

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
CENTRO POLITÉCNICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Sistematizando Desafios de Pesquisa em Medicina Ubíqua

por
Sérgio Luis Rodrigues

Trabalho Individual I
TI-2009/2-006

Orientador: Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin

Pelotas, dezembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pois sem ele nada seria possível.

Agradeço a meu Orientador Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin, por sua dedicação, amizade e por sua orientação.

Ao Instituto Federal Sul-rio-grandense pelo incentivo e apoio investidos em mim.

Agradeço aos colegas do PPGINF que me receberam muito bem e caminham comigo neste percurso. Aos funcionários e professores do Centro Politécnico da Universidade Católica de Pelotas pela seriedade e compromisso.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
RESUMO	8
RESUMO	9
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Tema	10
1.2 Motivação	11
1.3 Objetivos	11
1.4 Estrutura do Texto	11
2 COMPUTAÇÃO UBÍQUA	13
2.1 Origem da Computação Ubíqua	15
2.2 Futuro da Computação Ubíqua	16
2.3 Considerações sobre o Capítulo	17
3 MIDDLEWARE EXEHDA	18
3.1 Considerações sobre o Capítulo	22
4 MEDICINA UBÍQUA	23
4.1 O Ambiente de Medicina Ubíqua	24
4.1.1 Contribuições para Área da Saúde	25
4.1.2 Exemplo de um Middleware na Área da Saúde	26
4.2 Medicina Ubíqua: Principais Aspectos de Estudo e Pesquisa	26
4.3 Considerações sobre o Capítulo	27
5 PROJETOS DE MEDICINA UBÍQUA	28
5.1 Projeto PERTMED	28
5.2 Projeto ABC	30
5.3 Projeto Awareness	32
5.4 Projeto UbiDoctor	34
5.5 Considerações sobre o Capítulo	36

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
6.1	Desafios de Pesquisa em Medicina Ubíqua	37
6.2	Principais Conclusões	37
6.3	Trabalhos Futuros	38
	REFERÊNCIAS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Computação Ubíqua (SAHA D.; MUKHERJEE, 2003)	14
Figura 2.2	Framework para Computação Ubíqua (SAHA D.; MUKHERJEE, 2003)	14
Figura 3.1	ISAMpe (ISAM, 2009)	18
Figura 3.2	Middleware EXEHDA (YAMIN, 2004)	20
Figura 4.1	Arquitetura do CodeBlue (LORINCZ, 2004)	26
Figura 5.1	Modelo Lógico de Componentes do ABC (BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, 2001)	32
Figura 5.2	Camadas do Awareness (WEGDAM, 2005)	33
Figura 5.3	Arquitetura do Protótipo (DINIZ, 2009)	35
Figura 5.4	Arquitetura de Serviços UbiDoctor (DINIZ, 2009)	36

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Programming Interface
EXEHDA	Execution Environment for High Distributed Applications
G3PD	Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído
ISAM	Infra-estrutura de Suporte à Aplicações Móveis
LAN	Local Area Network
OWL	Web Ontology Language
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
PDA's	Personal Digital Assistant
PerDis	Pervasive Discovery Service
RPC	Remote Procedure Call
RDF	Resource Description Framework
UbiComp	Ubiquitous Computing
UPnP	Universal Plug and Play
URI	Universal Resource Identifier
UML	Unified Modeling Language
UHS	Ubiquitous Health Service
UHSys	Ubiquitous Health System
VO	Virtual Organization
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	Wide Area Network
XML	eXtensible Markup Language

RESUMO

Ambientes de Medicina Uíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários, como por exemplo, o acesso das informações dos pacientes, em qualquer situação e a troca de opiniões e diagnósticos disponíveis no Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), permitindo que dados sobre exames, fatos e situações sobre a saúde de um paciente possam ser acessados através de múltiplos dispositivos e redes heterogêneas. Em particular, ambientes de Medicina Ubíqua precisam oferecer suporte à mobilidade de seus profissionais, uma vez que esta é uma característica inerente à própria profissão, especialmente dos médicos. Além do caráter nômade do médico, é importante considerar que a atividade médica está sujeita a interrupções durante sua execução, uma vez que médicos contemplam na sua rotina diferentes atividades e locais de atuação. Essa fragmentação e nomadismo das atividades poderá ter impacto na produtividade do médico. Dessa forma, mecanismos que facilitem a continuidade de atividades dos profissionais, mesmo em virtude de seus constantes deslocamentos, tendem a melhorar a sua produtividade como um todo. O objetivo central deste Trabalho Individual é indentificar os desafios de pesquisa na área, enquanto subsídios para os estudos a serem desenvolvidos. O G3PD vem desenvolvendo o EXEHDA.

Palavras-chave: Medicina Ubíqua, Computação Ubíqua, Computação Pervasiva.

TITLE: “SYSTEMATIZING CHALLENGES FOR RESEARCH IN UBIQUITOUS MEDICINE”

RESUMO

Ubiquitous Medical environments are those in which technological advances such as mobile networks and wireless communications brings new possibilities to access and interact with its users, such as the access of patient information in any situation and exchange of views and diagnostics available on the Electronic Patient Record (PEP), allowing data on tests, facts and situations on the health of a patient can be accessed through multiple devices and heterogeneous networks. In particular, Ubiquitous Medical Environments need to support the mobility of its employees, since this is an inherent characteristic of the profession, especially physicians. In addition to the nomadic nature of the doctor, it is important that the medical activity is subject to interruptions during execution, since doctors routinely include in their different activities and places of work. This fragmentation and nomadism activities may impact the productivity of the physician. Thus, mechanisms to facilitate the continuity of activities of the professionals, even because of his constant shifts, tend to improve their productivity as a whole. The main objective of this work is on identifying the Individual research challenges in the area, while grants for studies to be developed. The G3PD is developing EXEHDA.

Palavras-chave: Ubiquitous Medicine, Ubiquitous Computing, Pervasive Computing.

1 INTRODUÇÃO

A computação ubíqua idealizada por Mark Weiser na histórica publicação (WEISER, 1991) é atualmente é um dos modelos de computação que mais dissemina na atualidade. Weiser postulava que a computação residiria nos mais inusitados objetos (e.g., etiquetas de roupas, xícaras de café, interruptores de luz e canetas) tornando-se, muitas vezes, imperceptível aos olhos dos usuários. Neste contexto, onde a computação torna-se imersa ao cotidiano, as pessoas convivem com os computadores e não somente os utilizam. Nestes ambientes, ditos ubíquos, existiria uma intensa interação entre os dispositivos que o compõem para melhor auxiliar os usuários na execução de suas tarefas (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008). Os hospitais são locais onde a computação ubíqua pode ser utilizada para auxiliar o homem na execução de inúmeras atividades (e.g., localização de pacientes, documentos e equipamentos) (FAVELA et al., 2004). Em particular, a computação ubíqua pode ser utilizada no desenvolvimento de aplicações de telemedicina, permitindo o monitoramento de sinais vitais de pacientes a distância e possibilitando o acesso a registros médicos em dispositivos com diferenciado poder computacional. De modo mais específico, ambientes de Medicina Ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários, como por exemplo, o acesso das informações dos pacientes. Estas informações sobre exames, fatos e situações sobre a saúde de um paciente poderiam ser acessadas através de múltiplos dispositivos e redes heterogêneas, de qualquer lugar. A Medicina Ubíqua, entre outros aspectos também potencializa a cooperação entre profissionais independentemente do tempo e do espaço. Em particular, ambientes de Medicina Ubíqua precisam oferecer suporte à mobilidade de seus profissionais, tendo em vista que a mobilidade dos médicos é inerente à própria profissão. Além desse caráter nômade do médico, é importante considerar que a atividade médica é bastante fragmentada (TENTORI; FAVELA, 2008), ou seja, está sujeita a interrupções durante sua execução, uma vez que médicos passam pouco tempo em cada local ou atividade. Dessa forma, mecanismos que facilitem a continuidade de atividades dos profissionais, mesmo em virtude de seus constantes deslocamentos, constituem ferramenta que potencialmente irá contribuir para produtividade dos mesmos.

1.1 Tema

O trabalho proposto tem como enfoque principal o estudo dos desafios de pesquisa na Medicina Ubíqua. Os ambientes de Medicina Ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas

possibilidades de acesso e interação de seus usuários(médicos, enfermeiros, pacientes, dentre outros) tornando o serviço mais ágil e abrangendo regiões carentes de serviços médicos além de outras possibilidades.

Assim o tema deste trabalho abrange estudar projetos já existentes na área de Medicina Ubíqua assim como as soluções utilizadas para solucionar os desafios impostos por essa nova tecnologia e contribuir para uma melhor qualificação do *middleware* EXEHDA.

1.2 Motivação

O grupo G3PD a qual faço parte vem ultimamente pesquisando sobre computação ubíqua/pervasiva desenvolvendo serviço para um *middleware* chamado de EXEHDA. Neste trabalho procuro identificar os desafios de pesquisa na área de Medicina Ubíqua e propor qualificadores para o *middleware* EXEHDA a fim de prover facilidades, agilidade dentre outras aspectos para as demandas da área de saúde.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho individual é o estudo das premissas de estudo e pesquisa praticadas atualmente em Medicina Ubíqua. Identificando os desafios de pesquisa existentes no estado da arte em computação ubíqua (UbiComp) aplicada a medicina. Revisão bibliográfica dos trabalhos relacionados na área de Medicina Ubíqua. Sistematizar as características dos trabalhos em Medicina Ubíqua tendo em vista os desafios de pesquisa em UbiComp. Propor a partir desta sistematização feita melhorias para qualificar o *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004) quando o atendimento das demandas em medicina, na perspectiva da computação ubíqua.

Os objetivos específicos são:

- estudar fundamentos teóricos sobre computação ubíqua;
- estudar fundamentos teóricos sobre Medicina Ubíqua, identificando as tecnologias relacionadas;
- revisar os principais projetos em Medicina Ubíqua, sistematizando suas diferentes características;
- estudar o projeto EXEHDA, revisando seus fundamentos e as decisões inerentes a concepção dos diversos módulos de sua arquitetura;
- propor qualificadores para o *middleware* EXEHDA para melhor atendimento as demandas da Medicina Ubíqua;
- redigir, progressivamente, o texto do trabalho individual a medida que as atividades forem sendo realizadas;

1.4 Estrutura do Texto

O texto é composto por cinco capítulos. O capítulo um descreve uma pequena introdução, o tema selecionado, a motivação para esse trabalho e os objetivos propostos

para o desenvolvimento deste texto.

No capítulo dois são apresentados conceitos sobre computação ubíqua.

No capítulo três são apresentados conceitos sobre Medicina Ubíqua, com alguns projetos relevantes.

O capítulo quatro descreve o projeto EXEHDA, revisando seus fundamentos e as decisões inerentes a concepção dos diversos módulos de sua arquitetura. Neste mesmo capítulo é apresentada instigações para *middleware* EXEHDA para melhor atendimento as demandas da Medicina Ubíqua.

No capítulo cinco é feito o fechamento deste trabalho com algumas considerações finais.

2 COMPUTAÇÃO UBÍQUA

A computação ubíqua idealizada por Mark Weiser na histórica publicação (WEISER, 1991) é atualmente é um dos modelos de computação que mais dissemina na atualidade. Weiser postulava que a computação residiria nos mais inusitados objetos (e.g., etiquetas de roupas, xícaras de café, interruptores de luz e canetas) tornando-se, muitas vezes, imperceptível aos olhos dos usuários. Neste contexto, onde a computação torna-se imersa ao cotidiano, as pessoas convivem com os computadores e não somente os utilizam. Nestes ambientes, ditos ubíquos, existiria uma intensa interação entre os dispositivos que o compõem para melhor auxiliar os usuários na execução de suas tarefas (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008). De acordo com Mark Weiser (WEISER M.;GOLD, 1999), na computação ubíqua os recursos se adaptam ao comportamento humano de modo não intrusivo, sem forçar que os usuários se adaptem aos dispositivos (GOULARTE, 2003). A proposta de Weiser vem se tornando realidade, através de tecnologias como PDAs, smartphones e a consolidação de padrões para redes sem fio como o *Bluetooth* (BLUETOOTH.ORG, 2004) e o IEEE 802.11 (IEEE, 2005). Com a computação ubíqua, a relação entre usuários e dispositivos computacionais muda em relação aos computadores pessoais, o que era de um para um, passa a ser de um para muitos (um usuário para vários dispositivos).

A computação ubíqua ganhou muito espaço com a disseminação de dispositivos portáteis, sobretudo após a ampliação das tecnologias de redes sem fio. Dessa forma, o uso da computação tem sido trazido para diversos cenários reais, onde sua usabilidade nos moldes da computação tradicional não poderia ser tão ampla. Cenários na área médica, podem estender-se a diversas atividades, como telemonitoramento através do uso de sensores de medicina ubíqua, diagnósticos remotos, segunda opinião, juntas médicas, viabilizando a integração de dispositivos móveis como PDAs, tablets, smartphones com os sistemas de prontuário eletrônico existentes nos hospitais, dentre outros cenários, desde residências inteligentes a trabalhos colaborativos.

A idéia básica por trás do conceito de computação ubíqua é desenvolver uma variedade de dispositivos inteligentes para serem utilizados em ambientes de trabalho e residencial. Tais dispositivos provêm aos usuários acesso universal e imediato às informações e dão suporte às tarefas dos usuários (GRIMM R.; BERSHAD, 2002).

O esquema da computação ubíqua é apresentado na Figura 2.1. Além de mobilidade, os sistemas ubíquos requerem suporte à interoperabilidade, escalabilidade, dentre outros aspectos para garantir que os usuários tenham acesso quando desejarem (SAHA D.; MUKHERJEE, 2003).

Segundo Saha e Mukherjee (SAHA D.; MUKHERJEE, 2003), os avanços tec-



Figura 2.1: Computação Ubíqua (SAHA D.; MUKHERJEE, 2003)

nológicos necessários para construir um ambiente de computação ubíqua são os seguintes: dispositivos, rede de interconexão, *middleware* e aplicações 2.2.

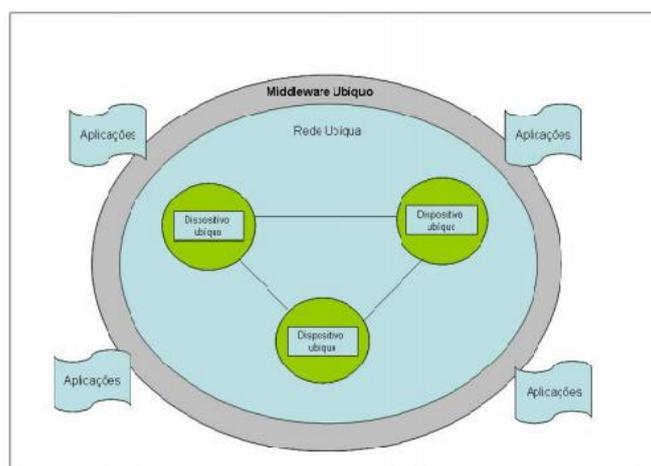


Figura 2.2: Framework para Computação Ubíqua (SAHA D.; MUKHERJEE, 2003)

De acordo com Johnson (JOHNSON, 2005), os ambientes de computação ubíqua são espaços inteligentes, contendo dispositivos móveis sem fio, interconectados entre si, com consciência das informações do ambiente e reagindo inteligentemente a informações do mesmo, acessível a qualquer hora e lugar. Para Couloris e colegas (COULORIS G. ; DOLLIMORE J.; KINDBERG, 2005), um espaço inteligente é qualquer espaço físico com serviços embarcados, ou seja, serviços providos sobretudo dentro daquele espaço físico.

Quando se refere a ambientes de Medicina Ubíqua, como por exemplo o UHS, o conceito de espaços inteligentes deverá possibilitar a realização das seguintes ações:

- Permitir que os profissionais de saúde, através de dispositivos portáteis ou não, possam ter acesso às informações do PEP, de qualquer local, desde que estejam conectados à rede. O ambiente se encarregará de gerir a comunicação de usuários e dispositivos às fontes de informações;

- Habilitar a migração de aplicações de modo que uma aplicação sendo executada por um dispositivo possa ser transferida para outro dispositivo, dando continuidade a sessão;
- Gerenciar as sessões de PEPs de diferentes usuários, usando diferentes dispositivos e redes de acesso;
- Utilizar informações contextuais para auxiliar na disseminação da informação, automatização de configuração e adaptação de conteúdo.

Como citado previamente, a computação ubíqua vem sendo estudada por diversos grupos de pesquisas em todo o mundo. No entanto, muitos desafios são identificados para que o paradigma da ubiquidade seja alcançado. Alguns destes desafios são de interesse direto deste trabalho, pois foram identificados no cenário UHS, e serão apontados nos próximos capítulos.

2.1 Origem da Computação Ubíqua

Esta seção resume o estudo desenvolvido a respeito de computação ubíqua. A computação uUbíqua/pervasiva é um paradigma computacional procedente das tecnologias de rede sem fio e sistemas distribuídos, em um processo evolutivo iniciado pela computação nômade e seguido pela computação móvel, estágio atual da tecnologia móvel (SATYANARAYANAN, 2001). A idéia deste paradigma é a criação de um ambiente físico onde o foco é o ser humano, especificamente a tarefa que ele deseja realizar, permitindo assim ao usuário dedicar-se às questões de maior interesse, deixando o ambiente pervasivo responsável pela execução das tarefas secundárias. Por ser uma área emergente de pesquisa, termos como computação ubíqua, computação pervasiva, computação nômade, computação móvel e outros tantos têm sido usados muitas vezes como sinônimos, embora sejam diferentes conceitualmente e utilizam diferentes idéias de organização e gestão dos serviços computacionais. À medida que a área evolui, esses conceitos vão sendo melhor compreendidos e as suas definições tornam-se mais claras e amplamente utilizadas (AUGUSTIN et al., 2008).

Os sistemas de computação móvel não estão ainda bem definidos e este termo é usado pelos autores em um espectro de ambientes, que envolvem alguma forma de mobilidade. De forma geral, pode-se dizer que “sistema de computação móvel é um sistema distribuído que envolve elementos (software, dados, hardware, usuário) cuja localização se altera no curso da execução” (AUGUSTIN et al., 2008). Esta definição torna evidente a amplitude de abrangência desta nova área da computação. Dependendo dos elementos que possuem a propriedade de mobilidade, podem-se definir diferentes cenários. Entre eles (AUGUSTIN et al., 2008):

Computação Nômade – popularizada com o uso de dispositivos portáteis tais como os *palmtops* e suas aplicações de gerenciamento pessoal. O usuário podia utilizar os serviços que um computador oferecia independentemente da sua localização. A mobilidade está mascarada através da portabilidade do hardware. No início dos anos 90, as facilidades de comunicação eram, basicamente, via acesso discado; a cada movimentação, uma nova conexão à rede era necessária;

Computação via Redes Sem Fio - usuário utilizando um equipamento portátil pode se deslocar dentro de uma área de cobertura, enquanto mantém a conexão à rede fixa

(infra-estruturada) ou à rede espontânea (ad-hoc) que se forma pelo encontro de dispositivos;

Mobilidade de Código - os componentes da aplicação podem se mover. Pode-se ter: a mobilidade de código; a mobilidade de dados; ou a mobilidade de todo o estado da execução da aplicação por exemplo: agentes móveis.

Computação Móvel – a computação nômade, combinada com a capacidade de acesso permanente à rede sem fio, tem transformado a computação numa atividade que pode ser carregada para qualquer lugar. Observa-se que a crescente introdução de facilidades de comunicação tem deslocado as aplicações da computação móvel de uma perspectiva de uso pessoal para outras mais avançadas e de uso corporativo, como as aplicações móveis distribuídas.

Computação Pervasiva - nesta concepção, o computador tem a capacidade de obter informação do ambiente no qual ele está embutido e utilizá-la para dinamicamente construir modelos computacionais, ou seja, controlar, configurar e ajustar a aplicação para melhor atender as necessidades do dispositivo ou utilizador adaptação consciente do contexto. O ambiente também pode e deve ser capaz de detectar outros dispositivos que venham a fazer parte dele. Desta interação surge a capacidade dos sistemas agirem de forma inteligente no ambiente no qual o usuário se move, em um ambiente formado por sensores e serviços computacionais.

Computação Ubíqua – o ambiente é impregnado de dispositivos móveis ou fixos e equipamentos computacionais conectados entre si e invisíveis ao usuário final. O usuário dispõe de seu ambiente computacional independente de localização, tempo, dispositivo e rede subjacente. Surge dos avanços da computação móvel e da computação pervasiva, e da necessidade de integrá-las. Isto significa que, qualquer objeto computacional presente no ambiente ou trazido pelo usuário pode construir dinamicamente modelos computacionais dos ambientes entre os quais o usuário se move e configurar os seus serviços dependendo da necessidade e da tarefa que o usuário deseja realizar.

Muitos pesquisadores consideram que Computação Pervasiva, termo cunhado pela IBM (2000), e Computação Ubíqua, proposto por Mark Weiser – XEROX Parc (*Ubiquitous Computing*) (WEISER, 1991), como sinônimos (SATYANARAYANAN, 2001). Observando os trabalhos realizados por pesquisadores, a maioria destes usam os termos de forma indistinta. Desta forma, neste texto esses dois termos são usados de forma indistinta.

A computação ubíqua (UbiComp) pode ser definida como a integração entre a mobilidade, sistemas de reconhecimento de contexto e computação distribuída de forma invisível ao usuário.

2.2 Futuro da Computação Ubíqua

A Computação Ubíqua também é denominada tecnologia tranquila (*Calm Technology*), Inteligência Ambiente (*Intelligence Ambient*), Computação Pró-ativa (*Proactive Computing*), Internet dos Objetos (*Internet of Things*) e Computação Invisível (*Invisible Computing*) entre outros nomes. Porém, os termos que têm predominado são computação pervasiva e computação ubíqua.

Em um espaço pervasivo/ubíquo (também chamado *smart space*), computadores e outros dispositivos digitais estão totalmente integrados ao ambiente do usuário e objetivam auxiliá-lo em suas tarefas diárias. Este é um ambiente altamente dinâmico e het-

erogêneo. Os recursos, incluindo serviços, dispositivos e aplicações, disponíveis podem alterar-se rapidamente. Diferentes espaços têm diferentes tipos de recursos disponíveis e diferentes políticas de uso dos recursos. Programas executando neste ambiente devem ser capazes de se adaptar à troca do contexto e disponibilidade de recursos. Isto coloca um desafio para os desenvolvedores que devem especificar como o programa deve se comportar em diferentes contextos e quando diferentes tipos de recursos estão disponíveis. Além disso, diferentes espaços pervasivos podem ter diferentes modos de executar a mesma tarefa uma vez que têm variados serviços, aplicações e recursos. O desenvolvedor não pode prevê como as várias tarefas serão executadas nos diferentes espaço pervasivos. Assim, programadores necessitam de abstrações de alto nível para programar aplicações no espaço pervasivo sem ter que ter consciência dos recurso disponíveis, contexto, políticas e preferência dos usuários (AUGUSTIN et al., 2008).

Pela integração de sensores, computadores, dispositivos e redes foi possível desenhar a primeira geração de ambientes pervasivos, referenciados como 'ambientes integrados'. Agora os esforços de pesquisa concentram-se em deslocar o paradigma de 'ambientes integrados' para 'espaços programáveis'. O grande desafio é que a Computação Pervasiva afeta toda a área da ciência da computação em três distintas perspectivas: da experiência, da engenharia e teórica (CHALMERS, 2006). Modelos de programação e *middlewares* baseados no modelo de sensores- atuadores-contexto foram os mais focados para a programação de aplicações da primeira geração e resultaram no conceito de computação orientada a contexto (*context-aware-programming*). Busca-se, agora, encontrar abstrações de alto nível que permitam programar aplicações que farão parte de um novo paradigma denominado programação orientada a tarefas (*Task-Oriented Programming*)(AUGUSTIN et al., 2008).

2.3 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou uma breve introdução à Computação Ubíqua, bem como requisitos que devem ser atendidos para caracterizar o ambiente ubíquo. Assim como, a origem da computação ubíqua e os seus principais aspectos de estudo e pesquisa, também foi apresentado uma perspectiva sobre o futuro da computação ubíqua. No próximo capítulo é apresentado o projeto EXEHDA suas funcionalidade e serviços básicos oferecidos por este *middleware*.

3 MIDDLEWARE EXEHDA

O projeto está em desenvolvimento no II/UFRGS, sendo o único projeto de grande porte nessa área no país. O projeto ISAM – Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis (ISAM, 2009) foi concebido para execução de aplicações móveis distribuídas com comportamento adaptativo e considerando a computação pervasiva. O paradigma de programação empregado no projeto ISAM é o Holoparadigma. A execução das aplicações no ISAM é gerenciada pelo *middleware* EXEHDA.

O módulo de acesso pervasivo a dados e códigos disponibiliza o ambiente pervasivo denominado ISAMpe (ISAM *pervasive environment*).

A organização do ISAMpe, apresentada na figura 3.1, contém as seguintes abstrações básicas (YAMIN, 2004):

- célula: representa a área de atuação de uma base. É composto por nodos e a própria base;
- base: é o módulo responsável pelos serviços básicos do ISAMpe e sua disponibilização aos nodos;
- nodo: responsáveis pela execução das aplicações. São todos os equipamentos que são empregados na execução das aplicações.

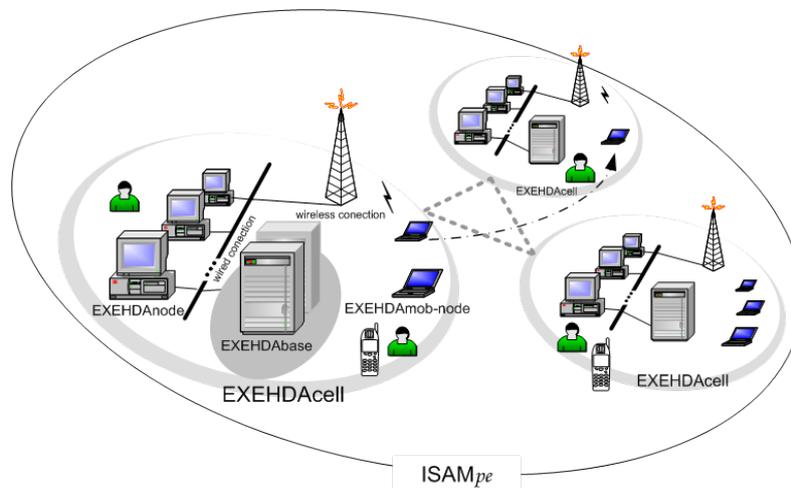


Figura 3.1: ISAMpe (ISAM, 2009)

O EXEHDA (*Execution Environment for Highly Distributed Applications*) (YAMIN, 2004) é o *middleware* que disponibiliza a abstração do ambiente pervasivo deste trabalho. O EXEHDA, figura 3.2 é um componente da arquitetura ISAM. A arquitetura ISAM foi modelada baseada nos conceitos do modelo Holoparadigma, remodelado para o ambiente pervasivo.

As principais funcionalidades do EXEHDA são:

- gerenciar aspectos funcionais e não funcionais da execução das aplicações;
- suportar adaptações dinâmicas na execução das aplicações;
- fornecer mecanismos para construir, gerenciar e disseminar informações de contexto;
- usar as informações de contexto em seus mecanismos de tomada de decisão;
- decidir, juntamente com as aplicações, a respeito de ações de adaptação;
- oferecer as usuários um comportamento que expresse a semântica *siga-me* das aplicações pervasivas, onde a aplicação segue o usuário em sua movimentação pelo ambiente ubíquo.

O núcleo mínimo do EXEHDA, o qual é instalado em todo EXEHDA node que for integrado ao ISAMpe, é composto por dois componentes:

- *ProfileManager*: responsável por interpretar as informações contidas nos perfis de execução, tornando esses dados disponíveis para outros serviços em tempo de execução;
- *ServiceManager*: realiza a ativação de serviços em um nó, baseado nas informações providas pelo *ProfileManager*.

Os recursos da infra-estrutura física são mapeados para três abstrações básicas, as quais são utilizadas na composição do ISAMpe:

- EXEHDAcel: denota a área de atuação de uma EXEHDAbase, e é composta por esta e por EXEHDA nodes;
- EXEHDAbase: é o ponto de contato para os EXEHDA nodes. Uma EXEHDAbase é responsável por todos os serviços básicos de uma célula de execução e, embora constitua uma referência lógica única, seus serviços, sobretudo por aspectos de escalabilidade, poderão estar distribuídos entre vários equipamentos;
- EXEHDA node: são os equipamentos de processamento disponíveis no ISAMpe, sendo responsáveis pela execução das aplicações. Um subtipo dessa abstração é o EXEHDA mob-node. Esses são os nós do sistema com elevada portabilidade, tipicamente dotados de interface de rede para operação sem-fio e, neste caso, integram a célula a qual seu ponto-de-acesso está subordinado. São funcionalmente análogos aos EXEHDA nodes, mas tipicamente são recursos com uma capacidade mais restrita (por exemplo, PDAs).

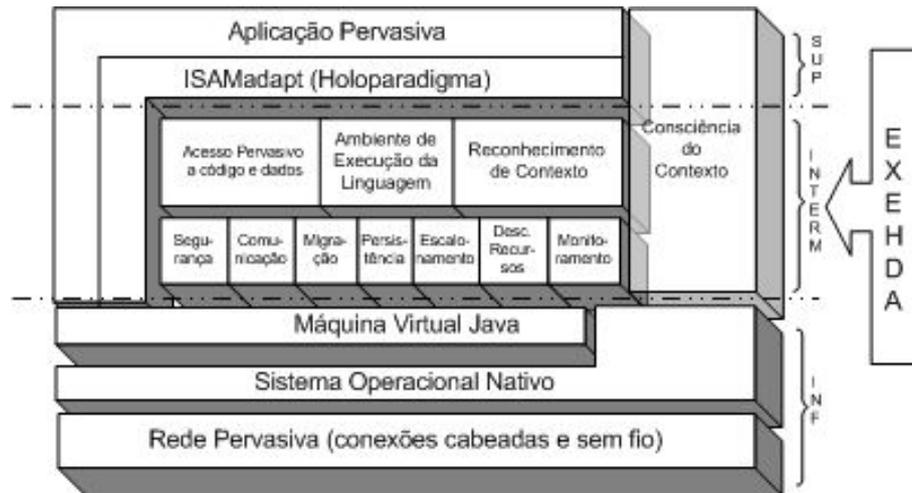


Figura 3.2: Middleware EXEHDA (YAMIN, 2004)

Os serviços do EXEHDA estão organizados em quatro grandes subsistemas: execução distribuída, adaptação, comunicação e acesso pervasivo. O processo de descoberta de recursos previsto pelo *middleware* EXEHDA está distribuído entre vários serviços do subsistema de execução distribuída. O subsistema de execução distribuída é composto pelos seguintes serviços:

- *Executor*: realiza o disparo de aplicações, criação e migração de seus objetos.
- *Cell Information Base (CIB)*: implementa a base de informações da célula, mantendo os dados estruturais da EXEHDACell, tais como, informações sobre os recursos que a compõe, informação de vizinhança, e atributos que descrevem as aplicações em execução.
- *OXManager*: A abstração OX - Objeto eXehda -, provida pelo middleware às aplicações, consiste em uma instância de objeto, criada por intermédio do serviço *Executor*, à qual pode ser associada meta-informação em tempo de execução.
- *Discoverer*: é responsável pela localização de recursos especializados no ISAMpe a partir de especificações abstratas dos mesmos. As especificações caracterizam o recurso a ser descoberto por meio de atributos e seus respectivos valores.
- *ResourceBroker*: faz o controle da alocação de recursos às aplicações.
- *Gateway*: faz a intermediação das comunicações entre os nós externos a uma célula e os recursos internos a ela, podendo alternar a visibilidade dos recursos de uma célula quando vistos de fora dela.
- *StdStreams*: provê o suporte ao redirecionamento dos *streams* padrões de entrada, saída e erro. Sua funcionalidade se dá numa perspectiva por aplicação, sem a necessidade de modificação no código da mesma.
- *Logger*: esta funcionalidade é frequentemente empregada para registro de operações importantes e/ou críticas realizadas, facilitando a identificação de situações de intrusão, ou de uso indevido do sistema.

- *Dynamic Configurator* - DC: realiza a configuração do perfil de execução do *middleware*.

O Subsistema de reconhecimento de contexto e adaptação é composto pelos seguintes serviços:

- *Collector*: responsável pela extração da informação bruta que dará origem aos elementos de contexto.
- *Deflector*: disponibiliza a abstração de canais *multicast* para uso na disseminação das informações monitoradas.
- *ContextManager*: responsável pelo refinamento da informação bruta produzida pela monitoração para produção de informações abstratas referentes aos elementos de contexto.
- *AdaptEngine*: controla as adaptações de cunho funcional e provê facilidades para definição e gerência de comportamentos adaptativos por parte das aplicações.
- *Scheduler*: serviço central na gerência das adaptações de cunho não-funcional, ou seja, que não implicam alteração de código.

O Subsistema de comunicação é composto pelos seguintes serviços:

- *Dispatcher*: disponibiliza um modelo de comunicação através de troca de mensagens ponto-a-ponto com garantia de entrega e ordenamento das mensagens.
- *WORB*: modelo de comunicação baseado em invocações remotas de método, similar ao RMI, porém sem exigir a manutenção da conexão durante toda a execução da chamada remota.
- *CCManager*: disponibiliza desacoplamento temporal e espacial através de um mecanismo baseado na abstração espaço de tuplas.

O Subsistema de acesso pervasivo é composto pelos seguintes serviços:

- *BDA*: o serviço BDA (Base de Dados pervasiva das Aplicações) contempla métodos para a recuperação do código integral de uma aplicação ou de componentes específicos e suas dependências.
- *AVU*: o AVU (Ambiente Virtual do Usuário) é responsável pela manutenção do acesso pervasivo ao ambiente virtual, da forma mais eficiente possível.
- *SessionManager*: gerencia a sessão de trabalho do usuário, sendo definida pelo conjunto de aplicações correntemente em execução para aquele usuário. A informação que descreve o estado da sessão de trabalho é armazenada no AVU, estando portando disponível de forma pervasiva.
- *Gatekeeper*: responsável por intermediar acessos entre as entidades externas à plataforma ISAM e os serviços do middleware de execução, conduzindo os procedimentos de autenticação necessários.

O processo de gerenciamento de cada célula é autônomo em relação às outras células, e cada célula é responsável por gerenciar e prover acesso aos componentes computacionais locais, os quais podem ser dados, código, dispositivos, serviços ou outros recursos. Cada célula tem associada uma *Cell Information Base (CIB)*, que mantém controle de toda a informação estática e dinâmica originada internamente à célula. Além disso, cada célula tem um conjunto dinâmico de outras células conhecidas no ISAMpe, o qual compõe sua vizinhança.

3.1 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou uma breve introdução ao middleware EXEHDA, o ambiente celular ISAMpe e os subsistemas que formam o EXEHDA. O próximo capítulo apresenta o ambiente de Medicina Ubíqua suas características seus benefícios e problemas a serem superados.

4 MEDICINA UBÍQUA

Ambientes de medicina ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários, como por exemplo, o acesso das informações dos pacientes. Estas informações compõem o chamado Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), permitindo que dados sobre exames, fatos e situações sobre a saúde de um paciente possam ser acessados através de múltiplos dispositivos e redes heterogêneas. Na medicina ubíqua podem-se realizar acessos a PEPs com informações consolidadas sobre os pacientes de qualquer lugar da rede, permitindo, inclusive, que haja cooperação entre profissionais independentemente do tempo e do espaço (DINIZ, 2009).

Em particular, ambientes de medicina ubíqua precisam oferecer suporte à mobilidade de seus profissionais, tendo em vista que a mobilidade dos médicos é inerente à própria profissão. Além desse caráter nômade do médico, é importante considerar que a atividade médica é bastante fragmentada (TENTORI; FAVELA, 2008), ou seja, está sujeita a interrupções durante sua execução, uma vez que médicos passam pouco tempo em cada local ou atividade. Dessa forma, mecanismos que facilitem a continuidade de atividades dos profissionais, mesmo em virtude de seus constantes deslocamentos, tendem a melhorar a produtividade dos mesmos (DINIZ, 2009).

Como já mencionado anteriormente, os médicos e colaboradores de hospitais trabalham em constante movimento. O trabalho descrito em (RODRIGUEZ, 2004) também se utiliza desta motivação reafirmando a necessidade de constante mudança de localização por parte destes profissionais em suas atividades diárias.

A informação requerida por um especialista é dependente da sua localização. Por exemplo, o acesso aos resultados de exames laboratoriais de pacientes deve ser mais relevante quando o médico estiver perto do paciente que quando ele estiver em qualquer outro lugar.

Rodrigues e colegas (RODRIGUEZ, 2004) descrevem um sistema de informações médicas desenvolvido para prover acesso a registros de pacientes baseado na localização do usuário. O sistema baseia-se em dispositivos *handhelds* usando estimativas de localização do usuário que acessa as informações do sistema hospitalar que sejam relevantes para a sua localização, por exemplo, quando o médico estiver próximo ao paciente ele terá acesso aos exames daquele paciente, entretanto se ele não tiver próximo ao mesmo, poderá não ter tal acesso.

O trabalho desenvolvido pelo grupo de Rodriguez trata de uma aplicação com caráter específico, mas não uma solução genérica, baseada em *middleware*.

4.1 O Ambiente de Medicina Ubíqua

Ubiquitous healthcare é um campo emergente da tecnologia que utiliza um grande número de sensores e atuadores para monitorar o paciente capaz de melhorar a sua condição física e mental (BROWN I.; ADAMS, 2007).

Conforme (BROWN I.; ADAMS, 2007) pequenos sensores estão sendo projetados para recolher informação sobre as condições corporais, como temperatura, frequência cardíaca, pressão arterial, níveis químicos do sangue e da urina, frequência respiratória e níveis de atividade que fornece informações que podem ser usado para diagnosticar problemas de saúde. Estes sensores são usados ou implantados no corpo, ou instalados em suas residências e nos locais de trabalho.

Os Atuadores irão mais longe e desencadearão ações como a liberação de pequenas quantidades de produtos farmacêuticos para a corrente sanguínea ou a estimulação elétrica de áreas do cérebro (por exemplo, aqueles implicados em condições tais como a doença de Alzheimer e de Parkinson ou aqueles associados com depressão).

O principal objetivo destes sensores e atuadores é ajudar os pacientes e as pessoas que a cuidam a monitorar o estado de saúde e elaborar e implementar intervenções para melhorar essa situação. Inicialmente, eles tendem a ser utilizados por médicos de família para controlar remotamente os pacientes, e fornecer conselhos de saúde em geral. Isto é particularmente útil para pacientes com mobilidade prejudicada, incluindo muitos idosos. Com o tempo, a tecnologia destina-se a apoiar um maior auto-controle e cuidado por todos os indivíduos, e não apenas aqueles em condições crônicas. Pacientes menos susceptíveis, como crianças e aqueles com deficiências cognitivas, será necessário um apoio mais intensivo de profissionais da saúde e familiares. *Ubiquitous healthcare technologies* de saúde pode monitorar e aconselhar sobre fatores de saúde a longo prazo, como dieta e exercício, aconselhando a uma mudança no sentido de "bem-estar" que incorpora, bem-estar como saúde física e mental (BROWN I.; ADAMS, 2007).

As tecnologias de computação ubíqua estão sendo usados para melhorar o desempenho do paciente, dispositivos de apoio - como cadeira de rodas inteligentes que evitam o impacto com objetos e, especialmente, com outras pessoas em áreas congestionadas, e fornecem um *feedback*, como descrições verbais de objetos para deficientes visuais.

De acordo com (BROWN I.; ADAMS, 2007) tecnologias também estão sendo desenvolvidas para apoiar as atividades dos profissionais da área de saúde. Exemplos incluem sistemas de prontuário do paciente que modificam as informações apresentadas com base no seu contexto atual provendo um apoio para melhorar o fluxo de informações entre enfermeiros durante a mudança de turno. Outro exemplo seria a transmissão de informações (incluindo imagens) para o hospital de uma possível vítima de um acidente no intervalo de tempo até a chegada da ambulância ou hospital. Sistemas foram também desenvolvidos para apoiar a formação de médicos.

De acordo com Johnson (JOHNSON, 2005), os ambientes de computação ubíqua são espaços inteligentes, contendo dispositivos móveis sem fio, interconectados entre si, com consciência das informações do ambiente e reagindo inteligentemente a informações do mesmo, acessível a qualquer hora e lugar. Para Couloris e colegas (COULORIS G. ; DOLLIMORE J.; KINDBERG, 2005), um espaço inteligente é qualquer espaço físico com serviços embarcados, ou seja, serviços providos sobretudo dentro daquele espaço físico.

Quando se refere a ambientes de medicina ubíqua, como por exemplo em um hospital, o conceito de espaços inteligentes deverá possibilitar a realização das seguintes

ações (DINIZ, 2009):

- Permitir que os profissionais de saúde, através de dispositivos portáteis ou não, possam ter acesso às informações do PEP, de qualquer local, desde que estejam conectados à rede. O ambiente se encarregará de gerir a comunicação de usuários e dispositivos às fontes de informações;
- Habilitar a migração de aplicações de modo que uma aplicação sendo executada por um dispositivo possa ser transferida para outro dispositivo, dando continuidade a sessão;
- Gerenciar as sessões de PEPs de diferentes usuários, usando diferentes dispositivos e redes de acesso;
- Utilizar informações contextuais para auxiliar na disseminação da informação, automatização de configuração e adaptação de conteúdo.

4.1.1 Contribuições para Área da Saúde

Conforme visto anteriormente o uso da Computação Ubíqua oferecerá vantagens tais como: aumento da eficiência do serviço, a qualidade e melhora o gerenciamento da relação com o paciente (VARSHNEY, 2003). Este 'novo sistema de saúde' também prevê uma visão de "hospital virtual", o qual estende-se para casa dos pacientes ou lugares onde eles se encontram, onde sensores/dispositivos monitoram as condições ambientais e do paciente e comunicam-se, via rede sem fio, com as centrais médicas para a tomada de decisões e ações pertinentes. Experiências nesse sentido estão sendo conduzidas por alguns projetos de pesquisa europeus, como o do *Center of Pervasive Healthcare* da Dinamarca que desenvolve o projeto *Hospital of the Future* (BARDRAM J.; BOSSEN, 2005)

Como se vê, a computação ubíqua terá um enorme potencial de aplicabilidade na área da saúde. Visto que alguns dos problemas na área de saúde hoje em dia são (PERTMED, 2007):

- Falta de acesso a serviços especializados em regiões remotas ou carentes;
- Alto custo de transporte de pacientes, especialmente de áreas pobres e rurais;
- Aumento da fragmentação e falta de sequência do tratamento;

Uma questão que permeia esses três problemas é o acesso a informação de onde ela é gerada para onde ela é necessária, em tempo razoável e compatível com a gravidade da situação sendo tratada. A rapidez da decisão médica depende da pronta disponibilidade de informações, sendo esta a chave para a qualidade dos serviços prestados. Acesso à informação pode ser usado para substituir o transporte, por exemplo, pois um "paciente virtual" (formado pela gama de informações sobre seu estado de saúde) pode ser acessado a longas distâncias por um especialista remoto (PERTMED, 2007).

Com a introdução da computação ubíqua na área da saúde, objetiva-se dentre outros aspectos, prover uma contribuição no sentido de superação de desigualdades regionais e sócio-econômicas, relativas ao acesso às informações dos sistemas de saúde.

4.1.2 Exemplo de um Middleware na Área da Saúde

A medicina ubíqua deve disponibilizar serviços de saúde a qualquer hora, sem restrições de localização e disponibilidade de médicos, enfermeiros e outros profissionais de saúde. Estes profissionais necessitam de ferramentas de entrega e de acesso a informações tanto no local onde encontra-se o paciente quanto no transporte dos dados a outros locais. Esta seção apresenta o CodeBlue (LORINCZ, 2004). O CodeBlue é uma infraestrutura de software que integra nós de sensores e outros dispositivos a uma rede ad hoc, sem fio, oferecendo serviços de descoberta de nomes, segurança, filtragem e agregação, *handoff*, dentre outros. Para cenário de testes, eles utilizam o monitoramento de sinais vitais, via rede sem fio e aplicações baseadas em PDA. O CodeBlue apresenta um esquema de nomes flexível. Ainda se observa a presença de *frameworks* de roteamento do tipo *publish/subscribe* e funções de autenticação e criptografia. O CodeBlue requer uma rede de sensores, ou seja, dispositivos com recursos altamente limitados, sendo as abordagens de *Remote Procedure Call* (RPC), agentes móveis e *Java Virtual Machine* inapropriadas para este domínio. Segundo os autores do artigo, existem vários projetos com foco em aplicações similares, para suíte de sensores, em vez de utilizarem um *framework* mais geral para aplicações médicas sem fio. A maioria destes sistemas são para uso em PDAs e utilizam o padrão 802.11b. As implicações de segurança são colocadas como um grande desafio, uma vez que o sucesso das redes de sensores e a sua aceitação no meio médico dependem da privacidade dos dados do paciente (LORINCZ, 2004). A arquitetura apresentada por este trabalho pode ser vista na Figura 4.1. O CodeBlue disponibiliza uma infra-estrutura de *middleware* e serviços para suportar atividades executadas em um hospital, envolvendo médicos e pacientes, dentre elas o monitoramento de paciente através de redes de sensores.

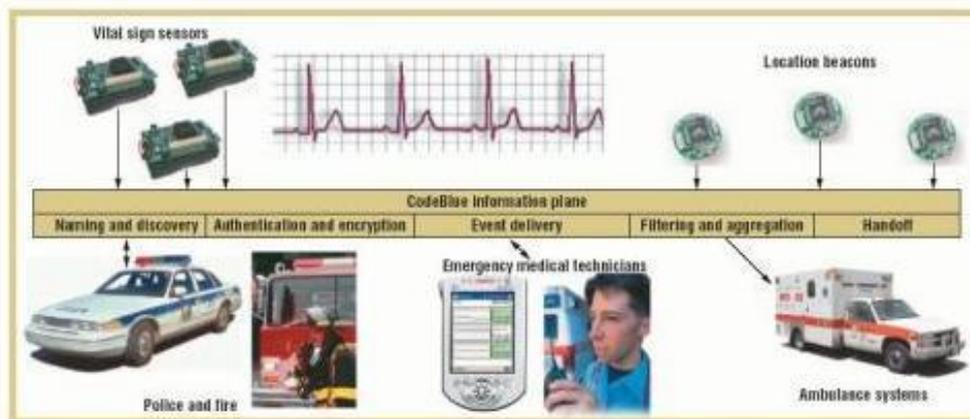


Figura 4.1: Arquitetura do CodeBlue (LORINCZ, 2004)

4.2 Medicina Ubíqua: Principais Aspectos de Estudo e Pesquisa

A computação ubíqua ainda precisa de muitas contribuições para evoluir de projetos acadêmicos para uma realidade do dia-a-dia. Acredita-se já ter a disposição o

hardware necessário para o desenvolvimento de aplicações pervasivas, como notebooks, PDAs, telefones celulares, entre outros (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008).

Devido ao uso de diferentes dispositivos, eventualmente ocorrerá degradação nos serviços ou recursos e a aplicação deve se adaptar as mudanças. A Medicina Ubíqua traz para si várias questões e desafios dentre eles destacamos (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008):

- Escalabilidade: Sistemas de Medicina Ubíqua envolverá inúmeros usuários, dispositivos, aplicações e comunicação. Deve-se evitar centralizações, reduzir interações a distância e por fim evitar gargalos;
- Heterogeneidade: Como lidar com as diferenças de infra-estrutura (hardware, sistemas operacionais, *middlewares*, *frameworks*), de rede (protocolos, larguras de banda, disponibilidade) e de aplicações (nômades, móveis, distribuídas, adaptativas) usualmente desenvolvidas para dispositivos e sistemas específicos. Por isso deve-se gerir conversões necessárias de um ambiente para o outro sem que o usuário perceba essa mudanças;
- Segurança: É um conceito estritamente relacionado a confiabilidade é seguro se podemos garantir disponibilidade, integridade e confiabilidade;
- Privacidade e Veracidade: Garantir que as informações são verdadeiras. E proteger contra o mau uso de informações pessoais;
- Informações Espontânea: Permitir a interação com um conjunto de componentes que podem alterar a identidade e funcionalidade, ou seja, permite uma comunicação recíproca devido a natureza volátil da UbiComp;
- Mobilidade: A mobilidade prevê acesso a aplicações e dados de qualquer lugar. A mobilidade pode ser tanto lógica ou física;
- Gerenciamento de Contexto: É a ação em resposta aos dados de sensoriamento adaptando serviços a mudanças de ambiente;
- Sensibilidade de Contexto: E percebendo o estados dos usuários e inferindo informações de contexto;
- Interação do Usuário Transparente: Fusão dos dados do usuário com o do ambiente real permitir que usuários se concentre em suas tarefas com o mínimo de distração;
- Invisibilidade: Permitir que usuários realizem suas tarefas sem se preocupar com computadores, redes, ferramentas;

4.3 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre Medicina Ubíqua caracterizando o seu ambiente assim como, as contribuições que podem ser aproveitadas para um ambiente de saúde e também foi apresentando alguns desafios a serem superados nesta área. No próximo capítulo é apresentado alguns projetos que usam ou propõem-se a utilizar os recursos da Medicina Ubíqua.

5 PROJETOS DE MEDICINA UBÍQUA

Para compor este capítulo foram selecionados projetos representativos da área de Medicina Ubíqua. Os mesmos tem como elemento comum na implementação de suas propostas uma camada de software denominada *middleware*. Esta camada tem o objetivo de facilitar o desenvolvimento das aplicações em ambientes distribuídos e ubíquos. O *middleware* é uma camada intermediária entre o ambiente de execução e as aplicações.

5.1 Projeto PERTMED

O projeto PERTMED vem sendo desenvolvido por duas universidades do sul do Brasil (UFSM e UFPel) e conta com a colaboração de equipes médicas ligadas a essas universidades.

O sistema de saúde do futuro prevê o uso de tecnologias da computação ubíqua formando um espaço inteligente (reativo e pró-ativo), onde dispositivos móveis e fixos estão integrados ao ambiente físico (objetos) visando captar informações do meio e transmitir as alterações detectadas para sistemas de gerenciamento de informações, os quais tomarão decisões e adaptar-se-ão as situações detectadas (computação consciente de contexto)(PERTMED, 2007).

Neste momento, em termos de pesquisa e inovações, a computação pervasiva/ubíqua na saúde (*pervasive healthcare*) está sendo conduzida sob duas perspectivas: (i) uso de tecnologias pervasiva/ubíquas para criar um hospital virtual; (ii) tornando as informações relativas a saúde disponíveis em todo lugar, a qualquer tempo, usando diversos dispositivos de acesso pertencentes ao próprio paciente/médico ou dispositivo no ambiente.

No Brasil, é praticamente inexistente trabalhos tendo a saúde e computação pervasiva como tema.

Usando a experiência do grupo de pesquisa em sistemas móveis e pervasivos (Gmob), da Universidade Federal de Santa Maria(UFSM), do grupo de processamento paralelo (G3PD) da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL) e a qualificação da equipe médica dos hospitais universitários dessas universidades, propõem-se uma inovação nos sistemas de comunicação e informação através do uso de estratégias usadas na computação pervasiva para inserir aspectos importantes ainda não presentes nos sistemas de informação da saúde no país: tornar a informação disponível aonde(lugar) ela é necessária de forma contextualizada. Informação é a base da tomada de decisão.

O projeto PERTMED propõe fazer a ponte entre os sistemas automatizados existentes (registro de pacientes, exames laboratoriais,entre outros) e o médico no local em

que este se encontra (regiões remotas ou em trânsito, por exemplo). Desta forma, elimina-se a exigência de estar-se conectado a uma rede fixa e com um computador pessoal na área do hospital para ter acesso às informações do paciente (PERTMED, 2007).

Desta forma, usa as funcionalidades e capacidades fornecidas pelos telefones celulares e smartphones que tornam informações do paciente disponível para o médico/enfermeiro com direito de acesso, em qualquer lugar que esteja necessitando dessas informações para tomada de decisão. No momento que este solicita a informação, ela é acessada e enviada para o dispositivo móvel em uso pelo médico/enfermeiro no momento (por exemplo, smartphone e adaptada ao dispositivo que o médico/enfermeiro usa).

Logo, a distância do médico em relação ao sistema de equipamentos que armazena as informações sobre o paciente é irrelevante, tornando o sistema de informação mais flexível e de acordo com a liberdade de movimentação requerida pelos profissionais da saúde.

A *pervasive healthcare* está sendo considerada a próxima etapa da *Web-based Healthcare Computing* que oferece vantagens competitivas aos provedores de serviço de saúde; em particular, aumenta a eficiência do serviço, a qualidade e melhora o gerenciamento da relação com o paciente (VARSHNEY, 2003). Este novo sistema de saúde também prevê uma visão de hospital virtual, o qual estende-se para a casa dos pacientes ou lugares onde eles se encontram, onde sensores/dispositivos monitoram as condições ambientais e do paciente e comunicam-se, via rede sem fio, com as centrais médicas para tomada de decisões e ações pertinentes. Experiências nesse sentido estão sendo conduzidas por alguns projetos de pesquisa europeu, como o do *Centre of Pervasive Healthcare* na Dinamarca que desenvolve o projeto *Hospital of the Future* (BARDRAM J.; BOSSEN, 2005).

Como se vê, a computação pervasiva terá um enorme potencial de aplicabilidade na área da saúde. O projeto PERTMED tem como motivações contribuir para que sejam superados alguns desafios de área de saúde dentre eles destaca-se:

- falta de acesso a serviços especializados em regiões remotas ou carentes;
- alto custo de transporte de pacientes, especialmente de áreas pobres e rurais;
- aumento da fragmentação e falta de sequência do tratamento.

Uma questão que permeia esses três problemas é o acesso a informação de onde ela é gerada para onde ela é necessária, em tempo razoável com a gravidade da situação sendo tratada. A rapidez da decisão médica depende da pronta disponibilidade de informação sendo esta a chave para a qualidade dos serviços prestados. Acesso à informação pode ser usado para substituir o transporte, por exemplo, um 'paciente virtual' (formado por um conjunto de informações sobre seu estado de saúde) pode ser monitorado por especialistas que estão quilômetros de distância.

Com a introdução da computação ubíqua, tornará-se possível contribuir para que algumas barreiras sejam superadas dentre elas destaca-se: desigualdades regionais e sócio-econômicas, relativas ao acesso às informações dos sistemas de saúde, com o uso de duas tecnologias amplamente disponíveis: telefones celulares/smarthphones e Internet (aplicações Web).

Em termos científicos, o objetivo do projeto é avaliar o potencial de aplicabilidade de algumas estratégias e tecnologias usadas na computação ubíqua para os sistemas de

saúde:(i) credenciais associadas aos modernos códigos de barras multidimensionais (tags) e (ii) mecanismos de disseminação pervasiva de dados no ambiente internet móvel (especialmente, smartphones), às informações sobre o paciente, respeitadas as restrições de segurança e privacidade.

O sistema PERTMED irá fazer a ligação entre os sistemas automatizados existentes e o médico seja lá qual for o local onde ele se encontra. Com isso, atende-se a necessidade e flexibilidade e liberdade de movimentação do médico no atendimento aos pacientes. Também, haverá uma melhoria na agilidade dos serviços uma vez que a informação poderá ser obtida assim que for gerada (resultado de um exame laboratorial, por exemplo). Agilidade tende diminuir as filas de atendimento entre outras coisas.

Outra possibilidades que a tecnologia permite e que pode ser avaliada é a de orientação simples (mensagens) serem enviadas aos pacientes via seus celulares, a partir da decisão do médico. O uso da tecnologia para comunicação médico-paciente irá beneficiar o sistema de saúde, em termos de agilidade no atendimento, o qual contribuiu para uma melhor qualidade de serviço.

Redes de alta velocidade e computadores pessoais não são a realidade em muitas regiões e hospitais. Porém, um pequeno computador - o telefone celular - está amplamente difundido e está mais presente nas casas do que computadores pessoais com acesso à Internet, segundo dados oficiais. Logo, pode-se tirar vantagens da disponibilidade de comunicação via telefonia móvel, a qual permite independência de lugar e tempo, e começar a explorar seu uso na saúde, com o desenvolvimento de aplicações práticas, simples e úteis.

O custo de transmissões de dados digitais está ficando mais barato (INFOEXAME, 2007). A tendência é de declínio dos preços a medida que aumenta o uso de aplicações além das conversas telefônicas. As operadoras de telefonia celular podem oferecer planos especiais a baixo custo para o uso na saúde.

Espera-se que, com o início de cooperação entre as equipes de computação e as equipes médicas das instituições, crie-se uma prática de transferência de tecnologia da pesquisa em computação pervasiva para a saúde, fazendo aplicações reais que usam os conhecimentos gerados como resultado da pesquisa como ocorre em países desenvolvidos.

Para o desenvolvimento do sistema está sendo utilizado métodos, técnicas e ferramentas de análise e projetos orientado a objetos. Particularmente, usam-se padrões de projetos e diagramas UML (*Unified Modeling Language*) que auxiliam na modelagem do sistema, os quais facilitam futuras alterações/evoluções.

A linguagem utilizada para o desenvolvimento é a plataforma Java. Está foi escolhida pela ampla aceitação, facilidades fornecidas para projetos na área de mobilidade e Web, e pela portabilidade o que facilita a programação de PDAs, telefones celulares e *smartphones*.

O projeto PERTMED prevê o uso do EXEHDA como *middleware* direcionado a computação ubíqua.

5.2 Projeto ABC

O projeto ABC vem sendo desenvolvido na Universidade de Aarhus, na Dinamarca e conta com a colaboração da equipe do Hospital de Aarhus (BARDRAM, 2004), (BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, 2007), (BARDRAM, 2003).

Os princípios do projeto ABC são resultantes de pesquisas iniciadas em 2001 e

tomam como base o conceito de *Activity-Based Computing* (o que deu origem a sigla ABC). Este conceito é um paradigma de interação e projeto que explora como os sistemas computacionais podem dar suporte direto a atividades específicas. Através da organização dos recursos em termos de atividades, as aplicações poderão, então manipulá-los, selecionando o mais relevante para a sua tarefa (VOIDA, 2002).

O projeto ABC vem seguindo um processo iterativo de desenvolvimento, atendendo a cinco temas que refletem algumas ações desempenhadas diariamente em grandes hospitais. São eles: controle e administração de medicamentos por enfermeiros, prescrição de medicamentos por médicos, colaboração, conferências e cirurgia (BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, 2007).

Bardram e Christensen (BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, 2001) abordam cenários do dia-a-dia dos profissionais da área de saúde, avaliando como as tecnologias de middleware podem prover uma forte fundamentação para soluções pervasivas e móveis. Dentre os cenários apontados pelo grupo de pesquisa destacam-se os seguintes: prescrição médica, através de discussão entre profissionais sobre medicamentos e dosagens no tratamento de determinados pacientes, baseando-se no diagnóstico de exames; conversas explicativas sobre o diagnóstico e o tratamento com o próprio paciente através do uso de PDAs e aparelho de TV; procura de medicamento na farmácia do hospital; videoconferência com teleconsulta para telediagnóstico.

A arquitetura proposta pode ser visualizada na Figura 5.1. De acordo com a arquitetura, o componente *Session Service* inicia uma sessão e o *Session Manager* colabora com o *Component Manager*, na busca dos componentes corretos (*viewers e controllers*) no *Component Repository*. O *Lookup and Discovery Manager* suporta a descoberta de recursos, localização e contexto. Em cooperação com o *Awareness Monitor* em todos os clientes, o gerenciador trilha as relações entre lugares, objetos e pessoas. O *Notification Manager* mantém o rastro das notificações submetidas. Este gerenciador é usado para estabelecer sessões assincronamente e colaborar com o componente de descoberta de serviços, a fim de encontrar quem está sendo notificado, onde ele está e qual é o seu dispositivo. O *Notification Service*, que é executado no cliente, é usado para submeter notificações a outros e manipular as notificações recebidas. O módulo *Security and Authentication* previne um acesso não autorizado usando listas de controle de acesso que incluem uma noção de acesso, dependente da localização e de quem está usando o dispositivo (BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, 2001).

Bardram (BARDRAM, 2003) descreve a utilização de um *framework* ABC cujo objetivo é prover uma plataforma de programação para o desenvolvimento de aplicações. O projeto ABC, assim como o projeto AURA, também utiliza a idéia de migração de sessões, permitindo aos usuários transferir suas atividades de um equipamento a outro, enquanto se deslocam em um hospital. Entretanto, a transferência de aplicações entre dispositivos não contempla o uso de dispositivos móveis, mas sim a transferência para aparatos como telas e projetores em paredes para compartilhamento entre grupo de usuários. O projeto ABC também não considera possíveis interrupções e atrasos no processo de migração de uma aplicação entre dois dispositivos. O projeto ABC não aborta a mobilidade remota só trata de situações envolvendo apenas a mobilidade local, onde os usuários se deslocam dentro de um hospital. Conforme diferenciado por (BARDRAM, 2003).

O ABC *Framework* possui os seguintes sub-componentes (BARDRAM, 2003):

- Sub-sistema de sensibilidade ao contexto: monitora continuamente e obtém infor-

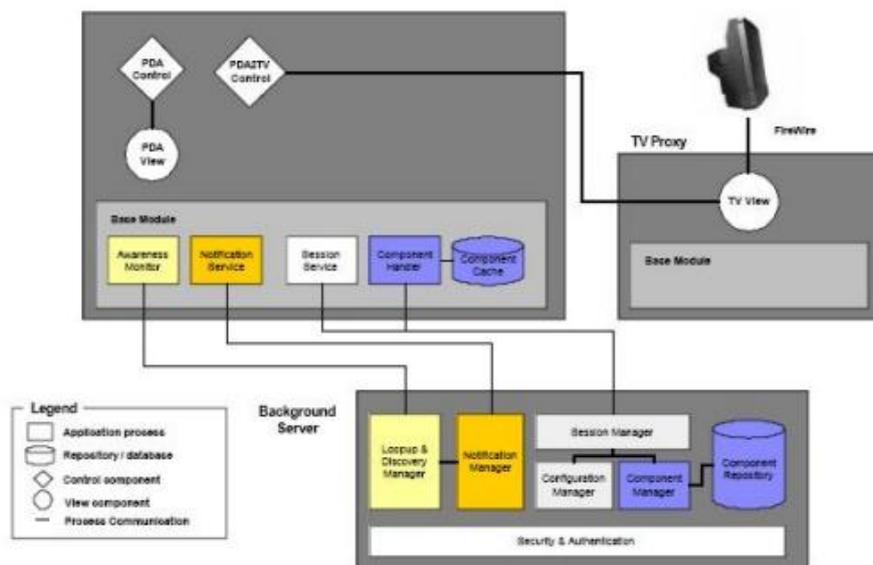


Figura 5.1: Modelo Lógico de Componentes do ABC (BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, 2001)

mações de contexto. Pode ser acessado de aplicações médicas ou pode ser configurado para notificar aplicações de acordo com o desejado.

- Sub-sistema de autenticação de usuário.
- Sub-sistema de colaboração: permite a participação de videoconferências.
- Sub-sistema de ciência social: este subsistema utiliza informações sobre a atividade e o contexto dos usuários.

5.3 Projeto Awareness

O projeto Awareness (WEGDAM, 2005). Este projeto propõe um *middleware* geral de computação ubíqua, mas utiliza a medicina como cenários de experimentos. Através desta proposta, pacientes podem ser monitorados e tratados a distância por médicos.

Este projeto foi desenvolvido em colaboração entre os setores industriais e acadêmicos na Holanda, através da *University of Twente* e a *Lucent Technologies*, dentre outros institutos. O projeto Awareness foca na infra-estrutura para a sensibilidade ao contexto que habilita a responsividade das aplicações e valida isto através de protótipos de aplicações móveis na área de saúde. Através do uso dessa infra-estrutura de software, torna-se possível o monitoramento de pacientes a distância que estão em situação de saúde crítica. Aplicações móveis de saúde tornam possível monitorar pacientes com doença perigosas e até mesmo no tratamento de pacientes à distância. Hoje em dia, em muitos pacientes, as situações são muito limitados na sua vida e, muitas vezes tem que ficar dentro de uma centro de assistência médica ou em suas casas a fim de evitar manifestações imprevistas de sua doença. Exemplos preocupação epiléticos convulsões ou de hipoglicemia em diabéticos, especialmente durante o tempo que o seu tratamento está a

ser iniciado, ou ajustado. Pequenos sensores médicos combinada com uma maior largura de banda e tecnologias de redes móveis confiáveis torna-se possível para o paciente ser controlado e até mesmo tratado a qualquer hora e em qualquer lugar. Isto lhes permite viver uma vida mais normal, e melhorar sua qualidade de vida e bem-estar. Awareness pretende investigar e demonstrar a viabilidade do tratamento de saúde móveis, ou seja, um tratamento independente de tempo e lugar utilizando um contexto de infra-estrutura de serviços móveis conscientes (WEGDAM, 2005).

A arquitetura do Awareness é composta por 3 camadas: infra-estrutura de rede, infra-estrutura de serviços e aplicações móveis na área de saúde. Essa arquitetura pode ser observada na Figura 5.2.



Figura 5.2: Camadas do Awareness (WEGDAM, 2005)

A primeira camada é responsável pelo acesso e uso das redes de comunicação, incluindo suporte à sensibilidade ao contexto em mobilidade. A camada de infra-estrutura de serviços é responsável por entregar os serviços requeridos pela aplicação aos seus usuários finais. E por fim, a camada das aplicações provê sistemas voltados à área de saúde. Elas trabalham numa plataforma *Body Area Network* (BAN) (IEEE 2008), que coleta dados através de sensores e os envia para os centros de tratamento e profissionais de saúde. A dinamicidade dos ambientes de computação móvel coloca novos desafios para essas aplicações em saúde, sobretudo em se tratando das condições de sinal, redução de dados (limitação de banda) e detecção automática de falhas nos sensores.

O projeto de Awareness está trabalhando em um infra-estrutura que suporta sensibilidade de contexto para aplicações móveis de uma forma segura e consciente de privacidade. A infra-estrutura do Awareness suporta mudanças de contexto e outras funcionalidades, como gerenciamento de identidade, gestão de utilizadores, autorização de presença e de descoberta. As funcionalidades são dissociados da lógica da aplicação e torna mais fácil desenvolver aplicativos de terceiros cientes do contexto.

O Awareness oferece infra-estrutura de mobilidade sensíveis ao contexto em um ambiente de rede dinâmica, a mobilidade é suportada em duas formas: (i) a rede tem o contexto do usuário em conta, quando o controle de conectividade é fornecido ao usuário, por exemplo protocolos de roteamento dinâmico, as configurações de segurança e seleção de rede são obtidas. (ii) a rede é uma fonte de informações de contexto, para obter informações instância de presença e a largura de banda disponível.

O Awareness irá desenvolver um serviço móvel de saúde. As aplicações de saúde vai apoiar o tratamento de tele-pacientes com dor crônica e tele-vigilância das crises epiléticas entre outras. A plataforma de serviços móveis de saúde inclui a saúde do corpo que recolhe sinais vital e outras informações do paciente e usa as informações de

contexto para colocar à disposição dos profissionais de saúde que tomarão as providências necessárias.

5.4 Projeto UbiDoctor

O projeto UbiDoctor proposto pela Universidade Federal de Recife é uma aplicação que vem sendo desenvolvida que objetiva dar suporte à natureza nômade e fragmentada do trabalho médico. A aplicação protótipo é chamada UHSys (*Ubiquitous Health System*) que utiliza como cenário o ambiente UHS, através do qual médicos têm acesso, a qualquer hora, de qualquer lugar e usando qualquer dispositivo, a dados de pacientes contidos em PEPs distribuídos nos hospitais e postos de saúde. A aplicação ainda permite que o médico solicite pareceres a outros colegas com relação a casos clínicos que estejam sob sua análise, bem como permite que este mesmo médico responda a solicitações de pareceres que lhes foram requisitadas.

O Sistema UHSys é um sistema de PEP que permite que o médico faça acesso, usando qualquer dispositivo e em qualquer hora e lugar (ou seja, de maneira ubíqua), a informações de prontuários de pacientes distribuídos entre os hospitais e unidades de saúde credenciados ao ambiente. Também é possível que o médico faça solicitações de segunda opinião médica (solicitação de parecer) e analise possíveis solicitações de pareceres enviadas a ele.

A aplicação utiliza o *middleware* através das bibliotecas dos serviços de gerenciamento de contexto, de sessão e de adaptação de conteúdo. Os serviços apresentados poderão ser re-usados em outros ambientes com características e requisitos similares, já que aparecem como serviços comuns de *middleware*.

No protótipo não foram considerados problemas relativos à heterogeneidade da informação que está representada nas diversas bases de dados nos PEPs. Embora tenha-se conhecimento da dificuldade de integração da informação, este problema ainda não foi resolvido. A aplicação possibilita ainda que o médico inicie uma sessão usando um dispositivo e no decorrer da mesma, realize a sua migração a um outro dispositivo. Essa migração deve ser realizada com garantias de persistência nos dados e ainda, no menor intervalo tempo possível, possibilitando assim, um aumento de produtividade no trabalho médico. O suporte a ser dado para a realização da migração sem perdas de conteúdo ou de tempo é oferecido pelo serviço de gerenciamento de sessão e de contexto. Existe ainda a necessidade de adaptar o conteúdo a ser mostrado ao médico, a depender do dispositivo que ele utilize, e para isto, o UHSys faz uso do serviço de gerenciamento de contexto e do serviço de adaptação de conteúdo do UbiDoctor.

A arquitetura do UHSys pode ser observada na Figura 5.3 . Na base da arquitetura estão os serviços do *middleware* UbiDoctor. O serviço de mais baixo nível é o de gerenciamento de contexto, que presta suporte aos serviços de gerenciamento de sessão e adaptação de conteúdo. Acima do *middleware*, existem os servidores de aplicação dos PEPs. Estes servidores estão distribuídos no ambiente e podem ser acessados através de um servidor Web, que no caso específico da prototipação deste trabalho, foi utilizado o Apache TomCat. Este conjunto de componentes constituem o módulo *back-end* do cenário, ou seja, a parte referente aos serviços (de *middleware* e de aplicação) oferecidos aos clientes.

No front-end do sistema, existem clientes que acessam o ambiente através de telefones celulares, fazendo uso de uma interface desenvolvida em JME (*Java Micro Edi-*

tion), ou clientes que utilizam a interface *web-browser* de seus computadores pessoais e PDAs. Através do *front-end*, um médico poderá consultar um registro de um prontuário eletrônico de um paciente e acrescentar informações demográficas, clínicas, exames, prescrições, dentre outros dados. Os dados do paciente podem estar em prontuários eletrônicos distribuídos na rede UHS e o médico poderá ter acesso a eles de seu consultório, de sua casa, em locais de lazer ou em trânsito, usando para isto, um conjunto de dispositivos variados e um conjunto de possibilidades de redes de acesso.

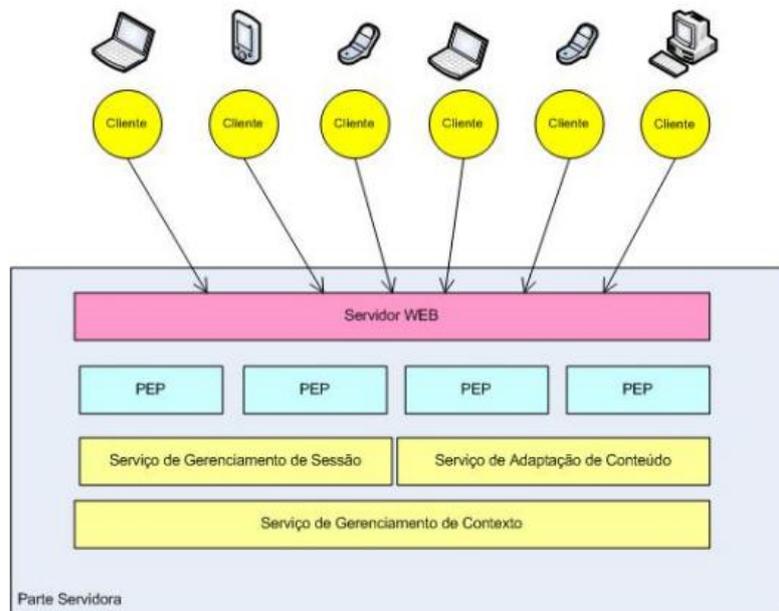


Figura 5.3: Arquitetura do Protótipo (DINIZ, 2009)

O UbiDoctor propõe-se utilizar uma solução baseada em *middleware*, na qual os serviços propostos localizam-se na subcamada de serviços comuns conforme definido por Schmidt (SCHMIDT, 2000), podendo ser re-usados em outros ambientes com características e requisitos similares. Este conjunto de serviços que dão suporte ao ambiente *Ubiquitous Health Service* (UHS) provê as seguintes tarefas (DINIZ, 2009):

- Suporte à adaptação de conteúdo em ambientes sensíveis a contexto, considerando diferenças nas configurações dos dispositivos e a abrangência da rede;
- Suporte ao gerenciamento de sessão, visando proporcionar a migração de aplicações, manutenção e persistência de sessões;
- Suporte à execução de serviços de PEP, distribuídos nos hospitais da rede, bem como, a integração entre todos os seus usuários.

No ambiente UHS, o tratamento a ser dado a essas situações pode ser obtido através do apoio dos serviços de gerenciamento de contexto, de gerenciamento de sessão e adaptação de conteúdo providos pelo *middleware* UbiDoctor. A arquitetura de serviços do UbiDoctor é apresentada na Figura 5.4.

Os serviços de adaptação de conteúdo e gerenciamento de contexto tentam minimizar o problema dos diferentes tamanhos de telas e configurações dos dispositivos envolvidos no cenário. Os serviços de gerenciamento de contexto e de gerenciamento de

sessão também tratam as possíveis interrupções durante a realização da migração de aplicações. Por fim, o serviço de gerenciamento de sessão preocupa-se ainda com os possíveis atrasos envolvidos no processo de migração.

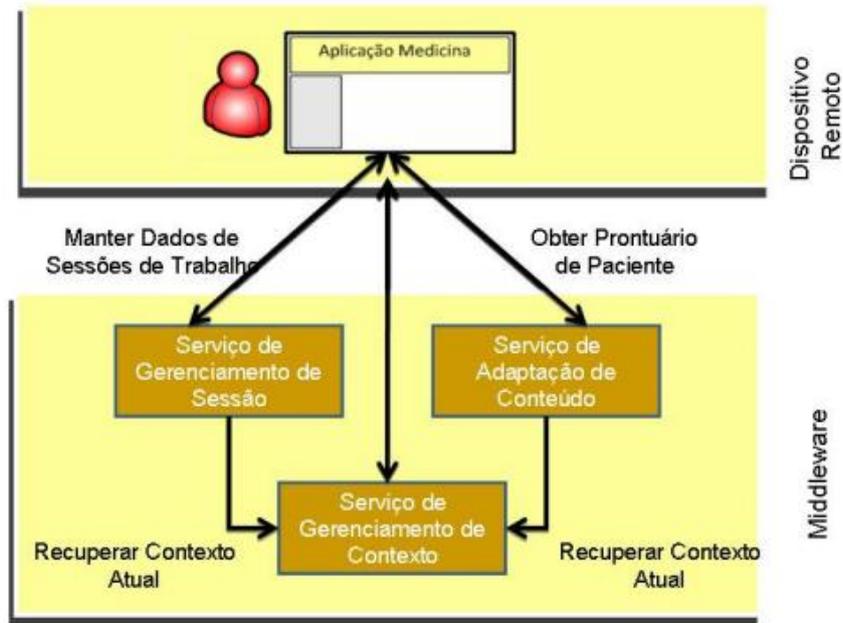


Figura 5.4: Arquitetura de Serviços UbiDoctor (DINIZ, 2009)

Como os serviços propostos pelo UbiDoctor operam na camada de serviços comuns, é necessário que as subcamadas inferiores do *middleware*, segundo o modelo de Schmidt (SCHMIDT, 2000), dêem suporte à inferência de localização e informações de contexto.

5.5 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou alguns projetos relevantes na área de Medicina Ubíqua apontando suas funcionalidades e benefícios de uso de suas aplicações, assim como restrições a serem vencidas para uma melhor eficácia de seus serviços. No próximo capítulo é apresentado as considerações finais deste trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre Medicina Ubíqua enfatizando suas características e benefícios que essa tecnologia oferece, possibilitando que área de saúde possa usufruir esses novos recursos melhorando assim o serviço de atendimento ao paciente dentre outros.

6.1 Desafios de Pesquisa em Medicina Ubíqua

Dentre vários desafios de pesquisa em Medicina Ubíqua destaco o desenvolvimento de uma arquitetura baseada em computação ubíqua para serviços de informação em um ambiente de saúde em diversas perspectivas, incluindo pacientes, médicos e serviços administrativos. A arquitetura a ser definida deverá ser baseada em serviços, e utilizar conceitos como sistemas multi-agente para integração e inter-operação de sistemas autônomos. Deverá efetuar o gerenciamento de sessões que permita que uma sessão de uma aplicação (exemplo PEP) possa migrar de um dispositivo para outro, durante a sua execução, em tempo hábil e com informações essenciais preservadas.

Dentre os desafios específicos destacamos:

- Definir um serviço que gerencie as sessões de aplicações, controlando persistência, interrupções e migração de sessões;
- Agregar ações de adaptação de conteúdo baseadas em variáveis de contexto, tendo em vista a variedade de dispositivos envolvidos no cenário;
- Implementar e validar a arquitetura proposta, através de um protótipo na área médica.

6.2 Principais Conclusões

A computação ubíqua é um dos modelos de computação que mais dissemina na atualidade, com o uso das redes de comunicação sem fio e disponíveis em qualquer lugar, o uso desta tecnologia fica cada vez mais evidente, basta perceber a grande variedade de dispositivos inteligentes tipo PDA,s , notebooks, celulares entre outros o que vêm se tornando cada vez mais comuns e logo se tornará imperceptivo aos olhos humanos tornando assim a previsão proposta pelo seu idealizador Mark Weiser (WEISER, 1991) uma realidade "computação onipresente em qualquer lugar".

A computação ubíqua (UbiComp) pode ser definida como a integração entre a mobilidade, sistemas de reconhecimento de contexto e computação distribuída de forma invisível ao usuário.

A medicina ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários, como por exemplo, o acesso das informações dos pacientes. Estas informações sobre exames, fatos e situações sobre a saúde de um paciente poderiam ser acessadas através de múltiplos dispositivos e redes heterogêneas, de qualquer lugar. A medicina ubíqua, entre outros aspectos também potencializa a cooperação entre profissionais independentemente do tempo e do espaço.

6.3 Trabalhos Futuros

fdfdsfdf

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, I.; YAMIN, A.; SILVA, F. L.; FERREIRA, G. L.; RIZZETTI, T. A. Grade Computacional como Infra estrutura para a Computação Pervasiva Ubiqua. **Escola Regional de Alto Desempenho ERAD 2008**, [S.l.], Março 2008.

BARDRAM J.; BOSSEN, C. Mobile Work - The Spatial Dimension of Collaboration at a Hospital. **Computer Supported Cooperative Work**, [S.l.], v.14, n.2, p.131–140, 2005.

BARDRAM, J. E. Hospitals of the future: Ubiquitous computing support for medical work in hospitals. **Proceedings of the 2nd International Workshop on Ubiquitous Computing for Pervasive Healthcare Applications**, [S.l.], 2003.

BARDRAM, J. E. Applications of context-aware computing in hospital work: examples and design principles. **Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing**, [S.l.], p.1574–1579, 2004.

BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, H. B. Middleware for Pervasive Healthcare. **A White Paper**, [S.l.], 2001.

BARDRAM J. E.; CHRISTENSEN, H. B. Pervasive computing support for hospitals: An overview of the activity-based computing project. **Personal Ubiquitous Comput**, [S.l.], v.6, n.1, p.44–51, 2007.

BLUETOOTH.ORG, . **The Oficial Bluetooth Membership Site**. Disponível em: << [Http://www.bluetooth.org/spec/](http://www.bluetooth.org/spec/)>. Acesso em novembro de 2009.

BROWN I.; ADAMS, A. The ethical challenges of ubiquitous healthcare. **International Review of Information Ethics**, [S.l.], v.8, n.54-59, Dezembro 2007.

CHALMERS, D. e. a. **“Ubiquitous Computing: Experience, Design and Science**. Disponível em: << <http://www-dse.doc.ic.ac.uk/Projects/UbiNet/GC/index.html> >. Acesso em novembro de 2009: [s.n.], 2006.

COSTA, C. A.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. R. Toward a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.7, p.64–73, Janeiro 2008.

COULORIS G. ; DOLLIMORE J.; KINDBERG, T. (Ed.). **Distributed systems - concepts and design**. [S.l.]: Addison Wesley, 2005. 657 - 719p. n.cap. 6.

DINIZ, J. **UbiDoctor**: Arquitetura de Serviços para Gerenciamento de Sessão e Adaptação de Conteúdo em Ambientes de Medicina Ubíqua. 2009. 178p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, PE.

FAVELA, J.; RODRIGUEZ, M.; PRECIADO, A.; GONZALES, V. M. Integrating Context-Aware Public Displays Into a Mobile Hospital Information System. **IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine**, [S.l.], v.8, n.3, p.279–286, Setembro 2004.

GOULARTE, R. **Personalização e Adaptação de Conteúdo Baseadas em Contexto para TV Interativa**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Matemáticas e de Computação) — Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP.

GRIMM R.; BERSHAD, B. . **Future directions**: System Support for Pervasive Applications. Disponível em: <<<http://cs.nyu.edu/rgrimm/one.world/papers/fudico02.pdf/>>>. Acesso em novembro de 2009.

IEEE, . **The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs**. Disponível em: <<<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>>>. Acesso em novembro de 2009.

INFOEXAME. Smartphones, porque é hora de comprar um e aposentar seu celular. , [S.l.], n.257, Agosto 2007.

ISAM. **Infra-estrutura de Suporte às Aplicações Móveis**. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/isam/index.html>>. Acesso em junho de 2009.

JOHNSON, T. **Uma Arquitetura de Computação Pervasiva para Trabalho de Campo**. 2005. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, PE.

LORINCZ, K. e. a. Sensor networks for emergency response: Challenges and opportunities. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.3, n.4, p.16–23, 2004.

PERTMED, . **PERTMED - Sistema de TeleMedicina Móvel, disponibilizando a informação onde ela é necessária**. Disponível em: <<<http://pertmed.wkit.com.br/pertmed/doku.php>>. Acesso em novembro de 2009.

RODRIGUEZ, M. D. e. a. Location-aware access to hospital information and services. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, [S.l.], v.8, n.4, p.448–455, 2004.

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

SATYANARAYANAN, M. Pervasive Computing: Vision and Challenges. **IEEE Personal Communications**, [S.l.], v.4, n.8, p.10–17, Agosto 2001.

SCHMIDT, D. Trends in distributed object computing. **Parallel and Distributed Computing Practices**, [S.l.], v.3, n.1, 2000.

TENTORI, M.; FAVELA, J. Activity-aware computing for healthcare. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.7, n.2, p.51–57, Abril 2008.

VARSHNEY, U. Pervasive Healthcare. **IEEE Computer**, [S.l.], v.36, n.12, p.138–140, 2003.

VOIDA, S. Integrating virtual and physical context to support knowledge workers. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.1, n.3, 2002.

WEGDAM, M. Awareness: A project on context aware mobile networks and services medical systems international. **In the Proceedings of the 14th Mobile and Wireless Communications Summit**, [S.l.], p.19–23, Junho 2005.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, [S.l.], v.3, n.265, p.94–104, Setembro 1991.

WEISER M.;GOLD, R. B. J. S. The origins of ubiquitous computing research at parc in the late 1980s. **IBM Syst. J.**, [S.l.], v.38, n.4, p.693–696, 1999.

YAMIN, A. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional Direcionado às Aplicações Distribuídas Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva**. 2004. 195p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, RS.