

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**BLUEYOU: UMA PLATAFORMA DE COMUNICAÇÃO
CIENTE DE CONTEXTO BASEADA EM SERVIÇOS PARA
COMPUTAÇÃO MÓVEL**

Ricardo Aparecido Perez de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Hélio Crestana Guardia

SÃO CARLOS – SP
Abril de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**BLUEYOU: UMA PLATAFORMA DE COMUNICAÇÃO
CIENTE DE CONTEXTO BASEADA EM SERVIÇOS PARA
COMPUTAÇÃO MÓVEL**

Ricardo Aparecido Perez de Almeida

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência da
Computação do Departamento de
Computação da Universidade Federal de
São Carlos como parte dos requisitos para
a obtenção do título de Mestre em Ciência
da Computação*

Orientador:
Prof. Dr. Hélio Crestana Guardia

SÃO CARLOS – SP
Abril de 2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A447bp

Almeida, Ricardo Aparecido Perez de.

BlueYou : uma plataforma de comunicação ciente de contexto baseada em serviços para computação móvel / Ricardo Aparecido Perez de Almeida. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
92 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Computação móvel. 2. Computação ubíqua. 3. Sistemas de comunicação sem fio. 4. Comunicação oportunística. 5. Sistemas multimídia na internet. I. Título.

CDD: 004.6 (20^a)

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

*“BlueYou: Uma plataforma de comunicação
ciente de contexto baseada em serviços
para computação móvel”*

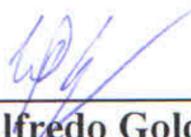
RICARDO APARECIDO PEREZ DE ALMEIDA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Membros da Banca:



Prof. Dr. Hélio Crestana Guardia
(Orientador – DC/UFSCar)



Prof. Dr. Alfredo Goldman vel Lejbman
(IME/USP)



Prof. Dr. Cesar Augusto Cavalheiro Marcondes
(DC/UFSCar)

São Carlos
Abril/2011

Agradecimentos

A Deus, por me acompanhar em minha caminhada e me dar forças para superar todas as dificuldades.

Ao meu pai (Nelson), minha mãe (Lúcia) e minha irmã (Dayane), por me incentivarem e serem compreensivos nos momentos em que precisei estar ausente.

À minha prima (Natália), pela sua amizade e pela paciência em me ouvir ao longo desses anos.

Aos meus amigos Danilo, Elaine, Kamila, Tiago e Mayra, pelas conversas, apoio e momentos de descontração.

Ao professor Hélio Crestana Guardia, que ao longo desses anos demonstrou ser além de um orientador exemplar, um grande amigo. Muito obrigado por sua orientação, paciência, amizade e lições de vida. Tenho certeza de que cresci muito tanto no aspecto pessoal como profissional.

A todos que foram importantes nesse período e que fizeram ou ainda fazem a diferença na minha vida.

Resumo

O crescente número de dispositivos móveis com capacidade computacional elevada e suporte a diferentes tecnologias de transmissão sem fio tem motivado a criação de serviços de comunicação capazes de fornecer informações aos usuários a qualquer momento e em qualquer lugar.

Particularmente, nota-se a existência maciça de dispositivos equipados com a tecnologia de comunicação *Bluetooth*, disponível em bilhões de dispositivos.

Diversos mecanismos para a disseminação e o compartilhamento de conteúdo foram desenvolvidos para serem utilizados com a tecnologia *Bluetooth*, em diferentes cenários de aplicação, tais como *mobile marketing*, *u-commerce* e *mobile learning*. A maioria desses mecanismos, contudo, atende a propósitos específicos ou é altamente dependente de uma infraestrutura de comunicação. Além disso, percebe-se que há pouco uso de informações sobre diferentes contextos relacionados ao ambiente, aos usuários e ao estado dos dispositivos envolvidos nas transmissões.

Este trabalho apresenta o projeto e a análise de viabilidade de uma plataforma de comunicação ciente de contexto que possibilita o envio de informações para dispositivos móveis. Diferentes tipos de informação podem ser enviados, tais como informações produzidas por serviços, os quais realizam a geração ou a obtenção dos conteúdos a transmitir. Transmissões ocorrem através de tecnologias de comunicação sem fio, em especial a tecnologia *Bluetooth*. Denominada BlueYou, esta plataforma faz uso de informações de contexto e de uma base de dados de dispositivos móveis para definir políticas de entrega e de adaptação dos conteúdos que transmite. Além disso, visando a expandir o acesso aos serviços que geram os conteúdos a transmitir via BlueYou, a plataforma se integra com um mecanismo de comunicação oportunística que cria redes *ad hoc* entre dispositivos móveis para a transmissão de dados a destinatários específicos.

Como resultado, espera-se que BlueYou seja uma plataforma que possa ser amplamente utilizada sem exigir altos custos de implantação, sejam eles financeiros, tecnológicos ou de tempo, e que possa servir de base para estudos futuros envolvendo padrões de comunicação e interação entre usuários de tecnologias móveis.

Palavras-Chave: Computação Móvel, Computação Ubíqua, Comunicação sem Fio, Comunicação Oportunística, Serviços Multimídia na Internet.

Abstract

The raising number of mobile devices with high computing capacity and support to different wireless transmission technologies has been motivating the creation of communication services capable to provide information to users anytime and anywhere.

Particularly, it's possible to note the existence of a massive number of devices equipped with the Bluetooth communication technology, available in millions of devices.

Plenty of mechanisms for content dissemination and sharing have been developed for use with Bluetooth technology in different application scenarios, such as mobile marketing, u-commerce and mobile learning. Most of these mechanisms, however, are used for specific purposes or are highly dependent on a communication infrastructure. Moreover, most of them use only little information about different contexts related to the environment, the users and the state of the devices involved in the transmissions.

This work presents the project and a feasibility analysis of a context-aware communication platform that enables the delivery of data to mobile devices. Different types of information may be delivered, as produced by the execution of services which generate or retrieve them prior to transmission. Transmissions to the devices occur via wireless communication technologies, especially the Bluetooth. Called BlueYou, this platform makes use of context information and the profiles of mobile device to set policies for content delivery and content adaptation. Moreover, in order to expand the access to the services that generate the contents to deliver by BlueYou, the platform is integrated with a communication mechanism that creates an opportunistic ad hoc networking between mobile devices to transmit data to a particular recipient.

As a result, it is expected that BlueYou can be widely used without requiring high deployment costs (financial, technological or time), and can serve as a basis for future studies involving communication patterns and interaction between users of mobile technologies.

Keywords: Mobile Computing, Ubiquitous Computing, Wireless Communication, Opportunistic Communication, Multimedia Services on the Internet.

Lista de Figuras

Figura 1 – A pilha de protocolos <i>Bluetooth</i>	17
Figura 2 – Caminho de Comunicação entre dois dispositivos que utilizam o RFCOMM	19
Figura 3 – Caminho de Comunicação entre um dispositivo comum e um dispositivo de rede ..	19
Figura 4 – O recurso “Usuario” descrito em documentos no formato JSON e XML.	27
Figura 5 – Estrutura geral de um perfil CC/PP.....	33
Figura 6 – Partes do documento UAProf do <i>smartphone</i> Nokia N95 8GB.	34
Figura 7 – Parte do arquivo WURFL onde é descrito o <i>smartphone</i> Nokia N95.....	36
Figura 8 – Principais arquiteturas para o fornecimento de serviços.....	44
Figura 9 – Estrutura geral da plataforma BlueYou.....	46
Figura 10 – Estrutura geral do MAS.	49
Figura 11 – A plataforma BlueYou integrada com a arquitetura Olympia.	52
Figura 12 – A arquitetura do MUCS	55
Figura 13 – Visão arquitetural de um <i>Bluespot</i>	57
Figura 14 – Arquitetura do <i>iGrocer</i>	58
Figura 15 – A arquitetura da <i>P-Mall</i>	60
Figura 16 – Fotos da <i>Coca-Cola Vending Machine</i>	62
Figura 17 – Formatos das URLs de requisição de serviços na plataforma BlueYou.	64
Figura 18 – Página da BlueYou.....	66
Figura 19 – Um exemplo do código BlueYou.	66
Figura 20 – Diagrama de classes da BY API.	67
Figura 21 – Os serviços de previsão do tempo e do cardápio do restaurante universitário.....	69
Figura 22 – A aplicação BlueYou <i>Mobile</i> e o serviço de mensagens.	70
Figura 23 – A aplicação BlueYou <i>Mobile</i> e o serviço de localização de usuários.....	71
Figura 24 – Tela principal da <i>User Monitor</i>	72
Figura 25 – Tela da <i>User Monitor</i> modificada para exibir os dados de um usuário.....	73
Figura 26 - Modelo Entidade/Relacionamento do banco de dados da BlueYou.	73
Figura 27 – A transmissão de <i>bundles</i> entre nós da arquitetura.	75
Figura 28 – Um <i>bundle</i> recebido por um dispositivo.	76
Figura 29 – Número de celulares e <i>smartphones</i> detectados pela plataforma BlueYou.	77
Figura 30 – Número de dispositivos detectados segundo a marca.	78
Figura 31 – Distribuição dos contatos ao longo das horas do dia.	79
Figura 32 – Número de contatos por dia da semana.	79
Figura 33 – Frequência de contato com dispositivos em número de dias.	80
Figura 34 – Tempos de duração dos contatos.....	80

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Perfis <i>Bluetooth</i>	23
Tabela 2 – Tempos médios de transmissão (em segundos) considerando uma distância de 3 metros do ponto de acesso.	82
Tabela 3 - Tempos médios de transmissão (em segundos) considerando uma distância de 6 metros do ponto de acesso.	82
Tabela 4 - Tempos médios de transmissão (em segundos) considerando uma distância de 12 metros do ponto de acesso.	82
Tabela 5 - Tempos médios de transmissão (em segundos) de conteúdos para o dispositivo Motorola K1 (com e sem adaptação).	84

Lista de Abreviaturas e Siglas

- ACL** - *Asynchronous Connection-Less*
- AES** - *Advanced Encryption Standard*
- CA** - *Certificate Authority*
- CC/PP** - *Composite Capability/Preference Profiles*
- CMS** - *Cryptographic Encoding Rules*
- CORBA** - *Common Object Request Broker Architecture*
- DER** - *Distinguished Encoding Rules*
- DTN** - *Delay Tolerant Network*
- EDR** - *Enhanced Data Rate*
- ER** - *Entidade / Relacionamento*
- GSM** - *Global System for Mobile Communications*
- HCI** - *Host Controller Interface*
- HS** - *High Speed*
- HTTP** - *Hypertext Transfer Protocol*
- IrDA** - *Infrared Data Association*
- IrOBEX** - *Infrared Object Exchange*
- ISM** - *Industrial, Scientific and Medical*
- JAX-RS** - *Java API for RESTful Web Services*
- JEE** - *Java Enterprise Edition*
- JME** - *Java Micro Edition*
- JSE** - *Java Standard Edition*
- JSF** - *Java Server Faces*
- L2CAP** - *Logical Link Control and Adaptation Protocol*
- MAC** - *Media Access Control*
- MAS** - *Mobile Application Server*
- MD5** - *Message-Digest 5*
- MUCS** - *Model for Ubiquitous Commerce Support*
- NSIT** - *National Institute of Standards and Technology*
- OBEX** - *Object Exchange*
- PAM** - *Personal Activity Manager*
- PAN** - *Personal Area Network*
- PC** - *Personal Computer*
- PDA** - *Personal Digital Assistant*
- PIN** - *Personal Identification Number*
- PPP** - *Point-to-Point Protocol*
- RDF** - *Resource Description Framework*
- REST** - *Representational State Transfer*
- RFCOMM** - *Radio Frequency Communication*
- RFID** - *Radio Frequency Identification*
- RMI** - *Remote Method Invocation*
- RPC** - *Remote Procedure Call*
- RSS** - *Really Simple Syndication*
- SCC** - *Sistema Ciente de Contexto*
- SCO** - *Synchronous Connection Oriented*

- SDAP** - *Service Discovery Application Profile*
- SDP** - *Service Discovery Protocol*
- SOAP** - *Simple Object Access Protocol*
- SSL** - *Secure Sockets Layer*
- TCP/IP** - *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*
- TLS** - *Transport Layer Security*
- UAProf** - *User Agent Profile*
- UDDI** - *Universal Description, Discovery and Integration*
- UML** - *Unified Modeling Language*
- UMTS** - *Universal Mobile Telecommunication System*
- URI** - *Uniform Resource Identifier*
- Wi-Fi** - *Wireless Fidelity*
- WSDL** - *Web Services Description Language*
- WURFL** - *Wireless Universal Resource File*
- xAuth** - *Extended Authentication*
- XML** - *Extensible Markup Language*

Sumário

Introdução	11
1.1- Contextualização	11
1.2- Motivação e Objetivos.....	12
1.3 - Metodologia.....	13
1.4- Estrutura do Texto	14
Tecnologias e Conceitos Envolvidos	15
2.1 – Comunicação Sem Fio	15
2.1.1- A tecnologia Wi-Fi.....	15
2.1.2 – A tecnologia <i>Bluetooth</i>	16
2.1.2.1 – O protocolo RFCOMM	19
2.1.2.2 – O protocolo OBEX	20
2.1.2.3 – Versões da especificação <i>Bluetooth</i>	21
2.1.2.4 – Modo de operação	22
2.2 – <i>Web Services</i>	24
2.2.1- O protocolo SOAP	25
2.2.2 - O estilo arquitetural REST	25
2.2.3 – JSON e XML.....	26
2.2.4 – Padronização de chamadas aos <i>web services</i>	27
2.3 – Ciência de Contexto.....	28
2.3.1 – Ciência de Contexto e a Plataforma BlueYou	29
2.4 – Adaptação de Conteúdo	30
2.4.1 - <i>Composite Capability/Preference Profiles</i>	32
2.4.2 – <i>User Agent Profile</i> (UAProf).....	34
2.4.3 - <i>Wireless Universal Resource File</i> (WURFL).....	35
2.5 – Comunicação Segura e Privacidade.....	36
2.5.1 - <i>Message-Digest 5 Algorithm</i> (MD5).....	36
2.5.2 - <i>Advanced Encryption Standard</i> (AES).....	37
2.5.3 - OAuth.....	38
2.5.4 - <i>Extended Authentication</i> (xAuth).....	39
2.5.5 – <i>Transport Layer Security</i> (TLS)	40
2.5.6 – Autenticação e Criptografia com OBEX	41
A Plataforma BlueYou	42
3.1 – Descrição Geral da Plataforma BlueYou	45
3.1.1 – O Gerenciador de Perfis e de Serviços	48
3.1.2 – O <i>Mobile Application Server</i> (MAS).....	49
3.1.3 – O ponto de acesso <i>Bluetooth</i>	50
3.2 – Comunicação Oportunística na plataforma.....	51
3.3 – Análise de viabilidade de uso da tecnologia <i>Bluetooth</i>	53
3.4 – Trabalhos Relacionados	54
3.4.1 – <i>Model for Ubiquitous Commerce Support</i> (MUCS).....	54
3.4.2 – <i>Bluespots</i>	56
3.4.3 - <i>iGrocer</i>	58
3.4.4 – <i>P-Mall</i>	59
3.4.5 – <i>Coca-Cola Vending Machine</i>	61
3.4.6 – <i>OOKL</i>	62
Implementação e Resultados.....	63
4.1 – Serviços da plataforma	69
4.2 – Outras formas de interação com os usuários.....	71
4.3 – Modelo Entidade/Relacionamento da BlueYou.....	73
4.4 – Integração com a arquitetura Olympia.....	74
4.5 – Testes de Transmissão e Desempenho.....	77
4.6 – Publicações	84
Conclusões e Trabalhos Futuros.....	85
5.1 - Conclusões	85
5.2 – Trabalhos Futuros	87
Referências bibliográficas	88

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo descreve o contexto no qual está inserido este projeto, definindo também sua motivação e seus objetivos.

1.1- Contextualização

O advento da computação móvel na década de 90 proporcionou uma revolução na área da computação pessoal, permitindo que usuários tivessem acesso a seus dispositivos computacionais em qualquer lugar e a qualquer momento. Adicionalmente, o surgimento de algumas tecnologias de transmissão sem fio por rádio frequência como a GSM (*Global System for Mobile Communications*) e UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) (KUROSE; ROSS, 2006), Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) e *Bluetooth* (TANENBAUM, 2003) possibilitou a comunicação entre os dispositivos móveis e o acesso à Internet, contribuindo para tornar a computação móvel cada vez mais presente no cotidiano das pessoas.

Atualmente, a computação móvel está presente não apenas por meio de computadores em sua forma tradicional (ex: *notebooks*), mas principalmente por meio dos aparelhos de telefonia celular, os quais totalizam mais de 4 bilhões no mundo, enquanto o número de PCs (*Personal Computers*) totaliza cerca de 1 bilhão (FOWLER; ASK; GOWNDER, 2010).

Somado a esses dados, nota-se a crescente demanda por novos tipos de dispositivos móveis, tais como os *tablets*. Tal fato pode ser comprovado pelo sucesso de vendas do *tablet* iPad da empresa Apple, o qual vendeu aproximadamente 15 milhões de unidades desde o dia de seu lançamento até o final de 2010 (JORDAN, 2011).

Grande parte do sucesso de vendas de celulares, *smartphones* e *tablets* no mundo está associada à gama de serviços que estes dispositivos fornecem aos usuários, atendendo a necessidades que vão desde a comunicação e a informação até necessidades relacionadas aos negócios, entretenimento e educação. Tais serviços agregam valor aos dispositivos e os tornam quase indispensáveis em muitas tarefas do cotidiano, dada a facilidade e a comodidade que eles proporcionam na execução das mesmas.

A qualquer momento do dia uma pessoa pode através de um celular ou

smartphone enviar uma mensagem de texto, fazer uma ligação telefônica, ler ou enviar e-mails, acessar a Internet, ler notícias, consultar a previsão do tempo ou fazer uma pesquisa de uma maneira bastante simples. A maioria dessas atividades envolve a comunicação em rede, a qual ocorre por meio de alguma tecnologia de comunicação sem fio presente no dispositivo.

1.2- Motivação e Objetivos

De maneira geral, o acesso a serviços de comunicação em dispositivos móveis ocorre por meio da transmissão de conteúdo multimídia (textos, imagens, vídeos, etc.). Considerando a crescente necessidade dos usuários em acessar os mais variados tipos de serviços existentes, diversos mecanismos para a disseminação e o compartilhamento de conteúdo entre dispositivos móveis foram desenvolvidos para serem utilizados em diferentes cenários de aplicação (ex: *mobile marketing*, *u-commerce* (WATSON, 2008) e *mobile learning*).

Contudo, muitos desses mecanismos atendem a propósitos específicos e não levam em consideração aspectos de adaptação de conteúdo e de comunicação em rede envolvidos no acesso aos serviços. Considerando a tecnologia de transmissão utilizada, algumas geram custos para os usuários, são restritas a tipos específicos de dispositivos móveis e são altamente dependentes de uma infraestrutura de comunicação.

Tais “deficiências” demonstram a necessidade de se aprimorar esses mecanismos, provendo formas de acesso personalizadas aos serviços dos usuários que sejam ao mesmo tempo simples, exijam pouca ou nenhuma intervenção humana para o acesso, possam ser utilizadas com o maior número de dispositivos possível e acarretem pouco ou nenhum custo para quem as utiliza.

Percebe-se também que informações relacionadas aos diferentes contextos associados à cada ocasião de comunicação, aos usuários e aos dispositivos envolvidos também poderiam ser usadas para melhor ajustar diferentes aspectos das transmissões.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar a implementação e a análise de viabilidade de uma plataforma de comunicação ciente de contexto que possibilite realizar transmissões de dados associadas a serviços para dispositivos móveis, através de tecnologias de comunicação sem fio, em especial a tecnologia *Bluetooth*.

A plataforma de comunicação proposta, denominada BlueYou, visa a tratar

questões que envolvem:

- **Acessibilidade:** ser capaz de prover o acesso a serviços que envolvam a comunicação em rede para usuários, mesmo em situações onde não haja infraestrutura de rede para acesso *online*, exigindo reduzida intervenção humana para sua realização;
- **Adaptação de Conteúdo:** ser capaz de adaptar o conteúdo relacionado às transmissões dos serviços de rede selecionados por um usuário, considerando as características do dispositivo móvel que ele possui, proporcionando assim uma melhor experiência de transmissão e uso (visualização) dos conteúdos recebidos;
- **Baixo custo de comunicação no acesso aos serviços:** ser capaz de permitir o acesso aos serviços definidos por um usuário, acarretando pouco ou nenhum custo de comunicação;
- **Ciência de contexto:** ser capaz de detectar informações a cerca de um usuário em um dado ambiente, determinar os serviços aos quais ele poderá ter acesso no momento e transmitir ou receber os conteúdos associados aos serviços, considerando as características do dispositivo (características do *hardware*) e do *link* de comunicação;
- **Padronização de acesso aos serviços:** ser capaz de fornecer um mecanismo padronizado de acesso aos serviços, facilitando assim a incorporação de novos serviços;
- **Portabilidade:** poder ser utilizada pelo maior número possível de dispositivos móveis existentes;
- **Segurança:** ser capaz de fornecer acesso seguro e confiável aos serviços de um usuário.

1.3 - Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse trabalho consistiu inicialmente em um levantamento bibliográfico de soluções propostas para o fornecimento de serviços a dispositivos móveis, bem como uma análise crítica dessas soluções, buscando identificar suas principais deficiências. Estudos sobre adaptação de conteúdo e ciência de contexto também foram realizados, a fim de identificar necessidades a serem atendidas pela plataforma.

Em seguida, a plataforma proposta foi projetada, buscando atender aos requisitos já descritos na seção 1.2. Durante a fase de projeto, foi realizado um estudo buscando identificar as tecnologias e soluções de *software* mais adequadas para a proposta, considerando as limitações e a abrangência de cada uma delas.

Após isso, foram realizados testes preliminares de viabilidade da plataforma, buscando identificar o número potencial de usuários para ela.

Na sequência, definiu-se um padrão de representação dos serviços a serem fornecidos pela plataforma, a fim de possibilitar a adição de novos serviços de forma simples.

A fase de implementação da proposta veio a seguir, culminando com a implantação da plataforma no departamento de computação da Universidade Federal de São Carlos.

Novos testes foram então conduzidos, buscando avaliar as frequências de contato com os usuários e a capacidade de transmissão da solução. Todos os testes foram conduzidos em um ambiente real, o qual corresponde ao departamento de computação da Universidade Federal de São Carlos.

1.4- Estrutura do Texto

O restante deste trabalho aborda os pontos principais que fundamentam a plataforma BlueYou, estando organizado como segue:

No capítulo 2 são apresentados os conceitos e as tecnologias envolvidas na estruturação da plataforma.

No capítulo 3 a plataforma é apresentada, juntamente com os trabalhos relacionados.

No capítulo 4 é apresentada uma implementação de referência da plataforma, bem como testes de transmissão e desempenho.

Por fim, no capítulo 5, são apresentados as conclusões e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

TECNOLOGIAS E CONCEITOS ENVOLVIDOS

Este capítulo descreve as tecnologias e conceitos envolvidos na estruturação da plataforma de comunicação desenvolvida nesse trabalho.

2.1 – Comunicação Sem Fio

Atualmente, a maioria dos dispositivos móveis é provida de uma ou mais tecnologias de comunicação sem fio, as quais permitem a interação em rede e o acesso a diferentes tipos de informação.

Entre as principais tecnologias de comunicação sem fio existentes nos dispositivos móveis atuais, pode-se citar: GSM, UMTS (3G), Wi-Fi e *Bluetooth*. As tecnologias GSM e UMTS, consideradas tecnologias de segunda e terceira geração, respectivamente, possibilitam a comunicação entre dispositivos por meio de uma rede de telefonia celular. GSM e UMTS não serão abordadas com ênfase neste trabalho, uma vez que ambas as tecnologias normalmente acarretam custos de comunicação para os usuários, estão bastante atreladas à estrutura da rede de telefonia celular e apresentam baixas taxas de transmissão se comparadas com as tecnologias Wi-Fi e *Bluetooth* (até 2 Mbps teóricos na UMTS x até 300 Mbps teóricos na Wi-Fi).

2.1.1- A tecnologia Wi-Fi

A tecnologia de transmissão sem fio Wi-Fi (WI-FI ALLIANCE, 2011) utiliza o conjunto de protocolos especificados no padrão IEEE 802.11 e pode operar na banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) de 2.4 GHz ou nas frequências de 20MHz ou 40 MHz. A banda ISM compreende uma faixa de frequência que não exige licença de operação, razão pela qual ela é utilizada por diversos tipos de aparelhos eletrônicos. Já as faixas de frequência de 20 MHz e 40 MHz podem exigir licença para operação em alguns países, uma vez que o espectro de frequência pode estar alocado para outros serviços.

A tecnologia Wi-Fi permite o estabelecimento de redes sem fio que podem

operar em modo infraestruturado (coordenadas por pontos de acesso) ou *ad hoc*, em que os dispositivos na rede coordenam a comunicação entre si sem a necessidade de uma infraestrutura de rede.

A transmissão de dados em uma rede Wi-Fi ocorre dentro de uma área que varia de alguns metros até pouco mais de 200 metros de raio. Normalmente, o alcance do sinal de rádio Wi-Fi está associado com a sua potência, mas fatores como interferência eletromagnética e obstáculos podem reduzi-lo significativamente.

Há diferentes variações do padrão 802.11, das quais pode-se citar:

- **IEEE 802.11a:** Padrão *Wi-Fi* que opera na frequência de 5GHz com taxa de transmissão teórica de 54 Mbps.
- **IEEE 802.11b:** Padrão *Wi-Fi* que opera na frequência 2,4 GHz com taxa de transmissão teórica de 11 Mbps.
- **IEEE 802.11g:** Padrão *Wi-Fi* que opera na frequência 2,4 GHz com taxa de transmissão teórica de 54 Mbps.
- **IEEE 802.11n:** Padrão *Wi-Fi* que opera nas frequências 2.4 GHz e/ou 5 GHz com taxa de transmissão teórica de 300 Mbps

Embora as características da tecnologia Wi-Fi a tornem interessante para a plataforma proposta neste trabalho, sua menor presença em telefones celulares comuns e a ausência do modo de operação *ad hoc* em muitos desses aparelhos dificulta o seu uso atualmente, razão pela qual a plataforma proposta dá mais ênfase ao uso da tecnologia *Bluetooth*.

2.1.2 – A tecnologia *Bluetooth*

A tecnologia *Bluetooth* (BLUETOOTH SIG, 2009) foi projetada para prover comunicação sem fio entre dispositivos móveis ou fixos, substituindo os cabos de transmissão de dados. Operando por meio de rádio frequência na banda ISM, esta tecnologia está presente atualmente em diversos tipos de dispositivos móveis, como: notebooks, netbooks, *tablets*, MP3 *Players*, PDAs (*Personal Digital Assistants*), telefones celulares, *smartphones*, etc.

Considerando apenas celulares e *smartphones*, tem-se a previsão de cerca de 1 bilhão de aparelhos de telefonia celular com *Bluetooth* até 2014 (MAWSTON, 2009).

Com base nisso, vê-se que a tecnologia *Bluetooth* é uma das opções de comunicação sem fio mais abrangentes que existem para dispositivos móveis.

Por meio dessa tecnologia, é possível criar pequenas redes pessoais (PANs – *Personal Area Networks*) denominadas *piconets*. Essas redes operam em modo *ad hoc* e podem ser compostas por até 8 dispositivos ativos, sendo um deles o dispositivo mestre (que coordena a comunicação na rede) e os demais dispositivos os escravos (que se comunicam por meio do dispositivo mestre). Além da comunicação em rede, dispositivos dotados da tecnologia *Bluetooth* podem estabelecer conexões ponto a ponto entre si.

De acordo com (BLUETOOTH SIG, 2009), o alcance da comunicação entre dois dispositivos equipados com *Bluetooth* está intimamente associado à classe a qual pertence o rádio *Bluetooth* de cada dispositivo. Um rádio *Bluetooth* pode ser de Classe 1 (usado normalmente para fins industriais e com um alcance teórico de até 100 metros), Classe 2 (usado na maioria dos dispositivos móveis atuais e com um alcance teórico de até 10 metros) ou Classe 3 (usado em *headsets* e com um alcance teórico de até 1 metro). Embora a especificação *Bluetooth* defina o alcance dos sinais de rádio segundo a classe de um dispositivo, alguns fabricantes desconsideram essa especificação e implementam rádios *Bluetooth* com alcance superior ou inferior.

Considerando as especificações da tecnologia *Bluetooth* (BLUETOOTH SIG, 2009), pode-se dizer que a sua pilha de protocolos está estruturada conforme mostrado na Figura 1¹.

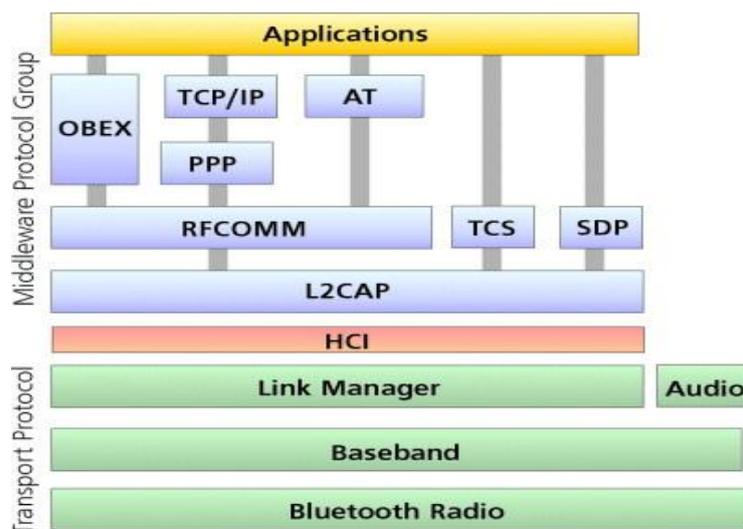


Figura 1 – A pilha de protocolos *Bluetooth*.

¹ Obtida em <http://cgi.cse.unsw.edu.au/~cs4411/wiki/index.php?title=Bluetooth>. Acesso em 28 de fevereiro de 2011.

A Figura 1 mostra um esquema geral da pilha de protocolos *Bluetooth*. A primeira camada da pilha é a camada física de rádio (*Bluetooth Radio*) (BLUETOOTH SIG, 2011), responsável pela transmissão e a modulação de sinais de rádio. Ela é um sistema de baixa potência que utiliza um esquema de modulação por saltos de frequência (*Frequency Hopping*) para alternar entre os 79 canais de 1 MHz criados a partir da divisão da banda ISM utilizada para a transmissão de dados.

A segunda camada é a *Baseband*, que é responsável por controlar o envio e o recebimento de quadros do dispositivo. Ela fornece canais de transmissão de dados e de áudio simultaneamente, suportando 2 tipos de canais/*links* lógicos: o ACL (*Asynchronous Connection-Less*) e o SCO (*Synchronous Connection Oriented*). O *link* ACL é utilizado para dados comutados por pacotes e o *link* SCO é utilizado para dados de “tempo real”, em especial fluxos de áudio.

De acordo com as especificações técnicas da tecnologia, em um dispositivo com *Bluetooth* é possível haver apenas 1 *link* ACL por vez e 3 *links* SCO. Contudo, testes realizados neste trabalho com a tecnologia demonstraram que é possível estabelecer *links* de transmissão de dados com mais de um dispositivo ao mesmo tempo, indicando que o número de *links* ACL é dependente da implementação da pilha *Bluetooth*.

A terceira camada da pilha é a *Link Manager*, que utiliza os *links* criados pela camada *BaseBand* para gerenciar *piconets*, fazer autenticação de dispositivos e prover mecanismos de segurança e de qualidade de serviço.

A camada HCI (*Host Controller Interface*) é considerada a linha divisória entre o *software* e o *hardware*, pois as camadas acima dela são implementadas via *software* enquanto da camada HCI para baixo as implementações são feitas em nível de *hardware*. A HCI é o controlador de interface para o meio físico, interligando o nível de *hardware* do *Bluetooth* com o nível de *software*.

A próxima camada da pilha é a L2CAP (*Logical Link Control and Adaptation Protocol*) e recebe esse nome devido ao seu principal protocolo. De maneira geral, pode-se dizer que essa camada possui 3 funções básicas: fragmentar pacotes das camadas superiores em quadros *Bluetooth* para a transmissão por meio das camadas inferiores, fazer a multiplexação e a demultiplexação de várias origens de pacotes e lidar com requisitos de QoS para os *links* estabelecidos.

Acima da camada L2CAP são definidos protocolos de comunicação de alto nível utilizados em aplicações de rede. Entre esses protocolos, 2 deles são frequentemente utilizados e são de extrema importância para este trabalho: o protocolo RFCOMM

(*Radio Frequency Communication*) e o protocolo OBEX (*Object Exchange*).

2.1.2.1 – O protocolo RFCOMM

O protocolo RFCOMM (BLUETOOTH SIG, 2003) faz a emulação de portas seriais sobre o protocolo L2CAP. De acordo com a sua especificação, ele é capaz de suportar até 60 conexões simultâneas entre 2 dispositivos com *Bluetooth*. Contudo, o número real de conexões simultâneas suportadas depende da implementação do protocolo existente em cada dispositivo.

Como uma de suas características, o protocolo RFCOMM pode ser utilizado para fornecer um “caminho” de comunicação entre dois dispositivos. Este “caminho” envolve duas aplicações executando (uma em cada dispositivo) e um segmento (*link*) de comunicação, conforme mostrado na Figura 2.



Figura 2 – Caminho de Comunicação entre dois dispositivos que utilizam o RFCOMM (BLUETOOTH SIG, 2003).

O protocolo RFCOMM ainda pode ser utilizado para criar caminhos de comunicação com dispositivos de rede (ex: modem). A partir desses dispositivos, é possível estabelecer *links* de comunicação com outros dispositivos que podem nem mesmo possuir interface *Bluetooth*. A Figura 3 ilustra essa situação.



Figura 3 – Caminho de Comunicação entre um dispositivo comum e um dispositivo de rede (BLUETOOTH SIG, 2003).

Analisando a finalidade do protocolo RFCOMM, é possível observar que ele é capaz de permitir a transmissão de fluxos sequenciais de dados entre dispositivos. Dessa

forma, ele pode ser utilizado em aplicações da plataforma proposta neste trabalho para o envio ou o recebimento de dados.

A principal vantagem de se utilizar esse protocolo está no fato dele ser suportado pela maioria dos dispositivos móveis atuais, ao contrário do protocolo L2CAP, que não é acessível em nível de programação em muitas implementações da pilha de protocolos *Bluetooth*. Além disso, RFCOMM não apresenta muito *overhead* se comparado com protocolos construídos sobre ele (ex: OBEX, TCP/IP, PPP, etc.).

2.1.2.2 – O protocolo OBEX

O protocolo OBEX (BLUETOOTH SIG, 2001a) consiste em uma implementação do protocolo IrOBEX (*Infrared Object Exchange*) para a tecnologia *Bluetooth*. O protocolo IrOBEX é um protocolo da camada de sessão que foi criado pela IrDA (*Infrared Data Association*) para permitir a troca de objetos de dados (ex: arquivos, cartões de visitas, mensagens, etc.) sobre *links* infra-vermelhos. Ele foi incorporado sob o nome de OBEX à pilha de protocolos *Bluetooth* e é implementado sobre o protocolo RFCOMM, podendo também ser implementado sobre os protocolos TCP/IP.

Por utilizar RFCOMM ou TCP/IP, o protocolo OBEX é orientado a conexão. Além disso, ele segue um modelo de requisição/resposta semelhante ao do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*). De fato, ele foi criado visando ser uma alternativa ao HTTP, o qual não é adequado para a troca de objetos de dados via *Bluetooth* ou Infra-vermelho. Enquanto no protocolo HTTP tem-se uma resposta única para cada requisição, no protocolo OBEX a resposta de uma requisição pode ser fragmentada em diversas respostas menores, cada uma transportando parte de um objeto de dados.

As principais vantagens da fragmentação de uma resposta em OBEX são: melhoria no desempenho de transmissão em ambientes que apresentam muita interferência (as perdas de dados são em menor escala e as retransmissões não exigem a transmissão de um objeto completo novamente), possibilidade de cancelamento de uma resposta no meio de sua transmissão e facilidades de processamento de objetos de dados em dispositivos com baixo poder de processamento (o processamento ocorre com blocos de dados e não com o objeto completo).

Por permitir a troca de objetos de dados, o protocolo OBEX é utilizado em conjunto com o perfil *Object Push* (BLUETOOTH SIG, 2001b) da tecnologia *Bluetooth* para fornecer a funcionalidade de transmissão de arquivos entre dispositivos.

Considerando os celulares e *smartphones* existentes no mercado atualmente, nota-se que grande parte deles contém o perfil *Object Push* implementado de fábrica, permitindo a troca de dados entre dispositivos sem a necessidade de alguma aplicação adicional. Tal característica torna o uso do protocolo OBEX bastante conveniente para fornecer serviços a usuários, uma vez que não se tem a necessidade de obrigar um usuário a instalar aplicações em seu dispositivo e questões de portabilidade deixam de existir, já que o protocolo é padronizado.

Contudo, nesse caso é necessário fornecer os serviços por meio de um objeto de dados (ex: uma imagem, um arquivo de texto, um vídeo, etc.), o que pode exigir o uso de mecanismos de adaptação de conteúdo baseados no perfil de cada dispositivo.

2.1.2.3 – Versões da especificação *Bluetooth*

Desde que foi lançada, em 1998, a tecnologia *Bluetooth* sofreu diversas alterações e ganhou várias versões (BLUETOOTH SIG, 2009). Até o final de 2010, as seguintes versões da tecnologia *Bluetooth* tinham sido criadas:

- **Versão 1.2:** Taxas de transmissão teóricas de até 1 Mbps.
- **Versão 2.0 + EDR:** Taxas de transmissão teóricas de até 3 Mbps. Versão com EDR (*Enhanced Data Rate*), que melhora a qualidade da transmissão dos sinais *Bluetooth*.
- **Versão 2.1 + EDR:** Taxas de transmissão teóricas de até 3 Mbps. Versão com EDR e aprimoramentos nos aspectos de segurança e de busca de dispositivos *Bluetooth*.
- **Versão 3.0 + HS (*High Speed*):** Taxas de transmissão teóricas de até 24 Mbps. Esta versão foi lançada em abril de 2009 e utiliza o padrão 802.11 para a transmissão.
- **Versão 4.0:** Taxas de transmissão teóricas de até 24 Mbps. Esta versão foi finalizada em abril de 2010 e visa a aprimorar os mecanismos de gerenciamento de energia na tecnologia *Bluetooth*. Ela pode operar em modo *dual*, com baixo consumo de energia e taxas de transmissão teóricas de até 1 Mbps (modo *low energy*) ou com maior consumo de energia e taxas de transmissão teóricas de 3 Mbps ou 24 Mbps (modo *basic rate*).

De acordo com as versões apresentadas acima, nota-se que é possível obter taxas de transmissão de dados que se comparam às taxas providas pela maioria dos *links* de Internet residenciais existentes no Brasil atualmente (*links* entre 512 Kbps e 2 Mbps) (ARRUDA, 2011). Considerando que milhares de usuários acessam seus serviços prediletos utilizando os *links* de Internet mencionados, pode-se concluir que as taxas atuais da tecnologia *Bluetooth* não representam um empecilho para o fornecimento de serviços por meio dela.

Por fim, considerando as versões 3.0 + HS e 4.0 lançadas recentemente, nota-se que suas taxas de transmissão de 24 Mbps ampliam as possibilidades de transmissão de conteúdo via *Bluetooth* para celulares e *smartphones*. Com elas, seria possível transmitir conteúdos que envolvessem áudio e vídeo sem demandar longos períodos de transmissão.

2.1.2.4 – Modo de operação

A tecnologia *Bluetooth* apresenta um mecanismo de operação que a torna conveniente para a identificação de dispositivos e a comunicação entre eles. Segundo (KAMMER et al., 2002), qualquer dispositivo que possua um rádio *Bluetooth* ativado emite um sinal de identificação contendo o endereço MAC (*Media Access Control*) da interface sem fio, o qual é único para cada interface. A partir desse endereço, que é composto por 12 dígitos hexadecimais, é possível identificar um dispositivo específico e estabelecer um *link* de comunicação com ele.

A descoberta de dispositivos vizinhos que tenham o rádio *Bluetooth* ativado é feita a partir de uma operação de *Inquiry* realizada por outro dispositivo. Esta operação, que normalmente dura cerca de 10,24 segundos (conforme descrito em sua especificação), fornece ao dispositivo que a executa uma lista de dispositivos encontrados, a qual contém os endereços MAC dos dispositivos e também pode conter seus nomes amigáveis (apelidos).

Uma vez tendo descoberto os dispositivos que estão na faixa de alcance de um dado dispositivo, é possível estabelecer um *link* de comunicação com algum deles. Para isso, os dispositivos entram em um modo denominado *page* e, um deles, o mestre, solicita o *link* de comunicação. Por sua vez, ao receber a solicitação, o outro dispositivo (o escravo) aceita a solicitação.

Após a conexão entre os dispositivos, o mestre pode realizar a busca dos serviços *Bluetooth* presentes no escravo (ex: serviço de transferência de arquivos).

Muitos serviços *Bluetooth* já vêm configurados de fábrica na maioria dos dispositivos, podendo ser utilizados sem a instalação de aplicações adicionais.

Para fazer a busca de serviços, utiliza-se o protocolo SDP (*Service Discovery Protocol*), especificado no perfil SDAP (*Service Discovery Application Profile*) (BLUETOOTH SIG, 2001c) da tecnologia *Bluetooth*. A busca pelos serviços *Bluetooth* de um dispositivo retorna as *strings* de conexão que devem ser utilizadas para acessá-los. A partir dessas *strings*, é possível então selecionar um serviço e passar a utilizá-lo.

Grande parte dos serviços *Bluetooth* encontrados em uma busca são definidos em perfis *Bluetooth* que são implementados pelos próprios fabricantes dos dispositivos ou sistemas operacionais utilizados. Alguns desses perfis são descritos na Tabela 1.

Nome do Perfil	Descrição de sua finalidade
<i>Advanced Audio Distribution Profile (A2DP)</i>	Transmissão de áudio com qualidade estéreo
<i>Audio/Video Remote Control Profile (AVRCP)</i>	Controle remoto de dispositivos de áudio e vídeo (ex: televisões, aparelhos de som, etc.)
<i>Basic Printing Profile (BPP)</i>	Transmissão de dados para uma impressora conectada via <i>Bluetooth</i>
<i>Dial-Up Network Profile (DUN)</i>	Acesso a Internet e a outros serviços dial-up utilizando um telefone móvel conectado via <i>Bluetooth</i>
<i>Fax Profile (FAX)</i>	Envio de fax utilizando um telefone móvel conectado via <i>Bluetooth</i>
<i>File Transfer Profile (FTP)</i>	Acesso remoto via <i>Bluetooth</i> a diretórios e arquivos de um dispositivo
<i>Human Interface Device Profile (HID)</i>	Transmissão de dados a partir de dispositivos periféricos (ex: <i>mouse</i> , teclado) conectados via <i>Bluetooth</i>
<i>Object Push Profile (OPP)</i>	Transmissão de objetos simples (ex: arquivos)
<i>Personal Area Networking Profile (PAN)</i>	Comunicação em uma PAN
<i>Service Discovery Application Profile (SDAP)</i>	Descoberta de serviços providos via <i>Bluetooth</i>
<i>Synchronization Profile (SYNC)</i>	Sincronização de dados entre dispositivos
<i>Hands-Free Profile (HFP)</i>	Transmissão de áudio para um <i>headset</i> sem fio

Tabela 1 – Perfis *Bluetooth* (BLUETOOTH SIG, 2010).

Como é possível ver, a tecnologia *Bluetooth* apresenta uma estrutura completa para a comunicação sem fio entre dispositivos, incluindo desde mecanismos de identificação até serviços pré-definidos para a transmissão de dados. Diante do que foi

mostrado, vê-se a viabilidade dessa tecnologia para o fornecimento de diversos tipos de serviços a usuários.

2.2 – *Web Services*

Diariamente milhares de pessoas acessam serviços que fornecem informações, entretenimento ou permitem a comunicação com outras pessoas. Além disso, muitos desses serviços auxiliam as pessoas em suas tarefas diárias. Envio de e-mails, acesso a redes sociais, envio de mensagens instantâneas, leitura de notícias e acesso a conteúdos multimídia estão entre os principais serviços utilizados diariamente pelas populações do mundo inteiro.

De maneira geral, é de interesse de um usuário poder ter acesso a seus serviços prediletos no maior número possível de lugares onde ele esteja. Além disso, se os serviços puderem ser acessíveis de uma maneira facilitada, centralizada e com baixo custo, o usuário se sente ainda mais estimulado a utilizá-los.

Diversas tecnologias podem ser utilizadas para essa comunicação, tais como RPC (*Remote Procedure Call*) (SINHA, 1997), CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) (GROUP, 2009), RMI (*Remote Method Invocation*) (MICROSYSTEMS, 2006) e *web services* (BOOTH et al., 2004).

Das tecnologias citadas, nota-se que a influência de grandes empresas como Microsoft e IBM tem estimulado um uso mais expressivo de *web services*. Dessa forma, considerando que boa parte dos serviços fornecidos por terceiros é acessada utilizando *web services*, torna-se conveniente adotar essa tecnologia como meio de acesso aos serviços dos usuários que apresentem comunicação em rede.

A tecnologia de *web services* provê uma forma padrão de interoperabilidade entre diferentes aplicações de *software*, as quais podem executar em diferentes plataformas de *software* (BOOTH et al., 2004).

De maneira geral, existem duas principais formas de acesso a *web services*: através de requisições HTTP em conjunto com o protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*) (W3C, 2007b) ou utilizando requisições HTTP em conjunto com o estilo arquitetural REST (*Representational State Transfer*) (FIELDING, 2000). Tais formas são descritas nas subseções seguintes.

2.2.1- O protocolo SOAP

O protocolo SOAP consiste em um protocolo para a troca de informações estruturadas em ambientes distribuídos. Essas informações são descritas na linguagem XML (*Extensible Markup Language*) e transmitidas utilizando o protocolo HTTP.

Dada a sua estrutura e sua formalização, o protocolo SOAP pode ser utilizado para o acesso a *web services*, utilizando para isso interfaces bem definidas descritas na linguagem WSDL (*Web Services Description Language*) (W3C, 2007c). A linguagem WSDL, baseada na linguagem XML, permite descrever um *web service*, definindo como ele deverá ser acessado e quais operações ou métodos ele possuirá.

A descrição de um *web service* utilizando a linguagem WSDL possibilita que sistemas interajam entre si de uma forma prescrita, eliminando assim problemas de comunicação causados pela heterogeneidade dos dispositivos computacionais e dos *softwares* que eles executam.

Embora o uso da linguagem WSDL e do protocolo SOAP consista em uma solução completa para a descrição e o acesso a *web services*, a necessidade de descrever cada serviço, suas operações e sua forma de acesso constitui uma tarefa trabalhosa, além de tornar mais complexa a adição de novos serviços, uma vez que além de saber o endereço HTTP do novo serviço a ser acessado é necessário saber também qual operação deve ser chamada.

Mesmo considerando a implementação de um UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*) (OASIS, 2011), no qual serviços podem ser publicados e buscados de forma padronizada, torna-se necessário adotar uma estrutura padrão para os metadados (*tModels*) retornados nas buscas por serviços ou criar *parsers* para que seja possível interpretar todos os metadados, estando assim apto para acessar as operações específicas de cada *web service*.

Como é possível perceber, embora seja possível utilizar a linguagem WSDL e o protocolo SOAP para a definição e o acesso a *web services*, esse tipo de solução não aparenta ser a mais adequada, uma vez que exige um maior esforço de implementação, adição e manutenção de serviços.

2.2.2 - O estilo arquitetural REST

Como uma alternativa ao acesso a *web services* por meio do protocolo SOAP, tem-se o estilo arquitetural REST, o qual corresponde a uma abordagem para o

desenvolvimento e o fornecimento de serviços pela Internet. Sistemas que seguem os princípios do estilo arquitetural REST são chamados de *RESTful*.

Com o REST, o conteúdo acessado a partir de um *web service* é tratado como um recurso e é identificado por um URI (*Uniform Resource Identifier*). Os URIs são utilizados em conjunto com as operações padrão do protocolo HTTP (ex: GET, POST, PUT e DELETE) para acesso aos recursos.

Cada URI pode suportar a passagem de parâmetros como parte do identificador de um recurso. Por exemplo, o URI de acesso aos dados dos cadastros de usuários em um sistema poderia seguir o formato `http://www.meudominio.com.br/servicos/cadastro/usuario/{id}`, onde {id} corresponde a um parâmetro que deve ser fornecido para identificar um usuário específico cujos dados se deseja retornar (ex: `http://www.meudominio.com.br/servicos/cadastro/usuario/1`).

Qualquer recurso fornecido a partir de *web services* em REST é acessado utilizando apenas as operações padrão do HTTP (GET para retornar a representação de um recurso, POST para submeter dados e obter um recurso como resposta, PUT para atualizar um recurso e DELETE para remover recursos). O acesso aos recursos não ocorre de forma direta, uma vez que o retorno dos *web services* corresponde na verdade à uma representação do recurso acessado, a qual normalmente é descrita em um documento no formato JSON (*JavaScript Object Notation*) (CROCKFORD, 2006) ou XML.

Comparando a abordagem REST com a abordagem que utiliza o protocolo SOAP e a linguagem WSDL, é possível perceber que com REST a definição e o acesso a *web services* são mais simples. Além disso, enquanto a abordagem com SOAP tem enfoque nas operações que devem ser chamadas em um *web service*, a abordagem com REST foca-se nos recursos que devem ser acessados e utiliza a URI do recurso e o pequeno conjunto de operações HTTP para o acesso. Dessa forma, vê-se que com REST a definição, o acesso e a manutenção de *web services* são mais simples, razão pela qual ele será adotado na plataforma proposta nesse trabalho.

2.2.3 – JSON e XML

Conforme mencionado na subseção anterior, os recursos em REST normalmente são representados através de documentos no formato JSON ou XML. A principal

diferença entre esses dois tipos de documento está na forma como os dados do recurso são estruturados. Enquanto em um documento XML tem-se o uso da linguagem XML para a descrição de dados, em um documento JSON utiliza-se o formato de intercâmbio de dados JSON, o qual apresenta uma estrutura mais simples e possibilita uma redução no volume de dados trafegados.

A Figura 4 apresenta o recurso “usuario” descrito em documentos no formato JSON e XML. Considerando que o formato JSON possibilita uma redução no volume de dados trafegados pela rede, ele será utilizado para descrever os recursos acessados através dos *web services* da BlueYou.

JSON	XML
<pre>{ "id": "1", "nome": "Ricardo", "login": "ricardoalmeida", "senha": "12345" }</pre>	<pre><?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <usuario> <id>1</id> <nome>Ricardo</nome> <login>ricardoalmeida</login> <senha>12345</senha> </usuario></pre>

Figura 4 – O recurso “usuario” descrito em documentos no formato JSON e XML.

2.2.4 – Padronização de chamadas aos *web services*

Embora a adoção de *web services* elimine os problemas de interoperabilidade que podem surgir no acesso aos serviços fornecidos por meio de uma plataforma de comunicação, outro problema surge: a falta de padronização nas chamadas aos *web services*.

Cada *web service* pode definir um conjunto de chamadas específico, contendo um número variado de parâmetros que são passados a ele para efetuar algum processamento. Contudo, essa falta de padronização obriga a plataforma BlueYou, apresentada neste trabalho, a tratar a chamada de cada *web service* de maneira especializada, dificultando a incorporação de novos serviços.

Considerando esse problema, conclui-se que é necessário especificar uma API de requisições padrão que deve ser adotada pelos *web services* na plataforma. Essa API deve permitir que outros *web services* sejam facilmente incorporados à plataforma BlueYou, ao mesmo tempo em que deve padronizar a forma de acesso a eles.

2.3 – Ciência de Contexto

Mark Weiser, considerado o pai da computação ubíqua, vislumbrou em (WEISER, 1995) um futuro no qual os computadores estariam presentes nos mais variados tipos de objetos (ex: interruptores de luz, carros, portas, etc.), fazendo parte do cotidiano das pessoas para auxiliá-las nas mais variadas tarefas, mas operando de forma transparente, quase imperceptíveis. Para Weiser, “as mais profundas tecnologias são aquelas que desaparecem” e, em sua visão do futuro, os computadores em sua forma natural tendem a desaparecer, passando a fazer parte de outros elementos do mundo real.

A descrição feita por Weiser está intimamente ligada à computação pervasiva, na qual os computadores estão embarcados no ambiente de forma invisível para o usuário. Na computação pervasiva (ARAÚJO, 2003), um computador é capaz de coletar informações do ambiente no qual está embarcado e, a partir delas, é capaz de controlar, configurar e ajustar suas aplicações para que elas atendam da melhor forma possível a outros dispositivos ou usuários.

As informações coletadas pelos computadores em um dado ambiente fazem parte do contexto considerado relevante para suas aplicações. Um contexto (DEY, 2001) consiste nas informações que podem ser usadas para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o próprio usuário e a aplicação.

Quando um computador coleta e utiliza informações de contexto (também chamadas elementos de contexto) para adaptar suas aplicações a fim de que elas atendam melhor outros dispositivos ou usuários, diz-se que ele é ciente de contexto. Uma definição semelhante, dada por (DEY, 2001), considera que um computador ou um sistema é ciente de contexto se ele usa o contexto para prover informações relevantes e/ou serviços para um dispositivo ou usuário. Diante disso, vê-se que o contexto possui um papel muito importante na determinação de quais informações são relevantes para as ações desempenhadas por um SCC (Sistema Ciente de Contexto).

A fim de elucidar as ações realizadas por um SCC, pode-se tomar como exemplo a adaptação de conteúdo. Supondo que um sistema proveja um serviço de visualização e compartilhamento de imagens entre dispositivos móveis, algumas informações de contexto tornam-se relevantes para que o serviço possa ser fornecido de forma adequada.

Considerando a heterogeneidade dos dispositivos móveis atuais, o serviço de visualização e compartilhamento de imagens citado exigirá que as imagens sejam adaptadas aos dispositivos móveis segundo as características de cada dispositivo, uma vez que eles apresentam tamanhos de tela diferentes e suportam formatos de imagem distintos. Além disso, devem ser consideradas para o compartilhamento de imagens as interfaces de comunicação de cada dispositivo, bem como as larguras de banda associadas a elas, a fim de adaptar as imagens para que o compartilhamento ocorra em tempo razoável.

Conforme é possível perceber, as informações de contexto relevantes para o serviço citado estão associadas às características do dispositivo que receberá uma dada imagem. Outras informações de contexto poderiam ser também consideradas, tal como a faixa etária do usuário do dispositivo, a fim de evitar o acesso a imagens impróprias. Nesse caso, seriam consideradas também informações relacionadas aos usuários do serviço.

Informações de contexto relacionadas à localização de um dispositivo ou usuário também podem ser relevantes para o fornecimento de serviços. Supondo que um sistema ciente de contexto proveja serviços de informação, este pode vir a considerar a localização dos usuários para determinar quais conteúdos deve encaminhar em um dado momento. Se um usuário estiver em um *shopping center*, por exemplo, o SCC, após detectar a sua presença, pode transmitir para o seu dispositivo as promoções das lojas e a programação do cinema. Por sua vez, se o usuário estiver em um aeroporto, o SCC pode transmitir notícias e o horário dos vôos, bem como promoções das companhias aéreas.

Em todos os exemplos citados é possível perceber que é função do sistema ciente de contexto identificar com qual dispositivo ou usuário está interagindo, bem como o lugar onde a interação está ocorrendo. A partir desses processos de identificação, o sistema é capaz de decidir o que e como fazer.

2.3.1 – Ciência de Contexto e a Plataforma BlueYou

Com base nos conceitos apresentados anteriormente, vê-se que mais do que simplesmente fornecer serviços para dispositivos móveis de usuários, é desejável que a plataforma proposta neste trabalho seja capaz de desempenhar suas funções da maneira mais transparente possível e considerando o contexto no qual está inserida, a fim de que

a experiência vivenciada por seus usuários seja agradável e atenda às suas necessidades.

Em especial, identifica-se que informações relacionadas às características dos dispositivos móveis devem ser consideradas para que os serviços sejam fornecidos de acordo com a especificidade de cada dispositivo. Além disso, os perfis e as preferências de cada usuário devem ser avaliados para determinar quais serviços prover e de que forma. Por fim, dados sobre as localizações dos usuários devem ser considerados para detectar limitações no acesso aos serviços e determinar se um serviço deve ou não ser provido em um dado local.

Considerando aspectos de computação pervasiva, vê-se que é relevante permitir que a plataforma interaja com seus usuários da forma mais automatizada possível, de modo que caiba aos usuários apenas usufruírem de seus serviços, ocultando deles detalhes de acesso e de visualização.

Embora muitos aspectos de computação pervasiva devam ser levados em consideração na plataforma proposta neste trabalho, aspectos de computação móvel também devem ser considerados, em especial a mobilidade dos usuários, a qual é considerada relevante quando uma abordagem de comunicação oportunística é utilizada para ampliar as formas de acesso a serviços.

Ao combinar características da computação pervasiva com características da computação móvel, a plataforma proposta passa a fazer parte do escopo da computação ubíqua, a qual é considerada uma interseção entre a computação pervasiva e móvel (ARAÚJO, 2003).

2.4 – Adaptação de Conteúdo

Dada a natureza da plataforma proposta neste trabalho, aspectos de adaptação de conteúdo devem ser considerados.

Atualmente existe no mercado uma diversidade de dispositivos móveis, sendo que muitos deles apresentam características de *hardware* e *software* distintas. Considerando apenas celulares e *smartphones*, vê-se uma variedade de marcas e modelos, com telas de vários tamanhos e resoluções, diferentes capacidades de processamento e armazenamento, sistemas operacionais distintos, etc.

Tomando como exemplo um celular Sony Ericsson w300i e um *smartphone* Nokia 5800 Xpress Music, nota-se uma diferença significativa no tamanho de suas telas e de suas resoluções. Enquanto o Sony Ericsson w300i possui uma tela de 1,66

polegadas com resolução de 128x160 pixels, o Nokia 5800 possui uma tela de 3,2 polegadas com resolução de 360 x 640 pixels. Analisando o aspecto de conectividade sem fio, ao comparar o Nokia 5800 com o *smartphone* Samsung S8500 wave, vê-se uma diferença considerável entre as versões de rádio *Bluetooth* que eles possuem (o 5800 possui um rádio *Bluetooth* de versão 2.0 + EDR e o Samsung um rádio *Bluetooth* de versão 3.0 + HS).

Levando em conta a grande heterogeneidade dos dispositivos móveis atuais, torna-se importante considerar aspectos de adaptação de conteúdo. Supondo que um serviço de compartilhamento de imagens estivesse disponível para dispositivos móveis, por exemplo, seria conveniente fornecer mecanismos que permitissem a adaptação das imagens levando em consideração as características dos dispositivos para os quais elas serão transmitidas (ex: tamanho e a resolução da tela).

Além disso, considerando que muitas imagens podem apresentar uma resolução alta, é comum que elas ocupem alguns megabytes de espaço. Contudo, a transmissão dessas imagens pode demandar bastante tempo se as interfaces de comunicação dos dispositivos apresentarem baixas taxas de transmissão (ex: um celular recebendo um vídeo de 40 MB por meio de uma interface *Bluetooth* na versão 1.2).

Considerando o problema apresentado, vê-se a necessidade de fornecer mecanismos capazes de adaptar o conteúdo transmitido por um dado serviço de comunicação. Assim, torna-se conveniente desenvolver um módulo de adaptação de conteúdo que possa ser utilizado pelos serviços providos a partir de uma plataforma de comunicação.

Com base em informações de contexto relacionadas a um dispositivo (ex: tamanho e resolução da tela, formatos de arquivo suportados, taxas de transmissão, etc.), o conteúdo a ser transmitido por um serviço pode ser adaptado a fim de ser apresentado da melhor forma possível e sem demandar longos períodos de transmissão. Dessa forma, pode-se dizer que a adaptação de conteúdo descrita acima está inserida em duas das categorias de adaptação mencionadas por (VIANA et al., 2005): adaptação ao dispositivo e adaptação ao contexto.

Segundo (VIANA et al., 2005), a adaptação ao dispositivo “é a habilidade de uma aplicação de adequar seu modo de execução às características do dispositivo. Essas características podem ser estáticas, como número de cores e dimensões da tela, e dinâmicas, como a quantidade de memória e bateria disponíveis”. Já a adaptação ao contexto “é a propriedade de uma aplicação de adequar-se a mudanças no contexto em

que executa. As mudanças no contexto podem ser decorrentes, por exemplo, das alterações da localização do dispositivo, do interesse do usuário e da largura de banda de comunicação”.

A fim de prover as adaptações de conteúdo descritas acima, torna-se necessário definir mecanismos para a identificação, representação e o armazenamento das informações referentes aos dispositivos. Analisando o estado da arte, nota-se a existência de especificações voltadas para tal finalidade. As especificações podem seguir vários modelos, dos quais se pode citar:

- Modelos baseados em linguagens de marcação, tais como as especificações CC/PP (*Composite Capability/Preference Profiles*) (W3C, 2007a), UAProf (*User Agent Profiling*) (ALLIANCE, 2010) e WURFL (*Wireless Universal Resource File*) (PASSANI, 2010);

- Modelos do tipo “chave-valor”, que associam valores a atributos pré-definidos, tal como o utilizado em (SCHILIT; ADAMS; WANT, 1994);

- Modelos gráficos, que se baseiam em recursos de modelagem (ex: UML (*Unified Modeling Language*), modelo ER (Entidade/Relacionamento)), tal como o proposto por (HENRICKSEN; INDULSK; RAKOTONIRAINY, 2002);

- Modelos baseados em ontologias, tal como o proposto em (SANTANA; PRADO, 2007).

Considerando os modelos citados acima, vê-se que as informações de contexto associadas a dispositivos móveis podem ser estruturadas de várias formas. Analisando as especificações CC/PP, UAProf e WURFL, é possível constatar que elas têm sido aceitas pela indústria ou por desenvolvedores de aplicações móveis como formas de descrição de dispositivos. Levando em conta que este trabalho visa a utilizar padrões de mercado para facilitar sua utilização e evolução, torna-se conveniente adotar uma das três especificações mencionadas. A fim de decidir qual delas utilizar, características e considerações sobre cada uma delas são apresentadas a seguir.

2.4.1 - *Composite Capability/Preference Profiles*

A *Composite Capability/Preference Profiles* (CC/PP) consiste em uma especificação definida pelo W3C com o objetivo de criar perfis que descrevem as características de dispositivos e as preferências de usuários. Segundo a descrição

contida em (W3C, 2007a), a CC/PP pode ser utilizada como fonte de informações de contexto e pode servir de base para a adaptação de conteúdo.

Os perfis CC/PP são criados com base no RDF (*Resource Description Framework*) (GROUP, 2004), o qual apresenta uma sintaxe baseada na linguagem XML. O uso de XML possibilita uma maior flexibilidade para a criação de novos vocabulários, tornando a especificação extensível. A Figura 5 apresenta a estrutura geral de um perfil CC/PP representado em forma de um documento RDF.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:ccpp="http://www.w3.org/2006/09/20-ccpp-schema#"
  xmlns:ex="http://www.example.com/schema#">
  <rdf:Description
    rdf:about="http://www.example.com/profile#MyProfile">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2006/09/20-ccpp-schema#Client-profile" />
    <ccpp:component>
      <rdf:Description
        rdf:about="http://www.example.com/profile#TerminalHardware">
        <rdf:type
          rdf:resource="http://www.example.com/schema#HardwarePlatform" />
        <ccpp:defaults
          rdf:resource="http://www.example.com/hardwareProfile#HWDefault" />
        </rdf:Description>
      </ccpp:component>
      <ccpp:component>
        <rdf:Description
          rdf:about="http://www.example.com/profile#TerminalSoftware">
          <rdf:type
            rdf:resource="http://www.example.com/schema#SoftwarePlatform" />
          <ccpp:defaults
            rdf:resource="http://www.example.com/softwareProfile#SWDefault" />
          </rdf:Description>
        </ccpp:component>
        <ccpp:component>
          <rdf:Description
            rdf:about="http://www.example.com/profile#TerminalBrowser">
            <rdf:type
              rdf:resource="http://www.example.com/schema#BrowserUA" />
            <ccpp:defaults
              rdf:resource="http://www.example.com/terminalProfile#UADefault" />
            </rdf:Description>
          </ccpp:component>
        </rdf:Description>
      </rdf:RDF>
```

Figura 5 – Estrutura geral de um perfil CC/PP.

Conforme mostrado na Figura 5, um perfil CC/PP apresenta três componentes, os quais são utilizados para descrever as características da plataforma de *hardware* (*HardwarePlataform*), de *software* (*SoftwarePlataform*) e *web* (*BrowserUA*). De acordo com a característica do dispositivo a ser representada, um desses componentes é preenchido com a informação desejada (ex: as características da tela do dispositivo são adicionadas dentro do componente que descreve a plataforma de *hardware*).

2.4.2 – User Agent Profile (UAProf)

Embora a CC/PP consista em uma especificação para a descrição de dispositivos e perfis de usuários, ela não padroniza os vocabulários XML comuns a serem utilizados, o que dificulta o intercâmbio de perfis entre aplicações. Diante disso, a *Open Mobile Alliance* (OMA), grupo formado por empresas como Ericsson, Samsung, Motorola, Siemens, Nokia, etc., buscou padronizar os vocabulários CC/PP entre os fabricantes de dispositivos móveis, criando a especificação *User Agent Profile* (UAProf). Para cada dispositivo desenvolvido por um fabricante pertencente à OMA, é criado um documento UAProf que o descreve. Estes documentos podem ser encontrados nos sites dos fabricantes que adotam a UAProf. A Figura 6² apresenta partes do documento UAProf do *smartphone* Nokia N95 8 GB.

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:prf="http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/UAPROF/ccppschem-20021212#"
xmlns:mms="http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/MMS/ccppschem-20050301-MMS1.2#"
xmlns:pss6="http://www.3gpp.org/profiles/PSS/ccppschem-PSS6#">
<rdf:Description rdf:ID="Profile">
<prf:component>
<rdf:Description rdf:ID="HardwarePlatform">
<rdf:type rdf:resource="http://www.openmobilealliance.org/tech/profiles/UAPROF/ccppschem-20021212#HardwarePlatform" />
<prf:BluetoothProfile>
<rdf:Bag>
<rdf:li>Headset Profile</rdf:li>
<rdf:li>Handsfree Profile</rdf:li>
<rdf:li>SIM Access Profile</rdf:li>
<rdf:li>Dial-up Networking Profile</rdf:li>
<rdf:li>Basic Imaging Profile</rdf:li>
<rdf:li>Object Push Profile</rdf:li>
<rdf:li>File Transfer Profile</rdf:li>
<rdf:li>Human Interface Device Profile</rdf:li>
<rdf:li>General Access Profile</rdf:li>
<rdf:li>Service Discovery Profile</rdf:li>
<rdf:li>Serial Port Profile</rdf:li>
<rdf:li>General Object Exchange Profile</rdf:li>
<rdf:li>Advanced Audio Distribution Profile</rdf:li>
<rdf:li>Audio/Video Remote Control Profile</rdf:li>
</rdf:Bag>
</prf:BluetoothProfile>
....
<prf:Keyboard>PhoneKeyPad</prf:Keyboard>
<prf:Model>N95_8GB-1</prf:Model>
<prf:NumberOfSoftKeys>2</prf:NumberOfSoftKeys>
...
<prf:PixelAspectRatio>1x1</prf:PixelAspectRatio>
<prf:PointingResolution>Pixel</prf:PointingResolution>
<prf:ScreenSize>240x320</prf:ScreenSize>
<prf:ScreenSizeChar>15x6</prf:ScreenSizeChar>
...
</prf:component>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Figura 6 – Partes do documento UAProf do *smartphone* Nokia N95 8GB.

² O documento completo pode ser encontrado em http://validator.openmobilealliance.org/VALIDATED/NN95_8GB-1r100.xml.111909135017. Acesso em 17 mar. 2010.

2.4.3 - *Wireless Universal Resource File (WURFL)*

Em (PASSANI, 2010), WURFL é descrito como um arquivo de configuração XML que contém informações sobre as capacidades e características de dispositivos móveis. WURFL é mantido por um projeto *open source* que conta com a participação de proprietários de dispositivos móveis ao redor do mundo, os quais fornecem as descrições das características de seus dispositivos. O principal objetivo do projeto é coletar o máximo de informações possível sobre os dispositivos móveis existentes e manter esses dados em um arquivo único. A partir dessas informações, é possível então criar páginas web e serviços que possam se adaptar às características de cada dispositivo.

Dada a procedência das informações sobre os dispositivos, o WURFL pode conter dados inválidos. Assim, conforme descrito em (PASSANI, 2001), são utilizados documentos UAProf para conferir o WURFL. Além disso, o WURFL consiste em um arquivo XML único com uma sintaxe distinta da definida pela UAProf, não sendo apoiado, portanto, pelos fabricantes de dispositivos móveis. A Figura 7³ apresenta a parte do arquivo WURFL que descreve o *smartphone* Nokia N95.

³ O documento completo pode ser encontrado em https://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=55408&package_id=50315. Acesso em 25 mar. 2010.

```

<wurfl>
  <version>
    <ver>www.wurflpro.com - 2010-03-22 04:19:34</ver>
    <last_updated>Mon Mar 22 04:24:15 -0500 2010</last_updated>
    <official_url>http://wurfl.sourceforge.net/</official_url>
    <maintainers>
      <maintainer name="Luca Passani" email="luca.passani at gmail point com" home_page="http://www.wurfl.com" />
    </maintainers>
    <authors>
      <author name="Luca Passani" email="luca.passani at gmail point com" home_page="http://www.wurfl.com" />
    </authors>
    <statement>
      ...
    </statement>
  </version>
  <devices>
    <device id="nokia_n95_ver1" user_agent="NokiaN95" fall_back="nokia_generic_series60_dp30"
actual_device_root="true">
      <group id="product_info">
        <capability name="mobile_browser" value="Safari" />
        <capability name="pointing_method" value="joystick" />
        <capability name="uaprof" value="http://nds1.nds.nokia.com/uaprof/NN95-1r100.xml" />
        <capability name="model_name" value="N95" />
        <capability name="device_os_version" value="9.2" />
        <capability name="release_date" value="2008_january" />
      </group>
      <group id="display">
        <capability name="physical_screen_height" value="57" />
        <capability name="columns" value="25" />
        <capability name="dual_orientation" value="true" />
        <capability name="physical_screen_width" value="43" />
        <capability name="max_image_width" value="232" />
        <capability name="rows" value="15" />
        <capability name="resolution_width" value="240" />
        <capability name="resolution_height" value="320" />
        <capability name="max_image_height" value="280" />
      </group>
      ...
    </device>
  </devices>
</wurfl>

```

Figura 7 – Parte do arquivo WURFL onde é descrito o *smartphone* Nokia N95.

Embora o WURFL apresente uma base de dados considerável sobre dispositivos móveis, a natureza de suas informações, a forma como está estruturado (arquivo único) e o fato de utilizar um vocabulário diferente do adotado pela indústria tornam a especificação UAProf mais conveniente para este projeto, razão pela qual ela será utilizada.

2.5 – Comunicação Segura e Privacidade

Considerando que a plataforma proposta neste trabalho visa a fornecer serviços para usuários a partir de seus dispositivos móveis, alguns aspectos de segurança devem ser considerados na comunicação em rede e no acesso aos serviços.

Diante disso, são discutidas a seguir algumas abordagens que serão utilizadas.

2.5.1 - Message-Digest 5 Algorithm (MD5)

Para determinar quais serviços um usuário deseja receber, é necessário definir um perfil para ele. Nesse perfil, o usuário pode manter informações pessoais, selecionar

quais serviços deseja ter acesso e configurar suas preferências de recebimento de conteúdo. O acesso às informações citadas deve ser restrito, de modo que somente o usuário possa visualizá-las.

Uma forma de restringir o acesso às informações do perfil do usuário é utilizar um mecanismo de *login* para anteceder o acesso. Nesse mecanismo, onde o usuário informa seu *login* e senha, torna-se imprescindível garantir a confidencialidade da senha. Diante disso, mecanismos de criptografia devem ser utilizados.

Um dos mecanismos de criptografia mais utilizados para *login* é o algoritmo MD5. Este algoritmo, descrito em (RIVEST, 1992), gera um *hash* unidirecional de 128 bits a partir dos dados (ex: senha) passados para ele como parâmetro. Este *hash* pode ser então armazenado no sistema e ser utilizado, por exemplo, no processo de *login*. Por ser unidirecional, o *hash* não pode ser convertido novamente para o dado original. Dessa forma, para comparar senhas durante o *login* de um usuário, é necessário gerar o *hash* da senha informada por ele e compará-lo com o *hash* armazenado no sistema.

Embora seja considerado um dos melhores algoritmos para a criptografia de senhas, o MD5 não consegue evitar ataques de dicionário, no qual um dicionário de palavras é utilizado criptografando cada palavra com o MD5 e comparando-a com o *hash* armazenado no sistema. Dessa forma, é conveniente adotar mecanismos adicionais para a segurança da senha, tal como o bloqueio do *login* após um dado número de tentativas sem sucesso.

2.5.2 - Advanced Encryption Standard (AES)

Os serviços fornecidos pela plataforma proposta neste trabalho podem consistir em serviços criados diretamente na implementação da BlueYou ou em serviços de terceiros que são fornecidos aos usuários por intermédio da plataforma. No segundo caso citado, pode ser necessário o *login* do usuário para acesso ao serviço. Dessa forma, tem-se a necessidade de permitir que a BlueYou acesse o serviço do usuário utilizando sua conta e assim possa redirecionar o serviço para seu destinatário.

A situação apresentada acima implica novas questões de segurança que devem ser consideradas. Para fornecer acesso a serviços de terceiros que exigem *login*, é necessário armazenar na plataforma os dados da conta do usuário. Contudo, o algoritmo MD5 não pode ser utilizado nesse caso, pois, se a senha for criptografada com ele, não é possível reverter o processo para fazer *login* no serviço.

Dessa forma, outro algoritmo de criptografia deve ser utilizado, a fim de que a

senha, mesmo criptografada, possa ser obtida novamente após algum processo de decifração. Alguns dos algoritmos que podem ser utilizados para isso são o AES (*Advanced Encryption Standard*) (RAEBURN, 2005) e o RSA (JONSSON; KALISKI, 2003).

O algoritmo AES utiliza criptografia de chave simétrica e é considerado pelo NSIT (*National Institute of Standards and Technology*) como um algoritmo seguro, rápido, fácil de executar e que exige poucos recursos de memória. Atualmente ele vem sendo adotado de forma ampla em muitos sistemas, incluindo sistemas governamentais. O AES define uma chave simétrica que é utilizada para encriptar e decifrar dados. Esta chave deve ser mantida sob sigilo, pois a partir dela é possível reverter o processo de criptografia e ter acesso aos dados originais.

O algoritmo RSA utiliza criptografia de chaves assimétricas para encriptar e decifrar dados. Nele, são definidas duas chaves assimétricas: uma pública e outra privada. A chave pública pode ser conhecida por qualquer pessoa e é utilizada para encriptar dados. Já a chave privada deve ser mantida sob sigilo e é utilizada para decifrar os dados que foram encriptados com a chave pública correspondente.

Embora seja considerado um dos algoritmos mais seguros, o RSA apresenta processos criptográficos mais demorados do que o algoritmo AES. Além disso, ele é mais utilizado em situações onde é necessário distribuir uma chave de criptografia para usuários ou sistemas. Considerando que o acesso ao serviço de terceiros deve ser feito diretamente pela BlueYou, não é necessário distribuir chaves de criptografia (a chave pode ser mantida dentro da própria plataforma). Dessa forma, levando em conta aspectos de desempenho e a forma de acesso aos serviços de terceiros, o algoritmo AES torna-se mais conveniente para este trabalho.

2.5.3 - OAuth

Como alternativa ao armazenamento dos dados das contas de um usuário para o acesso aos serviços de terceiros, é possível utilizar o protocolo OAuth (HAMMER-LAHAV, 2010). Este protocolo, considerado uma alternativa para algumas das funcionalidades do OpenID (FOUNDATION, 2006), vem sendo adotado por serviços como *Gmail* e *Twitter*. O OAuth permite que os usuários forneçam acesso a seus serviços (ex: *Gmail* e *Twitter*) para que outros serviços (chamados consumidores) possam acessá-los sem exigir o *login* e senha reais.

Para exemplificar o uso do OAuth, pode-se tomar como exemplo o serviço *Twitter*. Se algum serviço necessitar acessá-lo, este deve ser cadastrado no *Twitter*. Após o cadastro, são fornecidas pelo *Twitter* duas chaves: uma *Consumer Key* e uma *Consumer Secret*. Essas chaves são utilizadas sempre que algum usuário optar por utilizar o OAuth. A partir delas, o serviço faz uma solicitação ao *Twitter* para obter uma URL dinâmica que deve ser informada ao usuário. Então, o usuário acessa a URL e faz *login* no *Twitter*, autorizando em seguida que o serviço consumidor acesse sua conta para o envio e o recebimento de *tweets*.

Após a autorização, o *Twitter* gera um número PIN (*Personal Identification Number*) que deve ser utilizado pelo serviço consumidor para que este possa requisitar ao *Twitter* um *token* de acesso à conta. Tendo obtido este *token*, o serviço pode então acessar a conta do *Twitter* do usuário.

Com base no que foi descrito, é possível perceber que o uso do OAuth pela plataforma dependerá do suporte dos serviços a ele. Além disso, nota-se que ao invés de armazenar o *login* e a senha dos usuários, será preciso armazenar as chaves de requisição (*Consumer Key* e *Consumer Secret*) e os *tokens* de acesso às contas. Tais dados também devem ser mantidos sob sigilo e encriptados com algum algoritmo de criptografia (ex: AES).

2.5.4 - Extended Authentication (xAuth)

O complexo processo de utilização do OAuth estimulou a criação da plataforma xAuth (GROUP, 2010), a qual ainda vem sendo desenvolvida. Nela, o conceito principal do OAuth é mantido (permitir o acesso aos serviços da *Web* por meio de *tokens*). Contudo, o processo de geração de *tokens* de acesso é simplificado, uma vez que o usuário informa no serviço consumidor o seu *login* e senha e o serviço consumidor então solicita o *token* de acesso, podendo em seguida armazená-lo para uma posterior utilização.

Embora não seja tão segura quanto o OAuth (o usuário deve fornecer ao serviço consumidor o seu *login* e senha para que o *token* possa ser solicitado), a xAuth proporciona uma experiência mais agradável aos usuários, uma vez que o processo de autorização de acesso aos serviços ocorre em um número menor de passos. Além disso, ela vem recebendo o apoio de empresas como *Google*, *Yahoo*, *Microsoft* e *Meebo*, sendo também utilizada pelo *Twitter* como outra forma de autenticação.

A plataforma xAuth foi criada com objetivos maiores do que os mencionados,

mas suas outras funcionalidades fogem ao escopo deste trabalho.

De maneira geral, a plataforma xAuth aparenta ser uma alternativa conveniente para ser utilizada neste trabalho. Contudo, sua utilização fica restrita a serviços que a suportem, da mesma forma que o protocolo OAuth.

2.5.5 – Transport Layer Security (TLS)

Considerando que a plataforma proposta neste trabalho envolverá a comunicação em rede entre dispositivos móveis e entre os elementos da plataforma, torna-se necessário utilizar mecanismos que provejam a autenticação das partes comunicantes e a segurança no tráfego dos dados. Uma das formas de atingir tais objetivos é pela utilização do protocolo TLS (*Transport Layer Security*) (DIERKS; ALLEN, 1999), o qual se encontra bastante difundido na *Web*.

O TLS, sucessor do SSL (*Secure Sockets Layer*), possibilita maior privacidade e ajuda a garantir a integridade dos dados trafegados em rede. Para isso, os dados são transmitidos encriptados, após o estabelecimento de um canal de comunicação protegido. Este canal é criado com base na troca de certificados digitais e na negociação de chaves entre as partes comunicantes. Os certificados são assinados por uma autoridade certificadora (CA – *Certificate Authority*) e garantem a autenticidade de seus proprietários. Além disso, os certificados contêm chaves públicas que são utilizadas para a geração de chaves de sessão, as quais são usadas na criptografia dos dados trafegados.

Levando em consideração as características do TLS, vê-se que ele é adequado para ser utilizado na BlueYou durante a comunicação entre os dispositivos móveis e entre os outros dispositivos nos quais ela está implementada (ex: computadores e servidores). A partir dele, é possível encriptar os dados transmitidos e autenticar os elementos envolvidos na comunicação (ex: os provedores de serviços e os usuários que acessarão os serviços).

Contudo, considerando a comunicação entre dispositivos móveis via *Bluetooth*, constata-se que apenas a comunicação utilizando o protocolo RFCOMM poderia utilizar o TLS, já que a comunicação via OBEX na plataforma supõe o uso do perfil *Object Push*, o qual já vem implementado de fábrica nos dispositivos e não provê suporte a TLS.

2.5.6 – Autenticação e Criptografia com OBEX

Embora não seja possível utilizar o protocolo OBEX (e o perfil *Object Push*) em conjunto com o TLS na BlueYou, ainda assim é possível garantir um mínimo de segurança ao transmitir dados para os dispositivos móveis dos usuários. O protocolo OBEX permite a autenticação dos dispositivos comunicantes e a criptografia dos dados transmitidos entre eles.

A autenticação dos dispositivos é feita com base em um código PIN que deve ser fornecido pelos dispositivos no início da comunicação. Caso o código fornecido por ambos os dispositivos não seja o mesmo, a tentativa de comunicação falha. Visando a prover a autenticação dos dispositivos na plataforma proposta neste trabalho, seria possível fornecer aos usuários códigos PIN únicos que devem ser digitados no momento da comunicação. Cada código deve ser conhecido apenas pelo usuário e pela plataforma, garantindo assim a autenticidade de ambos.

A criptografia de dados via OBEX é feita utilizando criptografia por chave simétrica. As chaves não são trocadas entre os dispositivos comunicantes, mas ao invés disso são geradas em cada dispositivo com base em um conjunto de informações conhecidas por ambos os dispositivos. Essas informações incluem o código PIN que é utilizado para autenticação.

Com base no que foi mostrado, nota-se que também é possível fornecer certo nível de segurança ao disponibilizar serviços na BlueYou por meio do protocolo OBEX. Contudo, considerando que o processo de autenticação exigirá que os usuários forneçam o código PIN para cada transmissão a ser realizada, a adoção desse processo na plataforma requer uma análise de usabilidade, a fim de que a experiência de uso do usuário não seja prejudicada.

Capítulo 3

A PLATAFORMA BLUEYOU

Este capítulo apresenta a plataforma de comunicação desenvolvida neste trabalho e os trabalhos relacionados a ela.

A necessidade de fornecer mecanismos que forneçam serviços de comunicação com ampla disponibilidade de acesso a usuários de dispositivos móveis motivou a elaboração deste trabalho.

Aplicações para divulgação de propagandas, promoções, notícias e outros tipos de informação podem utilizar a plataforma aqui apresentada para encaminhar conteúdos aos dispositivos móveis de usuários. Além disso, aplicações de comunicação e redes sociais podem fornecer novos meios de envio e acesso das informações veiculadas em seus serviços. Na área de educação, o acesso a conteúdos relacionados a um tema de aprendizado pode ser facilitado por esta plataforma, provendo aos usuários imagens, vídeos e textos que enriqueçam o aprendizado. Usuários de dispositivos móveis podem também utilizar a plataforma desenvolvida para compartilhar informações entre si, valendo-se de mecanismos de entrega automática que facilitem o compartilhamento.

A fim de atingir os objetivos citados, este trabalho propõe uma plataforma de comunicação ciente de contexto que possa ser utilizada para fornecer serviços a dispositivos móveis através de tecnologias de transmissão sem fio, em especial as tecnologias *Bluetooth* e *Wi-Fi*. Essa plataforma deve ser capaz de:

- Identificar e gerenciar informações sobre os usuários, os seus serviços e seus dispositivos móveis;
- Determinar quais serviços devem ser fornecidos a um usuário em um dado momento e lugar;
- Agrupar e adaptar o conteúdo a ser transmitido para um usuário com base em perfis e em informações de contexto;
- Possibilitar a inclusão de novos serviços de maneira facilitada;
- Comunicar-se com o maior número de dispositivos móveis possível e a um baixo custo, fornecendo serviços aos usuários;

- Centralizar o fornecimento dos serviços de um usuário para facilitar o acesso a eles;
- Ser capaz de utilizar outras formas de comunicação para fornecer serviços, tal como a comunicação oportunística.

Em suma, propõe-se uma plataforma que seja compatível com um grande número de dispositivos móveis, tenha baixo custo de implantação e operação e forneça serviços personalizados segundo as características dos usuários, dos dispositivos e do ambiente em que ocorre a interação com os usuários.

A fim de atender aos requisitos mencionados anteriormente, é necessário que a plataforma proposta apresente uma arquitetura que considere a escalabilidade dos serviços oferecidos, o acesso distribuído a esses serviços e a possibilidade de transmissão utilizando diversas tecnologias de comunicação sem fio.

Analisando as principais arquiteturas para fornecimento de serviços possíveis, pode-se destacar três modelos arquiteturais distintos, os quais estão representados na Figura 8 e apresentam classificação com terminologia definida pelo autor deste trabalho.

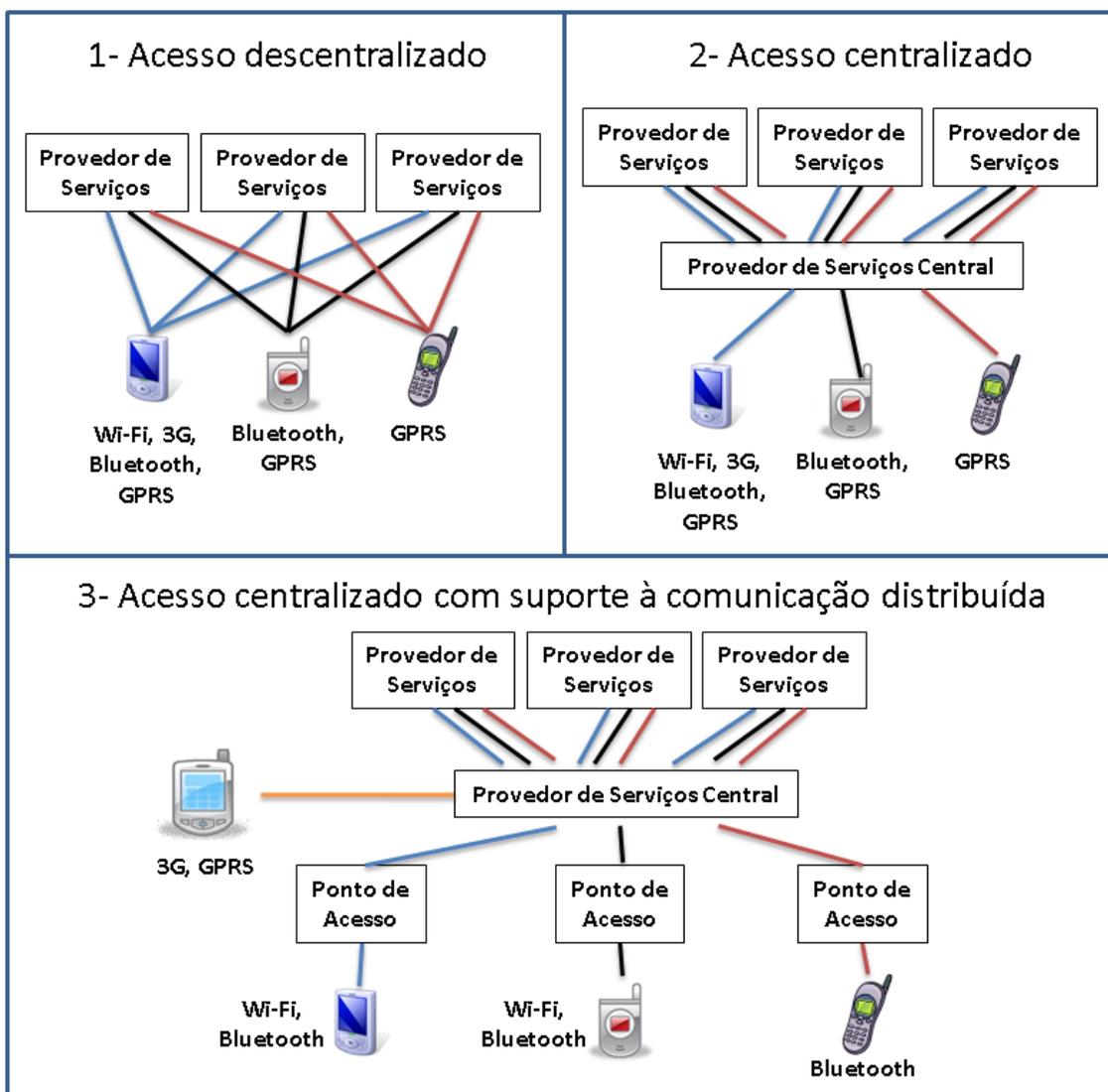


Figura 8 – Possíveis arquiteturas para o fornecimento de serviços de comunicação.

As arquiteturas apresentadas na Figura 8 demonstram 3 abordagens diferentes para o fornecimento de serviços a dispositivos móveis.

A primeira arquitetura consiste em uma abordagem descentralizada, onde cada dispositivo se comunica individualmente com diversos provedores de serviços. Essa abordagem obriga que cada provedor de serviços forneça interfaces de comunicação para as diversas tecnologias de transmissão sem fio presentes nos dispositivos móveis ou restrinja as tecnologias suportadas a um conjunto reduzido, impedindo o acesso de dispositivos que não possuem suporte a elas.

A segunda arquitetura apresenta uma abordagem que centraliza os serviços em um provedor central, o qual fornece interfaces para as diversas tecnologias de comunicação sem fio presentes nos dispositivos móveis. Embora essa abordagem evite que todos os provedores de serviços tenham que fornecer suporte específico às

tecnologias de comunicação sem fio existentes, ela obriga que os dispositivos móveis estejam em contato direto com o provedor de serviços central, o que muitas vezes pode não ser possível se o dispositivo estiver distante geograficamente e desejar se comunicar utilizando a tecnologia *Bluetooth*, por exemplo.

Buscando solucionar o problema presente na segunda arquitetura apresentada, a terceira arquitetura adiciona pontos de acesso distribuídos geograficamente que se comunicam com o provedor de serviços central e são capazes de encaminhar o conteúdo dos serviços a serem providos aos dispositivos móveis. Estes pontos de acesso visam complementar as possibilidades de comunicação na plataforma, fornecendo, por exemplo, interfaces de comunicação *Bluetooth*.

Com base nas arquiteturas apresentadas, nota-se que a terceira arquitetura é a mais adequada para a plataforma proposta, uma vez que ela melhor atende aos requisitos definidos para a BlueYou.

3.1 – Descrição Geral da Plataforma BlueYou

A plataforma apresentada neste trabalho, denominada BlueYou, foi projetada para operar em um ambiente distribuído que utiliza tecnologias de comunicação sem fio *ad hoc* e infraestruturadas para fornecer serviços de comunicação a usuários através de seus dispositivos móveis. Nesse ambiente, são identificados elementos importantes que compõem a plataforma: gerenciador de perfis e de serviços, pontos de acesso para comunicação e servidor de aplicações móveis (MAS - *Mobile Application Server*) (JAIN et al., 2004). Tais elementos estão representados na Figura 9, a qual apresenta a estrutura geral da plataforma BlueYou.

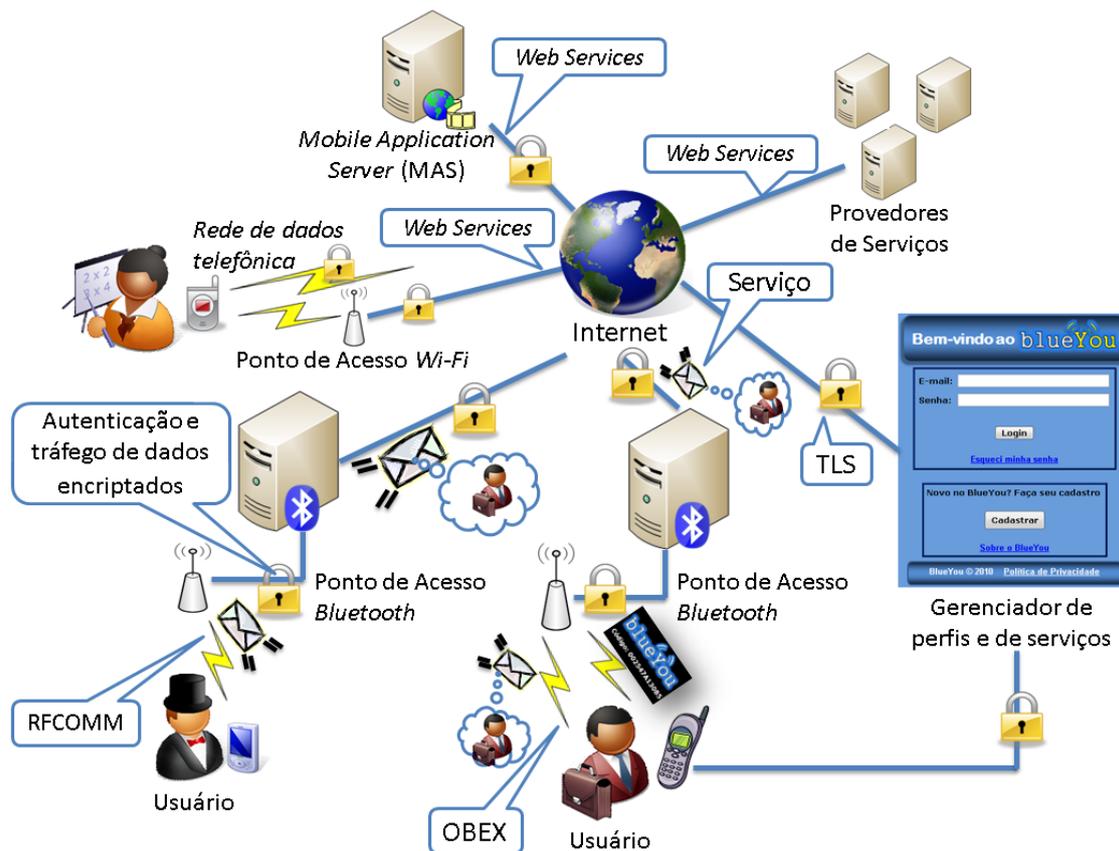


Figura 9 – Estrutura geral da plataforma BlueYou.

Todos os usuários da plataforma BlueYou possuem um perfil que é configurado a partir do gerenciador de perfis e de serviços. Este gerenciador, o qual pode consistir em uma página *web* ou uma aplicação *desktop* acessível remotamente, permite que os usuários façam seus cadastros e definam informações pessoais, bem como informações de seus dispositivos e dos serviços aos quais desejam ter acesso.

A partir das informações fornecidas por cada usuário, a plataforma é capaz de determinar o que pode ser transmitido para um dispositivo móvel durante uma interação com ele. Além disso, os usuários podem informar no gerenciador de perfis um código PIN que é utilizado para a comunicação via OBEX, a fim de autenticar as partes comunicantes.

O MAS da plataforma é responsável por identificar os usuários que estão em um dado ambiente, definir os serviços a serem providos a eles naquele momento, adaptar o conteúdo a ser transmitido segundo informações de contexto e encaminhar os dados associados aos serviços relevantes. Ele também é responsável por comunicar-se com os provedores dos serviços disponibilizados a partir da plataforma, a fim de obter os conteúdos a serem providos aos usuários.

Toda a comunicação feita pelo MAS ocorre pela Internet a partir de *web services*. O acesso aos *web services* do MAS é precedido por um processo de autenticação do *peer* solicitante (ponto de acesso ou dispositivo móvel), evitando assim acessos não autorizados.

Os serviços providos a partir da plataforma BlueYou são transmitidos aos dispositivos dos usuários a partir de pontos de acesso *Bluetooth* conectados ao MAS pela Internet ou através de comunicação direta dos dispositivos com o MAS, utilizando pontos de acesso Wi-Fi ou em último caso a rede de dados de telefonia celular.

O acesso a serviços por intermédio de um ponto de acesso *Bluetooth* ocorre da seguinte forma: toda vez que algum ponto de acesso localiza através de um *Inquiry* da tecnologia *Bluetooth* um dispositivo móvel, o ponto de acesso se comunica com o MAS para verificar se o dispositivo encontrado possui associação com algum usuário da plataforma. Caso não seja possível identificar um usuário associado, o ponto de acesso envia para o MAS informações do dispositivo (endereço MAC do rádio *Bluetooth* e serviços *Bluetooth* ativos). Essas informações são então cadastradas pelo MAS no banco de dados da plataforma.

Em seguida, visando a permitir que o proprietário do dispositivo encontrado possa usufruir dos serviços fornecidos pela BlueYou, o MAS encaminha para o ponto de acesso um código que identifica o dispositivo de maneira única entre os dispositivos já cadastrados. Este código, denominado código BlueYou, pode corresponder ao endereço MAC do rádio *Bluetooth* do dispositivo ou à uma combinação de números e caracteres gerados segundo alguma lógica específica, sendo a segunda opção mais segura em relação à primeira por não utilizar uma identificação que seja visível publicamente.

Ao receber o código BlueYou, que se apresenta na forma de um arquivo de texto ou imagem, o ponto de acesso o encaminha via OBEX para o dispositivo móvel. De posse do código, o usuário pode então acessar o gerenciador de perfis e de serviços para realizar seu cadastro e definir os serviços aos quais deseja ter acesso. O código fornecido somente é aceito no cadastro se ele for gerado previamente pelo MAS. O vínculo entre os dados dos dispositivos que foram localizados e previamente cadastrados e os dados dos usuários é estabelecido durante a etapa de cadastro no gerenciador de perfis, por meio da inserção do código recebido.

Uma vez realizado o cadastro, o usuário pode receber conteúdos destinados a

ele. Os protocolos utilizados no acesso aos serviços fornecidos através da BlueYou podem ser o OBEX e o RFCOMM, para acesso por meio de *Bluetooth*, ou o HTTP, para acesso através de Wi-Fi ou de uma rede de dados telefônica.

O acesso por meio do protocolo OBEX não exige a instalação de uma nova aplicação móvel nos dispositivos. Nesse caso, utiliza-se o perfil *Object Push* da interface *Bluetooth* do dispositivo móvel para a comunicação com uma aplicação que executa nos pontos de acesso *Bluetooth*.

Já o acesso a serviços utilizando RFCOMM considera a existência de uma aplicação móvel instalada nos dispositivos, a qual é capaz de se comunicar com a aplicação que executa nos pontos de acesso *Bluetooth* da plataforma. O uso dessas aplicações possibilita o recebimento de dados de um serviço pelo dispositivo e também o encaminhamento de dados do dispositivo para a plataforma. Além disso, a aplicação móvel pode executar em *background* e automaticamente se comunicar com os pontos de acesso para receber ou encaminhar dados.

O protocolo HTTP é utilizado na comunicação por Wi-Fi. Nesse caso, uma aplicação também deve ser instalada no dispositivo móvel. Essa aplicação se comunica diretamente com o MAS, autenticando-se e recebendo em seguida os conteúdos dos serviços destinados ao usuário.

Para adaptar o conteúdo de um serviço a ser fornecido para um usuário, a plataforma leva em consideração informações de contexto obtidas a partir do perfil do usuário e do seu dispositivo. Entre as informações consideradas, pode-se citar: características do dispositivo que receberá o serviço (ex: tamanho da tela, formatos de arquivo suportados, taxa de transmissão da interface *Bluetooth*, etc.) e perfil do usuário (ex: tem preferência por visualizar textos com fontes em tamanho grande).

Para o fornecimento dos serviços, informações sobre o ambiente no qual o usuário se encontra também podem ser consideradas, bem como dados temporais. Por exemplo, a localização do usuário pode ser levada em conta para determinar os serviços que devem ser providos a ele. Além disso, informações como data e hora podem indicar se o serviço deverá ou não ser disponibilizado em um dado momento.

3.1.1 – O Gerenciador de Perfis e de Serviços

O Gerenciador de Perfis e de Serviços é o responsável por prover uma interface para que os usuários definam seus perfis (dados pessoais, preferências de comunicação

e serviços aos quais desejam ter acesso). Além disso, ele permite estabelecer um vínculo entre um dispositivo móvel e um usuário, valendo-se do código BlueYou recebido pelo usuário a partir de um ponto de acesso *Bluetooth*. Este vínculo é necessário para as transmissões através do protocolo OBEX, uma vez que não é utilizada uma aplicação móvel específica instalada no dispositivo para a comunicação neste caso.

Durante o cadastro de um usuário, o gerenciador solicita a ele os nomes da marca e do modelo de seu dispositivo móvel. A partir dessas informações, o MAS da plataforma BlueYou é capaz de buscar em um repositório de perfis de dispositivos móveis os dados do perfil do dispositivo do usuário, a fim de realizar adaptações de conteúdo (ex: dimensionamento de imagens, conversões entre formatos de arquivos, etc.) antes de fornecer um dado serviço.

3.1.2 – O *Mobile Application Server* (MAS)

O *Mobile Application Server* é considerado o elemento principal da plataforma BlueYou. Nele, toda a lógica necessária para o fornecimento de serviços é definida. A Figura 10 apresenta a estrutura geral do MAS.

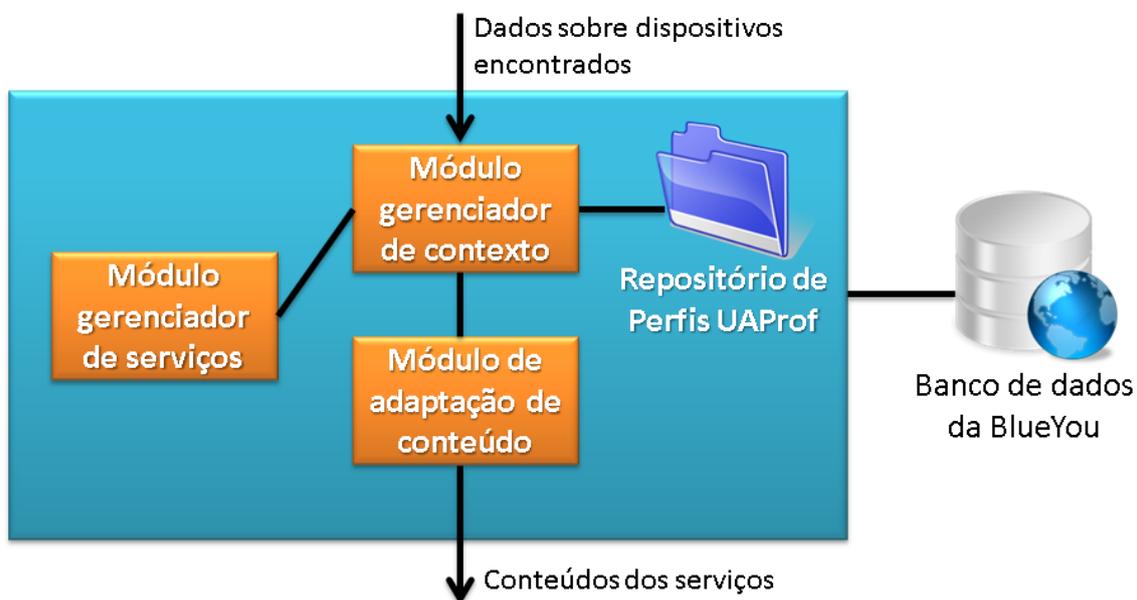


Figura 10 – Estrutura geral do MAS.

Conforme mostrado na Figura 10, o MAS se comunica com o banco de dados da BlueYou e é composto por um **módulo gerenciador de serviços**, um **módulo de adaptação de conteúdo**, um **módulo gerenciador de contexto** e um **repositório de perfis UAProf**.

O módulo gerenciador de contexto é responsável por processar as informações de contexto utilizadas para o fornecimento de serviços. Por exemplo, os dados de localização de um dispositivo móvel advindos de um ponto de acesso *Bluetooth*, que o localizou numa operação de *inquiry*, são tratados pelo módulo gerenciador de contexto, o qual acessa o banco de dados da BlueYou para determinar quem é o usuário associado ao dispositivo. O módulo gerenciador de contexto também determina com base no perfil do usuário e em outras informações de contexto (data e hora atuais, local onde o dispositivo se encontra, etc.) quais serviços devem ser fornecidos ao dispositivo em um dado momento.

Uma vez tendo determinado o conjunto de serviços a serem fornecidos a um usuário em um dado momento, o módulo gerenciador de serviços é acionado para acessar todos os conteúdos desses serviços. Para cada conteúdo, o módulo de adaptação de conteúdo é acionado, a fim de realizar adaptações baseadas no perfil do usuário e em informações sobre as características do dispositivo móvel para o qual o conteúdo será transmitido.

As características do dispositivo móvel são obtidas a partir do repositório de perfis UAProf mantido no MAS. A determinação de qual perfil UAProf utilizar é baseada nos dados da marca e do modelo do dispositivo móvel, os quais estão definidos no perfil do usuário.

Após reunir e adaptar todos os conteúdos a serem fornecidos a um usuário, o módulo gerenciador de serviços os encaminha via *web services*. No caso do acesso por Wi-Fi ou pela rede de dados telefônica, os conteúdos são encaminhados diretamente para o destino. Já no caso do acesso via *Bluetooth*, os conteúdos são encaminhados para a aplicação que executa no ponto de acesso, a qual faz a entrega utilizando o protocolo OBEX (se o dispositivo não possuir uma aplicação móvel instalada) ou RFCOMM (no caso da existência de uma aplicação previamente instalada).

3.1.3 – O ponto de acesso *Bluetooth*

Os pontos de acesso *Bluetooth* consistem em elementos de encaminhamento de dados dos serviços. Eles são utilizados como “pontes” para a comunicação entre os dispositivos móveis dos usuários e o MAS da plataforma. Cada ponto de acesso é responsável por duas tarefas. A primeira delas consiste em localizar dispositivos móveis, verificar os serviços a serem encaminhados para eles e realizar as transmissões necessárias. Já a segunda tarefa consiste em fornecer um mecanismo para a entrada de

dados advindos de dispositivos móveis. Esses dados são gerados pelos usuários a partir de uma aplicação móvel instalada em seus dispositivos, a qual provê interação com algum serviço da plataforma.

Cada ponto de acesso da plataforma transmite para o MAS dados das localizações de dispositivos móveis próximos a ele, os quais são registrados no banco de dados da plataforma. Esses dados consistem na data e na hora da localização do dispositivo e na data e na hora em que o dispositivo deixou de ser detectado depois de um contato inicial.

Os dados de localização providos permitem que o MAS forneça serviços que utilizem a localização do usuário em seu funcionamento. Por exemplo, um serviço de localização de usuários pode ser provido utilizando esses dados. Além disso, um serviço de mensagens pode utilizar os dados de localização para tentar inferir o próximo ponto de acesso que entrará em contato com um usuário específico, a fim de encaminhar dados para ele.

3.2 – Comunicação Oportunística na plataforma

Buscando ampliar a capacidade de transmissão da plataforma, é possível que interações entre dispositivos móveis ocorram utilizando uma rede autonômica (ANA PROJECT, 2009) móvel com suporte à comunicação oportunística. Nesta rede, cada dispositivo móvel corresponde a um nó e é capaz de receber conteúdos destinados a ele e também encaminhar conteúdos destinados a outros. O gerenciamento das transmissões a partir dos dispositivos móveis é realizado por meio de uma aplicação que executa nos dispositivos como um serviço desenvolvido para este fim. Esta aplicação é necessária apenas se o dispositivo gerar algum conteúdo a ser transmitido ou for operar como um nó intermediário no encaminhamento de informações.

Para a construção da rede autonômica citada, a plataforma BlueYou foi integrada com a arquitetura Olympia, desenvolvida no projeto de mestrado de um aluno do grupo de sistemas distribuídos e de redes do departamento de computação da UFSCar.

A arquitetura Olympia fornece comunicação tolerante a atrasos e conectividade intermitente, explorando o modo de encaminhamento ponto a ponto para prover transmissões em redes DTN (*Delay Tolerant Network*). A arquitetura é organizada em camadas, possibilitando o uso de diferentes políticas de encaminhamento e de diferentes tecnologias de transmissão. Ao prover o encaminhamento de objetos de transmissão,

RFCOMM.

Caso o destinatário não esteja presente, o nó encaminha o conteúdo via RFCOMM para algum nó intermediário. A escolha do receptor pode ser baseada em informações de contexto (laços de amizade com o destinatário, frequências de encontro, etc.) que indiquem o melhor nó para encaminhar o conteúdo. Assim, diferentes políticas de encaminhamento podem ser utilizadas nas transmissões.

Toda a comunicação entre os nós da rede ocorre mediante autenticação prévia das partes comunicantes, a qual se dá por meio de trocas de certificados em um mecanismo de desafio/resposta. A fim de garantir a confidencialidade dos dados transmitidos, o conteúdo dos *bundles* é encriptado utilizando envelopes digitais descritos com a sintaxe CMS (*Cryptographic Encoding Rules*) e codificados na codificação DER (*Distinguished Encoding Rules*).

Como última possibilidade de comunicação, se um nó da rede gerar um conteúdo a ser transmitido e, ao buscar dispositivos próximos a ele encontrar um ponto de acesso *Bluetooth*, este pode optar por encaminhar o conteúdo para o ponto de acesso e assim utilizar a infraestrutura da BlueYou para realizar a entrega.

Caso o nó emissor não possua o endereço MAC *Bluetooth* do destino, este pode utilizar apenas o endereço de e-mail do destinatário e, ao encaminhar o conteúdo para a BlueYou, deixar que ela faça a correspondência entre o e-mail e o endereço MAC para poder fazer a entrega. Nesse caso, a correspondência dos dados é feita com base no perfil do usuário cadastrado na BlueYou.

3.3 – Análise de viabilidade de uso da tecnologia *Bluetooth*

Considerando que a plataforma proposta é dependente da adesão dos usuários de dispositivos móveis, algumas questões preliminares foram levantadas durante a concepção deste trabalho. Entre essas questões, levantou-se uma dúvida em relação à comunicação por *Bluetooth* no que diz respeito à ativação do rádio *Bluetooth* em celulares e *smartphones*, uma vez que os usuários poderiam manter o *Bluetooth* desligado, visando a economizar bateria.

A fim de investigar melhor essa questão, uma versão reduzida da BlueYou foi desenvolvida e implantada na loja C&A Computadores do *shopping* Iguatemi da cidade de São Carlos. Esta versão consistia em uma aplicação voltada para a área de *mobile marketing* que transmitia e exibia conteúdo publicitário aos usuários que passavam

próximos à vitrine da loja.

Um cadastro automático dos dispositivos localizados era feito e os dados de suas localizações eram armazenados. Como resultado dessa iniciativa, foi possível registrar em cerca de três meses mais de seis mil celulares e *smartphones*, sem solicitar explicitamente aos usuários que ativassem o rádio *Bluetooth* de seus dispositivos. Além disso, foram cadastrados mais de 20.000 registros de localização referentes aos dispositivos citados.

Os resultados apresentados demonstram que muitos usuários já tendem a utilizar seus dispositivos móveis com o rádio *Bluetooth* ativado, mesmo que isso não represente algo útil para eles. Dessa forma, se considerarmos que os usuários serão beneficiados pelos serviços fornecidos via *Bluetooth* pela plataforma, o número de dispositivos com *Bluetooth* ativado tenderia a aumentar ainda mais.

Buscando avaliar a experiência dos usuários ao utilizarem a plataforma BlueYou, uma implementação de referência foi implantada no departamento de computação da UFSCar. A base de dados da BlueYou no departamento possuía até o final de fevereiro de 2011 cerca de 750 dispositivos cadastrados, aproximadamente 53.000 registros de localização e mais de 100 usuários que acessavam alguns dos serviços fornecidos. Mais detalhes sobre a implementação de referência serão apresentados no capítulo 4.

3.4 – Trabalhos Relacionados

Conforme mencionado anteriormente, o crescente número de dispositivos móveis vem motivando a criação de serviços de comunicação que possibilitam o fornecimento de informações aos usuários a qualquer momento e em qualquer lugar.

Diante dessa realidade, algumas propostas de mecanismos de suporte a serviços para dispositivos móveis vêm sendo estudadas e desenvolvidas, sendo aplicadas principalmente nas áreas de comércio ubíquo, *mobile learning* e *mobile marketing*. Dentre tais propostas, algumas merecem destaque por apresentarem relação com este trabalho, sendo, portanto, analisadas a seguir.

3.4.1 – *Model for Ubiquitous Commerce Support (MUCS)*

O *Model for Ubiquitous Commerce Support* (FRANCO et al., 2009) consiste em um modelo de comércio ubíquo (WATSON, 2008) que visa a facilitar o processo de oferta e procura de negócios em áreas relacionadas ao comércio de produtos ou de serviços. Através dele, os negociantes (clientes e fornecedores) presentes em um mesmo

contexto (região) de um ambiente de negócios (ex: *shoppings*, prédios, etc.) realizam negociações auxiliados por seus dispositivos móveis. Os fornecedores de produtos ou de serviços anunciam por meio de seus dispositivos móveis as suas ofertas. Por sua vez, os clientes, presentes no mesmo contexto que os fornecedores, anunciam por meio de seus dispositivos quais são seus desejos (produtos ou serviços que têm interesse) e, através de um mecanismo de consulta de oportunidades, as propostas de negócio são apresentadas aos interessados. A arquitetura do MUCS é apresentada na Figura 12.

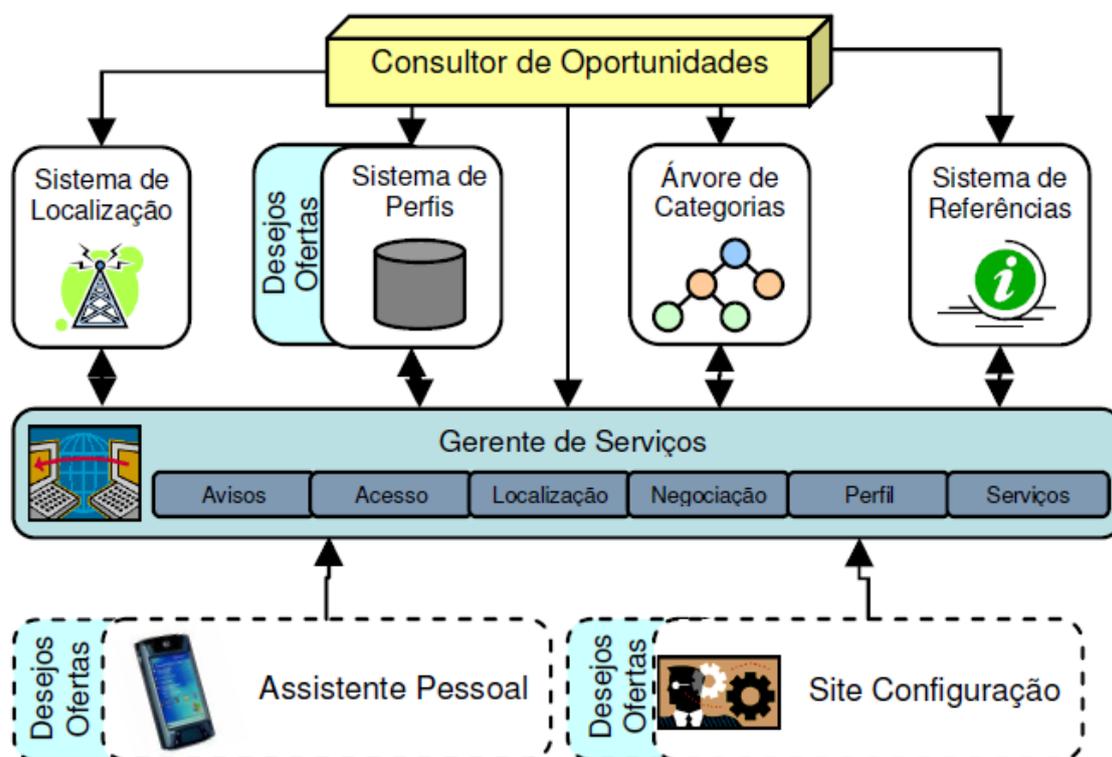


Figura 12 – A arquitetura do MUCS (FRANCO et al., 2009).

Embora tenha como enfoque apenas o comércio ubíquo, o MUCS apresenta em sua arquitetura alguns elementos semelhantes aos presentes na BlueYou. Nota-se a presença de um sistema de localização (semelhante aos pontos de acesso *Bluetooth* da BlueYou) que permite a identificação dos usuários nos ambientes de negócio. A partir dessa identificação, que pode ser feita utilizando-se algum recurso *wireless* presente no dispositivo móvel, é possível verificar os negociantes presentes no contexto e então obter as oportunidades de negócio existentes.

Os dados dos negociantes (identificação, preferências, desejos, ofertas, oportunidades e histórico de negócios) são armazenados em seus perfis, seguindo um

metamodelo próprio do MUCS. A partir desses dados, as oportunidades de negócio podem ser identificadas.

Tanto as ofertas dos fornecedores como os desejos dos clientes são estruturados seguindo uma árvore de categorias, que os classifica e padroniza de acordo com as definições do modelo proposto.

A partir de seus dispositivos móveis, os negociantes podem fazer autenticação e ingresso no MUCS, alterar sua visibilidade em relação ao sistema de localização, enviar ou receber avisos de oportunidades de negócio, acessar serviços disponíveis e editar os dados de seus perfis. O modelo ainda propõe o uso de uma interface *web* (mesmo objetivo da página *web* da BlueYou) que também possibilite a alteração dos dados do perfil de um negociante.

Os serviços existentes no MUCS são gerenciados por um gerente de serviços, que controla o acesso dos negociantes ao sistema, emite avisos de oportunidades de negócio, gerencia a localização dos negociantes, intermedeia negociações, gerencia o perfil dos negociantes e controla os serviços de um dado ambiente (semelhante ao MAS da BlueYou).

A análise e detecção das oportunidades de negócio são realizadas pelo Consultor de Oportunidades, que com base nos dados de localização e nos perfis dos negociantes identifica as oportunidades e as informa aos interessados.

Visando a fornecer garantias nas negociações realizadas a partir do modelo, o MUCS propõe o uso de um sistema de referências que armazena informações sobre a credibilidade dos negociantes. A partir dessas informações, é possível decidir de forma mais segura se uma dada proposta será aceita ou não.

Embora apresente uma estrutura semelhante à da plataforma BlueYou, o MUCS possui um escopo de utilização mais reduzido, uma vez que é voltado para serviços na área de comércio ubíquo. Além disso, o MUCS não trata de aspectos de segurança na comunicação em rede e não aborda questões de adaptação de conteúdo, as quais provavelmente estariam presentes se a arquitetura considerasse a heterogeneidade dos dispositivos móveis existentes.

3.4.2 – Bluespots

Os *Bluespots* (LEBRUN; CHUAH, 2006) consistem em pontos de distribuição de conteúdo colocados em meios de transporte público (em especial ônibus) para

proverem serviços aos dispositivos móveis de passageiros por meio das tecnologias *Bluetooth* e *Wi-Fi*. Alguns dos serviços providos são: envio e recebimento de *e-mails*, acesso a páginas *web* e transmissão de arquivos. A Figura 13 apresenta a visão arquitetural de um *Bluespot*.

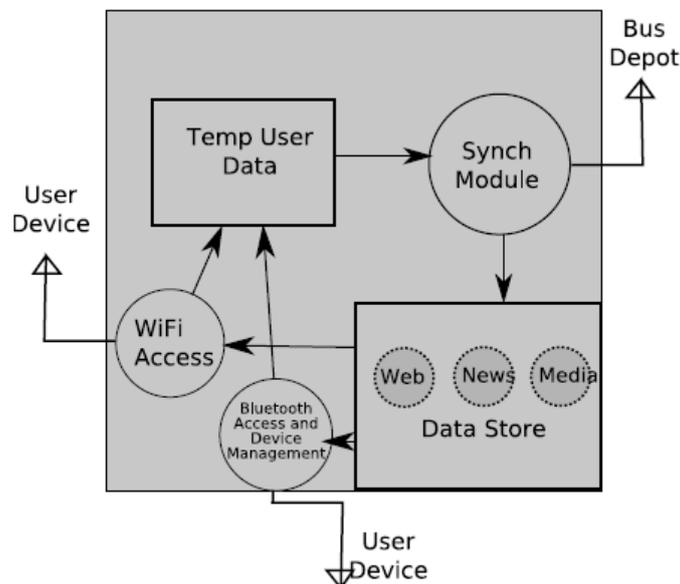


Figura 13 – Visão arquitetural de um *Bluespot* (LEBRUN; CHUAH, 2006).

Os *Bluespots* apresentam algumas características que também estão presentes na arquitetura proposta neste trabalho. Cada *Bluespot* possui um ponto *Wi-Fi* e um ponto *Bluetooth* de distribuição de conteúdo. Esses pontos encaminham e obtêm dados a partir de um repositório (*Data Store*) presente no *Bluespot*. O repositório contém páginas *web*, notícias e conteúdos multimídia que são obtidos a partir de sincronizações com pontos de acesso *Wi-Fi* ligados à Internet que estão presentes em estações de ônibus. Além de receberem os conteúdos a serem armazenados em seus repositórios, os *Bluespots* encaminham dados (ex: *e-mails* dos passageiros) para os pontos de acesso *Wi-Fi*, os quais os transmitem para a Internet.

Embora a proposta seja bastante válida, ela não chegou a ser implementada de fato. Assim, diversas questões de comunicação que deveriam ser tratadas não são levadas em consideração, tais como a sincronização de dados com os pontos de acesso nas estações de ônibus e a transmissão dos dados para os dispositivos móveis dos passageiros. Além disso, não são abordados aspectos de segurança e de adaptação de conteúdo. Basicamente, tem-se em (LEBRUN; CHUAH, 2006) uma análise da viabilidade de implantação dos *Bluespots*, com análises dos dados de localização de

dispositivos móveis em 2 ônibus, durante um período de tempo.

3.4.3 - *iGrocer*

O *iGrocer* (SHEKAR; NAIR; HELAL, 2006) consiste em um assistente de compras inteligente que auxilia os usuários na compra de produtos alimentícios, considerando para isso custos e critérios nutricionais. Desenvolvido para ser utilizado em *smartphones* equipados com leitores de código de barra, o *iGrocer* permite a elaboração de uma lista de compras, auxilia na localização de produtos em um estabelecimento comercial e possibilita o pagamento automatizado das compras. A Figura 14 ilustra a arquitetura do *iGrocer*.

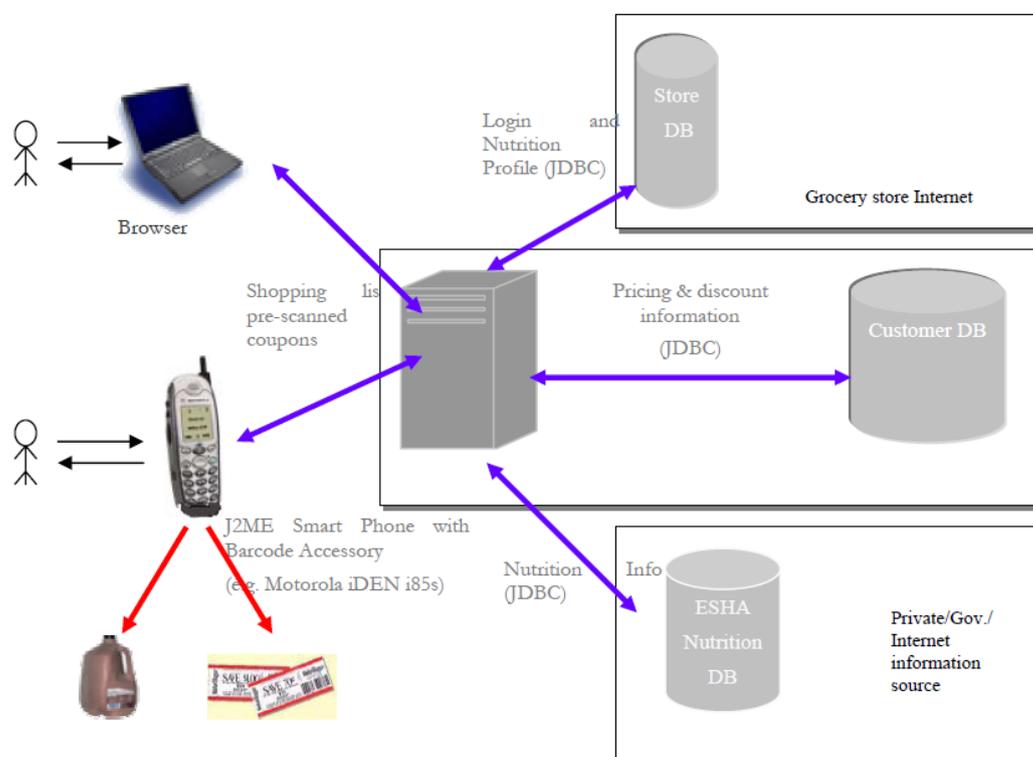


Figura 14 – Arquitetura do *iGrocer* (SHEKAR; NAIR; HELAL, 2006).

Um usuário que deseje utilizar o *iGrocer* faz inicialmente um cadastro de seu perfil no sistema. O cadastro pode ser feito a partir de uma aplicação instalada no *smartphone* do usuário ou através da página *web* do *iGrocer*. Durante a definição do perfil, o usuário pode informar seus dados pessoais, as categorias de produtos a que tem interesse, seu perfil nutricional (com restrições alimentares e preferências) e informações de seu cartão de crédito. Essas informações são transmitidas para o servidor do *iGrocer* por meio de uma rede de telefonia celular.

Após se cadastrar, o usuário pode definir uma lista de compras. Essa lista pode ser elaborada a partir da seleção de produtos pré-cadastrados, através de um histórico de compras do usuário ou a partir da leitura dos códigos de barra dos produtos. Durante a elaboração da lista, o *iGrocer* verifica se os produtos adicionados são compatíveis com o perfil nutricional do usuário e, caso algum produto não seja, o usuário é informado. As informações nutricionais dos produtos são obtidas a partir de um banco de dados (*ESHA Nutrition Database*) com mais de 40.000 produtos cadastrados.

Além da elaboração da lista de compras, o *iGrocer* possibilita a adição de cupons de desconto que podem ser utilizados durante um pagamento em um estabelecimento comercial. Os cupons são lidos pelo leitor de código de barras do *smartphone* e enviados para o servidor do *iGrocer*.

Após definir sua lista de compras, um usuário pode fazer o *download* do mapa do estabelecimento no qual fará suas compras. A partir desse mapa, o *iGrocer* traça o menor caminho a ser percorrido para a obtenção dos produtos desejados. Além disso, são exibidas no mapa as localizações de cada produto da lista de compras.

Durante o pagamento das compras, o *iGrocer* permite que o usuário utilize as informações de seu cartão de crédito armazenadas em seu perfil para fazer o pagamento automático. Nesse momento, são verificados também os cupons de desconto que podem ser utilizados na compra, a fim de reduzir o valor total a ser pago.

O *iGrocer* apresenta uma proposta bastante válida para a área de comércio ubíquo, considerando aspectos de segurança na comunicação e utilizando recursos computacionais bastante comuns atualmente. Contudo, o uso da rede de telefonia celular para o envio de dados acarreta custos para os usuários, o que pode dificultar a sua adesão.

3.4.4 – P-Mall

A *P-Mall* (LIN; YU; SHIH, 2005) consiste em uma arquitetura ciente de contexto projetada para a área de comércio pervasivo (uma fusão de comércio eletrônico com computação pervasiva).

A *P-Mall* visa a facilitar as tarefas de compra de produtos em um *shopping*, fornecendo aos consumidores informações úteis que auxiliem nas decisões de compra. Para isso, é proposto o uso de diversos sensores localizados no *shopping*. Além disso, é

proposta a criação de um PAM (*Personal Activity Manager*), o qual deve ser instalado nos dispositivos móveis dos consumidores. A Figura 15 ilustra a arquitetura da *P-Mall*.

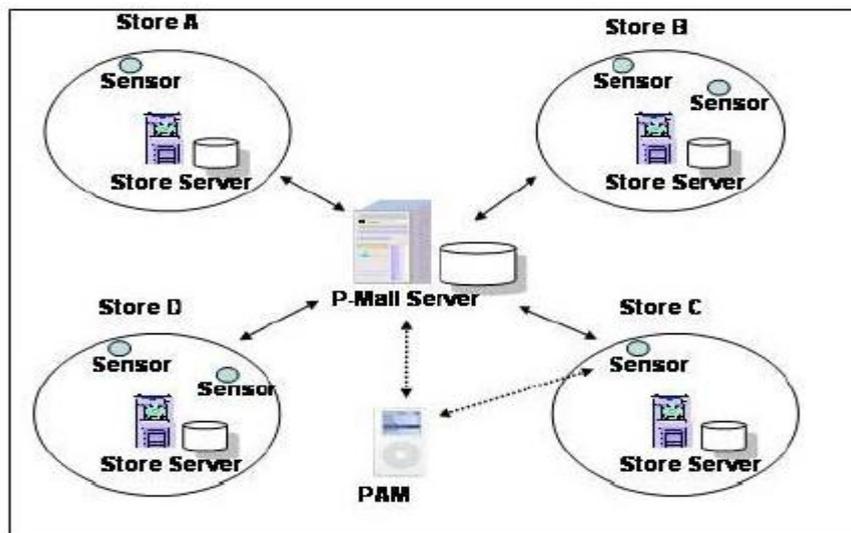


Figura 15 – A arquitetura da *P-Mall* (LIN; YU; SHIH, 2005).

Quando um consumidor adentra um *shopping* portando seu dispositivo móvel com leitor de RFID (*Radio-Frequency Identification*) e com o PAM instalado, este é automaticamente reconhecido por um sensor que informa ao servidor da *P-Mall* a presença de uma pessoa. O servidor contém em seu banco de dados informações sobre clientes e sobre todos os produtos das lojas do *shopping*, bem como as promoções atuais. Os dados dos produtos e promoções são fornecidos pelos servidores das lojas, que frequentemente fazem sincronização com o servidor da *P-Mall*.

Após ser informado sobre a presença de um consumidor, o servidor da *P-Mall* se comunica com o PAM e verifica se a pessoa é cliente do *shopping*. Caso seja, o servidor envia ao PAM informações sobre os produtos atualmente à venda e promoções especiais para clientes. Em seguida, o PAM consulta o perfil do usuário para verificar suas necessidades e preferências. Então, trabalhando em conjunto com o servidor da *P-Mall*, o PAM sugere ao consumidor que visite uma determinada loja.

Dentro da loja, a qual está equipada com vários sensores e possui todos os produtos com etiquetas RFID, o consumidor começa a avaliar possíveis itens de compra. Se o consumidor ficar próximo a um item por mais de 30 segundos, o PAM infere que o produto despertou interesse e, com base na leitura da etiqueta RFID, busca na Internet informações adicionais sobre o produto, bem como produtos similares que poderiam substituí-lo. A partir dessas informações, o consumidor pode finalmente

decidir se opta pela compra do produto. Caso decida pela compra, o consumidor informa seu desejo ao PAM e este automaticamente faz o pagamento a partir de uma conta eletrônica.

Apesar das funcionalidades dessa arquitetura serem relevantes, sua proposta não trata dos aspectos de segurança e de adaptação de conteúdo envolvidos no processo de compra de produtos. Considerando que as compras podem ser feitas diretamente pelo dispositivo móvel dos usuários, é necessário definir um mecanismo de autenticação e fornecer um canal de comunicação seguro para as transações. Além disso, considerando a heterogeneidade dos dispositivos móveis, a apresentação do conteúdo relacionado aos produtos requer a utilização de mecanismos de adaptação de conteúdo.

3.4.5 – Coca-Cola Vending Machine

Muitos dos projetos destinados a fornecer serviços a dispositivos móveis estão voltados para a área de *mobile marketing*, como é o caso da *Coca-Cola Vending Machine* descrita em (TRIPOLI, 2009). A *Coca-Cola Vending Machine* consiste em um sistema interativo de distribuição de conteúdo multimídia montado sobre uma máquina de venda de refrigerantes da empresa Coca-Cola. A partir dela, os usuários podem interagir com uma tela de toque e visualizar conteúdos publicitários. Além disso, a *Vending Machine* transmite via *Bluetooth* ringtones e vídeos promocionais da empresa Coca-Cola.

Mesmo com os bons resultados obtidos na área de *mobile marketing* (a empresa Coca-Cola recebeu o prêmio leão de ouro em Cannes por sua máquina), nota-se que o tipo de difusão de conteúdo utilizado normalmente não explora todas as capacidades de transmissão possíveis, tais como a comunicação oportunística, que possibilita inclusive uma abordagem de *marketing* viral. A Figura 16 apresenta fotos da *Coca-Cola Vending Machine*.



Figura 16 – Fotos da *Coca-Cola Vending Machine* (TRIPOLI, 2009).

3.4.6 – OOKL

Outra área que pode se beneficiar de serviços que provêm conteúdos multimídia é a de educação. Projetos como o OOKL (OOKL, 2009) têm enfoque na área de *mobile learning* e permitem que alunos utilizem dispositivos móveis para acessarem e produzirem conteúdos multimídia (fotos, vídeos e gravações de áudio) relacionados a temas de aprendizado. Esses conteúdos podem então serem transmitidos pela Internet e compartilhados em um site do projeto.

O OOKL vem sendo utilizado por escolas de ensino fundamental e médio no Reino Unido durante aulas e visitas a museus. Os estudantes são encorajados a fazerem pesquisas, registros e comentários sobre determinados assuntos, utilizando para isso dispositivos móveis e seus recursos (câmera, gravador de áudio, etc.).

Apesar da eficácia desse sistema (SALAMAN, 2008), a necessidade de uso de redes 3G para a comunicação e os custos de manutenção envolvidos (*softwares* e equipamentos, assinatura do serviço, etc.) são fatores limitantes de sua utilização. Além disso, o OOKL ainda não leva em consideração aspectos de adaptação de conteúdo, uma vez que foi concebido inicialmente para ser utilizado em dispositivos móveis específicos.

Capítulo 4

IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

Este capítulo apresenta uma implementação de referência da plataforma BlueYou e também resultados de análises das interações de dispositivos móveis com a plataforma.

Buscando avaliar a plataforma proposta, foi desenvolvida uma implementação de referência utilizando as plataformas Java (JME – *Java Micro Edition*, JSE – *Java Standard Edition* e JEE – *Java Enterprise Edition*). A escolha da linguagem Java está relacionada com a portabilidade que ela provê, uma vez que é possível executar uma mesma aplicação Java em sistemas operacionais e plataformas distintos, sem que para isso seja necessário realizar modificações na aplicação.

A atividade de implementação da plataforma foi feita a partir de um processo de prototipagem evolutiva, na qual para cada iteração um incremento de trabalho (uma funcionalidade da plataforma) foi produzido. A validação e a implantação dos incrementos foram feitas ao final de cada iteração.

A implementação atual, implantada no departamento de computação da UFSCar, implementa no MAS da plataforma um conjunto de *web services restful* desenvolvidos com recursos da plataforma JEE, em especial a API JAX-RS (*Java API for RESTful Web Services*) (MICROSYSTEMS, 2009). Tais *web services* são utilizados para encaminhar para os pontos de acesso *Bluetooth* os serviços definidos na BlueYou e também para gerenciar os perfis dos usuários na base de dados da BlueYou.

O MAS é executado em um servidor *Debian* com dois processadores *Opteron* de 1.8 Ghz e 2 GB de memória RAM. A fim de evitar o acesso não autorizado aos serviços fornecidos por ele, toda requisição feita é precedida por um processo de autenticação do lado solicitante.

Buscando prover um mecanismo padrão de acesso aos serviços, definiu-se uma URL de acesso única para todos os serviços acessados via OBEX e outra para os serviços acessados via RFCOMM ou HTTP (no caso de Wi-Fi). Tais URLs obedecem aos formatos mostrados na Figura 17.

URL para acesso a serviços providos via OBEX:

<https://www.blueyou.com.br/BlueYouServices/services/obex/{bluetoothAddress}>

URL para acesso a serviços providos via RFCOMM ou HTTP:

<https://www.blueyou.com.br/BlueYouServices/services/rfcomm>

Figura 17 – Formatos das URLs de requisição de serviços na plataforma BlueYou.

O acesso aos serviços fornecidos via OBEX é feito por meio de requisições GET do protocolo HTTP. Nessas requisições, o endereço *Bluetooth* do dispositivo a ser atendido é passado como parâmetro, a fim de que o MAS verifique quais serviços devem ser fornecidos a ele. Após o MAS reunir todos os conteúdos a serem transmitidos, este os encapsula em um documento JSON que segue o seguinte formato:

```
{ "stringConexao": "",
  "conteudos": [
    { "identificadorObjeto": "",
      "MIMEType": "",
      "nomeObjeto": "",
      "dados": ""
    }
  ]
}
```

O documento JSON retornado consiste em um objeto JSON que contém dois parâmetros. O primeiro parâmetro corresponde à *string* de conexão *Bluetooth* a ser utilizada na transmissão via OBEX. Esse parâmetro é necessário uma vez que o ponto de acesso desconhece a *string* de conexão a ser utilizada. O segundo parâmetro corresponde a um *array* de objetos JSON, onde cada objeto contém como campos o identificador do conteúdo transmitido (*identificadorObjeto*), o *mime type* dele (*MIMEType*), o nome do conteúdo (*nomeObjeto*) e o conteúdo em si (*dados*).

Os bytes do conteúdo transmitido são codificados no formato *base 64* e representados na forma de uma *string* que posteriormente é reconvertida para bytes pelo ponto de acesso *Bluetooth* antes da transmissão para o dispositivo móvel.

O acesso aos serviços da plataforma BlueYou providos via RFCOMM ou HTTP é feito por meio de requisições POST do protocolo HTTP. Nessas requisições, a URL acessada é estática e os parâmetros a serem passados para o serviço são fornecidos a partir de um documento JSON encapsulado no corpo da requisição. O formato desse documento é apresentado a seguir.

```
{ "emissor":"","  
  "receptor":"","  
  "idServico":"","  
  "camposAdicionais":[ {...}]  
}
```

O documento JSON utilizado na requisição possui como parâmetros o emissor (um identificador de quem gerou o documento), o receptor (um identificador do destinatário), o identificador do serviço a ser acessado e um *array* de objetos JSON com campos adicionais que podem ser utilizados em serviços específicos. O conteúdo dos campos adicionais é determinado com base no serviço para o qual o documento JSON é destinado, de modo que cada serviço no MAS sabe exatamente como interpretá-lo.

O conteúdo de cada serviço fornecido pelo MAS é encapsulado em um documento JSON de resposta com o mesmo formato do documento JSON de requisição. Esse documento é transmitido integralmente para o dispositivo móvel de destino, o qual o interpreta com base no tipo de serviço sendo acessado. O dispositivo móvel também é responsável por reconverter para bytes os bytes do conteúdo, uma vez que estes são transmitidos pelo MAS em forma de uma *string* na base 64.

O cadastro dos perfis dos usuários e a definição dos serviços que eles desejam receber são feitos por meio de uma página web desenvolvida em JSF (*JavaServer Faces*). Essa página pode ser acessada pelo endereço www.blueyou.com.br e está hospedada no mesmo servidor do MAS. Durante o cadastro de um usuário, são solicitados alguns dados pessoais, a marca e o modelo do dispositivo móvel do usuário, um *login* e uma senha para acesso à página e o código BlueYou recebido pelo usuário na forma de um arquivo transferido ao seu dispositivo móvel quando este foi detectado pela primeira vez por um ponto de acesso *Bluetooth* da plataforma. A senha do usuário é mantida no banco de dados da BlueYou criptografada com o algoritmo MD5.

O tráfego na página ocorre de forma segura, utilizando o protocolo TLS. As Figuras 18 e 19 ilustram, respectivamente, a página da BlueYou e um exemplo do código de cadastro BlueYou recebido por um dispositivo na forma de um arquivo de imagem.



Figura 18 – Página da BlueYou.



Figura 19 – Um exemplo do código BlueYou.

Para as avaliações de funcionalidade e testes, os pontos de acesso *Bluetooth* da BlueYou foram implantados em dois computadores *desktop* localizados no térreo e no primeiro andar do departamento de computação. Estes computadores, um *Athlon XP* de 1.8 GHz com 512 MB de RAM e um *Core 2 Duo* de 2.66 GHz com 2 GB de RAM, executam em um sistema operacional *Ubuntu* duas aplicações escritas para a plataforma JSE.

A primeira aplicação fornece acesso aos serviços dos usuários via OBEX, o que não requer o uso de aplicativos adicionais instalados nos dispositivos que interagem com a plataforma. A outra aplicação recebe dados que são transmitidos via RFCOMM quando uma aplicação desenvolvida em JME (chamada *BlueYou Mobile*) é utilizada nos dispositivos dos usuários. Esse segundo caso é típico para aplicações que envolvem a transmissão de dados de um dispositivo para a plataforma. Para serviços de comunicação em que os dispositivos apenas recebem dados, a instalação da aplicação para RFCOMM não é necessária.

Ambas as aplicações citadas utilizam uma API de comunicação genérica

desenvolvida para suportar diversos protocolos e prover interfaces únicas para o envio e o recebimento de dados. Esta API, denominada BY API, suporta atualmente os protocolos OBEX e RFCOMM e provê dois métodos principais (*send()* e *receive()*), que realizam a comunicação. A comunicação por *Bluetooth* na API é feita com o auxílio da API *BlueCove* (SKARZHEVSKYY, 2007). A Figura 20 ilustra o diagrama de classes da BY API.

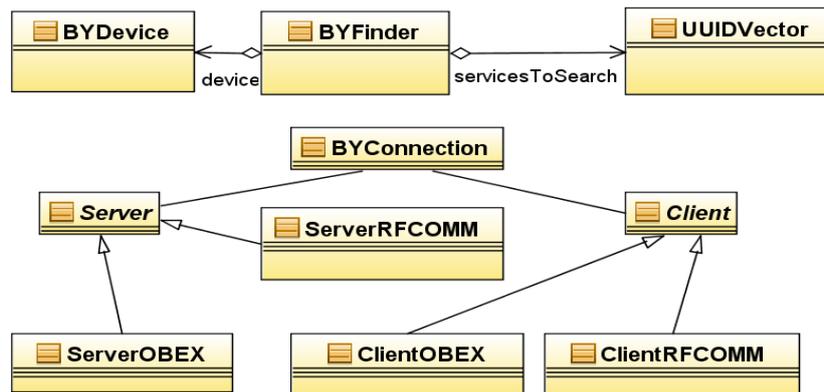


Figura 20 – Diagrama de classes da BY API.

A classe *BYFinder* da BY API é utilizada para realizar a busca por dispositivos e serviços *Bluetooth*. Ela realiza *Inquiries* por meio de um objeto da classe *BYDevice* e é capaz de retornar uma lista contendo os dispositivos encontrados. Além disso, é possível verificar para cada dispositivo se determinados serviços *Bluetooth* estão ativos, tais como o *Object Push*. A especificação dos serviços a serem buscados é feita através de um objeto da classe *UUIDVector*.

O estabelecimento de uma conexão (OBEX ou RFCOMM) é feito pela classe *BYConnection* que, após a conexão, pode retornar um objeto da classe *Server* ou *Client*, dependendo do “lado” da conexão em que ela for utilizada. Tanto *Server* como *Client* contêm métodos abstratos *send()* e *receive()* que são implementados em suas subclasses. Tal abordagem possibilita o uso de polimorfismo, o que pode simplificar a utilização da API.

A aplicação que provê serviços no ponto de acesso *Bluetooth* realiza *inquiries* periódicos (com intervalos de 500 milisegundos entre cada um) em busca de dispositivos móveis com o rádio *Bluetooth* ativado. Ao encontrar um ou mais dispositivos, a aplicação solicita ao MAS informações sobre os dispositivos e seus proprietários, a fim de verificar se eles já estão cadastrados e se há serviços a serem

providos para eles.

Caso algum dispositivo encontrado não esteja cadastrado, a aplicação realiza uma busca pelos serviços *Bluetooth* do dispositivo e obtém as *strings* de conexão para eles. Em seguida, a aplicação transmite todos os dados obtidos (MAC *Bluetooth* do dispositivo, nome amigável e serviços *Bluetooth* suportados) para o MAS, o qual os armazena de maneira persistente em um banco de dados MySQL utilizando o *framework* de persistência *EclipseLink* (FOUNDATION, 2010). Toda a comunicação entre os pontos de acesso e o MAS ocorre por meio de *web services* que são acessados a partir de um canal de comunicação seguro estabelecido através do protocolo TLS.

Após o cadastro do dispositivo, o MAS gera e transmite para o ponto de acesso o código BlueYou que deve ser enviado para o dispositivo. Em seguida, o ponto de acesso encaminha por OBEX o código, o qual é recebido pelo usuário em seu dispositivo após a aceitação da transmissão. De posse do código, o usuário pode acessar a página da BlueYou para efetuar o seu cadastro e selecionar os serviços que deseja utilizar.

A plataforma mantém informações sobre os tempos de contato de dispositivos móveis com os pontos de acesso. Assim, sempre que um dispositivo com *Bluetooth* ativado deixa a área de cobertura de um ponto de acesso, seus dados de localização (data e hora de localização e data e hora em que o dispositivo não foi mais localizado) são transmitidos para o MAS. Tais dados são utilizados para análises de frequência de contatos, contribuindo para a determinação de estratégias de comunicação adotadas na plataforma.

Caso um dispositivo recém-encontrado numa operação de *inquiry* pertença a um usuário cadastrado, a aplicação no ponto de acesso solicita ao MAS os serviços que devem ser providos a ele naquele momento. O MAS então verifica o perfil do usuário em busca de seus serviços e em seguida reúne os conteúdos a serem encaminhados para o dispositivo. Adaptações de conteúdo com base no perfil do dispositivo são realizadas em seguida, utilizando o perfil UAProf do dispositivo, o qual está armazenado em um repositório com aproximadamente 1000 perfis.

O perfil a ser utilizado para a adaptação de conteúdo é determinado a partir dos dados do modelo e da marca do dispositivo que são fornecidos pelo usuário durante seu cadastro na página *web* da BlueYou. Atualmente apenas a adaptação de imagens com base na resolução da tela do dispositivo é realizada na plataforma, mas novos tipos de adaptação são alvo de próximas versões da implementação. O processo de adaptação baseia-se no redimensionamento das imagens de modo que as elas sejam proporcionais

à resolução da tela do dispositivo móvel de destino.

Uma vez tendo realizado as adaptações necessárias, o MAS encaminha os conteúdos para o ponto de acesso *Bluetooth* que está em contato com o dispositivo móvel de destino. De posse desses conteúdos, o ponto de acesso faz o envio dos dados ao dispositivo por meio do protocolo OBEX.

Como é possível perceber, os pontos de acesso não têm conhecimento das informações sobre os dispositivos e os usuários que ele detecta, e nem dos serviços de comunicação que eles devem fornecer aos usuários. Eles funcionam basicamente como uma ponte entre os dispositivos móveis e o MAS, de modo que toda a lógica da plataforma está definida no MAS. Essa estratégia foi adotada pensando na ampliação do número de pontos de acesso, de forma que a manutenção das aplicações não tornasse necessário modificar os pontos de acesso existentes.

4.1 – Serviços da plataforma

Entre os serviços existentes na implementação atual da plataforma, pode-se citar: cardápio do restaurante universitário da UFSCar, previsão do tempo em São Carlos, serviço de mensagens e serviço de localização de usuários com base nos dados de localização registrados pelos pontos de acesso. Dos serviços citados, os dois primeiros obtêm as informações a serem transmitidas a partir de *mashups* com os sites da UFSCar (na página do restaurante universitário) e do Clima Tempo (na página da previsão do tempo para São Carlos). Essas informações são então convertidas em imagens que são transmitidas aos dispositivos utilizando o perfil *Object Push*. A Figura 21 ilustra os arquivos associados a esses serviços que são transmitidos para os dispositivos.



Figura 21 – Os serviços de previsão do tempo e do cardápio do restaurante universitário.

O serviço de mensagens permite aos usuários da BlueYou enviarem mensagens de texto entre si. O envio é feito a partir da aplicação *BlueYou Mobile*, a qual apresenta uma versão desenvolvida para a plataforma JME e outra para a plataforma Android. A versão para a plataforma JME se comunica com os pontos de acesso *Bluetooth* e faz as transmissões utilizando o protocolo RFCOMM. Já a versão para a plataforma Android se comunica diretamente com o MAS da BlueYou via *web services*, utilizando o protocolo HTTP em um *link* de comunicação sem fio Wi-Fi ou 3G. A Figura 22 ilustra a *BlueYou Mobile* em suas versões JME e Android, bem como uma mensagem recebida por um destinatário.

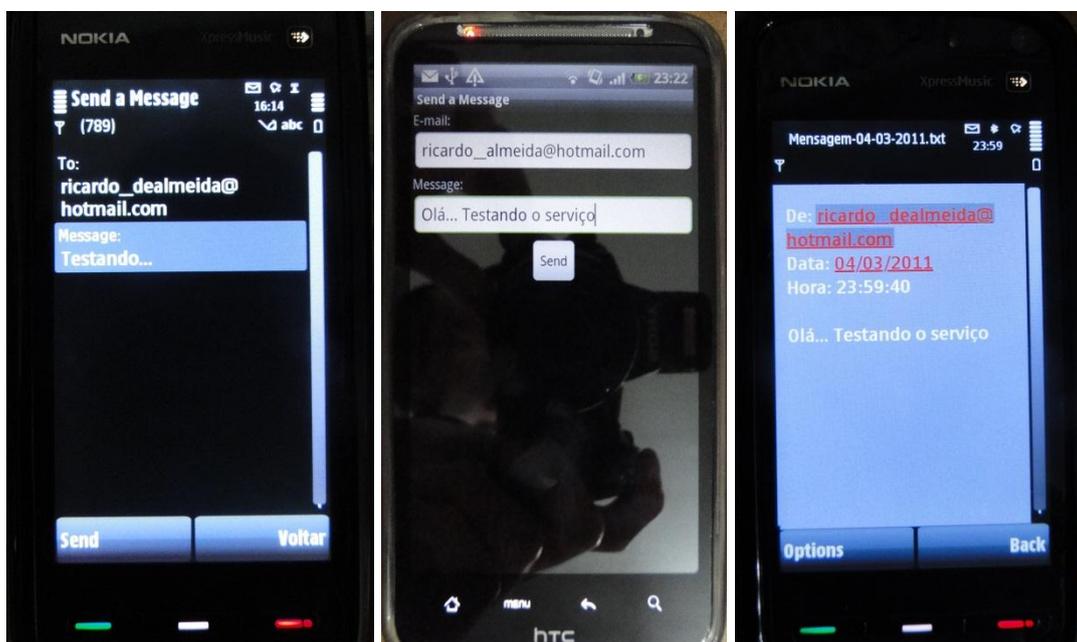


Figura 22 – A aplicação *BlueYou Mobile* e o serviço de mensagens.

O último exemplo de serviço provido atualmente pela implementação da BlueYou é o serviço de localização de usuários. Este serviço permite que um usuário seja localizado por outros, mediante autorização prévia do mesmo na página da BlueYou. A localização é feita com base em consultas aos dados de localização de usuários, coletados pelos pontos de acesso *Bluetooth* e registrados pela BlueYou em seu banco de dados.

O acesso às informações de localização é feito a partir da *BlueYou Mobile*. Nela, um usuário pode informar o e-mail da pessoa a ser buscada e, após uma comunicação com a infraestrutura da BlueYou, receber as informações buscadas, além de um mapa do local onde o usuário foi encontrado mais recentemente. Os mapas dos locais são obtidos

a partir de um *mashup* com o serviço de mapas da empresa Google.

A Figura 23 ilustra as telas do serviço de localização nas versões JME e Android da BlueYou *Mobile*.

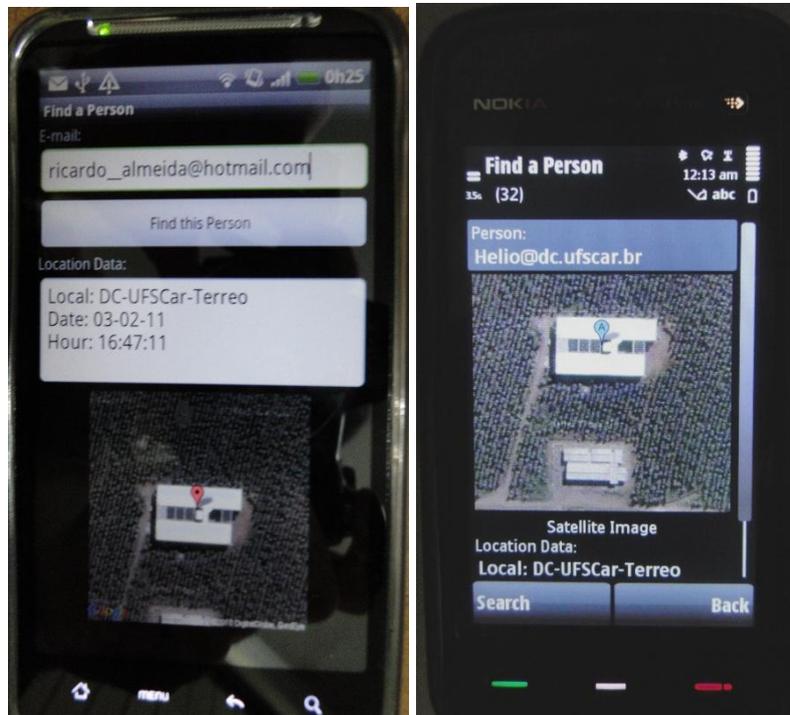


Figura 23 – A aplicação BlueYou *Mobile* e o serviço de localização de usuários.

4.2 – Outras formas de interação com os usuários

Buscando fornecer novas formas de interação da BlueYou com seus usuários, foi desenvolvida uma aplicação JSE que executa no ponto de acesso localizado no térreo do departamento de computação da UFSCar. Esta aplicação, denominada *User Monitor* e ilustrada nas Figuras 24 e 25, é exibida em um monitor LCD afixado na parede de um corredor de acesso dos usuários do prédio. A aplicação associada ao monitor exibe notícias do Brasil e do mundo, bem como informações meteorológicas da cidade de São Carlos.

As notícias exibidas provêm de um *mashup* com os serviços de RSS (*Really Simple Syndication*) do site www.g1.com.br. Já as informações meteorológicas provêm de um *mashup* com o serviço de meteorologia do portal www.uol.com.br. Todas as informações exibidas na tela são fornecidas pelo MAS da BlueYou via *web services*. O MAS fica responsável pelos *mashups* com os sites de informação.

Além dos serviços citados acima, a aplicação também exibe no monitor fotos

postadas pelos usuários no site da BlueYou. Para cada foto, é exibido um comentário definido pelo usuário que a postou, bem como o nome dele.

Por fim, quando um usuário passa próximo ao ponto de acesso portando seu dispositivo móvel com o rádio *Bluetooth* ligado, a tela de interação com os usuários se modifica exibindo a foto e o nome cadastrados pelo usuário no site da BlueYou, bem como uma saudação. Se mais de um usuário for localizado pelo ponto de acesso, a tela se adapta para exibir as informações de todos.



The screenshot displays the main interface of the BlueYou website. At the top, there are two QR codes flanking the 'blueYou' logo and the URL 'www.blueyou.com.br'. Below the logo, the page is divided into three main sections:

- Notícias do Brasil:** A list of ten news items, including 'Dilma passa por exames de rotina no Sírio e tira cateter', 'Serra rebate críticas à entrega de obras inacabadas em SP', and 'Aécio defende FHC e atribui avanços do governo Lula ao tucano'.
- Notícias do Mundo:** A list of ten international news items, including 'Helicópteros brasileiros chegam para resgatar reféns na Colômbia', 'Otan quer escudo antimísseis que proteja EUA e Rússia', and 'Liga Árabe procura alternativas para o processo de paz'.
- Tempo em São Carlos:** A weather summary box showing 'Temperatura: 25°C', 'Sensação Térmica: 25°C', 'Umidade do ar: 72%', and 'Precipitação: 0 mm'.

Below these sections is a 'Galeria do DC' (Department of Computing Gallery) featuring a photograph of a long, brightly lit hallway with multiple doors on both sides. A red fire alarm pull station is visible in the foreground on the left. The caption below the photo reads: 'Departamento de Computação da UFSCar - Postado por: Ricardo'.

Figura 24 – Tela principal da *User Monitor*.



Figura 25 – Tela da *User Monitor* modificada para exibir os dados de um usuário.

4.3 – Modelo Entidade/Relacionamento da BlueYou

As informações armazenadas na BlueYou estão organizadas em um banco de dados MySQL que segue o modelo Entidade/Relacionamento apresentado na Figura 26.

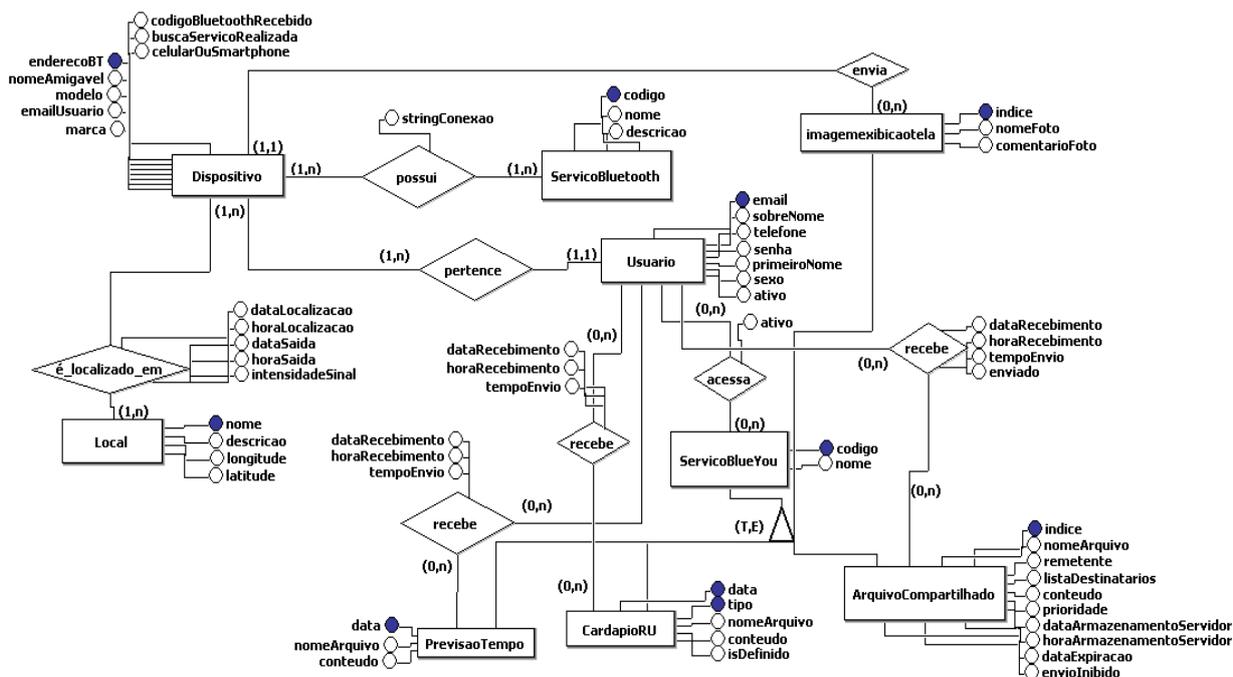


Figura 26 - Modelo Entidade/Relacionamento do banco de dados da BlueYou.

Os dados dos dispositivos localizados pelos pontos de acesso *Bluetooth* são armazenados na tabela “Dispositivo”. Esses dados compreendem o endereço MAC da interface *Bluetooth* do dispositivo, o nome amigável dado a ela e o modelo e a marca do dispositivo. Além disso, *flags* de controle permitem verificar se o proprietário do dispositivo já recebeu o código BlueYou, se a busca dos serviços *Bluetooth* do dispositivo já foi realizada e se o dispositivo é um celular mais simples ou um *smartphone*.

Os serviços *Bluetooth* disponíveis nos dispositivos dos usuários são armazenados na tabela “ServicoBluetooth”. Esses dados evitam a busca de serviços (em especial o *Object Push*) sempre que algum conteúdo precisar ser enviado para um dispositivo.

Os dados dos perfis dos usuários são armazenados na tabela “Usuario”. Esta tabela relaciona-se com a tabela “ServicosBlueYou”, indicando a quais serviços o usuário deseja ter acesso. Os serviços fornecidos pela BlueYou possuem tabelas que armazenam informações de controle. Tais informações permitem identificar se o serviço deve ou não ser fornecido ao usuário em um dado momento. Por exemplo: se o usuário já recebeu a previsão do tempo em um dado dia, ele deverá recebê-la novamente apenas no dia seguinte.

São mantidas na tabela “Local” do banco de dados informações sobre as localizações dos pontos de acesso *Bluetooth* da plataforma. Essas informações englobam coordenadas geográficas que são utilizadas para *mashups* com o serviço de mapas da empresa Google.

O modelo mostrado na Figura 26 também apresenta uma tabela para o gerenciamento das fotos postadas pelos usuários no site da BlueYou. Essa tabela, chamada “ImagemExibicaoTela”, armazena os nomes identificadores das fotos e comentários feitos sobre elas pelos usuários que as postaram. Os nomes identificadores permitem a seleção das fotos no diretório de fotos do MAS da BlueYou. Já os comentários são utilizados durante a exibição das fotos na aplicação *User Monitor*.

4.4 – Integração com a arquitetura Olympia

A integração da plataforma BlueYou com a arquitetura Olympia foi realizada mediante algumas adaptações na implementação de referência da arquitetura, a qual foi desenvolvida para a plataforma JME. Tais adaptações atualmente permitem que a

implementação execute em *background* nos dispositivos móveis, funcionando como um serviço global para aplicações JME que desejem se comunicar utilizando a arquitetura.

Os documentos descritores dos *bundles* também foram modificados para utilizarem o formato JSON ao invés da linguagem XML, reduzindo assim o volume de dados transmitidos e tornando-se compatível com os documentos transmitidos pela plataforma BlueYou.

Foram também adicionados mecanismos de autenticação dos nós comunicantes e de encriptação dos *bundles*, a fim de prover segurança e privacidade na comunicação. O processo de autenticação ocorre através da troca de certificados e utilizando um mecanismo de desafio/resposta. A encriptação dos *bundles* é feita utilizando envelopes digitais descritos com a sintaxe CMS e codificados na codificação DER.

As Figuras 27 e 28 ilustram, respectivamente, a transmissão de *bundles* entre nós da arquitetura Olympia e um *bundle* com conteúdo de texto recebido em um dispositivo.

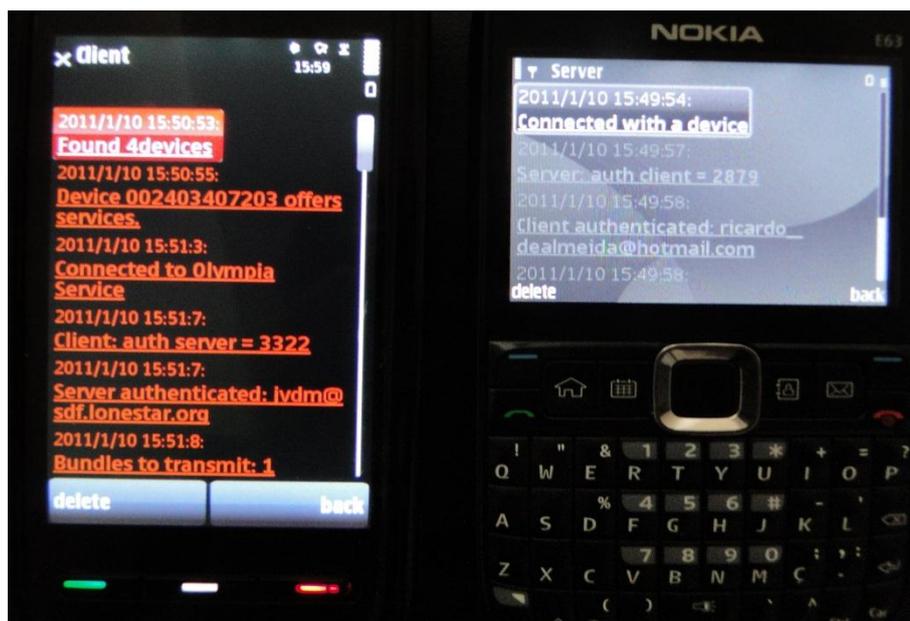


Figura 27 – A transmissão de *bundles* entre nós da arquitetura.

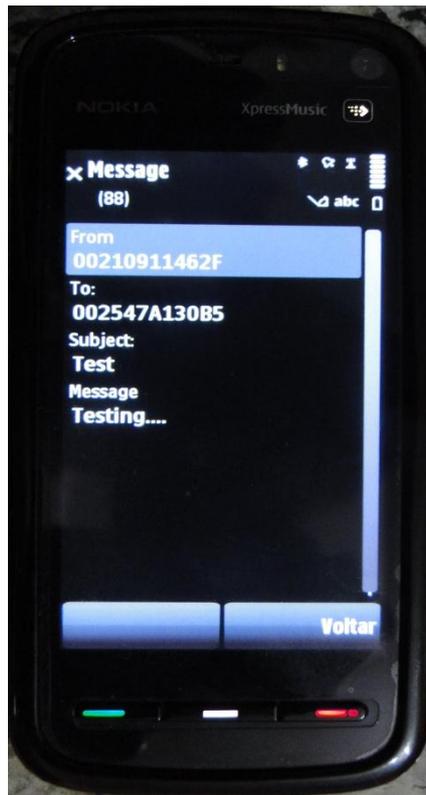


Figura 28 – Um *bundle* recebido por um dispositivo.

A comunicação da arquitetura com a plataforma BlueYou ocorre da seguinte forma:

- Se um dispositivo móvel, que possui *bundles* para encaminhar, detectar um ponto de acesso *Bluetooth* da plataforma, é estabelecida uma conexão por RFCOMM entre os dois;
- Com a conexão estabelecida, inicia-se o processo de autenticação dos nós, no qual é feita a troca de certificados;
- Após a autenticação, o dispositivo móvel transmite os *bundles* disponíveis para o ponto de acesso, o qual os retransmite para o MAS;
- O MAS armazena os *bundles* em um serviço de compartilhamento de conteúdo implementado na plataforma;
- Quando o destinatário de um *bundle* é detectado por um ponto de acesso *Bluetooth*, o MAS despacha o *bundle* para que ele seja entregue via RFCOMM para a implementação da arquitetura Olympia que executa em *background* no dispositivo;
- Após receber o *bundle*, o ponto de acesso busca pelo serviço *Bluetooth* associado à arquitetura Olympia em execução no dispositivo móvel;
- Ao encontrar o serviço, o ponto de acesso obtém a *string* de conexão a ser utilizada na comunicação e estabelece uma conexão RFCOMM com o dispositivo

móvel;

- Novamente é realizado um processo de autenticação com troca de certificados entre os nós comunicantes;

- Em seguida, o *bundle* é transmitido para o dispositivo, o qual o decodifica e armazena em sua memória para uso futuro.

4.5 – Testes de Transmissão e Desempenho

Buscando validar a implementação desenvolvida e analisar mais detalhadamente a viabilidade da plataforma, foi realizado um estudo dos contatos de um ponto de acesso da plataforma com dispositivos móveis e também um estudo dos tempos de transmissão de conteúdos para esses dispositivos. Os dados utilizados para a análise compreenderam o período entre março de 2010 e novembro de 2010.

Inicialmente, buscou-se analisar os tipos de dispositivos que entravam em contato com os pontos de acesso *Bluetooth* da plataforma. Para isso, foram utilizados os registros da tabela “Dispositivo” do banco de dados da BlueYou, a qual armazena informações como o endereço MAC *Bluetooth* do dispositivo, o seu tipo (celular ou *smartphone*) e a sua marca. Os resultados dessas análises são exibidos nas figuras 29 e 30.

Número de celulares e smartphones

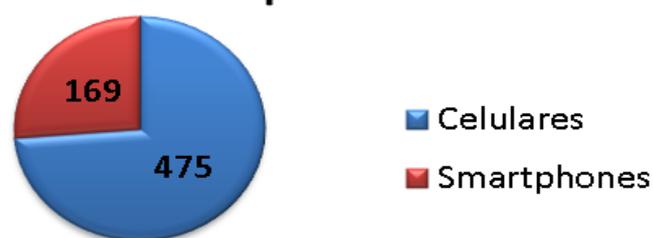


Figura 29 – Número de celulares e *smartphones* detectados pela plataforma BlueYou.

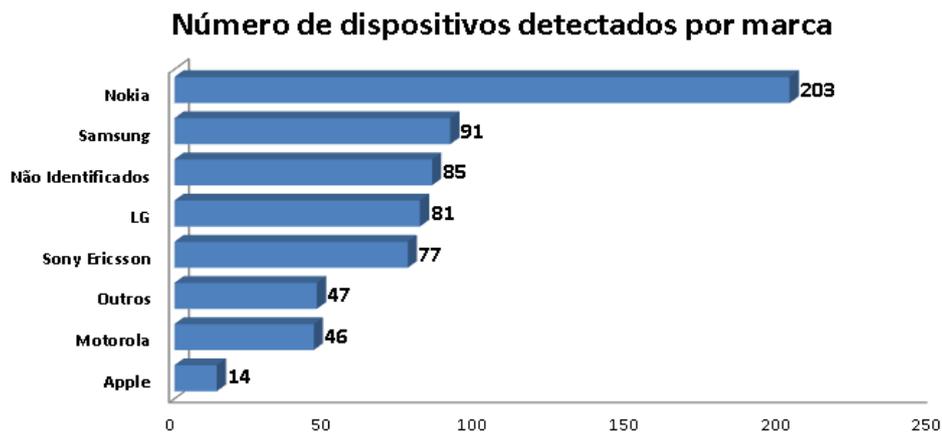


Figura 30 – Número de dispositivos detectados segundo a marca.

O tipo de cada dispositivo foi determinado com base nos códigos *Major Number* e *Minor Number* que são transmitidos pelo dispositivo quando ele é detectado em uma operação de *Inquiry* realizada por um ponto de acesso *Bluetooth*. Já a marca do dispositivo móvel, além de poder ser informada na página da BlueYou pelo usuário, pode ser obtida a partir de uma comparação do prefixo (6 primeiros dígitos hexadecimais) do endereço MAC *Bluetooth* do dispositivo com as informações providas em (IEEE, 2011), onde são listadas as marcas associadas aos prefixos.

Os resultados apresentados na Figura 29 mostram que, dos 644 dispositivos detectados durante o estudo, 475 eram celulares e 169 eram *smartphones*. Tais resultados permitem concluir que, até então, há uma maior predominância de celulares entre os dispositivos em uso, fato que deve ser considerado durante a definição de estratégias de acesso a serviços, pois esses dispositivos possuem menor poder de processamento do que os *smartphones* e normalmente não possuem interface sem fio Wi-Fi. Justifica-se assim a necessidade de fornecer serviços por tecnologias como a *Bluetooth*, amplamente disseminada entre os dispositivos atuais.

Realizando uma segmentação por marca, é possível observar na Figura 30 que, dos 644 dispositivos detectados, 77% deles estão distribuídos entre as marcas Nokia, Samsung, LG, Sony Ericsson e Motorola, sendo a marca Nokia a mais predominante. Considerando que a maioria dos dispositivos dessas marcas suportam aplicações desenvolvidas para a plataforma JME ou Android, pode-se notar que as versões da BlueYou *Mobile* que foram desenvolvidas neste trabalho atendem à maioria dos possíveis usuários da BlueYou.

Outro estudo realizado com a plataforma consistiu na análise da frequência e dos tempos de contato dos pontos de acesso com dispositivos móveis. Esse estudo teve

como objetivo verificar os principais períodos de contato ao longo do dia e da semana, bem como a frequência dos contatos e o tempo de duração deles. Para essa análise, foram utilizados mais de 46000 registros de localização da tabela “DadosLocalização” do banco de dados da BlueYou. Os resultados do estudo são apresentados nas figuras 31, 32, 33 e 34.

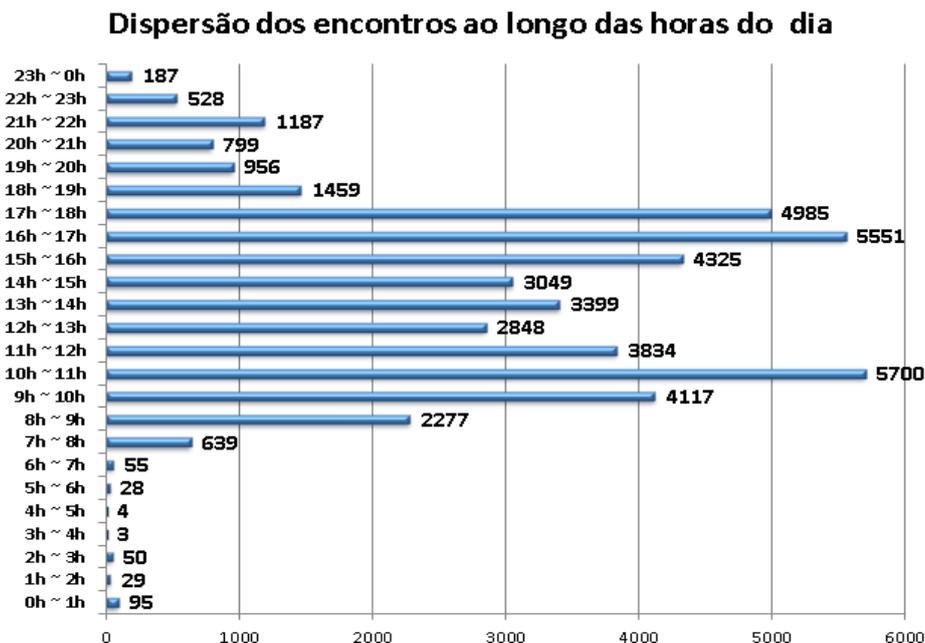


Figura 31 – Distribuição dos contatos ao longo das horas do dia.

A Figura 31 mostra que a maioria dos contatos se concentra no período de aulas no departamento de computação (entre 8h e 18h), havendo maiores incidências durante os intervalos entre as aulas (entre 9h e 10h e 16h e 17h). Dessa forma, é possível perceber que os usuários da plataforma tendem a acessar seus serviços com mais frequência durante os intervalos entre as aulas.



Figura 32 – Número de contatos por dia da semana.

A Figura 32 mostra que, ao longo da semana, os contatos com os dispositivos móveis tendem a ocorrer com mais frequência no período entre quarta-feira e sexta-feira, estando esses contatos bem distribuídos nesse período. Os resultados também permitem concluir que as informações exibidas no monitor da BlueYou tendem a ser mais visualizadas nesse período.

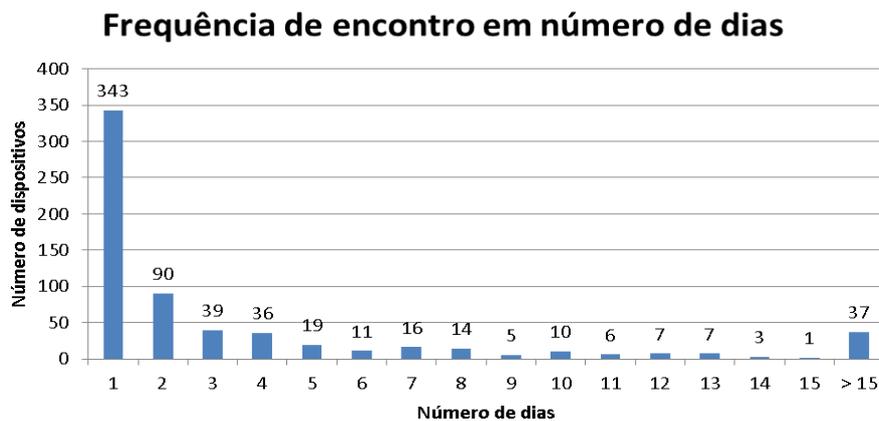


Figura 33 – Frequência de contato com dispositivos em número de dias.

A Figura 33 mostra que, dos 644 dispositivos detectados no período de análise, boa parte deles esteve em contato com a plataforma durante apenas um ou dois dias. A pequena exposição dos usuários desses dispositivos com a plataforma é um possível motivo pelo qual o número de usuários cadastrados na BlueYou até o final de fevereiro de 2011 correspondia ainda a menos de 1/6 do total de dispositivos detectados. Com a ampliação da variedade de serviços de comunicação fornecidos pela plataforma, é possível que mais usuários passem a usá-la.

Os resultados da Figura 33 também mostram que 37 dispositivos estiveram em contato com a plataforma durante mais de 15 dias. Como esse número está abaixo do total de usuários cadastrados, nota-se que a plataforma ainda deve evoluir e agregar novos serviços para que ela se torne mais atrativa.

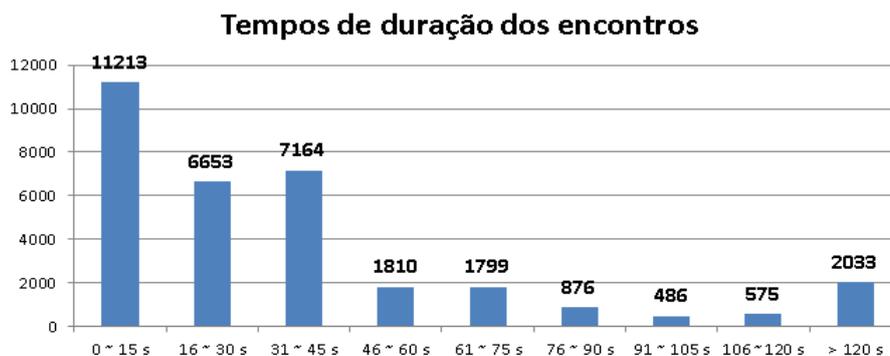


Figura 34 – Tempos de duração dos contatos.

A última investigação realizada em relação aos contatos com dispositivos móveis consistiu em uma análise dos tempos de duração dos contatos, conforme ilustrado na Figura 34.

A análise permitiu concluir que a maioria dos contatos ocorre em um curto período de tempo que varia de poucos segundos a 45 segundos, fato que levanta questões em relação à capacidade da plataforma de detectar dispositivos e encaminhar conteúdo em tempo hábil.

Assim, buscando averiguar a capacidade da plataforma de transmitir conteúdo em tempo compatível com a duração dos contatos, foram realizados testes de transmissão *Bluetooth* utilizando o protocolo OBEX. Não foram considerados testes de tempos de transmissão com as versões JME e Android da *BlueYou Mobile*, sendo esses testes objetivos de trabalhos futuros.

Para os testes com OBEX, foram utilizados 5 dispositivos móveis distintos, sendo eles 3 *smartphones* (marcas Nokia e Samsung) e 2 celulares (marcas Motorola e LG). Os dispositivos utilizados nos testes foram: Nokia N78 (*Bluetooth* versão 2.0), Nokia 5800 Xpress Music (*Bluetooth* versão 2.0), Samsung i5500 Galaxy 5 (*Bluetooth* versão 2.1), Motorola K1 (*Bluetooth* versão 1.2), e LG KS360 (*Bluetooth* versão 2.0). O ponto de acesso *Bluetooth* utilizado nas transmissões estava equipado com um *dongle Bluetooth* USB versão 2.0 de classe 2. O tempo de *Inquiry* utilizado foi de 4 segundos, com intervalos entre as buscas de 500 milissegundos.

Os conteúdos transmitidos nos testes consistiram na previsão do tempo para a cidade de São Carlos, no cardápio do restaurante universitário da UFSCar e em duas mensagens de texto com tamanhos diferentes. Os testes foram repetidos três vezes, considerando três distâncias distintas (3m, 6m e 12m).

Para cada teste, os conteúdos foram transmitidos vinte vezes para cada dispositivo, apresentando poucas variações entre cada repetição, uma vez que o ambiente de testes apresentava pouca interferência de outros dispositivos de transmissão sem fio. Os tempos médios de transmissão de cada conteúdo (sem adaptação) e o desvio padrão associado a cada um desses tempos são apresentados nas tabelas 2, 3 e 4.

Nome do dispositivo	Previsão do Tempo (18KB)	Desvio Padrão	Cardápio do Restaurante Universitário (22KB)	Desvio Padrão	Mensagem de Texto (50KB)	Desvio Padrão	Mensagem de Texto (150KB)	Desvio Padrão
Smartphones								
Nokia N78	1,68	0,30	1,55	0,40	2,33	0,86	5,68	2,49
Nokia 5800 Xpress Music	2,83	0,49	3,36	2,64	3,47	1,79	7,66	3,20
Samsung i5500 Galaxy 5	1,46	0,41	1,93	0,51	2,74	1,10	6,65	3,24
Celulares								
Motorola K1	10,60	0,17	12,62	0,72	37,93	0,36	38,25	4,31
LG KS360	2,85	0,27	2,94	0,32	4,63	0,39	7,86	0,56

Tabela 2 – Tempos médios de transmissão (em segundos) considerando uma distância de 3 metros do ponto de acesso.

Nome do dispositivo	Previsão do Tempo (18KB)	Desvio Padrão	Cardápio do Restaurante Universitário (22KB)	Desvio Padrão	Mensagem de Texto (50KB)	Desvio Padrão	Mensagem de Texto (150KB)	Desvio Padrão
Smartphones								
Nokia N78	1,54	0,34	1,78	0,40	2,92	1,47	6,87	2,41
Nokia 5800 Xpress Music	3,72	3,36	3,80	2,69	3,73	1,74	7,90	3,93
Samsung i5500 Galaxy 5	1,97	0,54	2,84	1,30	4,76	2,92	8,50	3,65
Celulares								
Motorola K1	13,82	0,61	15,28	0,56	41,62	0,87	43,87	2,78
LG KS360	3,01	0,44	3,27	0,70	4,50	0,79	7,98	2,15

Tabela 3 - Tempos médios de transmissão (em segundos) considerando uma distância de 6 metros do ponto de acesso.

Nome do dispositivo	Previsão do Tempo (18KB)	Desvio Padrão	Cardápio do Restaurante Universitário (22KB)	Desvio Padrão	Mensagem de Texto (50KB)	Desvio Padrão	Mensagem de Texto (150KB)	Desvio Padrão
Smartphones								
Nokia N78	1,71	0,39	2,22	0,58	2,73	1,70	6,81	3,69
Nokia 5800 Xpress Music	4,90	2,04	2,72	0,49	5,56	2,44	9,43	4,60
Samsung i5500 Galaxy 5	2,19	0,30	2,84	0,22	4,50	0,91	8,61	2,43
Celulares								
Motorola K1	16,61	0,53	18,56	0,30	43,63	0,39	45,81	2,78
LG KS360	3,06	0,45	3,00	0,60	4,60	0,61	7,78	2,33

Tabela 4 - Tempos médios de transmissão (em segundos) considerando uma distância de 12 metros do ponto de acesso.

As tabelas 2, 3 e 4 mostram que, para um ambiente com pouca interferência na transmissão sem fio, a distância entre o ponto de acesso *Bluetooth* e os dispositivos não impacta de forma considerável nos tempos de transmissão, uma vez que os tempos médios para os 3 testes realizados apresentaram pequenas variações. Além disso, o desvio padrão para as transmissões realizadas foi de menos de 1 segundo para a maioria dos conteúdos transmitidos, excetuando-se as transmissões da mensagem de texto de 150 KB.

Os resultados apresentados também mostram que as diferentes versões das interfaces *Bluetooth* dos dispositivos móveis influenciam de forma considerável os tempos de transmissão. Enquanto os dispositivos equipados com as versões 2.0 e 2.1 (mesmas taxas de transmissão) apresentaram tempos de transmissão com pequenas variações e abaixo de 10 segundos, o dispositivo equipado com a versão 1.2 apresentou tempos elevados de transmissão (acima de 15 segundos na maioria dos casos). Contudo, todos os dispositivos foram capazes de receber os conteúdos em intervalos de tempo que variaram de poucos segundos a 45 segundos, mostrando assim que a plataforma é capaz de fornecer serviços em tempo compatível com os tempos de contato apresentados nos testes anteriores.

Por fim, os testes de transmissão também permitiram concluir que o *hardware* dos dispositivos móveis tende a influenciar pouco nas transmissões. Tal fato pode ser comprovado ao comparar os tempos de transmissão do dispositivo Nokia N78 (processador ARM de 369 MHz com 96 MB de RAM) com os dos dispositivos Nokia 5800 (processador ARM de 434 MHz com 128 MB de RAM) e Samsung i5500 (processador ARM de 600 MHz com 256 MB de RAM). Embora possua um *hardware* inferior, o dispositivo Nokia N78 apresentou tempos de transmissão mais baixos.

Considerando que os testes apresentados mostraram que o tempo de transmissão pode ser elevado para dispositivos móveis com interfaces *Bluetooth* de versão 1.2, buscou-se avaliar a influência da adaptação de conteúdo no tempo de transmissão, a fim de verificar se ela pode contribuir para a redução desse tempo ou aumentá-lo ainda mais. Para isso, avaliou-se o tempo de transmissão para o dispositivo Motorola K1 das imagens adaptadas do cardápio do restaurante universitário e da previsão do tempo.

A resolução original da imagem do cardápio era de 284x325 pixels e a da previsão do tempo era de 293x221 pixels. Após a adaptação realizada com base na resolução da tela do dispositivo Motorola K1, ambos os conteúdos passaram a ter resolução de 176x220 pixels, com volumes de dados de 17 KB (para a previsão do

tempo) e 20 KB (para o cardápio do restaurante universitário). Os conteúdos adaptados foram transmitidos 20 vezes cada, a distâncias de 3, 6 e 12 metros. Os resultados dos testes são apresentados na Tabela 5.

	3 metros	6 metros	12 metros
Previsão do Tempo (Conteúdo Original)	10,6	13,82	16,61
Previsão do Tempo (Conteúdo Adaptado)	8,89	12,21	15,03
Cardápio do Restaurante Universitário (Conteúdo Original)	12,62	15,28	18,56
Cardápio do Restaurante Universitário (Conteúdo Adaptado)	11,18	14,67	17,49

Tabela 5 - Tempos médios de transmissão (em segundos) de conteúdos para o dispositivo Motorola K1 (com e sem adaptação).

Comparando os resultados apresentados na Tabela 5, nota-se uma pequena redução nos tempos de transmissão dos conteúdos de imagem adaptados. Embora a redução de tempo observada seja pequena (pouco mais de 1 segundo para a maioria dos casos), é importante ressaltar que a adaptação realizada reduziu o volume de dados dos conteúdos em no máximo 2 KB. Tal fato ocorreu porque as resoluções originais dos conteúdos já eram próximas da resolução da tela do dispositivo, de modo que se as resoluções originais fossem bastante superiores, ter-se-ia uma redução mais significativa dos volumes de dados.

4.6 – Publicações

A descrição e parte da implementação da plataforma proposta neste trabalho foram descritas em (ALMEIDA; MOSCHETTO; GUARDIA, 2009).

Capítulo 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as conclusões e os trabalhos futuros em relação à plataforma BlueYou.

5.1 - Conclusões

O crescente número de dispositivos móveis com capacidade computacional elevada e suporte a diferentes tecnologias de transmissão sem fio tem motivado a criação de serviços de comunicação capazes de prover informações aos usuários a qualquer momento e em qualquer lugar.

Entre os tipos de dispositivos móveis existentes, nota-se uma maior utilização dos aparelhos de telefonia celular para o acesso a serviços de interesse dos usuários, sendo esses aparelhos segmentados entre celulares e *smartphones*.

Embora diversos mecanismos para a disseminação e o compartilhamento de conteúdo já tenham sido desenvolvidos, a maioria deles atende a propósitos específicos, é altamente dependente de uma infraestrutura de comunicação, opera com tipos específicos de dispositivos e faz pouco uso de informações de contexto para a comunicação.

Aliada ao cenário apresentado, nota-se uma maior predominância de celulares no mercado de telefonia celular, os quais normalmente apresentam recursos de *hardware* mais limitados do que os *smartphones*. Os celulares, por exemplo, normalmente são desprovidos de interfaces de comunicação Wi-Fi ou 3G, apresentando, portanto, limitações no acesso a serviços.

Uma solução para o problema apresentado aparenta consistir também no uso da tecnologia *Bluetooth* para o acesso a serviços, a qual se mostra presente na maioria dos celulares e *smartphones* existentes.

Tendo como motivação as necessidades apresentadas, a plataforma BlueYou foi proposta e implementada, a fim de que ela sirva como um canal único para o acesso a serviços que envolvam comunicação em rede para transmissão ou recuperação de informação através de tecnologias de transmissão sem fio, em especial a tecnologia

Bluetooth.

O conjunto de aplicações atualmente desenvolvido para a plataforma mostra a viabilidade da proposta. Considerando transmissões utilizando o protocolo OBEX da tecnologia *Bluetooth* e supondo um ponto de acesso equipado com uma interface *Bluetooth* versão 2.0 de classe 2, nota-se que é possível transmitir dados dos serviços atualmente disponíveis em menos de 10 segundos, tempo compatível com a maioria dos tempos de duração dos contatos registrados na implementação atual da plataforma.

A escolha de *web services* como mecanismos de comunicação da plataforma BlueYou possibilitou o acesso distribuído aos serviços e também a utilização de outras tecnologias de comunicação sem fio para o acesso, tais como Wi-Fi e 3G. Além disso, por fornecerem um mecanismo de acesso independente de plataforma, os *web services* permitiram a criação de aplicações para diferentes plataformas móveis que se comunicam com o MAS utilizando uma interface de acesso única.

Aspectos de segurança e privacidade foram levados em consideração no desenvolvimento da plataforma. Toda a comunicação com o MAS ocorre através de um canal de comunicação seguro que utiliza o protocolo TLS. As informações contidas no MAS são acessadas através de *web services* e o acesso é controlado por um mecanismo de autenticação. A política de privacidade apresentada no website da BlueYou também assegura o comprometimento da solução em não divulgar sem autorização quaisquer informações pessoais dos usuários ou referentes aos registros de contato com eles.

Questões de escalabilidade da solução proposta também foram levadas em consideração. O uso de *web services* com uma interface de acesso padronizada, além de facilitar a adição de novos serviços na plataforma, reduziu a necessidade de alterações na implementação existente nos pontos de acesso *Bluetooth*, os quais tendem a crescer em número à medida que a plataforma passar a ser utilizada em diversos locais. Além disso, a centralização da lógica de execução da BlueYou no MAS facilita a manutenção da implementação e possibilita a adoção de estratégias de execução em *cloud*, evitando assim que o MAS se torne um gargalo na plataforma.

Como um complemento à plataforma proposta, foi realizada uma integração da BlueYou com a arquitetura Olympia, incorporando comunicação oportunística na solução. A implementação atual é funcional e permite que a BlueYou atue como um nó da rede oportunística, entregando conteúdos para seus destinatários. Como uma

evolução da implementação atual, pretende-se permitir que a BlueYou também delegue o encaminhamento de seus serviços para a implementação da Olympia que esteja executando em um dispositivo móvel em contato com a plataforma.

5.2 – Trabalhos Futuros

Considerando a implementação atual da plataforma, novos trabalhos relacionados à sua utilização e desempenho devem ser conduzidos.

Novos serviços devem ser adicionados à plataforma para permitir uma melhor avaliação do seu uso.

Testes de escalabilidade devem ser realizados para avaliar a capacidade de um ponto de acesso em atender múltiplos dispositivos ao mesmo tempo.

Análises dos tempos de transmissão utilizando a aplicação BlueYou *Mobile* devem ser conduzidas, a fim de avaliar melhor sua eficiência no acesso a serviços.

Uma análise do número de tentativas de entrega bem sucedidas e mal sucedidas também deve ser realizada, com o objetivo de avaliar melhor a eficácia da plataforma ao fornecer serviços.

O uso de informações de contexto para adaptação de conteúdo deve ser ampliado, considerando características da rede de comunicação utilizada e também limitações de *hardware* e *software* dos dispositivos móveis.

A comunicação oportunística na plataforma deve ser melhor explorada, permitindo à BlueYou encaminhar seus serviços pela arquitetura Olympia.

Novas formas de interação com os usuários também são alvo de pesquisas futuras, a fim de automatizar ainda mais o processo de encaminhamento de serviços e prover interfaces mais simples de acesso a eles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLIANCE, O. M. **User Agent Profile (UAPProf)**. Disponível em: <<http://www.openmobilealliance.org/Technical/Schemas.aspx>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

ALMEIDA, R. A. P. D.; MOSCHETTO, D. A.; GUARDIA, H. C. Modelo de Disseminação e Compartilhamento de Conteúdo com Suporte à Comunicação Oportunística. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB (WEBMEDIA), XV, 2009, Fortaleza, CE, Brasil. **Proceedings**. Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (Webmedia), 2009. p. 1-4.

ANA PROJECT. **ANA: Autonomic Network Architecture**. Disponível em: <<http://www.ana-project.org/>>. Acesso em: 28 mar. 2010.

ARAÚJO, R. B. D. Computação ubíqua: princípios, tecnologias e desafios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 2003, Natal, RN, Brazil. **Proceedings**. UFRN/DIMAp: UnP, 2003. p. 45-115. Acesso em: 28 mar. 2010.

ARRUDA, F. **A velocidade média da internet no Brasil [infográfico]**. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/9683-a-velocidade-media-da-internet-no-brasil-infografico-.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2011

BLUETOOTH SIG. **IrDA Interoperability**. Bluetooth SIG, 2001a. Disponível em: <<http://www.bluetooth.com/NR/rdonlyres/29E461C6-1A4E-4F09-B971-50717014E8D2/913/OBEX2.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

_____. **Object Push Profile**. Bluetooth SIG 2001b. Disponível em: <http://www.bluetooth.com/SiteCollectionDocuments/OPP_SPEC_V11.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2010.

_____. **Service Discovery Application Profile**. Bluetooth SIG, 2001c. Disponível em: <http://www.bluetooth.com/SiteCollectionDocuments/SDAP_SPEC_V12.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2010.

_____. **RFCOMM with TS 07.10**. Bluetooth SIG, 2003. Disponível em: <<http://www.bluetooth.com/SiteCollectionDocuments/rfcomm1.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

_____. **Basics**. Disponível em: <<http://bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Basics.htm>>. Acesso em: 08 fev. 2010.

_____. **Bluetooth Profiles**. Disponível em: <http://www.bluetooth.com/English/Technology/Works/Pages/Profiles_Overview.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2010.

_____. **Core Architecture Blocks**. Disponível em: <<https://www.bluetooth.org/Building/HowTechnologyWorks/Architecture/Overview.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2011.

BOOTH, D. et al. **Web Services Architecture**. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/ws-arch/wsa.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2010.

CROCKFORD, D. **The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON)**. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc4627.txt?number=4627>>. Acesso em: 28 fev. 2011

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and Ubiquitous Computing** v. 5, n. 1, p. 4-7, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>>. Acesso em: 28 mar. 2010.

DIERKS, T.; ALLEN, C. **The TLS Protocol Version 1.0**. 1999. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2246.txt>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

FIELDING, R. T. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. Disponível em: <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation_2up.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2011

FOUNDATION, E. **EclipseLink**. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/eclipselink/>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

FOUNDATION, O. **OpenID**. Disponível em: <<http://openid.net/>>. Acesso em: 25 mar. 2010.

FOWLER, S.; ASK, J. A.; GOWNDER, J. P. **Engaging Smartphone Users**. Disponível em: <http://www.forrester.com/rb/Research/engaging_smartphone_users/q/id/56086/t/2>. Acesso em: 15 fev. 2010

FRANCO, L. K. et al. Um modelo para Exploração de Oportunidades no Comércio Ubíquo. In: LATIN AMERICAN INFORMATICS CONFERENCE, XXXV, 2009, Pelotas, RS, Brasil. **Proceedings**. 2009. p. 1-10.

GROUP, O. M. **Common Object Request Broker Architecture (Corba)**. Disponível em: <<http://www.corba.org/>>. Acesso em: 25 mar. 2010.

GROUP, R. W. **Resource Description Framework (RDF)**. Disponível em: <<http://www.w3.org/RDF/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

GROUP, X. D. **Extended Authentication (XAuth)**. Disponível em: <<http://xauth.org/spec/>>. Acesso em: 22 abr. 2010.

HAMMER-LAHAV, E. **The OAuth 1.0 Protocol**. 2010. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/draft-hammer-oauth-10>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

HENRICKSEN, K.; INDULSK, J.; RAKOTONIRAINY, A. Modeling context information in pervasive computing systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING, 2002, Zurich, Switzerland. **Proceedings**. Springer-

Verlag, 2002. p. 167-180.

IEEE. **Organizationally Unique Identifier**. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/develop/regauth/oui/oui.txt>>. Acesso em: 28 fev. 2011

JAIN, R. et al. The Mobile Application Server (MAS): An Infrastructure Platform for Mobile Wireless Services. **Information Systems Frontiers**, v. 6, n. 1, p. 23-34, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/B:ISFI.0000015872.20136.76>>. Acesso em: 29 mar. 2010.

JONSSON, J.; KALISKI, B. **Public-Key Cryptography Standards (PKCS) #1: RSA Cryptography Specifications Version 2.1**. IETF, 2003. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc3447>>. Acesso em: 21 mar. 2010.

JORDAN, J. **Apple sells a massive 14.8 million iPads in 2010**. Disponível em: <<http://www.pocketgamer.co.uk/r/Various/Apple+iPad/news.asp?c=26771>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

KAMMER, D. et al. Introducing Bluetooth Applications. In: (Ed.). **Bluetooth Application Developer's Guide: the short range interconnect solution**. 1ª ed. Rockland, MA: Syngress Publishing, Inc., 2002. p. 526. cap. 1.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. Redes sem fio. In: ROGERO, J. B. (Ed.). **Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006. p. 416-417. cap. 6.

LEBRUN, J.; CHUAH, C.-N. Bluetooth Content Distribution Stations on Public Transit. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON DECENTRALIZED RESOURCE SHARING IN MOBILE COMPUTING AND NETWORKING, 2006, Los Angeles, CA. **Proceedings**. ACM, 2006. p. 63-65. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1161252.1161269>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

LIN, K.-J.; YU, T.; SHIH, C.-Y. The Design of A Personal and Intelligent Pervasive-Commerce System Architecture. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON MOBILE COMMERCE AND SERVICES, 2nd, 2005, Munich, Germany. **Proceedings**. IEEE Computer Society, 2005. p. 163-173. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/WMCS.2005.25>>. Acesso em: 26 mar. 2010.

MAWSTON, N. **ENABLING TECHNOLOGIES: Global Bluetooth Phone Sales by Bluetooth Profile**. Disponível em: <<http://www.strategyanalytics.com/default.aspx?mod=ReportAbstractViewer&a0=4918>>. Acesso em: 25 fev. 2010.

MICROSYSTEMS, S. **Remote Method Invocation**. Disponível em: <<http://java.sun.com/javase/6/docs/technotes/guides/rmi/index.html>>. Acesso em: 25 mar. 2010.

_____. **JSR-000311 JAX-RS: The Java™ API for RESTful Web Services**. Disponível em: <<http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/final/jsr311/index.html>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

- OASIS. **UDDI**. Disponível em: <<http://uddi.xml.org/>>. Acesso em: 28 fev. 2011.
- OOKL. **OOKL**. Disponível em: <<http://www.ooklnet.com/web/whatisthis.php>>. Acesso em: 14 fev. 2010.
- PASSANI, L. **WURFL (Wireless Universal Resource File)**. Disponível em: <<http://wurfl.sourceforge.net/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.
- _____. **WURFL (Wireless Universal Resource File)**. Disponível em: <<http://wurfl.sourceforge.net/>>. Acesso em: 17 mar. 2010.
- RAEBURN, K. **Advanced Encryption Standard (AES) Encryption for Kerberos 5**. IETF, 2005. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc3962>>. Acesso em: 09 mar. 2010.
- RIVEST, R. **The MD5 Message-Digest Algorithm**. IETF, 1992. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc1321>>. Acesso em: 07 mar. 2010.
- SALAMAN, A. **Hand-held Learning**. Disponível em: <<http://ookl.files.wordpress.com/2008/10/nmm-gem-article.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2010.
- SANTANA, L. H. Z.; PRADO, A. F. D. Um Modelo De Ontologia Para Adaptação De Conteúdo Da Internet. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UFSCAR, VII, 2007, São Carlos. **Proceedings**. 2007. p. 1300-1302.
- SCHILIT, B. N.; ADAMS, N.; WANT, R. Context-aware computing applications. In: IEEE WORKSHOP ON MOBILE COMPUTING SYSTEMS AND APPLICATIONS, 1994, Santa Cruz, CA. **Proceedings**. 1994. p. 85-90. Disponível em: <<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/WMCSA.1994.16>>. Acesso em: 17 mar. 2010.
- SHEKAR, S.; NAIR, P.; HELAL, A. S. iGrocer: a ubiquitous and pervasive smart grocery shopping system. In: ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING, 2006, **Proceedings**. New York, NY, USA: ACM, 2006. p. 645 - 652. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/952532.952658>>. Acesso em: 25 fev. 2010.
- SINHA, P. K. Remote Procedure Calls. In: ANDERSON, J. B. (Ed.). **Distributed Operating Systems: Concepts and Design**. New York: IEEE Press, 1997. p. 742. cap. 4.
- SKARZHEVSKYY, V. **Bluecove Documentation**. Disponível em: <<http://code.google.com/p/bluecove/wiki/Documentation>>. Acesso em: 09 fev. 2010.
- TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. 4ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier Editora, 2003. 945 p.
- TRIPOLI, M. **Cannes09: Coca-cola, social media e a vending machine 2.0**. Disponível em: <<http://updateordie.com/updates/cyber/2009/06/cannes09-coca-cola-social-media-e-a-vending-machine-20/>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

VIANA, W. et al. Mobile Adapter: uma abordagem para a construção de Mobile Application Servers adaptativos utilizando as especificações CC/PP e UAProf. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, XXV, 2005, São Leopoldo, RS. **Proceedings**. SBC, 2005. p. 1914-1929.

W3C. **Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP)**:. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2007/WD-CCPP-struct-vocab2-20070430/>>. Acesso em: 17 mar. 2010

_____. **SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)**. 2007b. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>>. Acesso em: 26 mar. 2010.

_____. **Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language**. 2007c. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/wsdl20/>>. Acesso em: 26 mar. 2010.

WATSON, R. T. **U-Commerce: the ultimate**. Disponível em: <http://www.acm.org/ubiquity/views/r_watson_1.html>. Acesso em: 08 fev. 2010.

WEISER, M. The Computer for the Twenty-First Century. In: (Ed.). **Human-computer interaction: toward the year 2000**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1995. p. 933-940. Disponível em: <http://www.cim.mcgill.ca/~jer/courses/hci/ref/weiser_reprint.pdf>.

WI-FI ALLIANCE. **Wi-Fi Alliance: Articles**. Disponível em: <http://www.wi-fi.org/knowledge_center_overview.php?type=7>. Acesso em: 21 fev. 2011.