

Um Modelo Computacional para Acessibilidade em Cidades Inteligentes

Alternative Title: A computational Model for Accessibility in Smart Cities

Marcelo Josué Telles, Jorge Luis Victória Barbosa e Rodrigo da Rosa Righi
Universidade do Vale do Rio dos Sinos UNISINOS
Av. Unisinos, 950, São Leopoldo, Brasil
marcelojtelles@gmail.com, {jbarbosa e rrrighi}@unisinos.br

RESUMO

Este artigo apresenta o MASC, que é um modelo computacional para acessibilidade em cidades inteligentes. A utilização da computação ubíqua na área da acessibilidade oportuniza soluções para suporte a pessoas com deficiências (PcDs). Diferente das abordagens propostas, o MASC utiliza as interações das PcDs para composição de trilhas que serão oferecidas como serviço. Além disso é genérico pois suporta diferentes tipos de deficiências e é indicado para aplicações massivas. Foi desenvolvido um protótipo para avaliar desempenho e funcionalidade. Esta avaliação foi realizada com dados gerados por um simulador de contextos em uma região localizada no centro da cidade São Leopoldo - RS. Os resultados apresentados nos testes indicam que os serviços oferecidos pelo modelo podem ser implantados nas cidades inteligentes para colaborar com acessibilidade, auxiliando PcDs, profissionais da saúde e administração pública.

Palavras-Chave

Acessibilidade ubíqua, cidade acessível, modelo para suporte, pessoas com deficiências.

ABSTRACT

This article presents the MASC, which is a computational model for accessibility in smart cities. The use of ubiquitous computing in the area of accessibility provides solutions to support persons with disabilities (PwD). Unlike the proposed approaches, the MASC uses the interactions of PwD to compose trails which will be offered as a service. Moreover supports various disabilities, is intended for mass applications. A prototype was developed to evaluate performance and functionality. This evaluation was conducted with data generated by a context simulator in São Leopoldo - RS. The results presented in the tests indicate that the services offered by the model can be applied in smart cities to collaborate with accessibility, helping PwD, health professionals and public administration.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2016, May 17th-20th, 2016, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil
Copyright SBC 2016.

Categories and Subject Descriptors

K.4.2 [Social Issues]: Assistive technologies for persons with disabilities.; K.4.1 [Public Policy Issues]: Computer-related health issues; D.2.4 [Software/Program Verification]: Model checking

General Terms

Experimentation, Human Factors, Management

Keywords

Ubiquitous accessibility, city accessible, model to support, persons with disabilities

1. INTRODUÇÃO

Estudos estatísticos realizados no Brasil em 2010 indicaram um aumento no número de pessoas com deficiências (PcDs) [6]. Diante deste cenário é importante que sejam desenvolvidas ferramentas para este segmento da população [21].

Para proporcionar acesso aos recursos relacionados à acessibilidade é necessária coleta de informação sobre sua disponibilidade. Informações específicas, tais como largura das calçadas, posicionamento de rampas, piso tátil, locais com rebaixo de meio fio e inclinação das ruas podem ser identificadas por meio de sensores [8] ou pelas próprias PcDs a medida que estas utilizam tais recursos [9] [10] [23].

Com base nas informações geradas pelas PcDs é possível construir uma base de dados históricos para posterior utilização. Trabalhos desenvolvidos neste segmento não fazem uso das informações geradas pelas interações das PcDs, gerenciam locais restritos não incluindo recursos dinâmicos e não atendem situações com grande número de PcDs. O MASC (*a computational Model for Accessibility in Smart Cities*) suporta diferentes tipos de deficiências, gerencia contextos [7], recursos, perfil [26], atende aplicações massivas, armazena histórico [17] formando trilhas [3]. As trilhas são compostas de ações e sequências de locais visitados.

Para avaliar o MASC foram realizados testes de desempenho e funcionalidade. No teste de desempenho foram realizadas inserções e consultas na base de dados. O teste de funcionalidade teve por objetivo atender serviços da administração pública, profissionais da saúde e PcDs.

Este artigo está estruturado em seis seções A seção 2 descreve o modelo proposto. A seção 3 resume e comparara trabalhos relacionados. A seção 4 descreve o protótipo que contempla aplicativo para dispositivo móvel, *web services* e

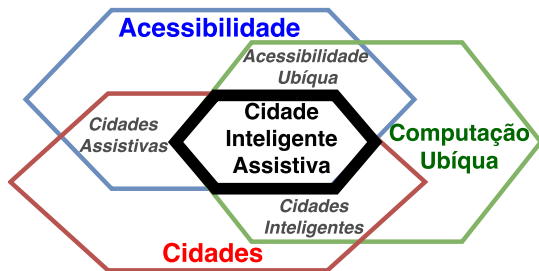
middleware para sensores. A seção 5 descreve a avaliação do modelo. A seção 6 apresenta a conclusão e tópicos para trabalhos futuros.

2. MODELO PROPOSTO

As cidades inteligentes [5] indicam um paradigma que utiliza tecnologias de computação visando tornar os serviços essenciais de uma cidade mais inteligentes [20], interligados e eficientes. Para promover tais serviços [27] a infraestrutura de computação deve atender requisitos de elasticidade e balanceamento de carga. Neste sentido a computação em nuvem oferece soluções de Infraestrutura como Serviço (IaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Software como Serviço (SaaS). No modelo proposto as informações geradas pelas interações das PcDs são gerenciadas, com objetivo de oferecer **Trilhas como Serviço (TaaS)**.

Os conceitos considerados no MASC são apresentados na Figura 1, indicando que a junção das tecnologias da computação ubíqua com as iniciativas de acessibilidade resultam na acessibilidade ubíqua [25]. Uma cidade que adota computação ubíqua torna-se inteligente, já o conceito cidade assistiva é resultante da acessibilidade nas cidades. Ao agregar computação ubíqua e acessibilidade na cidade inteligente constitui-se uma **Cidade Inteligente Assistiva**.

Figura 1: Conceitos e tecnologias do MASC e Cidade Inteligente Assistiva.

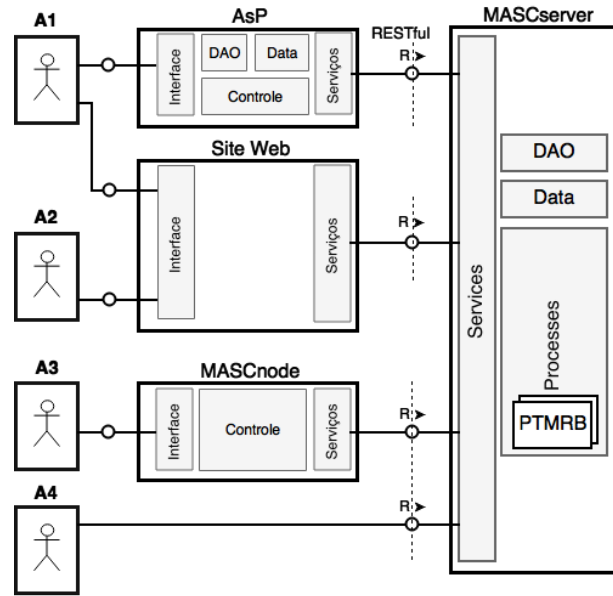


2.1 Arquitetura do modelo

Na Figura 2 é apresentada a arquitetura composta por atores, juntamente com a comunicação que estes estabelecem com Assistente Pessoal (AsP), Site Web, Sensores (MASCnode) e Servidor (MASCserver).

O MASCserver contém bases de dados com informações registradas pelos atores A1, A2, A3 e A4. Atores A1 são PcDs, podem realizar o cadastro e usar serviços por meio do AsP ou Site Web. Atores A2 são familiares das PcDs, profissionais da área da saúde e profissionais da administração pública, atores A3 são os recursos do ambiente, já atores A4 são os sistemas externos. Os recursos gerenciados pelo componente *Data* podem ser estáticos ou dinâmicos. Estáticos são recursos representados com posição fixa, já recursos dinâmicos têm posição móvel, ambos recursos podem estar ocupados, em manutenção ou desocupados. Os serviços são atendidos pelos *web services* por meio de URIs com protocolo RESTful. Os *web services* acessam outros dois componentes, *DAO* e *Processes*. O sistema multi-agente [14] Perfil, Trilha, Monitoramento, Recomendações e Buscas (PTMRB) atua juntamente ao *Processes*. O componente *DAO* é responsável pelo acesso aos dados do modelo que ficam em bancos de dados relacionais e NoSQL [15].

Figura 2: Arquitetura do Modelo.



A coleta de dados do ambiente é uma das atividades do MASCnode. Entre as elas tem-se a presença de pessoas, registro de PcDs que visitaram o local, conexão e envio de dados para MASCserver. No Site Web as PcDs informam dados de perfil, consultam informações sobre recursos e obtêm acesso aos serviços oferecidos. Para gerenciamento das trilhas são armazenadas as informações apresentadas na Tabela 1.

O AsP permite a coleta de informações das PcDs para realizar monitoramento, além disso oferece mapas com a localização dos recursos e permite busca por trilhas acessíveis.

Tabela 1: Propriedades das trilhas

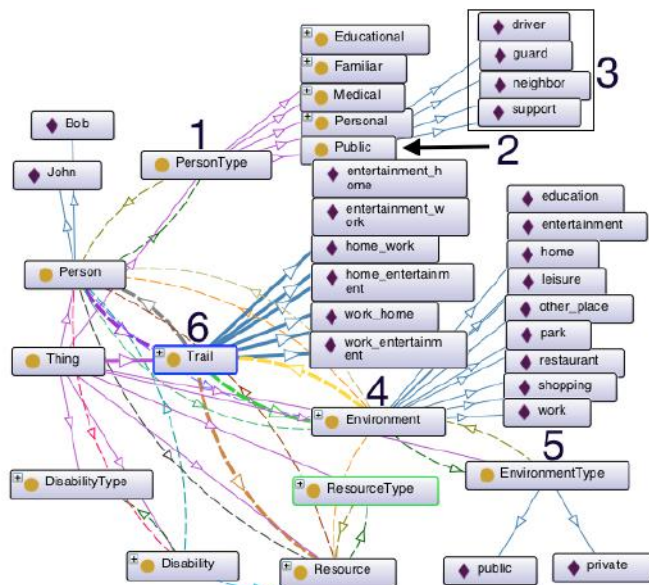
Propriedade	Formato	Descrição
1. evento	<i>TimeStamp</i>	armazena data e hora corrente
2. latitude	Decimal	latitude no formato decimal 17 dígitos no total, 15 depois da vírgula
3. longitude	Decimal	longitude no formato decimal 18 dígitos no total, 15 depois da vírgula
4. tag	inteiro	identificador da tag registrada
5. recurso	inteiro	identificador do recurso utilizado
6. email	<i>String</i>	identificador da PcD que fez a trilha

2.2 Representação das entidades

A representação dos ambientes, usuários, recursos, deficiências e trilhas é constituída com uso de uma ontologia [22] estendida de Tavares [24], conforme Figura 3. Foram adicionadas as classes *Environment*(4) e *EnvironmentType*(5), além da subclasse *Public*(2) para *PersonType*(1). A classe *Environment* foi adicionada para contemplar os diversos ambientes cobertos pelo MASC. A subclasse *Public* de *PersonType*, foi adicionada para contemplar os tipos de pessoas, tais como motoristas, guardas, vizinhos ou pessoas que pres-

tam suporte(3). Outra modificação foi a classe *Trail*(6) para representação das trilhas e suas respectivas relações com PcDs, recursos e ambientes. A padronização para representação dos ambientes e trilhas segue definições de AASHTO [1].

Figura 3: Ontologia utilizada pelo MASC.



Adaptado de Tavares [24]

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos foram selecionados em pesquisas sobre acessibilidade ubíqua, cidade acessível e suporte para PcDs, sendo assim são relacionados ao MASC. O comparativo entre os trabalhos incluindo o MASC é apresentado na Tabela 2.

O trabalho mPASS+WhenMyBus [18] propõe uma combinação de sensores, dados abertos e usuários colaboradores para suportar uma cidade inteligente acessível, identificando rotas e locais para realizar atividades do cotidiano.

O modelo para suporte à acessibilidade ubíqua Hefestos [24] oferece uma arquitetura para suporte a PcDs. Atende ambientes internos, externos, utiliza ontologia para pessoas, recursos e deficiências.

O projeto SHWPWD [12] oferece suporte para PcDs em seu local de trabalho. Facilita a comunicação e ações das PcDs, utilizando funcionalidades inteligentes do ambiente, com base em tecnologias assistivas.

O sistema de monitoramento e navegação MNDWSN [4] baseia-se em redes de sensores sem fio e *smartphones*. O objetivo é oferecer suporte para cegos, surdos e pessoas com deficiência, auxiliando no deslocamento em ambientes internos.

O sistema de navegação LBSBlind [11] adota contexto e oferece suporte para deficientes visuais proporcionando segurança em seu deslocamento. Atende ambientes internos e externos utilizando RFID e sistema de posicionamento global.

Para realizar a análise comparativa foram estabelecidos critérios apresentados a seguir.

1. Deficiência física: identifica se oferece suporte a PcDs, nas seguintes classificações “A” deficiência visual, “B”

deficiência auditiva, “C” deficiência mental, “D” idosos, “E” limitações nos membros inferiores e “F” limitações nos membros inferiores e superiores;

2. Perfil: identifica se gerencia perfil do usuário, abordando características e preferências dos mesmos. Para este critério os trabalhos receberam a classificação “utiliza”, “parcial” se apenas gerenciar características ou “não”;

3. Histórico de ações: identifica se gerencia trilhas realizadas pelos usuários e oferece serviços com tais dados. Neste critério os trabalhos receberam a classificação “utiliza”, “parcial” caso apenas armazenar histórico ou “não”;

4. ICT: identifica se o trabalho adota tecnologias consideradas na seção 2, recebendo as classificações “CN” Computação em Nuvem, “IoT” *Internet of Things* ou “não”;

5. Integração: identifica a integração com outros sistemas, recebendo a classificação “integrado” caso utilizar dados de outros sistemas e disponibilizar serviços, “coleta” se apenas permitir o recebimento de informações de outros sistemas ou “não”;

6. Monitoramento: identifica se ocorre monitoramento do usuário e oferta de tais informações para os demais utilizadores do sistema instantaneamente, recebendo a classificação “sim”, “parcial” caso monitorar mas não oferecer as informações instantaneamente ou “não”;

7. Ontologia: identifica se o trabalho utiliza ferramentas para representação dos domínios cobertos, tais como características dos usuários, locais e recursos. A classificação atribuída para este critério foi “ontologia” caso utilizar ontologia, “semântica” caso adote outras ferramentas ou “não”;

8. Recomendações: identifica se os usuários recebem suporte com base em seu contexto. A classificação atribuída para este critério foi “adota” ou “não adota”;

9. Ambiente dinâmico: identifica se há coleta de informações sobre o ambiente utilizando sensores. A classificação atribuída foi “dinâmico”, “estático” caso disponibilizar informações sobre o ambiente mas não oferecer detalhamento por sensores *in loco* ou “ausente”;

10. Busca de recursos: identifica se ocorre busca de informações sobre recursos em fontes diversas. A classificação foi “sim” caso buscar em mais de uma fonte ou “parcial”;

11. Aplicado à cidades: identifica se o modelo é escalável e pode ser oferecido nas cidades inteligentes, ambientes internos e externos, recebendo classificação “contempla”, “extensível” caso possa ser complementado ou “restrito” caso seja limitado a ambientes específicos.

Os critérios para comparação dos trabalhos contemplam funcionalidades e tecnologias capazes de gerenciar sistemas, usuários e possibilitam o gerenciamento de recursos para acessibilidade ubíqua. Com base nestes critérios o MASC foi planejado, resultando em um modelo que considera desde as tecnologias indicadas até o ambiente ao qual o mesmo é indicado.

Com relação ao critério 1 apenas o MASC é genérico, pois tem potencial para suportar todas deficiências indicadas. O perfil das PcDs não é tratado apenas no trabalho LBSBlind, desta forma os diferentes graus de deficiência visual recebem o mesmo tratamento, já o modelo MASC conta com ontologia para representação das deficiências e classificação sobre particularidades de cada uma. No critério 3 o MASC utiliza informações de histórico para oferecer serviços, tais como permitir profissionais da saúde ou familiares acompanhar PcDs em tempo real. O critério 4 indica tecnologias adotadas nos trabalhos, sendo que o MASC contempla CN

Tabela 2: Comparativo entre os trabalhos relacionados

Critério	mPassWMB	Hefestos	SHWPD	MNDWSN	LBSBlind	MASC
1. Deficiência física	A,B,E	A,B,D,E	A,C,E	A,B,E,F	A	A,B,C,D,E,F
2. Perfil	utiliza	utiliza	parcial	parcial	não	utiliza
3. Hist. de ações	não	parcial	não	não	não	utiliza
4. ICT	não	não	não	IoT	CN, IoT	CN, IoT
5. Integração	coleta	não	não	coleta	coleta	integrado
6. Monitoramento	não	sim	parcial	parcial	parcial	sim
7. Ontologia	não	ontologia	não	não	semântica	ontologia
8. Recomendações	adota	adota	adota	adota	não	adota
9. Amb. dinâmico	estático	estático	ausente	dinâmico	estático	dinâmico
10. Busca recursos	sim	parcial	parcial	parcial	parcial	sim
11. Apl. cidades	contempla	extensível	restrito	extensível	extensível	contempla

e IoT. Com relação ao critério 5 que considera a integração dos trabalhos com outros sistemas, o MASC é integrado, pois obtém informações de fontes externas de mapas (*Open Street Maps*)¹ e oferece serviços web para aplicações externas por meio de chamadas *web services*. O critério 6 é atendido no MASC com o uso de *smartphone* ou *tablet* que deve ser utilizado pela PcD. Para casos onde a PcD não possa utilizar um dispositivo móvel, o monitoramento é feito por meio de tag RFID que será lida por um sensor de tag proposto pelo MASC. Quanto ao critério 7 no MASC é empregada uma ontologia estendida do modelo Hefestos, que propõe estabelecer representação dos ambientes e trilhas, além das entidades já cobertas pela ontologia original (pessoas, recursos e deficiências). No critério 8 o MASC opera por meio de mineração de dados para identificar padrões de comportamento a fim de realizar as recomendações. No critério 9 o MASC utiliza o sensor proposto para acompanhar as alterações dos ambientes e disponibilidade dos recursos. Com relação ao critério 10 o MASC realiza buscas em fontes diversas, tais como usuários colaboradores (*crowdsourcing*), administradores, PcDs, sensores e sistemas externos. No critério 11 apenas o MASC e mPassWMB contemplam, pois as tecnologias das cidades inteligentes são utilizadas como fonte de informação.

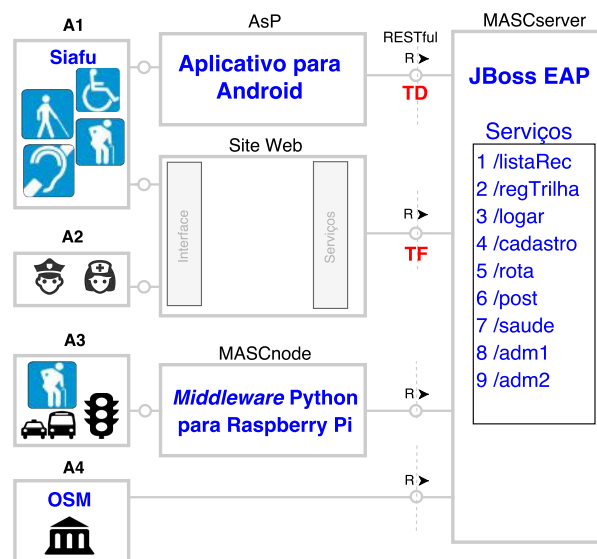
4. PROTÓTIPO

Foi desenvolvido um protótipo do MASC, composto por aplicações apresentadas na Figura 4. O aplicativo para Android coleta informações para composição das trilhas. Também é possível visualizar um mapa com recursos de acordo com o perfil da PcD. Na configuração padrão é enviado ao servidor as posições que a PcD se deslocou, assim que tiver conectividade com internet.

Foi desenvolvido um *middleware* para sensores visando coleta de informações sobre o ambiente e sobre PcDs que não utilizam o AsP. Por meio de leitor de RFID o *middleware* identifica a presença de qualquer PcD e envia tais informações para as bases de dados do MASCserver. Também podem ser coletadas informações contextuais tais como monitoramento de recursos, temperatura, umidade, hora e presença de pessoas. Na Figura 4 também são indicados os testes de desempenho (TD) e funcionalidade (TF), a simulação (Siafu) e sistemas externos (OSM).

¹Disponível em <https://www.openstreetmap.org/>

Figura 4: Aplicações desenvolvidas para protótipo, com relação à arquitetura do MASC.



4.1 Serviços

Os serviços foram configurados no Openshift² e utilizam o servidor de aplicações JBoss *Enterprise Application Platform 6* (JBoss EAP). O primeiro serviço oferece para PcDs uma lista de recursos, onde cada item da lista é composto por informações que nomeiam o recurso, indicam sua distância, localização e ícone para sua representação no mapa. O segundo serviço é responsável por armazenar os pontos (latitude e longitude) das trilhas. O terceiro serviço é para autenticação e controla qual usuário está enviando as informações. Já o quarto serviço possibilita o serviço anterior, trata-se do cadastro do usuário. O quinto serviço foi utilizado para o teste de funcionalidade, serve para solicitar uma rota. Os cinco primeiros serviços são apresentados na Tabela 3. Para representação das latitudes e longitudes, foram utilizadas as siglas LATx. e LONGx. respectivamente.

O sexto serviço armazena em uma base NoSQL, dados coletados pelo MASNode. Este recebe como parâmetro um número que identifica o MASNode e dados sobre contexto.

²Disponível em <https://www.openshift.com/>.

Tabela 3: Serviços básicos para protótipo do MASC

URI	Parâmetros	Exemplos de Retorno
/listaRec	PcD; Membros inferiores; LAT0; LONG0;	Rampa;9.4914; Membros Inferiores; LAT1;LONG1;amarelo Vaga estacionamento;10.4465; Membros Inferiores; LAT2;LONG2;azul Elevador;22.7437; Membros Inferiores; LAT3;LONG3;rosa
/regTrilha	LAT4; LONG4; 17830284; 0; blanch@server.com	trilha ok;
/logar	marcelo@server.com; abc;	ok;PcD;Membros Inferiores;
/cadastro	Marcelo Telles; marcelo@server.com; abc; PcD; Membros inferiores;	E-mail já cadastrado;
/rota	LAT5; LONG5; marcelo@server.com; LAT6; LONG6;	LAT7,LONG7; LAT8,LONG8; LAT9,LONG9; LAT10,LONG10; LAT11,LONG11; LAT12,LONG12; LAT13,LONG13;

Como retorno o servidor envia um arquivo com a configuração do respectivo MASCnode. Neste arquivo de configuração são definidos os tempos de leitura dos sensores e horário de funcionamento. Na Figura 5 é apresentado um exemplo de um arquivo de configuração de um MASCnode móvel, linha 3. Também são parametrizadas as informações sobre seu período de trabalho, que é entre 7 horas e 19 horas, de segunda a sexta, linhas 4 e 5. Os tipos de sensores lidos são temperatura, pressão, proximidade e RFID. A cada 30 segundos o sensor de temperatura e umidade (DHT11) realiza a leitura, o sensor de proximidade faz a leitura a cada 2 segundos, já o leitor de RFID realiza leitura constantemente. A informação sobre posição é coletada a cada 20 segundos, o endereço IP, a cada 120 segundos, todas informações são enviadas para o servidor a cada minuto.

Figura 5: Arquivo de configuração do MASCnode 1. Este arquivo é recebido como retorno.

```

1  {"_id": ObjectId("55b27533bb03721a8b000001"),
2   "MascNode": "1",
3   "Position": "dynamic",
4   "WorkTime": "7,19",
5   "WorkWeek": "2,6",
6   "Sensors": {"Types": [{"DHT11": {"sleep": "30"}},
7                       {"Proximity": {"sleep": "2"}},
8                       {"RFID": {"sleep": "0"}}
9                   ]
10  },
11  "Data": {"Intervals": [{"Position": {"interval": "20"}},
12                    {"Ip": {"interval": "120"}},
13                    {"SendData": {"interval": "60"}}
14                ]
15  }
16  }

```

5. AVALIAÇÃO

Foram realizados testes de desempenho e funcionalidade para avaliar o protótipo. Para o desempenho foi feito envio

de dados ao servidor e requisições de consultas. A métrica para testar o desempenho foi o tempo de resposta. Para funcionalidade foram testados três serviços. Serviço para PcDs (/rota), profissionais de saúde (/saude) e administração pública (/adm1 e adm2).

O teste de desempenho foi implementado com algoritmos utilizando processos paralelos (*Threads*). Foram utilizados dados contextuais gerados pela simulação realizada na ferramenta Siafu [16], com objetivo de simular as PcDs na cidade São Leopoldo - RS.

A implantação real é algo a ser estudado, principalmente considerando custos de sensores e serviços em nuvem. Outro aspecto a ser considerado em situações reais é o uso de recursos novos visando a otimização de trilhas existentes, pois quando novos recursos são instalados, as trilhas já existentes não os contemplam. Neste sentido a técnica a ser adotada é importante para manutenção do sistema. Tal técnica deve ser realizada por algoritmos de atualização de trilhas. Este algoritmo deve interpretar informações sobre o recursos adicionados e identificar as trilhas que podem beneficiadas. Após identificar as trilhas que podem ser alteradas e ou beneficiadas pelo novo recurso, devem ser informadas para os PcDs a trilha original assim como os recursos novos.

5.1 Discussão

O modelo MASC é destinado ao suporte para PcDs em suas atividades diárias. A seguir são descritos cenários ilustrativos onde o mesmo pode ser aplicado.

O primeiro cenário ocorre com a PcD identificada como PcD1. A PcD1 possui limitações nos membros inferiores e utiliza sua cadeira de rodas para se deslocar de sua casa até sua escola. A PcD1, já cadastrada no modelo, utiliza um *smartphone* com o AsP instalado e em execução. Durante o percurso o AsP apresenta os recursos presentes no caminho, assim como armazena os locais que a PcD1 se desloca, gerando uma trilha da PcD1. Durante o percurso a PcD1 utiliza calçadas específicas.

O segundo cenário ilustrativo ocorre quando uma PcD surda, identificada como PcD2, chega em um *shopping* para uma refeição. A PcD também utiliza *smartphone* com o AsP instalado. Ao se deslocar este visita estabelecimentos na busca por um local com tenha atendente que entenda LIBRAS. Os locais são registrados pelo AsP, como o tempo que a PcD2 permanece nos locais não é um tempo longo a trilha continua até que este permaneça pelo menos 10 minutos em um mesmo estabelecimento. Ao encontrar um restaurante com atendente apto a interpretar LIBRAS a PcD2 inicia sua refeição. Esta situação acontece mais vezes e todas são registradas no modelo, resultando em um forte indício que o local visitado tem recursos de intérprete para surdos.

O terceiro cenário ocorre quando uma PcD com limitações visuais, identificada como PcD3 se desloca de seu sua casa até seu local de trabalho. Esta PcD já foi guiada por um familiar e consegue sair de sua casa e chegar ao local de trabalho com certa facilidade. Uma parte do trajeto é dotada de piso táctil. Durante o deslocamento são armazenados os pontos nos quais a PcD3 se deslocou. Ao chegar em um local com sinal WiFi o AsP estabelece conexão com o MASCserver e registra os pontos.

Os três primeiros cenários são responsáveis pela geração de trilhas que podem ser oferecidas para outras PcDs nas mesmas condições. Uma PcD com limitações nos membros inferiores pode ser auxiliada pela trilha gerada pela PcD1.

Os locais pelos quais a PcD1 se deslocou, tais como lado da rua utilizado para deslocamento e os locais que atravessou a cada rua constituem informações que podem facilitar a rotina de PcDs com características semelhantes. A trilha gerada pela PcD2 fornece informações relevantes e mesmo que o recurso sobre interprete de LIBRAS não seja informada no modelo, o tempo de permanência no local e a reincidência na visita de surdo no mesmo local, indica a possibilidade de haver um recurso útil. No terceiro cenário parte do trajeto percorrido pela PcD3 é equipado com piso tátil, neste a PcD se desloca em uma velocidade ligeiramente maior, fazendo com que os pontos da trilha fiquem mais espaçados. Com a identificação desta alteração na velocidade de deslocamento o modelo pode ajudar outros cegos, indicando o recurso no mapa, por meio de sintetizadores de voz.

5.2 Simulação e testes

A simulação gerou as interações das pessoas tomando como base latitude e longitude reais. Foram considerados 125 agentes (PcDs) posicionadas nas regiões residenciais, na periferia do mapa. No início do dia os agentes da simulação se deslocaram para uns dos 43 locais de trabalho. Ao final do dia alguns agentes se deslocavam para sua residência, outros se deslocavam para um dos 37 locais de lazer.

Os dados da simulação foram exportados para um arquivo no formato *Comma Separated Value* (CSV), para depois serem enviados ao MASCserver. O período de simulação foi 7 dias, ao todo foram gerados 270.000 registros de histórico, formando as trilhas. Foram inseridos atributos manualmente, para completar as informações geradas na simulação, como exemplo, a deficiência de cada agente, e-mail, idade e peso.

5.3 Testes de desempenho

Durante o envio dos dados para o MASCserver foi realizado monitoramento do tempo de resposta. Todos testes foram assíncronos, concorrentes, sendo que o tempo de resposta foi considerado desde o envio da requisição até seu recebimento [13] pelo cliente. Foram executados 125 processos em paralelo, sendo que cada um ficou responsável por enviar 2160 registros do arquivo CSV.

A média observada para o tempo de resposta foi 286 ms (milissegundos), o menor tempo de resposta foi 164, mesmo que o maior tempo de resposta tenha sido 33006 ms, o desvio padrão foi 858 ms. O total de requisições com tempo de resposta maior ou igual a 2000 ms foi 836 requisições. Descartando as requisições que levaram 2000 ms ou mais, pode-se considerar que o serviço atendeu 99,6904 % das requisições em menos de 2 segundos, valor aceitável para este tipo de aplicação [19]. Este percentual representa a garantia de que as informações para construção das trilhas serão armazenadas, pois a perda de 0,3096 % das requisições não compromete a construção das trilhas. As requisições que levaram 2000 ms ou mais, ficaram dispersas, indicando que as requisições não atendidas são apenas uma ou duas de cada trilha.

Além do teste para geração de trilhas, foi conduzido um teste para requisições de consultas ao MASCserver. Foi processada a rotina que será mais frequente nos testes de funcionalidade. A rotina realiza comparação da distância entre a posição atual da PcD e os recursos. Além disso a rotina faz junções (*RIGHT JOIN*) das tabelas para obter informações dos tipos de recursos e tipos de deficiências das PcDs. O

algoritmo responsável por este teste gerou *Threads* para simular PcDs. A medida em que eram iniciados os *Threads*, o tempo de resposta das requisições foi armazenado para análise. Foi definido que a cada 100 ms, mais 1 PcD iniciaria requisições ao MASCserver. Cada PcD realizava 1 requisição a cada 5 segundos. O teste tinha por objetivo identificar qual o máximo de PcDs suportadas, desta forma ao identificar a primeira requisição sem retorno, o teste foi finalizado. Ao final do teste, 415 *Threads* haviam sido gerados. O total de requisições atendidas foi 1925 em 42 segundos.

Com os dois testes apresentados conclui-se que o MASCserver atendeu as requisições para gravação das informações das trilhas e atendeu as requisições de consultas. O servidor suportou o envio de informações sobre trilhas geradas pelos 125 agentes da simulação e atendeu requisições de consultas para 415 agentes.

5.4 Testes de funcionalidade

Os testes de funcionalidade consistiram em atender serviços de acessibilidade para PcDs, profissionais da área da saúde e administração pública.

5.4.1 Serviços para PcDs

O serviço para este teste recebe como parâmetro um ponto de início, e-mail e ponto de fim, conforme exemplo na última linha da Tabela 3. Ao receber esta entrada o *web service* busca pontos próximos do ponto de início, e monta a trilha de cada ponto encontrado. São consideradas apenas trilhas de PcDs com perfil semelhante ao PcD requisitante, comparando idade, peso e tipo de deficiência da pessoa. Começando pela trilha mais próxima, é realizada a verificação se ao longo desta existe um ponto próximo (10 metros) ao ponto de fim, se existe, esta trilha é indicada e o MASCserver retorna a trilha. Na Figura 6 é apresentado um mapa com o resultado desta busca.

5.4.2 Serviços para Profissionais da Saúde

O serviço disponível na URI /saude recebe um identificador seguido de um texto. Identificador 0 e e-mail de uma PcD ou identificador 1 e um tipo de deficiência ou identificador 2 e uma lista de e-mail de PcDs. O resultado são pontos com a última posição registrada de cada PcD. Este serviço é destinado para monitoramento de PcDs, seja para familiares ou para profissionais da saúde monitorar diversas PcDs simultaneamente. Na Tabela 4 são apresentados três exemplos deste serviço.

5.4.3 Serviços para Administração Pública

Foram desenvolvidos dois serviços para este teste. O primeiro recebe o e-mail de uma PcD e uma data, retorna uma lista com os pontos que a PcD se deslocou na data informada. Na Tabela 4 linha /adm1 é apresentado exemplo deste serviço. A quantidade de pontos foi limitada em 4.

O segundo serviço recebe um ponto e uma distância que será utilizada como raio. Tais informações delimitam uma área circunferencial para buscar as rotas que passam nesta. Para cada ponto encontrado na circunferência, é formada sua trilha. Na última linha da Tabela 4 é apresentado exemplo deste serviço. Com este serviço a prefeitura da cidade pode identificar o fluxo de PcDs para instalação de equipamentos de acessibilidade, dimensionar recursos no transporte público, providenciar instalação de equipamentos de segurança em locais que se concentram mais PcDs, alocar

Figura 6: Serviço para PcDs, mapa com rota acessível.



Tabela 4: Serviços para profissionais da saúde e administração pública

URI	Exemplo	Parâmetros	Exemplos de Retorno
/saude	e-mail de uma PcD	0; marcelo@server.com;	marcelo@server.com; 2015-10-27 22:15:05; LAT14, LONG14;
/saude	por deficiência	1; Membros Inferiores;	blanch@server.com; 2015-10-31 06:42:10; LAT15;LONG15; wukong@server.com; 2015-10-26 23:55:00; LAT18;LONG18;
/saude	lista de e-mail	2; rusa@server.com; sophie@server.com; tapah@server.com;	rusa@server.com; 2015-10-26 23:55:00; LAT19;LONG19; sophie@server.com; 2015-10-26 23:55:00; LAT20;LONG20; tapah@server.com; 2015-10-26 23:55:00; LAT23;LONG23;
/adm1	trilha de PcD	blanch@server.com; 2015-10-31;	1;LAT24;LONG24; 2;LAT25;LONG25; 3;LAT26;LONG26; 4;LAT27;LONG27;
/adm2	área circunferencial	LAT28; LONG28; 12;	n conjuntos, conforme formato do serviço /adm1

guardas e agentes de segurança em locais estratégicos, identificar locais para instalação de rampas de acesso e previsão

de fluxo para tomada de decisão [2].

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Esse artigo apresentou o MASC. Sua contribuição consiste na oferta de trilhas para acessibilidade com base nas interações das PcDs. O MASC gerencia recursos estáticos e dinâmicos, utilizando computação em nuvem e sensores. Como o modelo é genérico, o mesmo pode atender diferentes tipos de PcDs, tais como: deficiência visual, deficiência auditiva, deficiência mental, idosos, limitações nos membros inferiores e limitações nos membros superiores.

O modelo pode ser aplicado em larga escala, atendendo demandas das cidades inteligentes. As tecnologias adotadas no protótipo são de padrão aberto, tanto software quanto hardware, sendo possível sua integração em qualquer cidade.

Como trabalhos futuros destaca-se a necessidade de segmentar o armazenamento dos dados, a fim de garantir buscas otimizadas. Também são trabalhos futuros o desenvolvimento de novas funcionalidades no AsP e no Site Web.

Além de suporte na área de acessibilidade, as trilhas podem colaborar em outros segmentos, tais como turismo, transporte, logística e planejamento urbano. Na área do turismo, pessoas que visitam um local pela primeira vez podem ser orientadas com base em trilhas geradas por guias turísticos ou equipes de agências de viagens. No transporte público as trilhas geradas em tempo real podem ser utilizadas para monitoramento e segurança das cargas, além de identificar o fluxo de cada local a ser visitado. Na área de logística a interpretação das rotas realizadas podem indicar fatores importantes para otimização das entregas, tais como caminhos mais curtos e com menos fluxo, rotas mais seguras, junção de veículos em uma mesma trilha para aproveitamento de investimentos em segurança. No planejamento urbano as situações de proveito do modelo vão desde monitoramento de multidões em eventos até o dimensionamento de investimentos em recursos públicos.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a PROSUP/Brasil (Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares) ³ pela bolsa concedida. Fica registrado o agradecimento à Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS ⁴ pelo suporte acadêmico ao trabalho.

8. REFERÊNCIAS

- [1] AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials. A policy on geometric design of highways and streets. 2001.
- [2] R. A. Afonso, C. H. Nascimento, V. C. Garcia, and A. Álvaro. Smartcluster: Utilizando dados públicos para agrupar cidades inteligentes por domínios. *XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 691–694, 2015.
- [3] P. C. Albarello. Controle de acesso sensível ao contexto baseado na inferência em trilhas. Master thesis, University of Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Applied Computing Graduate Program (PIPCA), São Leopoldo, Brazil, 2013.

³<http://www.capes.gov.br/bolsas/bolsas-no-pais/prosup>

⁴<http://www.unisinos.br>

- [4] W. H. F. Aly. MND WSN for helping people with different disabilities. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, (489289), 2014. doi:10.1155/2014/489289.
- [5] L. Anthopoulos and P. Fitsilis. From digital to ubiquitous cities: Defining a common architecture for urban development. In *Intelligent Environments (IE), 2010 Sixth International Conference on*, pages 301–306, Jul 2010. doi:10.1109/IE.2010.61.
- [6] IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- [7] C. A. Costa. *Software Infrastructure for Ubiquitous Computing: A Context-aware Service-based Approach*. VDM Verlag, Saarbrücken, Germany, 2009.
- [8] A. K. Dey. Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Comput.*, 5(1):4–7, Jan. 2001. doi:10.1007/s007790170019].
- [9] H. B. M. Diniz, E. C. G. F. Silva, and K. S. Gama. Uma arquitetura de referência para plataforma de crowdsensing em smart cities. *XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 87–94, 2015.
- [10] A. G. R. Falcão, C. d. S. Baptista, and L. C. Menezes. Crowd4city: Utilizando sensores humanos como fonte de dados em cidades inteligentes. *VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 144–149, 2012.
- [11] H. Fernandes, V. Filipe, P. Costa, and J. Barroso. Location based services for the blind supported by rfid technology. *Procedia Computer Science*, 27(0):2 – 8, 2014. 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, DSAI 2013. doi:10.1016/j.procs.2014.02.002].
- [12] G. Kbar, S. Aly, I. Elsharawy, A. Bhatia, N. Alhasan, and R. Enriquez. Smart Help at the Workplace for Persons with Disabilities (SHW-PWD). *International Journal of Computer, Control, Quantum and Information Engineering*, 9(1):84 – 90, 2015.
- [13] E. Kim. Oasis advancing open standards for the information society. Disponível em: <http://docs.oasis-open.org/wsrm/WS-Quality-Factors/v1.0/WS-Quality-Factors-v1.0.html>. Acesso em: 15 janeiro de 2016, 2012. Web Services Quality Factors Version 1.0.
- [14] H. K. Kim. Convergence agent model for developing u-healthcare systems. *Future Generation Computer Systems*, 35(0):39 – 48, 2014. Special Section: Integration of Cloud Computing and Body Sensor Networks; Guest Editors: Giancarlo Fortino and Mukaddim Pathan. doi:10.1016/j.future.2013.10.025].
- [15] T. D. Le, S. H. Kim, M. H. Nguyen, D. Kim, S. Y. Shin, K. E. Lee, and R. d. R. Righi. Epc information services with No-SQL datastore for the Internet of Things. In *RFID (IEEE RFID), 2014 IEEE International Conference on*, pages 47–54, Orlando, FL, USA, April 2014. IEEE. doi:10.1109/RFID.2014.6810711.
- [16] M. Martin and P. Nurmi. A generic large scale simulator for ubiquitous computing. In *Third Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, 2006 (MobiQuitous 2006)*, San Jose, California, USA, Jul 2006. IEEE Computer Society. doi:10.1109/MOBIOQ.2006.340388.
- [17] M. V. L. Martins. Frametrail: um framework para o desenvolvimento de aplicações orientadas a trilhas. Master thesis, University of Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Applied Computing Graduate Program (PIPCA), São Leopoldo, Brazil, 2011.
- [18] S. Mirri, C. Prandi, P. Salomoni, F. Callegati, and A. Campi. On combining crowdsourcing, sensing and open data for an accessible smart city. In *Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST), 2014 Eighth International Conference on*, pages 294–299, Oxford, Sept 2014. IEEE. doi:10.1109/NGMAST.2014.59.
- [19] I. Molyneaux. The art of application performance testing. from strategy to tools. *SciTech Book News*, 2014.
- [20] M. I. S. Oliveira, K. S. Gama, and B. F. Lóscio. Waldo: Serviço para publicação e descoberta de produtores de dados para *Middleware* de cidades inteligentes. *XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 71–78, 2015.
- [21] R. Petrolo, V. Loscrí, and N. Mitton. Towards a smart city based on cloud of things. In *Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Wireless and Mobile Technologies for Smart Cities, WiMobCity '14*, pages 61–66, New York, NY, USA, 2014. ACM. doi:10.1145/2633661.2633667].
- [22] W. Qin, Y. Shi, and Y. Suo. Ontology-based context-aware middleware for smart spaces. *Tsinghua Science & Technology*, 12(6):707–713, 2007.
- [23] D. d. S. Souza, P. C. Silveira, J. Oliveira, G. Fogaça, and J. M. Souza. Estudo da aplicação de uma abordagem de disseminação oportunística de dados no cenário de cidades inteligentes. *VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 61–66, 2012.
- [24] J. Tavares, J. L. Barbosa, I. Cardoso, C. A. Costa, A. C. Yamin, and R. Real. Hefestos: an intelligent system applied to ubiquitous accessibility. *Universal Access in the Information Society*, pages 1–19, 2015. doi:10.1007/s10209-015-0423-2].
- [25] G. C. Vanderheiden. Ubiquitous accessibility: Building access features directly into the network to allow anyone, anywhere access to ubiquitous computing environments. In C. Stephanidis, editor, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments*, volume 5615 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 432–437, San Diego, CA, USA, 2009. Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-02710-9_47].
- [26] A. Wagner. Um modelo para gerenciamento de perfis de entidade através de inferência em trilhas. Master thesis, University of Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Applied Computing Graduate Program (PIPCA), São Leopoldo, Brazil, 2013.
- [27] M. Zhou, R. Zhang, D. Zeng, and W. Qian. Services in the cloud computing era: A survey. In *Universal Communication Symposium (IUCS), 2010 4th International*, pages 40–46, Beijing, China, Oct 2010. doi:10.1109/IUCS.2010.5666772.