma nova requisição de serviço é recebida pelo sistema. Ele então determinará se existem recursos suficientes para garantir a QoS desejada pelo usuário e se a admissão dos seus fluxos não irá provocar uma degradação na QoS dos fluxos previamente admitidos. A admissão de um novo contrato de serviço resultará na *alocação dos recursos* necessários ao atendimento do serviço, ocasionando mudanças no estado interno do sistema. Caso o sistema não possua

recursos disponíveis para atender à solicitação do usuário, o pedido será rejeitado, podendo dar início a uma nova negociação.

- *Manutenção de contratos de serviço*: quando os fluxos do usuário são admitidos, o sistema deve garantir que a QoS negociada seja mantida durante todo o tempo que durar a comunicação. É essa garantia que define um contrato de serviço e, como em todo contrato, ambas as partes envolvidas devem colaborar, ou seja, o usuário deve ater-se à carga caracterizada e o sistema deve manter a QoS negociada. Para que os contratos estabelecidos possam ser mantidos, é necessário efetuar medições periódicas referentes à QoS que está sendo fornecida aos usuários do sistema, de modo que, ao se detectarem condições inadequadas para a manutenção dos fluxos admitidos, os mecanismos de sintonização[35] e renegociação[36] possam ser disparados. O não cumprimento do contrato por uma das partes pode ocasionar desde uma mera notificação até a interrupção do serviço para aquele usuário.

Fazendo um mapeamento da classificação adotada por Hwang & Aravamudham (2004) naquela definida por Gomes et al. (2001), temos:

- *Iniciação do sistema e requisição de serviços*: está associada ao processo de descrição de serviços e recursos de processamento e comunicação, bem como a utilização dessa descrição para criar as requisições; essa etapa não foi explicitada na classificação adotada por Hwang & Aravamudham (2004);
- *Estabelecimento de contratos de serviço*: engloba as etapas de negociação de parâmetros de QoS com os vários proprietários de recursos, reserva e alocação de recursos computacionais e aspectos relacionados à segurança;
- *Manutenção de contratos de serviço*: finalização de sessões ativas associadas ao intercâmbio de dados; nesse caso a interrupção do contrato de serviço pode estar associada à vontade de uma das partes, como também, a restrições quanto à disponibilidade de recursos/serviços.

Hwang & Aravamudham (2004) propõem um método hierárquico para o escalonamento da qualidade de serviço, com base em *grid services* sem fio. Nesse contexto, a adaptação de recursos deve ser mantida pelo serviço de gerenciamento da QoS inter-grade, devido à heterogeneidade das aplicações e das solicitações de recursos. Segundo os autores, os serviços de QoS da grade sem fio consistem em quatro etapas principais:

- Descoberta de recursos e serviços baseada em propriedades de QoS;
- Manutenção de garantias de QoS nos níveis da aplicação, do *middleware* e da rede usando XML para descrever os parâmetros de QoS;
- Gerenciamento da alocação de recursos, baseada em parâmetros de QoS;
- Provisão de suporte à QoS, baseada em dispositivos móveis com grande capacidade computacional que executam processamento local com outros nós da grade.

O mecanismo de alocação de recursos nos elementos de uma grade computacional é uma área de pesquisa muito ativa. Vários pesquisadores vêm tentando responder a questões

[35] Mecanismo responsável pelo redimensionamento da parcela de utilização dos recursos, a qual foi disponibilizada ao usuário do serviço durante a negociação da QoS, na fase de estabelecimento de contratos de serviço.

[36] Uma nova negociação só será efetuada se o redimensionamento realizado pelo mecanismo de sintonização não for bem sucedido.

relacionadas aos direitos dos usuários sobre os recursos, tais como: "Eu tenho permissão de usar os recursos de todas as máquinas na organização virtual na qual estou inserido?" ou "Eu tenho permissão de usar os ciclos computacionais das máquinas de uma organização virtual, mesmo se eu não possuir autorização para usar os seus recursos?" Escalonadores de serviço devem estar cientes das variadas políticas e direitos de propriedade no contexto em que os recursos estão inseridos.

Como foi mencionado na Subseção 3.6 , o compartilhamento de recursos nos nós de uma grade sem fio será guiado por um esquema de diferenciação que considera cada nível de requisição no processo de alocação de recursos, bem como as garantias de QoS especificadas.

Categorias diferentes de aplicações apresentam necessidades variadas quanto à requisição de recursos e aos níveis de QoS considerados aceitáveis. Segundo Hwang & Aravamudham (2004), duas abordagens podem auxiliar na definição de mecanismos de adaptação: a abordagem orientada ao recurso[37] e a abordagem orientada à aplicação[38]. Segundo os autores, a primeira abordagem cobre aspectos como a disponibilidade, capacidade, funcionalidade e adaptabilidade dos dispositivos sem fio e da infra-estrutura de rede; já a segunda abordagem está associada a fatores como persistência, flexibilidade e adaptabilidade das aplicações da grade sem fio.

5 Conclusões

Com base nas considerações realizadas nas Seções 3 e 4, observamos que a área de grades sem fio apresenta uma série de questões em aberto. Soluções para os problemas de descrição e descoberta *ad-hoc* dos serviços disponíveis, associados ao compartilhamento dinâmico de recursos, são o ponto central dessa nova área de pesquisa. Outro aspecto, não menos importante, diz respeito à provisão de um mecanismo de roteamento que gerencie eficientemente o consumo de energia dos dispositivos sem fio. É necessário que se definam modelos de negócio e que se investiguem casos de uso, importantes para a análise contextual dos serviços a serem disponibilizados e compartilhados nesses novos sistemas. Ainda, aspectos relativos à segurança são imprescindíveis para o sucesso e a rápida adoção dessa nova tecnologia.

Esse trabalho se propôs a realizar um estudo sobre a área de grades sem fio, investigando as questões relacionadas ao desenvolvimento de aplicações para esse novo cenário, com o propósito de explorar as principais lacunas já identificadas na produção científica da área; o que resultou em uma pesquisa bibliográfica extensa.

A conclusão desse trabalho corresponde a uma etapa inicial no esforço de se desenvolver um *middleware* capaz de realizar o compartilhamento de recursos entre os dispositivos sem fio e permitir o acesso adaptado destes aos recursos disponibilizados por grades computacionais convencionais.

As próximas etapas compreendem a escolha de um cenário de uso, bem como das tecnologias que serão adotadas para a sua implementação, com o propósito de investigar as dificuldades e necessidades básicas que possam nortear o projeto de uma arquitetura comum para o desenvolvimento de aplicações para grades sem fio. Na conclusão desse processo, os componentes da arquitetura deverão ser identificados e modelados, originando um *middleware* que será implementado e testado a partir do desenvolvimento de novas

[37] Do inglês, *resource-aware*.

[38] Do inglês, *application-aware*.

aplicações, que contemplem cenários de uso diferenciados, como prova de conceito da arquitetura proposta.

Referências Bibliográficas

ADJIE-WINOTO, W.; SCHWARTZ, E.; BALAKRISHNAN, H.; LILLEY, J. "The Design and Implementation of an Intentional Naming System", In: *Proc. 17th ACM Symposium on Operating Systems Principles* (SOSP '99), Volume 34, Issue 5, pp. 186-201, December 1999. Disponível em: <http://wind.lcs.mit.edu/papers/ins-sosp99.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2005.

AGARWAL, Ashish; GUPTA, Amar; NORMAN, Douglas O. "*Self-configuration and Self-Administration of Wirelss Grids*". MIT Sloan Working Paper nº 4460-04, January 2004. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID490622_code285952.pdf?abstractid=490622&mirid=1>. Acesso em: 26 jan. 2005.

AGARWAL, Ashish; NORMAN, Douglas O.; GUPTA, Amar. "*Wireless Grids: Approaches, Architectures, and Technical Challenges*". MIT Sloan Working Paper nº 4459-04, January 2004. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRID489782_code285952.pdf?abstractid=489782&mirid=1>. Acesso em: 26 jan. 2005.

ANIUS, Diana; MCKNIGHT, L.W. "Virtual Markets in Wireless Communication and Computation Grids", *6th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics, and Informatics*, SCI 2002, *Orlando*, July 14-18, 2002. Disponível em: <http://www.iiis.org/sci2002/>. Acesso em: 28 jan. 2005.

BOLTON, G.E.; KATOK, Elena; OCKENFELS, Axel. "*How Effective are Online Reputation Mechanisms?*", Discussion Papers on Strategic Interaction 2002-25, Max Planck Institute for Research into Economic Systems, Strategic Interaction Group, May 2002. Disponível em: <ftp://papers.mpiew-jena.mpg.de/esi/discussionpapers/2002-25.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2005.

BUTTYÁN, L.; HUBAUX, Jean–Pierre. "Stimulating Cooperation in Self-Organizing Mobile Ad Hoc Networks", *Mobile Networks and Applications*, Volume 8, Issue 5, pp. 579-592, October 2003. Disponível em: <http://journals.kluweronline.com/article.asp?PIPS=5138972>. Acesso em: 02 fev. 2005.

CERAMI, Ethan. "*Web Services Essentials*". O'Reilly, 1 edition, February, 2002. Disponível em: <http://www.oreilly.com/catalog/webservess/index.html>. Acesso em: 28 jan. 2005.

CHEN, Bor-rong; CHANG, C. Hwa. "Mobility Impact on Energy Conservation of Ad Hoc Routing Protocols", In: *Proc. International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Education, Science, Medicine, and Mobile Technologies on the Internet* (SSGRR '03), L'Aquila, Italy, July 28 – August 3, 2003. Disponível em: <http://wirelessgrids.net/docs/SSGRR03_brchen.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2005.

FOSTER, Ian. "The Grid: A new infrastructure for the 21st century science", In: *Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality*, pp. 51-63. John Wiley & Sons, 2003. Disponível em: <http://www.aip.org/pt/vol-55/iss-2/p42.html>. Acesso em:

20 jan. 2005.

FOSTER, Ian; HESSELMAN, C.; TUECKE, S. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations", In: *Proc. EuroPar 2001 Parallel Processing*, LCNS 2150, Springer-Verlag, pp. 1-4, 2001. Disponível em: <http://www.globus.org/research/papers/anatomy.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2005.

FOSTER, Ian; IMANITCHI, A. "On Death, Taxes, and the Convergence of Peer-to-Peer and Grid Computing". In: *Proc. Peer-To-Peer Systems II*: *2nd International Workshop* (IPTPS'03), LNCS 2735, Springer-Verlag, 2003. Disponível em: <http://people.cs.uchicago.edu/~anda/papers/foster_grid_vs_p2p.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2005.

GAYNOR, Mark; FREEDMAN, Jim; MCKNIGHT, L.W.; HWANG, Junseok. "Wireless Grid and Virtual Markets", *International Conference on Computer, Communication and Control Technologies* (CCCT '03), Orlando, Florida, July 31-August 2, 2003. Disponível em: <http://wirelessgrids.net/docs/CCCT03_Gaynor_T244WL.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2005.

GAYNOR, Mark; MOULTON, Steven L.; WELSH, Matt; LACOMBE, Ed; ROWAN, Austin; WYNNE, John. "Integrating Wireless Sensor Networks with the Grid", *IEEE Internet Computing*, vol. 8, nº. 4, pp. 32-39, July 2004. Dinponível em: <http://csdl.computer.org/comp/mags/ic/2004/04/w4032abs.htm>. Acesso em: 20 jan. 2005.

GOMES, A.T.A.; COLCHER, S.; SOARES, L.F.G. "Modeling QoS Provision on Adaptable Communication Environments", In: *IEEE International Conference on Communications*, Finland, June, 2001. Disponível em: <ftp://ftp.telemidia.puc-rio.br/pub/docs/conferencepapers/2001_06_gomes.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2005.

Hewlett-Packard. "*E-Speak Architectural Specification*", Release A.03.14.00, August 2001. Disponível em: <http://www.hpl.hp.com/personal/Alan_Karp/espeak/version3.14/Architecture_A-03-14-00.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2005.

HINGNE, Vipul; JOSHI, Anupam; FININ, Timothy W.; KARGUPTA, Hillol; HOUSTIS, Elias N. "Towards a Pervasive Grid", In: *Proc. of the International Parallel and Distributed Processing Symposium* (IPDPS' 03), April 2003. Disponível em: <http://intl.ieeexplore.ieee.org/xpl/abs_free.jsp?arNumber=1213380>. Acesso em: 06 fev. 2005.

HWANG, Junseok, ARAVAMUDHAM, Praveen. "Middleware Services for P2P Computing in Wireless Grid Networks". *IEEE Internet Computing*, vol. 8, nº. 4, pp. 40-46, July 2004. Dinponível em: <http://csdl.computer.org/comp/mags/ic/2004/04/w4040abs.htm>. Acesso em: 18 mar. 2005.

HWANG, Junseok; ARAVAMUDHAM, Praveen. "Proxy-based Middleware Services for Peer-to-Peer Computing in Virtually Clustered Wireless Grid Networks", In: *Proc. of International Conference on Computer, Communication and Control Technologies* (CCCT '03), Orlando, Florida, July 31-August 2, 2003. Disponível em: <http://wirelessgrids.net/docs/CCCT03_Hwang_T983ST.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2005.

JOHN, Rekesh. "*UPnP, Jini and Salutation – A look at some popular coordination frameworks for future networked devices*", Technical report, California Software Labs, June 17, 1999. Disponível em: <http://www.cswl.com/whiteppr/tech/upnp.html>. Acesso em: 06 fev. 2005.

JOHNSON, R. Colin. "Futuristic factories make mesh", *EE Times*, August 09, 2004 Disponível em: <http://www.eetimes.com/article/showArticle.jhtml?articleId=26806413&sub_taxonomyID=4217&_loopback=1>. Acesso em: 25 jan. 2005.

JURCA, R.; FALTINGS, B. "An incentive compatible reputation mechanism", In: *Proc. of the IEEE Conference on E-Commerce* (CEC 2003), pp. 285-292, 2003. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abs_free.jsp?arNumber=1210263>. Acesso em: 02 fev. 2005.

KIKTA, R.; FISHER, A.; COURTNEY, M. "*Wireless Internet Crash Course*", McGraw-Hill, 2002.

LIMA, Luciana dos Santos; GOMES, Antônio T. Azevedo; ZIVIANI, Artur; SCHULZE, Bruno; ENDLER, Markus; SOARES, Luiz F.G. "Desenvolvimento de Aplicações para Grades Sem Fio" (poster), *III Workshop de Grade Computacional e Aplicações* (WCGA '05), Fevereiro 2005. Disponível em: <http://www.telemidia.puc-rio.br/~luciana/downloads/wirelessgrids-lncc-poster-wcga05.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2005.

MCKNIGHT, L.W.; GAYNOR, Mark; HWANG, Junseok; PARK, Joon; CHANG, Hwa; GUPTA, Amar; PLATTNER, Bernhard; HOWISON, James; ARAVAMUDHAM, Praveen; UZUNER, Ozlem; CHEN, Bor-rong. "Wireless Grid Issues", In: *Proc. 8th Global Grid Forum* (GGF8), 2003. Disponível em: <http://www.wirelessgrids.net/docs/draft-ggf-lwmcknight-wgissues-0.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2005.

MCKNIGHT, L.W.; HOWISON, J.; BRADNER, S. "Wireless grids: Distributed resource sharing by mobile, nomadic, and fixed devices", *IEEE Internet Computing*, vol. 8, nº. 4, pp. 24-31, July 2004. Dinponível em: <http://dsonline.computer.org/0407/f/w4gei.htm>. Acesso em: 20 jan. 2005.

MCKNIGHT, L.W.; HOWISON, James. "Towards a Sharing Level Protocol for Distributed Resource Sharing", In: *Proc. Of International Conference on Computer, Communication and Control Technologies* (CCCT '03), Orlando, Florida, July 31-August 2, 2003. Disponível em: <http://wirelessgrids.net/docs/CCCT03_McKnight_T823HO.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2005.

MCKNIGHT, L.W.; LEHR, William; HOWISON, James. "Coordinating User and Device Behavior in Wireless Grids", *MIT Program on Internet & Telecoms Convergence*, October 5, 2003. Disponível em: <http://itc.mit.edu/itel/docs/2003/wirelessgrids.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2005.

MCKNIGHT, L.W; ANIUS, D.; UZUNER O. "Virtual Markets in Wireless Grids: Peering Policy Obstacles", *TPRC 30th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy* (TPRC '02), 2002. Disponível em: <http://tprc.org/papers/2002/88/virtualmarkets.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2005.

MILLER, N.; RESNICK, P.; ZECKHAUSER, R. "*Eliciting honest feedback in electronic markets*", Harvard Kennedy School Research Working Paper RWP02-039, August 30, 2003. Disponível em: <http://ksghome.harvard.edu/~nmiller/ksg-rwp/elicit.pdf>. Acesso em 02 fev.2005.

NÉMETH, Zsolt; SUNDERAM, Vaidy. "Characterizing Grids: Attributes, Definitions, and Formalisms", *Journal of Grid Computing*, Volume 1, Issue 1, pp 9-23, 2003. Disponível em: <http://www.kluweronline.com/article.asp?PIPS=5128143&PDF=1>. Acesso em: 31 jan. 2005.

PARK, Joon; HOWISON, James; NANDA, Amarpreet. "WLAN Security and Trusted Wireless Grid Research Challenges", In: *Proc. Of International Conference on Computer, Communication and Control Technologies* (CCCT '03), Orlando, Florida, July 31-August 2, 2003.

RESNICK, Paul; ZECKHAUSER, Richard; SWANSON, John; LOCKWOOD, Kate. "The Value of Reputation on eBay: a Controlled Experiment", *ESA conference*, Boston, MA, June, 2002. Disponível em: <http://www.si.umich.edu/~presnick/papers/postcards/>. Acesso em: 02 fev. 2005.

RHEINGOLD, Howard. "The Evolution of Reputation". In: *Smart Mobs (the next social revolution)*, pp. 113-132. Perseus Publishing, 2003. Disponível em: <http://www.smartmobs.com/>. Acesso em: 20 jan. 2005.

STRULO, B.; FARR, J.; SMITH, A. "Securing mobile ad hoc networks – a motivational approach", *BT Technology Journal*, Volume 21, Issue 3, pp. 81-89, 2003. Disponível em: <http://www.kluweronline.com/article.asp?PIPS=5147164&PDF=1>. Acesso em: 02 fev. 2005.

The Wireless Grid Research Team. "*Wireless Grids Working Paper 1 – Use Cases v0.3*", Working Paper, Syracuse University School of Information Studies, March 24, 2004. Disponível em: <http://www.wirelessgrids.net/docs/WG_wp3_UseCases.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2003.

TUISKU, Miika. "Wireless Java-enabled MIDP devices as peers in Grid infrastructure", *Annual Crossgrid Project Workshop & 1st European Across Grids Conference*, February 2003. Disponível em: <http://grid.cesga.es/eabstracts/wireless_grid.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2005.

UZUNER, Ozlem; DAVIS, Randall. “Digital Fingerprinting for Distribution Volume Tracking: Intellectual Property Protection in Wireless Grids”, In: *Proc. International Conference on Computer, Communication and Control Technologies* (CCCT ’03), Orlando, Florida, July 31-August 2, 2003. Disponível em: <http://wirelessgrids.net/docs/CCCT03_Uzuner_T554FA.pdf>. Acesso em: 03 fev.2005.

Apêndice 1 Acrônimos

AO	Actual Organization
AODV	Ad hoc On Demand Vector routing
API	Application Program Interface
DAML	DARPA Agent Markup Language
DAML-S	DAML Services
DARC*	Distributed Ad Hoc Resource Coordination, pronuncia-se "*dark star*"
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DJ	Disk Jockey
DSDV	Destination Sequenced Distance-Vector
DSR	Dynamic Source Routing Protocol
DTS	Digital Theater System
DVT	Distribution Volume Tracking
GE	General Electric
GPS	Global Positionig System
GRAM	Globus Grid Resource Allocation Manager
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
INS	Intentional Naming System
IP	Internet Protocol
J2ME	Java 2 Micro Edition
JINI	Projeto Jini da Sun. Pronuncia-se "*GEE-nee*", sua origem está relacionada à palavra árabe que corresponde a "mágico"
JXTA	Projeto JXTA da Sun. Pronuncia-se "*juxta*", vem da palavra "*juxtapose*", significando lado a lado
LAN	Local Area Network
LDAP	Lightweight Database Access Protocol
MANET	Mobile Ad Hoc Network
MDS	Meta Directory Service
MIDP	Mobile Information Device Profile
NFS	Network File System
OGSA	Open Grid Services Architecture
P2P	Peer to Peer

PDA	Personal Digital Assistant
QoS	Quality of Service
RBL	Realtime Blackhole List
RDL	Resource Description Language
RF	Radio Frequency
SDP	Service Discovery Protocol
SETI	Search for ExtraTerrestrial Intelligence
SLP	Service Location Protocol
SOAP	Simple Object Access Protocol
TORA	Temporally-Ordered Routing Algorithm
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
UPnP	Universal Plug and Play
URL	Uniform Resource Locator
VO	Virtual Organization
VoIP	Voice over IP
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WSDL	Web Services Description Language
XML	eXtensible Markup Language
ZeroConf	Zero Configuration Networking