

# Proposta de uma Arquitetura Orientada a Serviços Web para Sistemas de Localização RFID

Rafael de Amorim Silva, Leandro de Melo Sales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Computação – Universidade Federal de Alagoas (UFAL)  
Caixa Postal 95 -- 57072-970 -- Maceió -- AL -- Brasil  
{rafael,leandro}@ic.ufal.br

**Abstract.** *The proliferation of mobile devices and short-range wireless technologies have impacted in the development of indoor location systems based on radio-frequency signals. This paper describes a web service-based mechanism in order to provide location information in these environments. The proposed mechanism provides a simple interface for web developers to access this information, adopting the RFID technology for location of objects. The development of this web service contributes for applications that might utilize accurate location information of objects in residences, enabling that users increase the control over devices spread by indoor environments.*

**Resumo.** *O crescimento de dispositivos móveis e tecnologias sem fio de curto alcance tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de localização para ambientes internos baseados em sinais de radiofrequência. Este artigo descreve um serviço web para disponibilizar informações de localização nestes ambientes. O mecanismo proposto fornece uma simples interface para desenvolvedores web acessarem tais informações, adotando a tecnologia RFID para localização de objetos. A implementação deste serviço contribui para que as aplicações possam utilizar informações acuradas sobre a localização de objetos em residências, permitindo que os usuários aumentem o controle sobre os dispositivos espalhados em um ambiente interno.*

## 1. Introdução

Um sistema de localização é formado por dispositivos e algoritmos que permitam estimar as coordenadas de um objeto tanto em ambientes internos quanto externos. Tal estimativa deve prover uma localização aproximada de um objeto físico em um determinado ambiente. Existem várias aplicações que utilizam informações de localização para prover melhores interações aos usuários. Por exemplo, em aplicações para automação residencial, é comum ter ambientes internos divididos por áreas ou cômodos com vários objetos espalhados. Neste contexto, é relevante prover informações sobre quais objetos estão dentro de uma determinada área, beneficiando uma série de aplicações tais como programas sensíveis a contexto, segurança, entre outros.

Uma das tecnologias de transmissão sem fio mais promissoras para os sistemas de localização é a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) [1]. Embora

esta tecnologia utilize etiquetas para identificar objetos, o RFID apenas proporciona a identificação, sendo necessário desenvolver mecanismos adicionais no intuito de gerenciar a localização de um objeto. Uma das formas mais eficazes para oferecer acesso as informações de localização de forma pervasiva é através da utilização dos serviços *web* (*web services*). Tais serviços permitem que informações provenientes de um *software* ou de um *middleware* sejam acessadas e consumidas por aplicações *web*, proporcionando um acesso global destes serviços.

Este artigo propõe a elaboração de um serviço *web* denominado *Web Service-Based RFID Location* (WSRL) para disponibilizar estimativas de localização de objetos físicos em ambientes internos pela Internet. O objetivo deste artigo é fornecer um mecanismo que consiga ser acessado pelos usuários na Internet, sendo definido através da implementação de um sistema de auxílio a localização proposto em [7] e utilizando um serviço *web* para acessar informações de localização de um modo independente de linguagem de programação, *hardware* ou plataforma de *software*. A rede é composta por leitores, etiquetas de referência e ativas RFID e um servidor. O algoritmo de localização utiliza a intensidade de sinais para estimar o posicionamento de um determinado objeto, sendo tal informação acessada pelo *middleware* do sistema e repassada para as aplicações *web*. Como consequência, a implementação deste serviço contribui para que as aplicações possam utilizar informações acuradas sobre a localização de objetos em residências, permitindo que os usuários aumentem o controle sobre os dispositivos espalhados em um ambiente interno.

O restante deste artigo é organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para a compreensão deste trabalho. Em seguida, a Seção 3 relata alguns trabalhos relacionados com a temática deste artigo. A Seção 4 apresenta o mecanismo proposto, enfatizando os passos necessários para a sua distribuição. A Seção 5 apresenta algumas aplicações de uso, discutindo questões relativas a atuação de um serviço *web* para prover estimativas de localização de objetos em ambientes internos. Por último, a Seção 6 apresenta as considerações finais deste artigo, indicando possíveis direções futuras.

## **2. Sistemas de Localização RFID**

Segundo [7], os sistemas de localização podem operar em três modos distintos: infraestruturado, *ad hoc* ou autônomo. No modo infraestruturado, vários pontos de acesso são espalhados e usados para triangular e efetuar uma estimativa de localização. Em outras palavras, a estimativa de localização é feita com o auxílio de um controle central. A tecnologia GPS e redes celulares são exemplos de sistemas que operam neste modo. No segundo modo, a localização de pessoas ou objetos é realizada sem o apoio de uma infraestrutura. Ou seja, todas as entidades são objetos móveis com as mesmas características de transmissão, sendo que os nós se comunicam para produzir boas estimativas de localização. No modo autônomo, um objeto móvel tenta se localizar desenvolvendo estimativas em relação a uma posição anterior.

Portanto, fatores como a distância percorrida, a direção tomada e a velocidade influenciam no cálculo destas estimativas. Este modo é utilizado principalmente pelos sistemas de navegação de robôs em ambientes impossíveis de se instalarem infraestrutura de localização, como em explorações planetária, ações militares e ambientes de difícil acesso.

### **2.1 Técnicas de Localização**

Os sistemas de localização podem efetuar seus cálculos utilizando três técnicas de estimativas [5,7]: (i) a triangulação; (ii) a proximidade; e (iii) a análise de cenas.

**Triangulação** - Utiliza propriedades geométricas de triângulos e é estimada através das técnicas de lateração e angulação. A lateração calcula a posição de um objeto por medir a sua distância em relação a múltiplos pontos de referência. Este cálculo pode ser feito utilizando técnicas relativas ao tempo de chegada (ToA) e à diferença do tempo de chegada (TdoA) [7]. Por outro lado, a técnica de angulação consiste em estimar a localização de um objeto através do cálculo da direção de propagação de um sinal. A principal técnica utilizada neste tipo de localização é através do ângulo de chegada (AoA). Tais técnicas são descritas da seguinte maneira:

- A técnica ToA estima a localização de um objeto através da medição do tempo de propagação do sinal entre três ou mais pontos de referência. Cada ponto de referência deve calcular o tempo que um sinal se propaga até o objeto a ser localizado. A estimativa é feita considerando a intersecção das áreas calculadas pelos pontos de referência.
- A técnica TDoA calcula a diferença no tempo de chegada entre dois pontos de referência quando um sinal é emitido pelo objeto. A infraestrutura consiste em três ou mais pontos de referência e o objeto é responsável em efetuar o cálculo da estimativa de localização. Cada diferença é denotada por uma hiperboloide e a localização é feita através da intersecção entre duas ou mais hiperboloides.
- A técnica AoA é uma técnica que usa ângulos para estimar a localização de um objeto, calculando a direção da propagação do sinal. A infraestrutura possui dois ou mais pontos de referência. Cada ponto deve ter uma antena direcional para calcular ângulos de chegadas de sinais enviados pelo objeto a ser localizado. Estes pontos de referência têm um eixo principal que é usado como referência para medir os ângulos de chegadas. Além do mais, estes pontos podem ter informação sobre a orientação. Conhecendo a distância entre receptores e os ângulos em cada ponto de referência, a posição do objeto é estimada usando funções trigonométricas.

**Proximidade** - É uma técnica que determina a proximidade que um objeto se encontra de uma localização conhecida pelo sistema. As principais técnicas são a de detecção de contato físico, monitoramento de pontos de acesso por células e sistemas automáticos de identificação [7].

**Análise de cena** - Utiliza características de uma área observada de um ponto particular para a localização do objeto [7]. A cena pode ser imagens visuais ou fenômenos físicos. Geralmente, o processo de estimativa consiste em duas etapas: *offline* e *online*. Na fase *offline* (ou fase do calibramento), elabora-se um mapa com os níveis de energia do sinal do rádio de uma determinada área através da captura de padrões (conhecidos como *fingerprints*). Na fase *online*, deve-se comparar os níveis de energia de uma determinada localização com o mapa calibrado. O RSSI é armazenado em uma base de dados na forma de tuplas. Tais sistemas precisam de um forte calibramento para construir um *fingerprint* adequado. Se o ambiente for dinâmico, é importante que o sistema periodicamente faça um novo calibramento.

A Figura 1 ilustra as técnicas ToA, TdoA e análise de cenas, descritas anteriormente. Note que nas duas primeiras, utiliza-se o tempo de transmissão como forma de medir a localização de um dispositivo móvel, enquanto que na técnica de análise de cenas, a intensidade do sinal de radiofrequência é utilizada para realizar tal

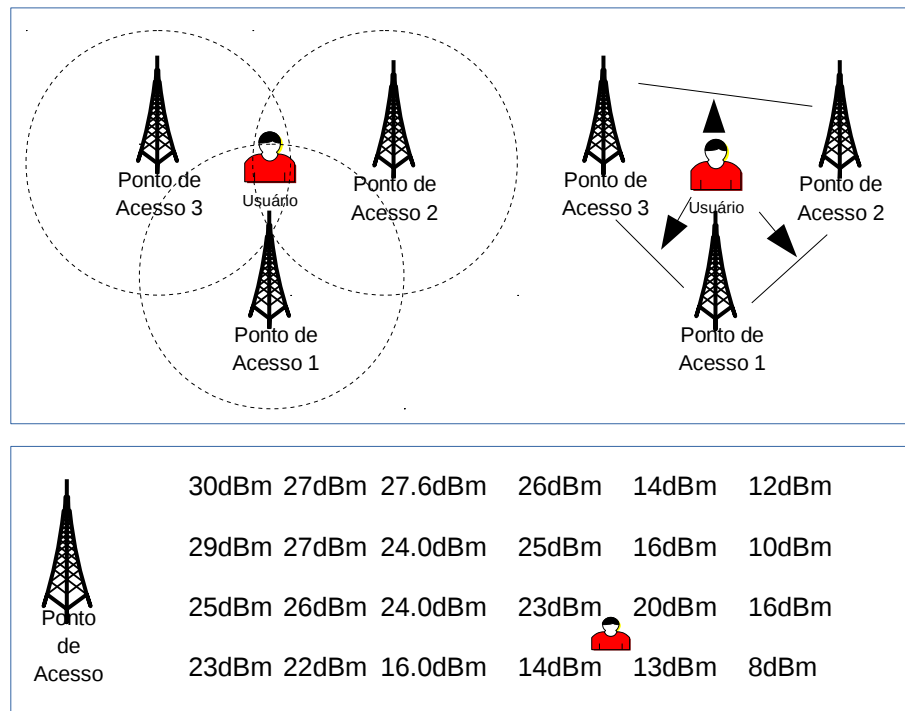


Figura 1. Técnicas de Localização (ToA, TDoA e Análise de Cenas) [7].

estimativa. Embora a maioria dos sistemas de localização implementem uma destas técnicas, é possível implementar mais de uma técnica em um sistema para prover melhor acurácia. Sistemas que aplicam mais de uma técnica, como por exemplo os híbridos ToA/AoA e TdoA/AoA podem aumentar a acurácia de uma estimativa de localização em diversos cenários [7].

## 2.2. A tecnologia de identificação por radiofrequência

O RFID identifica objetos usando ondas de radiofrequência, provendo uma cobertura maior do que outras tecnologias de identificação automática (e.g. código de barras, biometria e identificador de voz) [1,3,5,7]. Avanços recentes no campo de identificação por radiofrequência têm estimulado o surgimento de novas soluções para identificação de objetos e pessoas utilizando tal tecnologia. Devido à crescente procura pelos dispositivos, os fabricantes estão reduzindo os altos preços atribuídos as etiquetas e leitores, tornando a tecnologia mais acessível e viável para as empresas, indústrias e instituições científicas [7]. A tecnologia RFID opera em diferentes frequências, desde ondas longas de 135 KHz até as micro-ondas de 5,8 GHz. Padrões tais como ISO 18000 e seus derivados e a nova geração de etiquetas UHF padronizadas pela EPCglobal tem contribuído para a expansão desta tecnologia.

Um sistema RFID é composto por leitores e etiquetas [7]. Os leitores servem para procurar as etiquetas em seu alcance, requerendo a identificação das mesmas quando necessário. Os leitores normalmente são divididos em quatro partes: API do leitor, comunicação, gerenciador de eventos e subsistema de antenas. As etiquetas RFID são dispositivos capazes de armazenar e transmitir dados para um leitor, consistindo em antenas e um circuito eletrônico. Tais circuitos contém uma memória no qual os dados podem ser armazenados, escritos e lidos. As etiquetas são divididas em classes de funcionalidades: passiva (sem bateria), semi-passiva (uso interno da bateria) e ativa (uso da bateria para transmissão). Etiquetas ativas têm uma fonte de energia interna para

desempenhar tarefas especializadas, não sendo necessário a utilização da técnica de captação da energia do leitor (i.e. *backscattering*) para transmitir dados.

Um leitor requisita o código das etiquetas próximas ou daquelas que estão em sua área de alcance. As etiquetas processam estes sinais e transmitem o código único existente em cada etiqueta para o leitor. Tais sinais são capturados pela antena do leitor e processados pelo microprocessador, transformando o sinal em informação. O microprocessador decodifica e verifica possíveis erros de sinais. Os leitores são equipados com uma memória para armazenar dados tais como parâmetros de configuração ou lista das etiquetas identificadas [1,3,5].

### **3. Trabalhos Relacionados**

Alguns trabalhos propõem a utilização do RFID como meio de transmissão para sistemas de localização. Os autores em [1] propõem um sistema de localização para corrigir o problema do posicionamento de vários leitores RFID em um ambiente. Este trabalho relata um erro em torno de 1 metro com 50% de precisão. O erro máximo de estimativa encontrado é menor do que 2 metros. Vários trabalhos propõem melhorias ao sistema LANDMARC. Os autores em [2] propõem um novo mecanismo para reduzir a carga computacional do sistema. Este mecanismo diminui o número de etiquetas de referência mais próximas que estimam as etiquetas a serem localizadas.

Os autores em [3] apresentam uma plataforma de simulação baseada em RSSI para um sistema de localização RFID. Este trabalho apresenta melhores acurácias usando 8 etiquetas de referência mais próximas. Os autores em [4] apresentam o VIRE (*Virtual Reference Elimination*), uma abordagem de localização que alcança melhores posições do objeto alvo. Esta abordagem filtra posições indesejáveis sem adicionar etiquetas extra de referência. Resultados mostram que o método VIRE alcança uma melhor precisão de 17 à 73% em relação a abordagem LANDMARC. Os autores em [5] fazem uma avaliação de desempenho entre o LANDMARC e o algoritmo RSI (*RSSI Spatial Interpolation*). Este estudo indica alguns limites no uso destas técnicas em certos cenários.

Nibble [6] é um dos poucos trabalhos que lidam com um serviço de localização baseado em salas. Portanto, este sistema apenas alerta os usuários em qual sala o objeto localizável foi estimado, embora o mesmo não tente identificar em qual sala o objeto realmente está posicionado. Em aplicações orientadas a ambientes, erros de estimativa relatados pelos trabalhos acima podem dificultar a correta identificação da área ou sala em que o objeto está localizado. Nenhum destes trabalhos propõem o uso de serviços *web* para o acesso das informações de localização pela Internet. Tal uso é essencial para as aplicações modernas, pois há uma necessidade crescente de se gerenciar remotamente os objetos de uma casa.

### **4. Proposta de um Serviço Web para Localização RFID**

Este artigo propõe um serviço *web* denominado WSRL, que utiliza o sistema de auxílio a localização proposto em [7] como base e disponibiliza informações de localização de qualquer objeto inserido no ambiente investigado.

#### **4.1. Arquitetura de Rede**

A infraestrutura da rede é composta por leitores RFID, etiquetas de referência e etiquetas ativas (associadas com o respectivo objeto) e um servidor. A Figura 2 ilustra

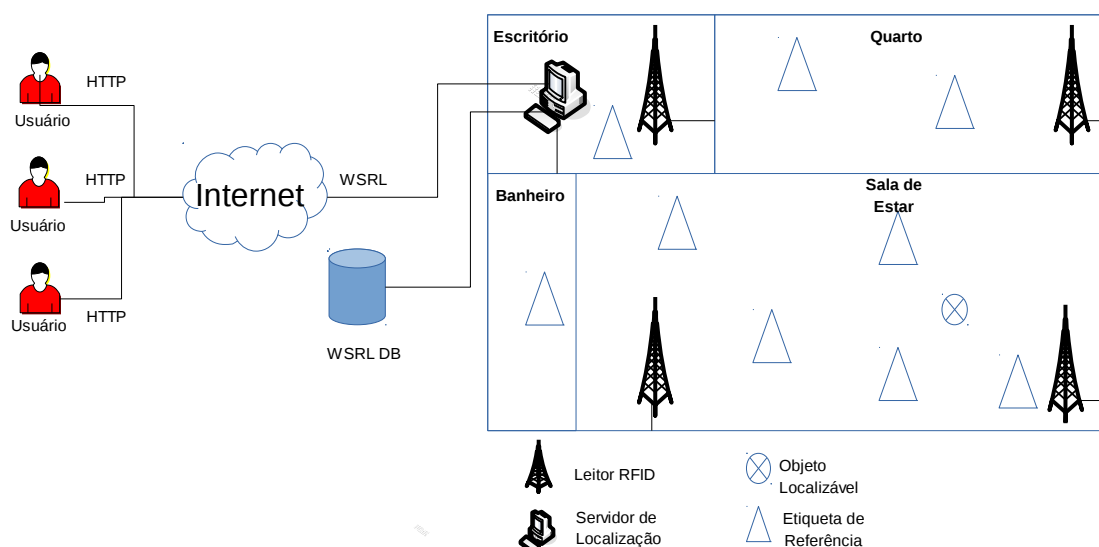


Figura 2. Descrição do Cenário investigado neste trabalho

esta infraestrutura, apresentando os componentes necessários para o correto funcionamento do sistema de localização e do serviço *web* proposto neste artigo. Note que, ao aplicar o algoritmo proposto em [7], o ambiente no qual uma dada etiqueta localizável é estimado da seguinte maneira: (i) A entrada é recebida dos leitores RFID, consistindo de etiqueta, código e RSSI para toda etiqueta no cenário; (ii) Para uma dada etiqueta localizável, o algoritmo calcula uma média entre as distâncias. Quanto mais forte o sinal RSSI for, mais próximo as etiquetas de referência estarão do objeto a ser localizado. O ambiente com o menor valor médio, é suposto ser o ambiente correto onde a etiqueta localizável estará situada. A saída é então gerada na forma de tupla (etiqueta alvo, código, ambiente). Esta informação será então armazenada no WSRL DB, para persistência. Por último, WSRL oferece o serviço o qual consultará o WSRL DB, permitindo que cálculos de localização sejam feitos através das tuplas armazenadas no banco de dados.

#### 4.2. Middleware RFID

O sistema de *software* é responsável em traduzir a informação recebida pelos leitores ou executar comandos e interagir com o usuário. *Middleware* e padrões fazem partes destes sistemas. A aplicação também é responsável em iniciar todos os leitores e as atividades das etiquetas. O *middleware* é responsável pela conexão entre a camada do leitor, cuja função básica é ler os dados, e a camada de aplicação, cuja função é usar tais dados. O RFID *middleware* é um sistema de software que coleta dados criados pela leitura das etiquetas de RFID. Este *middleware* padroniza o controle de fluxo da informação, além de prover conectividade com os leitores e interface a nível de aplicação.

O RFID *middleware* filtra, resume e formata os dados das etiquetas recebidas por um leitor para que possa ser processado por uma aplicação. Dentre as funções básicas deste *middleware*, destacam-se: (i) suportar a independência entre os protocolos dos leitores heterogêneos; (ii) gerenciar dados através da coleta em tempo real; e (iii) interoperar com sistemas legados, sendo integrado com a aplicação.

#### 4.3. Modo de Funcionamento

Desenvolvedores de aplicação precisam de três passos para interagir com a linguagem de descrição dos *web services* (*Web Service Transcription Language* ou WSTL): (i) prover uma simples lista com nomes de objetos físicos e códigos de etiquetas localizável correspondentes associada com eles (fazer associação com nomes e códigos de

etiquetas) (ii) interagir com o WSRL, o que pode ser em qualquer linguagem; e (iii) consultar o WSTL, usando o código da etiqueta alvo.

Para que o WSRL seja eficaz, os seguintes passos são necessários: (i) manualmente inserir um simples arquivo de configuração consistindo em uma tupla com ambientes internos disponíveis (e.g. *Office, Bathroom, Bedroom*, etc) e as etiquetas de referência presentes em cada ambiente (o qual serão usadas para estimar em que ambiente o objeto se encontra; (ii) interagir com o *middleware* responsável pela captura dos dados provenientes dos leitores RFID, transmitindo dados na forma de uma tupla (código da etiqueta, RSSI). O WSRL pode operar com qualquer *middleware* disponível. Quando receber a entrada da aplicação do *middleware*, o WSRL estará pronto para desempenhar os cálculos necessários a um dado código da etiqueta a ser localizada (sendo um número único associado com o respectivo objeto físico).

O fluxo de informação é descrito como segue. Os leitores RFID coletam as intensidades dos sinais RF de cada etiqueta de referência e a etiqueta alvo capturada pelos leitores. O servidor, por sua vez, recebe os dados provenientes dos leitores através do sistema de *middleware* que se comunica com os leitores RFID. Por último, a camada de aplicação pode utilizar os dados adquiridos dos leitores pelo *middleware* proposto, até o ponto que eles possam estabelecer a comunicação. Isto pode ser trabalhoso e dependente de APIs disponíveis do *middleware*, os quais variam para cada fabricante.

## 5. Aplicações de uso

O serviço *web* proposto é capaz de responder à requisições para um dado código da etiqueta alvo e responder a localização do objeto requerido em um dado ambiente. O restante é transparente aos desenvolvedores. Uma observação importante é o processo de calibramento dos sistemas de localização que utilizam medições de RSSI. Uma das soluções é distribuir *sniffers* pelo ambiente. Os *sniffers* são pequenos dispositivos que monitoram o meio sem fio, capturam RSSI dos clientes e enviam para um motor de localização. Este motor coleta a força dos sinais capturadas por tais *sniffers* e constroem um modelo de força dos sinais para estimar a localização. Então o motor usa um algoritmo de estimativa para associar este modelo com o vetor de força dos sinais provenientes do objeto localizável.

O uso destes sistemas em ambientes internos é uma tarefa desafiadora. A inconstância típica de um sinal eletromagnético nestes ambientes causam atrasos e distorções nos receptores, o que reduz o desempenho de tais sistemas. Uma observação interessante é o fato de que a maioria dos sistemas de localização baseados em ondas de radiofrequência (e.g. RFID) usam medições por força do sinal para estimar a localização. Esta técnica tem melhor desempenho em condições de ausência de visada direta, sendo estas condições tipicamente encontradas em ambientes internos. Por outro lado, técnicas como ToA, TdoA e AoA têm um melhor desempenho em condições de visada direta.

Vários fatores devem ser considerados quando se quer projetar um sistema de localização baseado em RFID. Fatores como restrições de energia, posicionamento de leitores e etiquetas, alcance do leitor, e *middleware* são relevantes para o sucesso destes sistemas. Entretanto, a variação típica da força do sinal encontrada em ambientes internos interfere no desempenho de tais e os mesmos devem empregar técnicas ou mecanismos para reduzir tais influências.

## 6. Conclusão

Este trabalho apresentou o WSRL, um serviço *web* que implementa um mecanismo para identificar em qual ambiente um dado objeto alvo está localizado e uma simples interface para desenvolvedores acessarem esta informação. Deste modo, o WSRL é capaz de prover esta interface para adquirir informações de localização de objetos em cenários onde existam uma clara definição de ambientes, objetos e informação de identificação.

Os benefícios da abordagem WSRL consistem em libertar os desenvolvedores de qualquer necessidade em interagir com o *hardware*, *software* ou *middleware*, normalmente necessário para construir um sistema de localização RFID. Toda a interação requerida para prover informações de localização aos usuários é feito diretamente com o WSRL.

Esta tecnologia pode ser utilizada por aplicações *web* ou por dispositivos móveis, tornando a localização de objetos em um ambiente interno acessível por toda a Internet. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar uma simulação para comprovar a eficácia do mecanismo de serviço *web* proposto, considerando aspectos como qualidade na estimativa, localização remota de dispositivos e segurança.

## Referências

- [1]L. Ni, Y. Liu, Y. Lau, and A. Patil, “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID,” *Wireless Networks*, vol. 10, no. 6, pp. 701–710, 2004.
- [2]G. Jin, X. Lu, and M. Park, “An indoor localization mechanism using active rfid tag,” in *Proceedings of SUTC*, Seoul, Korea, Jun. 2006, pp. 40–43.
- [3]J. Zhao, Y. Zhang, and M. Ye, “Research on the received signal strength indication location algorithm for rfid system,” *Proceedings of ISCIT*, pp. 881–885, Oct. 2006.
- [4]Y. Zhao, Y. Liu, and L. Ni, “Vire: Active rfid-based localization using virtual reference elimination,” in *Proceedings of ICPP*, Xian, China, Sep. 2007, pp. 56–66.
- [5]S. Polito, D. Biondo, A. Iera, M. Mattei, and A. Molinaro, “Performance evaluation of active rfid location systems based on rf power measures,” in *Proceedings of PIMRC*, Athens, Greece, Sep. 2007, pp. 1–5.
- [6]P. Castro, P. Chiu, T. Kremenek, and R. Muntz, “A Probabilistic Room Location Service for Wireless Networked Environments,” *Proceedings of the 3rd international conference on Ubiquitous Computing*, pp. 18–34, 2001.
- [7]R.A. Silva, P.A.S. Gonçalves. Um sistema de Auxílio à Localização de Etiquetas RFID em Ambientes Internos, Federal University of Pernambuco, pp. 1–111, 2008.