

Otimizando a Fase de Treinamento para Localização Física de Dispositivos

Leandro F. Pasetto¹, Dione Taschetto², Rogério Turchetti¹

¹Centro Universitário Franciscano (UNIFRA)
Núcleo de Tecnologia em Informática – NTI
Rua dos Andradas, 1614 - 97010-032 – Santa Maria – RS – Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
Av. Ipiranga, 6681 – 90619-900 – Porto Alegre – RS – Brasil.

{leandropasetto,dionetaschetto}@gmail.com, turchetti@unifra.br

Resumo. *Este trabalho aborda o problema da localização de dispositivos móveis sem o uso de hardware específico. É apresentado um middleware que auxilia na localização física de dispositivos e na otimização da fase de calibragem num ambiente real de computação pervasiva através da utilização de sniffers. Nossos resultados experimentais mostraram que a proposta é válida no sentido de prover um serviço para tratar o impasse do grande tempo despendido para a fase de calibragem.*

1. Introdução

Com o crescimento da computação móvel e do uso cada vez maior de dispositivos portáteis como *notebooks* e *handhelds*, criam-se ambientes munidos de dispositivos computacionais e com comunicação sem fio. Com isso, surge a possibilidade de acesso à informação a qualquer hora em qualquer lugar e de se obter benefícios como a disponibilidade de recursos, a partir da localização e acesso a estes dispositivos.

Quando Mark Weiser, em 1991 [WEISER, 1991], descreveu de forma quimérica este mundo de computação móvel que começamos a viver hoje, estes dispositivos interagiam naturalmente com as pessoas, de tal forma que passavam a fazer parte deste ambiente. Neste contexto, surge o termo computação ubíqua, hoje também chamada de computação *pervasiva*.

Uma necessidade dos ambientes *pervasivos* é o fato de que as aplicações devem ser adaptativas por natureza [BONATTO, 2005]. Isto implica que o computador esteja inserido no ambiente de forma invisível para o usuário. Nesta concepção, o computador deve ter a capacidade de obter informação do ambiente no qual ele está embutido e utilizá-la para, dinamicamente, construir modelos computacionais, ou seja, configurar e ajustar a aplicação para melhor atender às necessidades do dispositivo ou usuário.

Uma questão de bastante interesse em uma aplicação *pervasiva* são os sistemas de localização [BONATTO, 2005; FRANCO, 2007; BARBOSA, 2007; HIGHTOWER, 2006]. Diversos trabalhos propõem o sistema de localização física através da adição de hardware especializados. Por este motivo buscou-se, inicialmente, propor um serviço para localização física para redes *wireless* [PASETTO, 2008].

No entanto, observou-se que há um grande tempo despendido para executar a fase de calibragem. Esta fase implica em um conhecimento prévio das intensidades dos sinais em vários pontos da área implementada, algumas vezes denominada de matriz ou *grid* de intensidades de sinais. Para resolver este impasse, propõe-se a otimização da fase de calibragem através de um sistema de localização baseado em *sniffers*, formados por um computador com adaptador de rede sem fio e o software *sniffer*, que monitoram a rede e extraem informações necessárias à localização, semelhante ao encontrado em [NUNES, 2006], a qual propõe a utilização de *sniffers*.

Em outras palavras, com a utilização deste método não há necessidade desta etapa de calibragem inicialmente apresentada, o que reduz consideravelmente o esforço inicial. Basta apenas que os dispositivos fixos do ambiente, como o(s) AP(s) e computadores utilizados na função de *sniffer*, sejam mapeados. O serviço proposto denomina-se *Middleware de Inferência para Localização* (MIL), e oferece localização física para aplicações *pervasivas*, que comumente necessitam deste tipo de serviço. Com a finalidade de validar a proposta, o serviço é comparado ao sistema com fase de calibragem e outros sistemas encontrados na literatura.

Este artigo está organizado como segue. A seção 2 apresenta um referencial teórico sobre computação *pervasiva*. A seção 3 detalha o serviço MIL, os resultados experimentais são mostrados na seção 4. Por fim, na seção 5 apresentam-se as considerações finais.

2. Computação Pervasiva

Segundo [SATYANARAYANAN, 2001], a computação *pervasiva* tem como objetivo fornecer um acesso uniforme e imediato às informações aos usuários e, transparentemente, suportar a execução de suas tarefas. Assim, uma variedade de dispositivos móveis e estáticos dinamicamente se conectam, reagem ao ambiente corrente, e se coordenam para auxiliar o usuário na realização de suas tarefas [DA SILVA, 2006]. Desta interação surge a capacidade

de computadores agirem de forma “inteligente” no ambiente ao qual pertencemos, um ambiente povoado por sensores e serviços computacionais.

Nos últimos anos a computação móvel e ubíqua vem sendo potencializada pelos sistemas de Localização [HIGHTOWER, 2006]. Nesta frente de pesquisa vários projetos abordam a utilização de tecnologias de localização, tanto lógica [BONATTO, 2005], como física [RUBINSZTEJN, 2004; NUNES, 2006; HIGHTOWER, 2006; TASCHETTO, 2007; BARBOSA, 2007]. Estas informações sobre o posicionamento dos dispositivos podem ser obtidas através da intensidade do sinal de antenas *wireless* ou por satélites, o que é o caso do GPS.

A rápida proliferação de antenas *wireless* torna previsível uma crescente precisão na localização, estimulando a criação de serviços especializados [MOBILEIN,2007], ou seja, serviços baseados em localização.

3. Descrição do *Middleware* de Inferência para Localização (MIL) e Questões Sobre Mapeamento

O serviço proposto pode ser visto como um *middleware*, ou seja, uma camada que fica entre a aplicação *pervasiva* e o sistema operacional. O MIL faz uso da intensidade do sinal captado pelos dispositivos no ambiente, para possível localização.

A Figura 1 apresenta a arquitetura deste serviço, onde a aplicação *pervasiva* implementa uma interface fornecida pelo serviço MIL, permitindo que a camada superior envie informações iniciais, por exemplo, precisão de localização (denominada margem de erro), determinar o contexto da aplicação, ou seja, baseando-se no grau de variação do sinal do ambiente, pode-se definir valores para o cálculo que será apresentado na Equação (1).

O módulo “configurador”, recebe e retorna informações para a aplicação superior, o “gerenciador de requisições” é responsável por se comunicar com o “gerador de amostras” com a finalidade de realizar o mapeamento da região requisitada. Além disso, o gerenciador de requisições recebe a intensidade do sinal através de troca de informações com o *kernel* do sistema operacional, as intensidades são informações que permitem a localização do dispositivo. Maiores detalhes sobre seu funcionamento pode ser visualizado em Pasetto (2008).

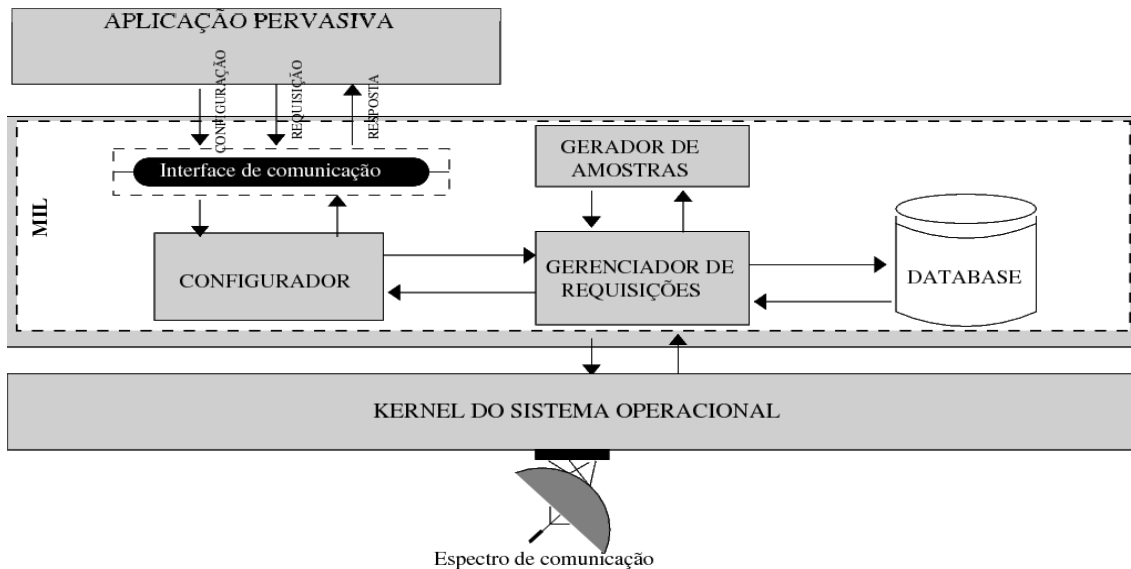


Figura 1 – Arquitetura implementada pelo (MIL)

Para facilitar a compreensão do funcionamento da rede no ambiente, a Figura 2 ilustra um cenário no qual se utilizam quatro computadores com interface de rede sem fio (pc1, pc2, pc3 e pc4) e sinais sobrepostos.

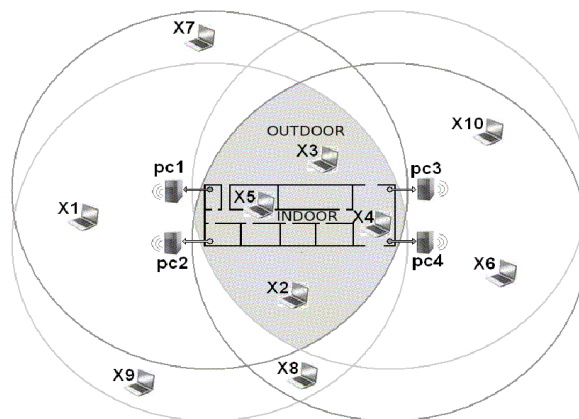


Figura 2 – Cenário com abrangência de sinais para acesso à rede

Percebe-se, na Figura 2, que caso deseja-se estabelecer uma conexão neste ambiente, de acordo com a regra de somente permitir acesso à aplicação *pervasiva*, àqueles dispositivos que estiverem dentro da região mapeada, é necessário que os dispositivos móveis estejam no alcance de todos os pontos de acesso (pc1, pc2, pc3 e pc4). Tal situação ocorre com os dispositivos representados por X2, X3, X4 e X5. Observa-se, também, que mesmo este critério sendo satisfeito algumas regiões fora da região *indoor* também apresentam alcance dos quatro sinais, como nos dispositivos X2 e X3. Sendo assim, cada ponto de acesso deve

mapear a intensidade do sinal em dBm (*miliwatt decibel*) e então definir qual a intensidade mínima necessária para o dispositivo estabelecer a conexão. Nesta abordagem, é necessário dispor de no mínimo três pontos de acesso (denominado triangulação) para obter resultados satisfatórios.

4. Descrição da Proposta

A proposta utilizando *sniffers* exclui a necessidade da utilização de diversos APs (*access point*), bastando apenas que estejam ao alcance de um AP de referência. Mesmo já reduzindo custos com equipamentos, esta abordagem também se beneficia com uma maior área de cobertura do sinal. Outro benefício é que ao capturar os pacotes da rede, pode-se localizar qualquer dispositivo sem a necessidade da instalação prévia de uma determinada aplicação.

Sua funcionalidade dá-se da seguinte forma: para cada uma das estações sem fio, o *sniffer* deve detectar e estimar os valores de RSSI. Também fica responsável por medir o sinal do AP de referência. Os *sniffers* ao monitorarem a rede, devem extrair informações como RSSI e endereço físico (MAC ADDRESS) do dispositivo transmissor, esta estratégia pode ser visualizada em NUNES (2006). Diferente do método utilizado pelo autor, no qual usa-se o RSSI médio calculado durante um intervalo de tempo, em nossa proposta, com a finalidade de amenizar as distorções de sinal do ambiente, utilizamos um modelo matemático baseado em séries temporais denominado de preditor LPF (*Low Pass Filter*). Outra diferença é que utilizamos um cálculo de normalização para tratar o problema de diferentes intensidades de sinais, observado em algumas interfaces de redes implementadas por diferentes fabricantes.

Como citado na seção 1, inicialmente o MIL necessitava da execução de uma fase de calibragem. Assim, foram coletadas nos testes amostras com dez e com trinta varreduras para cada um dos 30 pontos na fase de calibragem. O tempo despendido para esta tarefa de calibragem foi de aproximadamente 4 horas para uma área com tamanho médio de 10x12 metros, pois tratava-se de um esforço manual para coleta. Além do tempo gasto para a fase de calibragem, há casos em que devido a mudanças no ambiente, esta fase precisa ser refeita, o que gera um custo/benefício elevado ao sistema. Isto justifica o baixo custo de tempo exigido pelo sistema com *sniffers*.

Foi observado na realização das varreduras das intensidades do sinal, que alguns valores apresentavam discrepância quando comparados com os demais. Para resolver este problema,

a solução é adotar um modelo matemático baseado no preditor LPF (*Low Pass Filter*) (Equação 1) apresentado por Nunes (2004), outro diferencial de nossa proposta. Este modelo filtra o comportamento transiente de certos valores, dando um peso maior ao valor médio dos dados considerados não transientes. Na aplicação da Equação 1, este método utiliza uma constante de alisamento α que pode variar de 0 a 1, sendo que valores baixos de α reduzem o impacto de valores transientes sobre o valor estimado. Escolher um valor para α próximo a 1 torna a média ponderada imune às alterações de curta duração. Escolher um valor para α próximo a zero faz com que a média ponderada reaja muito rapidamente às alterações por intervalos [COMER, 2000]. A função baseada no preditor LPF e adaptada para o modelo em questão é apresentada a seguir:

$$A = \alpha * Au + (1 - \alpha) * Am \quad (1)$$

O termo Au da equação representa o último valor obtido entre as amostras, enquanto que Am representa a média entre todas as amostras obtidas e A é o resultado adotado usando o modelo LPF. O valor de α sugerido por Nunes (2004) é '0,125', resultando assim num filtro passa baixa.

Uma dificuldade apresentada durante a coleta dos valores das amostras nos pontos pré-definidos, é que os dispositivos móveis a serem localizados podem estar usando interfaces de rede sem fio com intensidades diferentes, o que pode causar distorção nos resultados. Este tipo de tratamento existente em nossa proposta, a torna mais confiável que a apresentada por NUNES (2006), onde não há qualquer relação a este tipo de problema. Devido a esta diferença na potência, surge a necessidade de encontrar um valor único para cada ponto, independentemente da intensidade de sinal.

Assim, é possível realizar um cálculo proporcional, que normaliza esses valores. Desta forma divide-se cada valor obtido pelos sniffers e ponto de acesso de referência, por exemplo: (-38,2dBm, -64,8dBm e -70dBm) pelo menor valor entre eles (-70dBm). Realizando o mesmo para os valores da outra placa (-30,56dBm, -51,84dBm e -56dBm) teremos resultados iguais, independente do tipo de placa de rede utilizada no dispositivo móvel, o que não compromete os resultados apresentados. Observe a comparação em relação às amostras coletadas para a amostra A11 e o dispositivo (*Notebook*) definido na última linha da Tabela 1. O que

comprova que não há necessidade de se usar dispositivos padrões, pois mesmo com *hardware* distinto, seus resultados após a normalização obtiveram os mesmos valores.

Tabela 1 – Valores normalizados em determinadas amostras coletadas no mapeamento

| Amostras | Valores Obtidos | | | Valores Normalizados | | |
|----------|-----------------|----------|----------|----------------------|-------|-------|
| | PC1 | PC2 | PC3 | PC1 | PC2 | PC3 |
| A7 | -51,6000 | -67,7779 | -62,8000 | 0,761 | 1,000 | 0,927 |
| A8 | -45,2000 | -66,8000 | -56,8000 | 0,677 | 1,000 | 0,850 |
| A9 | -45,0000 | -63,4000 | -64,0000 | 0,703 | 0,991 | 1,000 |
| A10 | -36,6000 | -67,4000 | -69,4284 | 0,527 | 0,971 | 1,000 |
| A11 | -38,2000 | -64,8000 | -70,0000 | 0,546 | 0,926 | 1,000 |
| A12 | -51,6000 | -65,4000 | -70,8889 | 0,728 | 0,923 | 1,000 |
| A13 | -60,8000 | -63,8000 | -63,8000 | 0,953 | 1,000 | 1,000 |
| A14 | -48,2857 | -73,6000 | -50,8000 | 0,656 | 1,000 | 0,690 |
| Notebook | -30,5600 | -51,8400 | -56,0000 | 0,546 | 0,926 | 1,000 |

Há a possibilidade de cada aplicação que utilizar o serviço MIL, informar uma faixa de erro que será tolerável para a localização, os quais variam de 0,01 a 0,90. Valores próximos a 0,90 podem retornar quantidade muito grande de amostras. Desta forma, sugere-se que cada aplicação utilize a margem de erro que julgar necessário.

5. Considerações Finais

A realização deste trabalho mostrou que o serviço proposto permite localizar dispositivos móveis através da medição de intensidades de sinal captadas. Entretanto observou-se que um problema a ser tratado é a otimização no tempo despendido para a fase de calibragem. Assim foi abordado um sistema baseado em *sniffers*, onde o custo/benefício em relação ao tempo gasto na fase de calibragem é completamente eliminado. Tal proposta foi baseada em NUNES (2006) com algumas melhorias, como, por exemplo, o uso do preditor LPF baseado em séries temporais ao invés da média aritmética. Essa troca permite uma maior precisão já que o erro quadrático médio é menor do que o da média aritmética simples [PEDEBOS, 2007]. Além disso foi utilizado um cálculo de normalização para resolver o problema do mapeamento com intensidades de sinais diferentes. Observa-se também, que utilizando métricas no erro das estimativas seria algo difícil a ser comparado entre as técnicas, devido a diferença entre locais onde os experimentos foram realizados.

6. Referencial Teórico

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. In: Scientific American, 1991.

BONATTO, D. T. et al. PHolo: Uma Arquitetura para a Computação Pervasiva Utilizando o Holoparadigma. In: VI Workshop em Sist. Comp. de Alto Desempenho. Rio de Janeiro, 2005.

FRANCO, L. K., BATISTA, M. H. E., BARBOSA, J. L. Utilização de uma Arquitetura de Suporte a Mobilidade para o Desenvolvimento de Jogo Ubíquo. In: VI Simp. Bras. de Jogos para Comp. e Entretenimento Digital. São Leopoldo, RS, Brasil. 2007.

BARBOSA, J. et al. Computação Móvel e Ubíqua no Contexto de uma Graduação de Referência. In: Revista Brasileira de Informática na Educação – SBC. v.15, n. 3. 2007

HIGHTOWER, J.; LA-MARCA, A.; SMITH, I. Practical Lessons from Place Lab - IEEE Pervasive Computing. In: IEEE Pervasive Computing and IEEE Computer Society. v. 5, n. 3, p. 32–39. Los Alamitos, 2006.

SATYANARAYANAN, M. Pervasive computing: vision and challenges. Personal Communications, IEEE. v. 8, n. 4, p. 10–17. Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, 2001.

DA SILVA, F. A. B. et al. Consciência do contexto do aprendiz em um ambiente de educação pervasiva. In: Revista Novas Tecnologias na Educação Renote. v. 4, n. 1, p. 1–8. Porto Alegre, 2006.

TASCHETTO, D.; PIVETTA, P. J. P.; TURCHETTI, R. C. Estimativa de Posicionamento para Dispositivos Wireless. In: XXII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. Passo Fundo, 2007.

RUBINSZTEJN, H. K. et al. Support for Context-aware Collaboration. In: First international Workshop on Mobility aware Technologies and Applications, 2004.

MOBILEIN Technologies. Location Based Services (LBS). (2007) Jun [Online] Available: <http://www.mobilein.com/location/based/services.htm>

COMER, D. E. Internet working with TCP/IP Principles, Protocols, and Architecture. Prentice Hall, 4th ed. v.1. 2000.

GIACOMIN, J. C.; Vasconcelos, F. H. Qualidade da medição de intensidade de sinal nas comunicações de uma rede de sensores sem fios: Uma abordagem da camada física. In: INFOCOMP - Journal of Computer Science. p. 83–92. 2006.

GUANG-YAO, J.; XIAO-YI, L; MYONG-SOON, P. An Indoor Localization Mechanism Using Active RFID Tag SUTC '06: Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing – v. 1 (SUTC'06) 2006 p. 40–43 IEEE Computer Society Washington.

NUNES, R. C.; JANSCH-PÔRTO, I. QoS of timeout-based self-tuned failure detectors: The effects of the communication delay predictor and the safety margin. In DSN p 753–761. 2004.

NUNES, B. A. A. Um Sistema de Localização para Redes Wi-fi Baseado em Níveis de Sinal e Modelo Referenciado de Propagação. 81p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia de Sistemas e Computação. 2006.

PASETTO, L. F.; SANTOS, V.; TASCHETTO, D.; TURCHETTI, R. ; LIBRELOTTO, G. Suporte à Localização Física de Dispositivos Móveis para Aplicações Pervasivas. In: Revista do CCEI – Centro de Ciências da Economia e Informática. 2008.

PEDEBOS, Gabriel ; TURCHETTI, Rogério C. Proposta de Integração de um Serviço Detector de Defeitos Adaptativo ao Kernel do Linux. In: VIII Workshop de Software Livre, 2007, Porto Alegre. 2007. p. 51-56.