

## 6

### Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho apresentamos o projeto, a implementação e a avaliação de um serviço para localização de dispositivos móveis. A localização é realizada com base nas informações de intensidade de sinal coletadas de pontos de acesso de redes IEEE 802.11.

Utilizamos o arcabouço do LIS para implementar dois algoritmos para realizar o cálculo da inferência da localização, o *MNN* e o *Histograma*. A implementação desse algoritmos foi simples e direta, tratando apenas da lógica de inferência da localização. Todos os detalhes sobre como obter e armazenar as informações necessárias a inferência são tratadas pelo arcabouço provido.

A validação do serviço foi realizada através da implementação de testes de precisão, desempenho e escalabilidade. Os testes de precisão mostraram que é possível localizar dispositivos móveis utilizando apenas informações sobre a intensidade do sinal de redes IEEE 802.11 na granularidade de uma sala conforme objetivo inicial. Em todos os testes de precisão ficou evidente que o algoritmo *Histograma* é definitivamente mais robusto que o algoritmo *MNN*. Com isso, podemos comparar, como descrito na literatura, que geralmente métodos probabilísticos apresentam resultados melhores do que os métodos determinísticos para a inferência com base na intensidade do sinal.

Diversos protótipos de aplicações já foram implementadas utilizando o serviço. Junto com os testes de desempenho e escalabilidade, os protótipos de aplicações são uma boa indicação de que o serviço é robusto o suficiente para ser utilizado num ambiente real.

O conceito de hierarquia de regiões simbólicas é mais um facilitador para o desenvolvimento de tais aplicações que necessitam da informação de localização em diferentes granularidades.

Acreditamos que a precisão da inferência obtida no serviço é satisfatória

para inúmeras aplicações sensíveis a localização. Entretanto, a confiabilidade no resultado da inferência não é total, ou seja, em alguns casos a inferência pode produzir um resultado errôneo. Isso ocorre por causa de variações na intensidade do sinal sofridas em ambientes internos. Essas variações ocorrem devido a efeitos como reflexão, difração, e dispersão das ondas de rádio, causadas por obstáculos no ambiente, produzindo o fenômeno conhecido como *multipath* [36]. Diante disto, acreditamos que futuras pesquisas que visem melhorar a inferência devem focar não somente em melhorar a precisão mas também em torná-la mais confiável. Acreditamos que uma forma de alcançar esse objetivo é desenvolver técnicas que sejam capazes de identificar e atenuar tais efeitos. Alguns trabalhos já estão sendo feitos nessa área onde podemos citar [6].

Com base no conhecimento adquirido com o serviço podemos prever que a sua implantação é um fator que pode dificultar a completa adoção do serviço. A dificuldade de implantação do sistema ocorre devido à necessidade de mapear pontos de referência para inferir a localização. Nesse sentido, existem diversas alternativas para facilitar a implantação do serviço, que podem ser utilizadas juntas ou de forma separada. Uma primeira alternativa é incorporar ao serviço sistemas como o *Place Lab* ou *Herecast*, que utilizam apenas a informação sobre o ponto de acesso corrente para inferir a localização. Dessa forma, regiões onde não houvesse sido realizado o mapeamento utilizariam tais sistemas. Assim, não seria necessária a definição de diversos pontos de referência no momento da implantação do sistema, sendo esses pontos mapeados de forma incremental. Entretanto, essa facilidade acarretaria um decréscimo na precisão da inferência.

Outra alternativa é pesquisar formas de automatizar o máximo possível a fase de mapeamento. Isso pode ser realizado com o estudo da propagação de sinais de rádio-freqüência em ambientes internos para tentar construir o padrão do sinal de pontos de acesso de forma analítica. Acreditamos que a combinação de um mapeamento empírico com a análise de propagação pode permitir a redução do número de pontos de referência necessários a uma boa precisão.

Uma terceira alternativa seria um mapeamento incremental. No mapeamento incremental usuários “confiáveis” seriam autorizados a adicionar à base de dados do serviço novos pontos de referência, ou novas varreduras a um ponto de referência.

Como forma de aumentar a disponibilidade do serviço em ambientes externos, onde ainda não é comum encontrar infra-estruturas de redes IEEE

802.11, a integração com a tecnologia *GPS* seria um passo natural. Essa integração pode ser realizada conforme discutido na Seção 4.5.

Outra forma de aumentar a disponibilidade do serviço é adaptar os algoritmos e o serviço a outros tipos de redes com tecnologia de rádio-freqüência, como por exemplo *BlueTooth* e *HiperLAN*.

Um outro fator, que não foi um aspecto primário de projeto no nosso serviço, é a questão do desempenho computacional dos algoritmos. Acreditamos ser possível otimizar o custo computacional da inferência. Algum trabalho já foi realizado nesse sentido, conforme descrito em [13]. Entretanto, acreditamos que essa é uma área de pesquisa que ainda pode ser bastante explorada.

Uma questão geralmente abordada sobre informações de contexto, principalmente informações pessoais, é referente à privacidade dessa informação. Nesse trabalho não nos preocupamos com a privacidade da localização do usuário. Apesar da questão ter sido levada em consideração no momento do projeto do serviço, resolvemos tratar esse tema no contexto da arquitetura *MoCA* por tratar de informações de contexto de uma forma mais geral. Com isso, foi projetado e implementado um serviço denominado *CoPS* com o intuito de controlar como, quando, para quem e com qual grau de precisão informações de contexto, inclusive a localização, podem ser disponibilizadas. Alguns resultados obtidos dessa pesquisa poder ser consultados em [37, 38].