

Dispositivo Integrado a um Sistema Colaborativo para o Monitoramento e Localização de Pessoas

Marcelo Pereira da Silva, Jean Carlos Selzer, Victor Vargas de Andrade,
Guilherme Piegas Koslovski, Carla Diacui Medeiros Berkenbrock

Centro de Ciências Tecnológicas – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Joinville – SC – Brasil

pereira@joinville.udesc.br, jean.selzer@gmail.com,
gui.victor@gmail.com, guilhermek@joinville.udesc.br,
diacui@joinville.udesc.br

Abstract. *This paper aims to develop a software and hardware solution for localization and monitoring of people in domestic environments, university, hospital or business, using commodity equipments. The proposed solution is opposed to existing technologies involving sensors and communication patterns, and it offers a location service, based in wireless networks 802.11b/g/n. The results show that it is possible to develop a low cost system for tracking people with an acceptable degree of accuracy for most variable applications in industry, commerce and services.*

Resumo. *Este artigo tem por objetivo desenvolver uma solução de hardware e software para a localização e monitoramento de pessoas em ambientes domiciliares, universitários, hospitalares ou empresariais, utilizando equipamentos de prateleira/comuns. A solução proposta se contrapõe às tecnologias existentes que envolvem sensores e oferece um serviço de localização baseado em redes sem fio padrão 802.11b/g/n. Os resultados encontrados mostram que é possível desenvolver um sistema de baixo custo para localização de pessoas com um grau de precisão aceitável para as mais variáveis aplicações na indústria, comércio ou serviços.*

1. Introdução

Conforme o Censo (2010), 12,1% da população mora sozinha no Brasil. Dentre elas, muitas necessitam de monitoramento e cuidados constantes devido a diferentes razões como dificuldade de locomoção, idade avançada, doenças crônicas, entre outros. Existem soluções para monitoramento de pessoas em caso de urgência ou necessidade de ajuda, porém nem sempre a um custo acessível para a maioria da população. De acordo com Kiss et al. (2011), sistemas de telemonitoramento podem ser utilizados para redução dos custos hospitalares através do monitoramento dos pacientes com doenças crônicas em sua residência, garantindo assim seu conforto e independência.

O barateamento e a difusão de tecnologias de comunicação como os *smartphones* e *tablets*, conectados a redes de computadores com acesso a Internet sem fio, oferecem novas abordagens ao telemonitoramento, ampliando a possibilidade de desenvolvimento de soluções viáveis economicamente. Complementarmente, o uso de sistemas colaborativos associados a tecnologias portáteis, permite a todos os

interessados no monitoramento, interagir e compartilhar informações em tempo real. Sistemas colaborativos são bastante complexos, pois necessitam suportar vários aspectos para realizar uma sincronização das tarefas comuns dos usuários, que podem estar geograficamente separados. Dentre esses aspectos, destacam-se: visualização, percepção, arquitetura distribuída, definição de papéis e controle de concorrência. Definir a arquitetura de *hardware* e *software* colaborativo também é uma tarefa complexa, especialmente em um ambiente com inúmeros sensores e dispositivos eletrônicos interagindo entre si. Neste contexto, este artigo apresenta um sistema de localização de pessoas e colaboração entre os agentes interessados utilizando dispositivos de baixo custo.

Este trabalho visa mostrar que é possível identificar a localização física de usuários em uma mesma rede local utilizando dispositivos de rede já existentes e de baixo custo. A solução pode ser empregada para localizar funcionários em empresas com um parque fabril extenso; estudantes ou funcionários em um campus universitário; monitorar a localização de idosos num ambiente doméstico ou em lares para terceira idade; localizar profissionais médicos ou administrativos em hospitais; entre outras aplicações.

O artigo encontra-se organizado da seguinte forma: A Seção 2 descreve os trabalhos relacionados. Na Seção 3 o sistema desenvolvido é apresentado, a Seção 4 mostra o ambiente de testes e resultados experimentais, finalmente, a Seção 5 apresenta a conclusão e propostas para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Lin et al. (2009) apresenta um sistema de monitoramento de pessoas idosas baseado em Redes ZigBee. Além de localização, o sistema utiliza inteligência artificial para detectar e aprender a rotina para cada paciente e assim criar um padrão. Quando um padrão conhecido for quebrado por algum motivo, a equipe de enfermagem é acionada para verificação *in-loco* do paciente. Uma característica importante também está presente no dispositivo de localização que o paciente carrega consigo. Além de ser pequeno, há um botão de socorro que permite ao paciente pedir ajuda sempre que necessitar.

Pötter e Sztajnberg (2013) apresentam uma arquitetura e implementação de software de um sistema de telemonitoramento de pacientes idosos. O Sistema de Monitoramento Domiciliar da Saúde (SMDS) é integrado por um subsistema de coleta e processamento de dados de sensores, variáveis de ambiente e um subsistema que centraliza os dados dos pacientes, oferecendo a visualização e análise pelos médicos, além de facilitar a gerência de um grande número de pacientes. No entanto, não são apresentados aspectos de comunicação, notificações e monitoramento de localização.

O sistema Silvergate-112 apresentado em Kiss et al. (2011) propõe a integração de dispositivos e serviços médicos para monitorização de pacientes. É constituído de um servidor base para a administração, um servidor de aplicações para a persistência dos dados e acesso às informações coletadas, e um gateway que envia os dados coletados. No entanto, o trabalho não discute a forma de atuação dos dispositivos no ambiente.

Para Müller (2012), os métodos existentes de localização empregam métricas de localização como a trilateração ou triangulação. A métrica de trilateração estima a posição do objeto procurado a partir das distâncias medidas deste objeto até os elementos de referência do método de localização. A métrica de triangulação aplica relações trigonométricas sobre as distâncias conhecidas entre os elementos de referência e ângulos e distâncias medidos entre as referências e o objeto a ser localizado.

A proposta apresentada neste trabalho difere dos trabalhos citados oferecendo uma solução de baixo custo, simples de ser implementada e administrada. Ainda, por basear-se em sistemas gratuitos e protocolos já existentes, nossa proposta pode ser facilmente estendida para comportar as funcionalidades discutidas, tais como botões de auxílio e coleta de dados.

Tanto o método de trilateração como o de triangulação requerem a implementação de um algoritmo de localização, que embora tragam benefícios, não foram utilizadas para simplificação do protótipo.

3. Sistema Desenvolvido

O sistema proposto neste artigo baseia-se apenas na localização de pessoas dentro de uma rede sem fios convencional padrão 802.11bgn, comumente empregadas em hospitais, lares de idosos, campus universitários, residências ou empresas. A escolha do padrão 802.11bgn em substituição a redes ZigBee deve-se ao seu baixo custo e por já estar amplamente incluída na maioria das redes de comunicação de dados existentes. Como dispositivo de conexão dos usuários, optou-se pelos *smartphones*, que além de oferecer uma maior quantidade de recursos em relação aos dispositivos ZigBee, como despertador, rádio, agenda, chamadas de emergência, ligações e acesso à internet, também é um dispositivo amplamente difundido e acessível para grande parte da população. Em tempo, não se pode desprezar o fato que já existem dispositivos móveis capazes de medir pressão arterial, frequência cardíaca, oxigenação sanguínea, temperatura e glicemia, o que vem a somar com a abordagem proposta.

3.1 Padrão IEEE 802.11

As redes sem fio IEEE 802.11, também conhecidas como *Wi-Fi*, tornaram-se um padrão em se tratando de redes locais sem fio por oferecerem alta capacidade de vazão e grande mobilidade a custos relativamente baixos. A arquitetura do IEEE 802.11 consiste em vários componentes que interagem para prover uma rede local sem-fio com suporte à mobilidade de estações.

De acordo com Rubinstein e Rezende (2002), o conjunto básico de serviços (*Basic Service Set - BSS*) é o bloco fundamental de construção da arquitetura do 802.11. Um BSS é definido como um grupo de estações que estão sobre o controle direto de uma única função de coordenação, que determina quando uma estação pode transmitir e receber dados.

Em uma rede 802.11 estruturada, podem ser utilizados um ou mais pontos de acesso de modo a garantir a cobertura de uma área e interligando esses equipamentos através de um *backbone* chamado sistema de distribuição. O conjunto dos pontos de acesso e dos sistemas de distribuição é definido com um conjunto estendido de serviços (*Extended Service Set - ESS*).

3.2 Sistema de Localização

O sistema localiza dispositivos móveis, e através deles as pessoas. A Figura 1 mostra um resumo de seu funcionamento. Os dispositivos envolvidos foram divididos em 3 entidades:

A. Master: Trata-se do servidor, que engloba os serviços de SSH *server* e WEB *server*. Suas tarefas são receber as informações de rotas enviadas pelos dispositivos móveis via SSH e posteriormente exibir sua localização. É possível que usuários externos à rede local também tenham acesso a este servidor e conseqüentemente ao sistema de localização. É possível, por exemplo, monitorar à distância a movimentação de um idoso em sua própria residência ou a localização de um funcionário num parque fabril.

B. Acesso: Representa os *pontos de acesso* instalados na rede local. Há três requisitos para o sistema funcionar de forma correta. (i) Serviço DHCP ativado para os dispositivos móveis; (ii) Prover acesso ao Servidor WEB/SSH para os dispositivos móveis conectados; (iii) O endereço de *gateway* para os dispositivos conectados deve ser obrigatoriamente o próprio ponto de acesso. Cada ponto de acesso deve fornecer um endereço de *gateway* único na rede, pois este detalhe que permitirá a localização correta do usuário

C. Final: Trata-se do próprio dispositivo móvel envolvido – utilizou-se o sistema operacional Android com *Wi-Fi* habilitado nos testes.

Frequentemente, a cada minuto ou a cada modificação de rede, o dispositivo móvel faz uma checagem de suas rotas e as envia para o Servidor via SSH. Esta conexão exige um nome de usuário e uma senha. O nome de usuário permite identificar o usuário, enquanto a rota identifica em qual ponto de acesso da rede o dispositivo está conectado. Através destes dados, o servidor é capaz de descobrir a localização aproximada do usuário, já que relaciona o IP do ponto de acesso com sua localização física. Por fim, uma imagem da planta baixa com a localização do usuário é exibida para o operador/monitor.

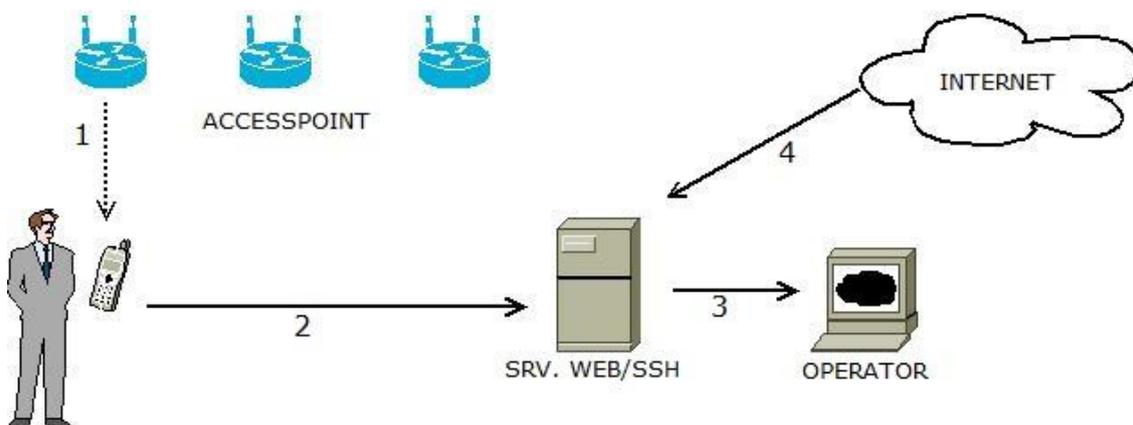
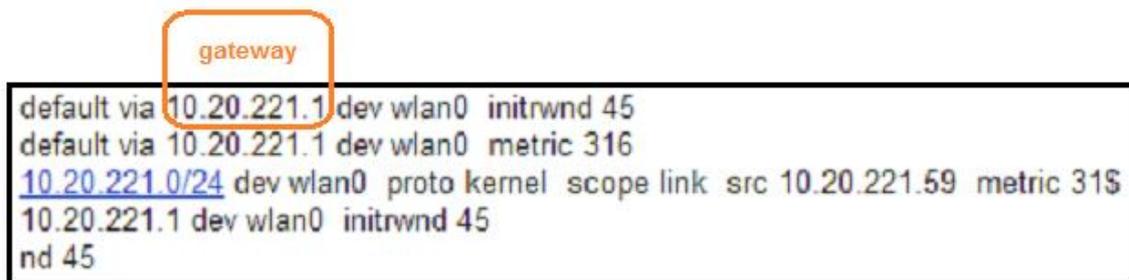


Figura 1. 1-Dispositivo móvel conecta-se ao ponto de acesso. 2-As informações de rota são transferidas para o servidor. 3-O usuário é localizado. Sua localização é publicada. 4-O servidor é acessível remotamente.

3.3 Dispositivo Móvel

A utilização do dispositivo móvel é essencial para colaboração com o sistema de localização. Através da conexão WLAN (Wireless Local Área Network) do dispositivo é que os usuários serão localizados. Apenas dois aplicativos, obtidos na GooglePlay (2013) e uma única linha de comando são necessários. Para simplificar o sistema de localização, optamos por realizar todas as configurações sem acesso super usuário (root) do dispositivo, mantendo assim o padrão distribuído pelas operadoras.

Ao conectar-se a rede sem fios, cada dispositivo recebe via DHCP um endereço de IP, *gateway*, servidor DNS e a respectiva máscara da rede. Destes, apenas o endereço de *gateway* será utilizado pelo sistema de localização. Um comando simples (“*ip route > /sdcard0/bat/rota.txt*”), salvo no diretório */sdcard/bat*, é responsável por guardar o endereço de *gateway* num arquivo de texto (*rota.txt*), como mostra a Figura 2. Este comando deve ser executado sempre que o dispositivo móvel for ligado, sempre que houver uma mudança nos endereços de rede e, para uma maior garantia, a cada minuto. Utilizou-se o aplicativo gratuito SManager (2013) para escalonar e agendar a execução do comando. Para transferir o arquivo *rota.txt* para o Servidor WEB/SSH, é utilizada uma conexão SFTP a cada minuto. O Aplicativo gratuito BotSync (2013) se encaixa perfeitamente para esta função.



```
gateway
default via 10.20.221.1 dev wlan0 initrwnd 45
default via 10.20.221.1 dev wlan0 metric 316
10.20.221.0/24 dev wlan0 proto kernel scope link src 10.20.221.59 metric 316
10.20.221.1 dev wlan0 initrwnd 45
nd 45
```

Figura 2. Exemplo de arquivo *rota.txt* obtido via comando *ip route* em dispositivo Android

3.4 Servidor WEB/SSH

Com as informações de rota dos dispositivos móveis frequentemente atualizadas, o servidor é capaz de identificar a localização física dos usuários. Para isso, executa 3 funções:

- (i) *SSH Server*: Recebe a cada minuto, via SFTP, as informações de rota transmitidas pelos dispositivos móveis.
- (ii) *Localização*: composta por duas funcionalidades. 1) Através de um script, agendado para executar de minuto em minuto, examina o arquivo *rota.txt* armazenado no diretório HOME de cada usuário para buscar o endereço de *gateway* do dispositivo móvel. O endereço é comparado com uma lista de locais físicos conhecidos (ex: *gateway* 10.0.100.1 = quarto 101, *gateway* 10.0.100.234 = recepção) e a localização física do usuário é então descoberta. 2) Informa ao servidor de páginas qual imagem corresponde a localização física do usuário no momento – estas imagens

devem ser cadastradas previamente e estar relacionadas ao endereço de *gateway* distribuído via DHCP por cada ponto de acesso.

- (iii) *WEB Server*: Publica a imagem da planta baixa com a localização do usuário. A Figura 3 indica o local onde o usuário encontra-se localizado.



Figura 3. Localização de paciente em um hospital ou lar de idosos. Há um ponto de acesso dentro de cada cômodo

O servidor de páginas exibe sempre o último local em que o usuário foi identificado. Considerando que a conexão encontra-se ativa e os dispositivos ligados, poderá ocorrer um atraso máximo de 1 minuto em relação a sua localização.

3.5 Pontos de Acesso

Há três considerações importantes em relação aos pontos de acesso em nossa solução:

(i) *IP WLAN gateway*: Como dito anteriormente, o endereço de *gateway* que o dispositivo móvel recebe do ponto de acesso ao se conectar a rede sem fios permite ao servidor efetuar a localização do usuário, portanto deve ser único na rede.

(ii) *Configurações*: Utilizamos pontos de acesso de baixo custo (de prateleira), sem a necessidade de configurações adicionais para adequação ao cenário.

(iii) *Potência de transmissão*: É necessário diminuir a abrangência de sinal de um ponto de acesso quando houver outro muito próximo. Isso implica em utilizar antenas com menor ganho de sinal (ex: substituir uma antena de 5 dBi por outra de 2dBi). Em alguns modelos também é possível reduzir sua potência através da própria interface de gerenciamento do equipamento. Tais medidas permitem que um dispositivo móvel localizado em um ambiente X não esteja conectado a outro ponto de acesso, localizado num ambiente Y, o que pode gerar um falso-positivo para o sistema de localização. Porém quando não se deseja a localização exata, e aqui definimos “exata” como o cômodo ou pequeno ambiente a ser localizado, os pontos de acesso podem ser distribuídos em método de triângulo Cisco (2006), o que pode resultar em uma localização menos precisa, porém próxima da ideal.

O sistema utiliza dispositivos de baixo custo para este nível de acesso. Dispositivos mais avançados, porém com um custo maior, oferecem mais opções de busca/localização. Há modelos que possuem acesso remoto via TELNET ou SSH permitindo assim a busca de um dispositivo móvel através de seu MAC ADDRESS – endereço físico da sua interface de rede – por toda a rede local. Apesar desta busca contrária, que implica em o servidor buscar um dispositivo móvel, não ser o nosso foco neste momento, tal funcionalidade poderá ser implementada futuramente. Uma opção simples e viável seria utilizar os próprios dispositivos móveis conectados como rota para localização de outros dispositivos.

4. Validação Experimental

Para validar a proposta, a solução foi implementada em um ambiente controlado.

Os dispositivos físicos utilizados estão descritos na tabela 1.

Dispositivo Móvel	Dispositivo de Meio	Servidor	Antenas
Um. Samsung modelo Gran Duos. S.O. Android na versão 4.1.2	Quatro Pontos de Acesso modelo Intelbras WRN 240	Um PC i686 AMD Sempron(tm) Quadcore 4GB RAM. S.O Linux Slackware 10.0	Três de 2 DBi Uma de 5 DBi

Tabela 1. Equipamento utilizados nos testes

Em um ambiente de dois pavimentos e aproximadamente 200 metros quadrados, foram distribuídos quatro pontos de acesso, sendo dois no piso superior e dois no piso térreo. Um usuário portando um dispositivo móvel deslocava-se constantemente por todos os ambientes enquanto um operador monitorava no servidor sua localização. De imediato foi detectado um problema em relação à conexão dos dispositivos móveis e sua localização. Ainda que o dispositivo tenha uma conexão Wireless com forte intensidade de sinal disponível, este dispositivo continua conectado ao ponto de acesso anterior até que o sinal esteja inatingível. Um dispositivo móvel somente migra para um novo ponto de acesso quando perde conexão com seu anterior. Essa característica obrigou a diminuir a potência de transmissão de três pontos de acesso para que fosse possível encontrar a exata localização do usuário. Também se optou por interconectar os pontos de acesso via cabo de rede, e não através de sua própria conexão wireless.

Para reduzir a abrangência de sinal dos pontos de acesso e evitar a concorrência de sinal, foram utilizadas antenas de 2dBi em três pontos de acesso. O quarto ponto de acesso, por estar mais afastado dos demais, manteve-se com uma antena de 5 dBi.

O tempo para o dispositivo móvel se conectar a um novo ponto de acesso, quando o anterior torna-se inatingível, foi menor que 10 segundos. Este tempo pode variar devido à distância e velocidade com que o usuário desloca-se para uma nova área de cobertura.

5. Conclusão

O sistema de localização de pessoas proposto nesse artigo permite aos desenvolvedores de soluções diversas aplicações nos campos da medicina, educação, industrial, entre

outros, com um custo de implantação reduzido quando comparado a outras propostas similares.

No entanto, ainda é um grande desafio para um sistema de localização de pessoas baseado em rede sem fio padrão 802.11bgn limitar a abrangência do sinal de rádio wireless ao local específico em que este deve alcançar. É uma tarefa difícil, por exemplo, diferenciar a localização de um paciente de hospital quando está em seu leito ou no banheiro de seu quarto, quando um ponto de acesso invade a abrangência de outro.

Uma configuração nos dispositivos móveis, que os direcionassem sempre para a melhor conexão disponível em relação à intensidade de sinal, poderia amenizar este problema. Por outro lado, o uso de dispositivos móveis de comunicação inteligentes conhecidos como *smartphones*, oferecem muitas vantagens em relação à localização por sensores, como GPS, telefonia, internet, alarmes, agendamentos, câmeras, acesso remoto, etc. Além disso, o uso de dispositivos móveis pode gerar redução de custos para implementação do serviço de localização e monitoramento.

Entre as propostas para trabalhos futuros, destaca-se:

- (i) Desenvolver um aplicativo completo para facilitar a configuração em dispositivos móveis e que previna o usuário de desativar a conexão por descuido;
- (ii) Incluir Inteligência Artificial no Servidor WEB/SSH, fazendo com que aprenda padrões de comportamento dos usuários e seja capaz de enviar alertas aos operadores quando necessário;
- (iii) Transmitir via rede, além da localização, informações coletadas por dispositivos móveis voltados para o monitoramento da saúde dos usuários, como pressão sanguínea, glicemia, entre outros;
- (iv) Permitir que o sistema gere relatórios de mobilidade (padrões) por usuário; e
- (v) Incluir a utilização de métodos de trilateração ou triangulação.

6. Referências

BotSync. 2013 <http://botsync.com/> .

Censo IBGE. 2010 <http://censo2010.ibge.gov.br/>

Cisco Systems, Inc. 2006 “Wifi Based Real-Time Location Tracking: Solutions and Technology”, http://www.intermec.com/public-files/white-papers/en/cisco_locationtracking_wp_web.pdf

GooglePlay. 2013 <https://play.google.com>.

Kiss, N., Patai, G., Hanak, P., et al (2011), "Vital fitness and health telemonitoring of elderly people," MIPRO`11, 34th International Convention, pp. 279-284.

Lin, Ching-Lung., et al. (2009), "Telecare system using RF communication technology in elderly center", Computer Supported Cooperative Work in Design, 2009. CSCWD 2009. 13th International Conference on, pp. 444-449.

MÜLLER, Ivan. Gerenciamento descentralizado de redes sem fio industriais segundo o padrão WirelessHART. 2012.

Pötter, H., Sztajnberg, A. (2013) "Arquitetura de software de um sistema de telemonitoramento de pacientes idosos". CSBC 2013, WIM'2013, Maceio, AL.

Rubinstein, Marcelo G.; Rezende, José F. "Qualidade de serviço em redes 802.11". **XX** Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC2002), 2002.

SManager. 2013 <http://smanager.wikidot.com/main:start>.