

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
ESCOLA DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

PLANO DE ESTUDO E PESQUISA

**EXEHDA-SN: uma Infraestrutura para
Prover Redes de Sensores na
Computação Pervasiva**

Rodrigo Santos de Souza
Aluno

Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin
Orientador

Pelotas, dezembro de 2007

SUMÁRIO

RESUMO	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 TEMA	6
3 MOTIVAÇÃO	7
4 ESCOPO DO TRABALHO	8
4.1 Computação Pervasiva	8
4.2 Redes de Sensores	9
4.3 Arquitetura Orientada a Serviços	9
5 OBJETIVOS	11
6 METODOLOGIA	12
6.1 Revisão bibliográfica	12
6.2 Estudar o middleware EXEHDA	12
6.3 Estudar os middlewares para Redes de Sensores	12
6.4 Modelar o EXEHDA-SN	12
6.5 Implementação e testes do EXEHDA-SN	12
6.6 Avaliação do Andamento do Trabalho	13
6.7 Escrita da Dissertação	13
7 CRONOGRAMA	14
REFERÊNCIAS	15

RESUMO

A computação pervasiva pressupõe uma elevada integração entre os sistemas computacionais e o mundo real, tendo como foco o usuário e suas atividades. Em paralelo a isto, as redes de sensores, que têm sido objeto de vários estudos recentes, possibilitam que os sistemas computacionais sejam “alimentados” com informações oriundas do ambiente real. Estas informações sensoradas têm utilização em aplicações nas mais variadas áreas (ambiental, industrial, médica, entre outras), e através da computação pervasiva podem estar disponíveis independente de localização, tempo ou dispositivo de acesso. O objetivo central do trabalho proposto é aprimorar os mecanismos de acesso pervasivo à dados através de middlewares, provendo métodos que contemplem a consulta de dados provenientes de redes de sensores, otimizando a utilização dos seus recursos. A proposta concebida terá como base o ambiente de execução para computação pervasiva EXEHDA - *Execution Environment for Highly Distributed Applications*.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais é notório o crescimento da presença da computação no dia-a-dia das pessoas, seja na utilização cada vez maior dos computadores pessoais (*desktops* e *laptops*), PDAs, *smartphone*, aparelhos celulares, *players* de áudio e vídeo, como também através de alguns eletrodomésticos com recursos de computação embarcada. Com toda esta tecnologia cada vez mais disponível, com a evolução da Internet e das redes de comunicação, a perspectiva é a integração destes dispositivos, constituindo um sistema distribuído. Porém, para viabilizar um desenvolvimento de software de forma confortável para estas tecnologias é fundamental que exista transparência em relação às particularidades dos dispositivos utilizados na infraestrutura computacional. Neste contexto, os preceitos da computação pervasiva se potencializam, pois os mesmos pressupõem uma elevada integração dos sistemas computacionais com o mundo real, tendo como foco o usuário e suas atividades. Mark Weiser (WEISER, 1991) resume que a computação pervasiva ou ubíqua deve permitir que o usuário tenha acesso ao seu ambiente computacional, de todo lugar e a todo momento, por meio de qualquer dispositivo. Grande parte dos trabalhos nesta área, desde então, vêm perseguindo estratégias para prover este novo paradigma de computação.

Para tornar realidade a computação pervasiva são necessários mecanismos que permitam que os sistemas computacionais tenham conhecimento da realidade na qual a computação está imersa. Neste contexto, uma tecnologia que está em ascensão atualmente, e que entendemos poder agregar uma gama de possibilidades às aplicações da computação pervasiva são as redes de sensores. Em contrapartida, as contribuições da computação pervasiva em prol das redes de sensores são diversas: prover o acesso a dados sensorados em qualquer lugar, a qualquer tempo e através de qualquer dispositivo.

As redes de sensores estão bastante presentes nos dias atuais, especialmente nas indústrias que utilizam processos automatizados. Dentre estas destacaríamos as indústrias automobilísticas, alimentícias, metal-mecânicas e marítimas. O sensoriamento de variáveis do ambiente não é novidade, porém uma variante do mesmo que está no centro de várias pesquisas nas áreas da Ciência da Computação e Engenharia Elétrica: as redes de sensores sem fio (RSSF). Estas utilizam sensores chamados “inteligentes”, que são dotados de poder computacional, possuem autonomia de energia e comunicação sem fio. Eles são capazes de se auto-organizar para construir a topologia de rede e as estratégias de comunicação, de forma a transmitirem as informações coletadas do meio para aplicações interessadas. Um dos desafios centrais da estratégia de gerenciamento é ponderar entre precisão, latência e eficiência em energia.

O estudo realizado até agora aponta que os middlewares constituem uma alterna-

tiva para gerenciar tanto as aplicações na computação pervasiva (SAHA; MUKHERJEE, 2003) (YAMIN, 2004) quanto as redes de sensores (LOUREIRO et al., 2003) (DELICATO, 2005). Desta maneira, um estudo envolvendo estas duas alternativas e as suas estratégias de gerenciamento traz como possibilidade a contribuição para uma nova visão: o gerenciamento de redes de sensores na computação pervasiva.

Em paralelo a isso, as Arquiteturas Orientadas a Serviço (SOA) apresentam-se como uma forma adequada para integração de aplicações distribuídas, devido a interoperabilidade que o conceito propõe, neste sentido este plano, contempla um estudo referente a este assunto, com o intuito de considerar o uso deste paradigma no modelo de middleware para gerenciar redes de sensores na computação pervasiva.

2 TEMA

Este trabalho tem como principal enfoque prover mecanismos que facilitem o desenvolvimento e a execução de aplicações que contemplem o uso de redes de sensores na computação pervasiva. As redes de sensores capturam informações do ambiente real e as transformam em dados computáveis, de forma que possam ser tratados por aplicações ou pelo próprio middleware. Sob a ótica da computação pervasiva, as aplicações interessadas nestes dados podem estar em qualquer dispositivo ou localização, e mesmo assim devem ter acesso a estas informações com adequada precisão e latência.

Desta maneira, este trabalho propõe a utilização de middlewares como uma forma de prover uma infraestrutura de software que possibilite satisfazer tanto as necessidades para o desenvolvimento de aplicações na computação pervasiva, quanto aquelas que empreguem redes de sensores.

3 MOTIVAÇÃO

A computação pervasiva tem sido alvo de várias pesquisas, e é apontada como um dos grandes desafios desta década (CARVALHO et al., 2006). A informatização moderna é caracterizada pela utilização de sistemas computacionais de diversas capacidades e recursos, dotados ou não de mobilidade, independentemente de tempo e localização.

Por sua vez, as Redes de Sensores consistem de um número muito grande de sensores autônomos, capazes de se auto-organizarem em uma estrutura interligada, e enviarem informações do ambiente para os componentes de software interessados.

Considerando que uma das premissas da computação pervasiva é uma forte integração com o mundo real. Considerando também que o relatório do seminário sobre os Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil - 2006-2016 (CARVALHO et al., 2006) aponta para um elevado uso de sensores nas mais diversas áreas dentro de uma década, com a previsão que neste período estes elementos vão invadir casas, escritórios, fábricas, carros, ruas, e fazendas, decorre a motivação central deste trabalho que é a integração através de um middleware dos esforços de gerência na Computação Pervasiva e das Redes de Sensores.

4 ESCOPO DO TRABALHO

4.1 Computação Pervasiva

Mark Weiser (WEISER, 1991) resume que a computação pervasiva ou ubíqua deve permitir que o usuário tenha acesso ao seu ambiente computacional, de todo lugar e a todo momento, por meio de qualquer dispositivo. Para o desenvolvimento de aplicativos nesse cenário, é necessária uma infra-estrutura de software apropriada para prover um elevado grau de transparência as características intrínsecas do sistema de modo que a participação humana neste processo seja mínimo. A dificuldade está no desenvolvimento de aplicativos que irão continuamente se adaptar ao ambiente e continuar funcionando, a medida que as pessoas se movimentam ou trocam de dispositivos. Outro problema consiste em deslocar o ambiente de trabalho do usuário sem o deslocamento do hardware. Estas questões podem ser resolvidas através de um middleware que sirva de interface entre os muitos dispositivos diferentes e as aplicações do usuário final (SAHA; MUKHERJEE, 2003). O objetivo deste é abstrair a complexidade do ambiente, isolando aplicações do gerenciamento explícito de protocolos, acesso distribuído a memória, replicação de dados, falhas de comunicação, etc. Um middleware também pode resolver problemas de heterogeneidade relacionados às arquiteturas, sistemas operacionais, tecnologias de redes e até mesmo de linguagens de programação, promovendo a interoperação entre esses componentes.

Um middleware deve permitir que o usuário acesse o seu ambiente computacional (dados e aplicativos) de qualquer lugar e a qualquer momento, com ou sem o seu equipamento. Desta maneira, os aplicativos e dados devem se deslocar junto com os usuários. Essa adaptação é fundamental para a visão de computação pervasiva, e envolve a percepção do contexto (*context awareness* ou consciência de contexto) e o próprio ajuste do sistema baseado na informação percebida (gerência do contexto).

As aplicações sensíveis ao contexto devem prever a mobilidade de equipamentos e usuários, denominada mobilidade física, e também dos componentes da aplicação e serviços, chamada de mobilidade lógica. Para isso, as aplicações devem permitir que o usuário acesse seu ambiente computacional independente da localização e do tempo (YAMIN, 2004).

Entre as infra-estrutura para suporte a computação pervasiva, particularmente no âmbito das universidades gaúchas, uma alternativa a ser considerada é o projeto ISAM (Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis) (ISAM, 2007). O middleware do projeto ISAM, denominado EXEHDA (YAMIN, 2004), é uma camada intermediária que consiste de um sistema baseado em serviços com adaptação ao contexto que permite

criar e gerenciar um ambiente pervasivo, facilitando o desenvolvimento e execução de aplicações neste ambiente.

4.2 Redes de Sensores

As redes de sensores possibilitam prover uma ligação entre o mundo digital e o seu entorno, permitindo que os sistemas comutacionais tenham consciência do que acontece no mundo real e assim possam fornecer serviços mais adequados. Outra perspectiva é permitir que os usuários tenham acesso às informações referentes ao seu ambiente de interesse sem que estejam fisicamente inseridos nele.

O avanço da tecnologia na área da eletrônica e a demanda por mobilidade, impulsionaram a evolução nas redes sem fio. Juntando-se a isso, a constante redução no tamanho dos dispositivos eletrônicos, e a disseminação do uso de micro sistemas eletromecânicos impulsionaram a viabilidade das Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) (RUIZ, 2003) (LOUREIRO et al., 2003).

As RSSF possuem um elevado número de dispositivos, podendo chegar a centenas de milhares de nodos com tamanho reduzido. Cada sensor é um elemento autônomo capaz de captar a informação do meio, tratar e enviar estas informações através de uma comunicação sem-fio, para isso é necessário ter no mínimo um transceptor para comunicação, uma unidade de sensoriamento, fonte de energia, memória e uma unidade de processamento (RUIZ et al., 2004).

As RSSF são um tipo particular de sistema distribuído e assim como estes, necessitam de uma infraestrutura de software para facilitar o desenvolvimento, manutenção e execução das aplicações que utilizam as informações sensoradas. Os middlewares em RSSF devem gerenciar os aspectos pertinentes aos sistemas distribuídos móveis e dinâmicos além daqueles específicos das redes de sensores, como o gerenciamento eficiente da energia dos nodos sensores, robustez e escalabilidade (LOUREIRO et al., 2003). Um middleware para RSSF deve prover uma interface de alto nível para a consulta as informações da rede e gerenciar aspectos referentes ao tempo e localização dos fenômenos monitorados.

4.3 Arquitetura Orientada a Serviços

As infraestruturas de software para sistemas distribuídos modernos têm apontado para o uso de Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) como forma de prover interoperabilidade. O paradigma SOA possibilita a utilização de recursos de software disponibilizados em máquinas remotas através da chamada de serviços. A troca de informações entre os fornecedores e consumidores de serviços utilizam protocolos abertos geralmente utilizando o padrão XML. Esta padronização permite a integração de aplicações independentemente do modelo de programação e plataforma utilizada.

Uma definição para Arquitetura Orientada a Serviços é apresentada por (MACKENZIE et al., 2006) como “um paradigma para organização e utilização de competências distribuídas que estão sob controle de diferentes domínios proprietários”. Desta maneira, estas competências podem ser disponibilizadas para que outras entidades que tenham necessidades semelhantes em alguma situação, possam utiliza-las. Enquanto algumas entidades possuem competências que podem ser disponibilizadas, outras possuem

necessidades que podem ser satisfeitas com a utilização das competências que as primeiras disponibilizaram.

Do ponto de vista computacional, o paradigma SOA pode ser considerado como uma evolução da computação distribuída, onde o indivíduo que tem as competências pode ser considerado como um fornecedor de serviços, enquanto o que tem necessidades, como um consumidor de serviços. Tipicamente o fornecedor e consumidor de serviços estão localizados em máquinas distintas, embora isso não seja uma obrigatoriedade.

Um web service é uma tecnologia que implementa a SOA, cujas trocas de mensagens entre os participantes se dá utilizando o padrão XML, transmitidos pela Internet ou rede corporativa utilizando protocolos padronizados amplamente utilizados. O principal benefício dos web services é facilitar a integração de sistemas distribuídos acessíveis através da web (DELICATO, 2005). Para atingir a interoperabilidade que a arquitetura de serviços web possibilita são necessários apenas um conjunto de protocolos abertos de comunicação e formato de dados, como HTTP, SOAP e XML, o que garante a interoperabilidade desejada.

5 OBJETIVOS

O Objetivo central deste trabalho é sistematizar mecanismos que devem estar presentes em um middleware voltado ao desenvolvimento e execução de aplicações que contemplem o uso de redes de sensores na computação pervasiva.

A modelagem e implementação destes mecanismos constituirão o EXEHDA-SN (*EXEHDA Sensor Networks*), dando origem a novos serviços a serem agregados middleware EXEHDA.

Dentre os objetivos específicos a serem perseguidos, destacaríamos:

- aprofundar os conceitos relacionados à computação pervasiva e redes de sensores;
- identificar o estado da arte no tratamento de dados sensorados através do estudo dos principais trabalhos relacionados da área;
- estudar os mecanismos presentes em middlewares para computação pervasiva e redes de sensores;
- avaliar os aspectos necessários para prover a integração das demandas da computação pervasiva e de gerenciamento das redes de sensores, constituindo a base conceitual para o EXEHDA-SN;
- sistematizar os conceitos envolvidos no paradigma de Arquitetura Orientada a Serviços, avaliando sua utilização na modelagem e implementação de middlewares para sistemas distribuídos;
- modelar e implementar o EXEHDA-SN;
- perseguir a integração com grupos que trabalham com Computação Pervasiva no cenário nacional, particularmente os grupos da UFRGS (GPPD) e UFSM (GMob), no tocante a Redes de Sensores procurar integração com outros grupos, entre estes o grupo da UFMG;
- difundir o conhecimento adquirido junto a comunidade científica;

6 METODOLOGIA

6.1 Revisão bibliográfica

Revisão da literatura relacionada à computação pervasiva, Redes de Sensores e SOA. Particularmente, no que diz respeito à computação pervasiva, aprofundar aspectos relacionados às tecnologias associadas e a captura de informações de contexto, bem como identificar e revisar os principais projetos selecionados. Sistematizar as estratégias de gerência utilizadas nos principais projetos relativos às Redes Sensores, por sua vez no tocante à SOA, explorar aspectos de especificação e casos de uso.

6.2 Estudar o middleware EXEHDA

Estudo do EXEHDA enquanto ambiente de execução para computação pervasiva, aprofundando os aspectos pertinentes aos mecanismos responsáveis pela coleta e disseminação de informações. Neste estudo também será avaliada a relação destes mecanismos com os outros componentes da arquitetura de software do EXEHDA.

6.3 Estudar os middlewares para Redes de Sensores

Estudo dos principais middlewares hoje empregados na gerência e na implementação de aplicações que utilizem Redes de Sensores. Dentre estes destacaremos os trabalhos desenvolvidos nas teses de (DELICATO, 2005) (RUIZ, 2003).

6.4 Modelar o EXEHDA-SN

Modelagem do EXEHDA-SN a partir da sistematização dos mecanismos que devem estar presentes em um middleware voltado ao desenvolvimento e execução de aplicações que contemplem o uso de redes de sensores na computação pervasiva. Esta sistematização será a base empregada para especificar os novos serviços a serem agregados ao middleware EXEHDA.

6.5 Implementação e testes do EXEHDA-SN

Implementar o EXEHDA-SN considerando as especificações do EXEHDA enquanto middleware para aplicações pervasivas, e a SOA enquanto estratégia de interope-

rabilidade. Ao longo do trabalho de implementação serão realizados testes periódicos.

6.6 Avaliação do Andamento do Trabalho

Reconsideração sobre as atividades do PEP, tendo como parâmetro as proposições feitas no Seminário de Andamento.

O EXEHDA-SN será avaliado ao longo de seu desenvolvimento, quanto ao atendimento dos requisitos impostos pela computação pervasiva, particularmente pelo modelo computacional do EXEHDA, e as demandas das Redes de Sensores.

6.7 Escrita da Dissertação

Redigir o texto da dissertação. A redação será feita a medida que o trabalho avança, de modo incremental, sendo realizadas revisões com periodicidade quinzenal. Será utilizado software para controle de versões (SVN) localizado no servidor “olaria.ucpel.tche.br”.

7 CRONOGRAMA

Atividades/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	x	x	x	x								
2				x								
3					x	x						
4						x	x	x	x			
5							x	x	x	x	x	
6									x	x	x	x
7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8							x					
9												x

Atividades:

1. revisão bibliográfica sobre o escopo do trabalho: Redes de Sensores, Computação Pervasiva e SOA;
2. estudo do middleware EXEHDA;
3. estudo de middlewares para Redes Sensores e a respectiva sistematização dos mecanismos de gerência;
4. modelagem do EXEHDA-SN;
5. implementação e testes do EXEHDA-SN;
6. Escrita de Artigos Sobre o Tema da Dissertação;
7. Escrita da Dissertação;
8. Seminário de Andamento;
9. Defesa da Dissertação;

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. C. P. de Leon F. de; BRAYNER, A.; LOUREIRO, A.; FURTADO, A. L.; STAA, A. von; LUCENA, C. J. P. de; SOUZA, C. S. de; MEDEIROS, C. M. B.; LUCCHESI, C. L.; SILVA, E. S. e; WAGNER, F. R.; SIMON, I.; WAINER, J.; MALDONADO, J. C.; OLIVEIRA, J. P. M. de; RIBEIRO, L.; VELHO, L.; GONÇALVES, M. A.; BARANAUSKAS, M. C. C.; MATTOSO, M.; ZIVIANI, N.; NAVAU, P. O. A.; SILVA TORRES, R. da; ALMEIDA, V. A. F.; JR., W. M.; KOHAYAKAWA, Y. **Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil - 2006 - 2016**. Relatório sobre o Seminário realizado em 8 e 9 de maio de 2006.

DELICATO, F. C. **Middleware Orientado a Serviços para Redes de Sensores sem Fio**. 2005. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ISAM. **Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis**. <http://www.inf.ufrgs.br/isam/>.

LOUREIRO, A. A. F.; NOGUEIRA, J. M. S.; RUIZ, L. B.; FREITAS MINI, R. A. de; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S. Redes de Sensores Sem Fio. In: **XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores**. [S.l.: s.n.], 2003. p.179–226.

LOUREIRO, A. A. F.; RUIZ, L. B.; FRANSISCANY, F. P.; COUTO, R. R. P.; NOGUEIRA, J. M. S. **Middlewares para redes de sensores sem fio. (tutorial)**.

MACKENZIE, C. M.; LASKEY, K.; MCCABE, F.; BROWN, P. F.; METZ, R. **Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0**. [S.l.]: Organization for the Advancement of Structured Information Standards, 2006.

RUIZ, L. B. **MANÁ**: Uma Arquitetura para Gerenciamento de Redes de Sensores Sem Fio. 2003. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Minas Gerais.

RUIZ, L. B.; CORREIA, L. H. A.; VIEIRA1, L. F. M.; MACEDO, D. F.; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S.; VIEIRA, M. A. M.; BECHELANE, E. H.; CAMARA, D.; LOUREIRO, A. A.; NOGUEIRA, J. M. S.; SILVA JR., D. C. da; FERNANDES, A. O. Arquiteturas para Redes de Sensores Sem Fio. In: **XXII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores**. [S.l.: s.n.], 2004. p.167–218.

SAHA, D.; MUKHERJEE, A. Pervasive computing: a paradigm for the 21st century. **IEEE Computer**, [S.l.], v.36, n.3, p.25–31, 2003.

WEISER, M. The Computer for the Twenty-First Century. **Scientific American**, [S.l.], v.265, n.3, p.94–104, setembro 1991.

YAMIN, A. C. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional Direcionado às Aplicações Distribuídas, Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul.