



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
CENTRO TÉCNICO CIENTÍFICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE MESTRADO

APLICAÇÕES E SERVIÇOS BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO

Disciplina: Introdução à Computação Móvel

Aluno: Adolfo Guilherme Silva Correia
Professor: Markus Endler

Rio de Janeiro, Brasil, Novembro de 2004

Sumário

1. Introdução	2
2. Taxonomia de Serviços Baseados em Localização	2
2.1. Serviços Push e Pull	2
2.2. Categorias de Serviços	3
a) Serviços de Informação	3
b) Serviços de Tarifação Baseada na Localização.....	4
c) Serviços de Emergência	4
d) Serviços de Rastreamento	4
e) Serviços de Entretenimento e Aproximação de Pessoas	5
f) Serviços de Disseminação de Informação	5
3. Aplicações Baseadas em Localização.....	6
3.1. comMotion	6
3.2. Find Friend	6
3.3. RoadMedic Emergency Services.....	7
4. Arquitetura de Aplicações Baseadas em Localização	7
5. Técnicas e Sistemas de Localização	9
5.1. Técnicas Básicas de Localização.....	9
a) Cell of Origin (COO).	10
b) Time of Arrival (TOA) e Time Difference of Arrival (TDOA).....	10
c) Angle of Arrival (AOA)	10
d) Medição de Intensidade de Sinal.....	10
e) Processamento de Vídeo	10
5.2. Sistemas Baseados em Satélites	10
5.3. Sistemas Baseados em Redes	11
5.4. Sistemas de Uso Indoor	13
6. Conclusão	14
7. Referências Bibliográficas	15

1. Introdução

Serviços baseados em localização (SBL) podem ser definidos como serviços que integram a posição ou localização de um dispositivo móvel com outras informações para prover uma funcionalidade de maior valor agregado.

Os SBL existem, pelo menos, desde a década de 70, quando o Departamento de Defesa dos Estados Unidos concebeu e implantou o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Entretanto, apenas a partir do final da década de 90, este tema realmente ganhou destaque e despertou um interesse mais amplo. Este recente fenômeno se deve basicamente à iniciativa das operadoras de redes móveis (em especial as de telefonia celular) de diversificar seus portfólios, oferecendo novos serviços baseados não apenas em voz como também em dados. Esses novos serviços vêm naturalmente evoluindo e, conseqüentemente, surgiu a necessidade de integração com informações de localização.

Por outro lado, o usuário em geral vem se tornando cada vez mais exigente, estimulado pela crescente mobilidade proporcionada pela proliferação de dispositivos móveis. O usuário móvel deseja aplicações inteligentes, que forneçam informações personalizadas, que saibam onde este se encontra e o que há por perto e que, de alguma forma, tirem proveito do ambiente ao seu redor.

Diante deste cenário se torna de fundamental importância a compreensão dos novos problemas e a busca de soluções para os desafios apresentados por esta nova área do desenvolvimento tecnológico humano.

2. Taxonomia de Serviços Baseados em Localização

2.1. Serviços Push e Pull

Os estudiosos da área vêm utilizando diversas abordagens para classificar as aplicações que utilizam os SBL. Uma importante distinção entre os serviços é a forma como a informação chega ao dispositivo. Há dois tipos claramente distintos de serviços: serviços ‘push’ e serviços ‘pull’.

Serviços push implicam que um usuário recebe informação (em função de sua localização) sem ter que requisitá-la ativamente. Um exemplo prático seria o envio de uma notificação de ofertas de um estabelecimento comercial do qual o usuário está se aproximando. No caso de serviços pull, a informação só é enviada ao usuário caso este a requisite explicitamente. Um exemplo seria no caso de o usuário desejar saber onde se encontra o restaurante mais próximo.

É perfeitamente possível que uma mesma aplicação possua serviços de ambos os tipos, como por exemplo uma aplicação de aproximação de pessoas. Neste caso o serviço pull seria disparado quando o usuário deseja encontrar pessoas em sua proximidade, e o serviço push ocorreria quando algum outro usuário queira estabelecer contato com o usuário em questão.

No universo de SBL que já se encontram disponíveis a usuários finais, em um estágio de produção, tem sido observado um maior número de serviços do tipo pull. A principal razão para os serviços push não estarem apresentando o mesmo sucesso é que há algumas questões de ordem econômica e de privacidade que os tornam menos atrativos a comercialização. Esses serviços requerem uma complexa infra-estrutura e uma grande quantidade de recursos de rede para monitorar a localização de todos os seus usuários, tornando-os mais caros. Por outro lado este monitoramento da localização de pessoas deve estar sujeito a legislações que impõem garantias de privacidade aos usuários, proporcionando maiores restrições a esses serviços.

2.2. Categorias de Serviços

Outra maneira de classificar os SBL leva em consideração a funcionalidade prática que esses serviços proporcionam aos usuários. As diversas categorias em que os SBL podem se enquadrar são descritas a seguir.

a) Serviços de Informação

Os serviços desta categoria fornecem instruções de como se chegar a um destino desejado, indicam onde encontrar um determinado serviço ou pessoa nas redondezas, ou localizam um usuário perdido em um mapa.

Um serviço de “Páginas Amarelas”, por exemplo, pode informar ao usuário onde fica o estabelecimento mais próximo à sua posição atual que oferece determinado tipo de serviço desejado. Um exemplo prático seria um motorista procurando pelo borracheiro mais próximo quando fura o pneu de seu carro. O serviço poderia não apenas indicar o endereço do estabelecimento como também indicar o itinerário do local onde o usuário se encontra até o mesmo. Outra funcionalidade possível e bastante interessante, no caso de o dispositivo ser um telefone celular, seria o estabelecimento de uma chamada telefônica entre usuário e o provedor do serviço.

Uma característica marcante desta categoria de serviços é a sua natureza pull, pois é sempre o usuário quem solicita o recebimento de alguma informação.

Normalmente a informação de localização é enviada ao servidor apenas no momento da requisição e não há a necessidade de um monitoramento contínuo da posição dos usuários.

b) Serviços de Tarifa Baseada na Localização

Serviços desta categoria permitem a diferenciação de tarifas em função do local de uso do serviço. Operadoras de telefonia, por exemplo, poderiam oferecer descontos para os minutos de ligações efetuadas em determinadas regiões da cidade, pré-definidas pelo usuário (como por exemplo próximo ao seu local de trabalho). Uma operadora celular poderia oferecer tarifas próximas à da telefonia fixa nas proximidades da residência do usuário, fazendo com que o assinante use seu celular como um telefone sem fio, gerando maior volume de tráfego e diferencial no mercado.

Outra possível aplicação seria um tipo de “pedágio automático”, em que o valor devido seria proporcional ao tempo de uso ou à distância percorrida na via. Essa solução permitiria a cobrança de um valor mais justo e evitaria as inconvenientes cabines de pagamento dos pedágios.

c) Serviços de Emergência

Serviços baseados em localização trazem uma nova e decisiva dimensão às soluções e sistemas de gerenciamento de crises. Em situações de emergências, o fator tempo normalmente é determinante para se evitar conseqüências mais graves. O uso de tecnologias de localização possibilita um menor tempo de resposta, desde o instante em que ocorre o fato em questão até o momento em que chega o auxílio.

As aplicações mais claras desta categoria seriam na área médica e na área de segurança. Pessoas idosas ou com algum tipo de doença poderiam ter seus sinais vitais monitorados por dispositivos móveis, e estes automaticamente emitiriam um sinal de alerta no caso de alguma anomalia ser detectada. No caso de aplicações de segurança, esse sinal poderia ser disparado por iniciativa do usuário ou em decorrência de algum evento suspeito. O sinal emitido indicaria a localização do usuário e equipes de socorro seriam deslocadas até o local.

d) Serviços de Rastreamento

Esta categoria de serviços possui alguma interseção com a categoria anterior, mas há uma diferença importante: nesta categoria, a sinalização com a informação de

localização é feita de forma constante e contínua, não dependendo de eventos externos para dispará-la. Em função desta característica, esta categoria engloba aplicações em que não é necessário, ou mesmo desejado, preservar a privacidade do usuário.

Um exemplo claro de aplicação desta categoria é o rastreamento de frotas de veículos transportando mercadorias. É possível monitorar todo o percurso de cada veículo e identificar comportamentos suspeitos no caso de mudanças de itinerário não previstas. Essa aplicação é particularmente útil para seguradoras, pois aumenta as chances de se encontrar os veículos em caso de sinistro.

Outra aplicação tecnicamente possível seria o rastreamento de pessoas, mas há uma série de questões éticas e jurídicas que precisam ser resolvidas para a viabilização desses serviços. Um uso interessante seria o rastreamento de suspeitos em investigações criminais.

e) Serviços de Entretenimento e Aproximação de Pessoas

Os serviços desta categoria possuem uma grande semelhança com serviços de informação, mas, além de serem direcionados a um mercado mais específico, apresentam uma característica push um pouco mais acentuada.

Há várias modalidades de jogos baseados em localização que podem ser criadas para entreter crianças e adolescentes. Versões virtuais de “pique-esconde” ou “caça ao tesouro” são dois simples exemplos de aplicações deste novo mercado.

Para o mercado de adultos, além de jogos mais maduros, podem ser oferecidas aplicações para aproximação de pessoas que avisem, por exemplo, quando um parente ou amigo se encontra a menos de 200 metros de distância.

f) Serviços de Disseminação de Informação

Serviços desta categoria normalmente oferecem conteúdo ou informações cuja relevância depende fundamentalmente da localização e do perfil do usuário. Este conteúdo deve ser filtrado de acordo com o perfil apropriado e veiculado apenas aos usuários da região em questão.

Um exemplo prático seria a disseminação de propagandas. Anunciantes poderiam enviar mensagens de promoções temporárias a clientes potenciais que estejam nas redondezas de seu estabelecimento, e um novo tipo personalizado de B2C (Business to Consumer) se estabeleceria de forma dinâmica e localizada, aumentando tremendamente a eficiência dos anúncios e o potencial de venda. Um exemplo prático

seria um restaurante oferecendo ofertas de refeições para pessoas caminhando pela vizinhança durante o horário de almoço.

Uma característica marcante nesta categoria de serviço é a sua natureza push, pois normalmente a informação é veiculada sem qualquer intervenção do usuário.

3. Aplicações Baseadas em Localização

Nesta seção serão apresentados três exemplos de aplicações sensíveis à localização.

3.1. comMotion

O comMotion integra informações pessoais a localizações relevantes na vida dos usuários. De forma simplificada, ele permite associar lembretes a locais importantes e freqüentemente visitados pelo usuário. Quando o sistema detecta que o usuário está se aproximando de um desses locais, os lembretes associados à área são disparados para alertá-lo. Por exemplo, o sistema poderia lembrar o usuário de comprar leite quando este passa perto do supermercado.

Desenvolvido no MIT, o comMotion apresenta interfaces gráfica e de voz, permitindo que o usuário seja alertado mesmo se não estiver manuseando o dispositivo. A localização do dispositivo é feita através de um receptor GPS, do qual o comMotion obtém as coordenadas geográficas. Além disso, um agente de software é utilizado internamente para permitir que o sistema aprenda quais são as principais áreas visitadas pelo usuário. Com isso, evita-se que o usuário tenha que indicar onde ficam os locais mais importantes; o próprio sistema se encarrega disso.

3.2. Find Friend

Desenvolvido pela AT&T e disponível comercialmente em algumas cidades nos EUA, o Find Friend, como o nome sugere, é uma aplicação para aproximação de pessoas. Ele permite que um usuário localize pessoas (previamente cadastradas) e marque encontros com elas. A aplicação pode ainda sugerir pontos de encontros como restaurantes, e direções - com o auxílio de mapas - para chegar ao local combinado.

Questões de privacidade foram consideradas, e por isso é necessário que o usuário autorize todas as outras pessoas que têm permissão para localizá-lo. Além disso, o usuário é avisado quando alguém está procurando por ele. Se, em algum momento, o

usuário não quiser ser encontrado, ele tem a opção de permanecer “invisível”. O sistema foi implementado em redes GSM com suporte a GPRS e utiliza as coordenadas da antena mais próxima ao usuário como sua localização.

3.3. RoadMedic Emergency Services

O RoadMedic é um serviço de emergência disponível nos Estados Unidos que tem como objetivo tornar mais eficiente o socorro médico em caso de acidentes de automóvel. Além divulgar o local onde ocorreu o acidente, o sistema ainda informa a velocidade do veículo no momento da colisão, a direção e o ponto de impacto e se houve capotagem. Essas informações são obtidas através de receptores GPS e sensores instalados no veículo, e têm um papel equivalente ao de caixas pretas de aviões. O sistema ainda pode incorporar informações médicas das prováveis vítimas, como tipo sanguíneo, alergias e doenças, e transmiti-las às equipes de socorro.

Um dos principais desafios técnicos desse tipo de aplicação é a comunicação entre os veículos e os centros de controle. Em áreas rurais, onde ocorre a maior parte dos acidentes com vítimas fatais, geralmente não há cobertura de redes celulares, o que obriga a adoção de outras infra-estruturas de comunicação. No caso do RoadMedic foi adotada uma solução de comunicação baseada em ondas de rádio (FM).

4. Arquitetura de Aplicações Baseadas em Localização

O desenvolvimento de aplicações baseadas em localização requer a resolução de uma série de problemas e desafios típicos deste tipo de sistema. Ao longo dos anos, a indústria tem encarado essas questões e as vem superando gradativamente. A partir da experiência que tem sido adquirida, surgem as melhores práticas e os modelos de arquitetura mais apropriados.

De um ponto de visto tecnológico, a arquitetura de uma aplicação baseada em localização deve seguir um modelo em três camadas, como indicado na Figura 1.

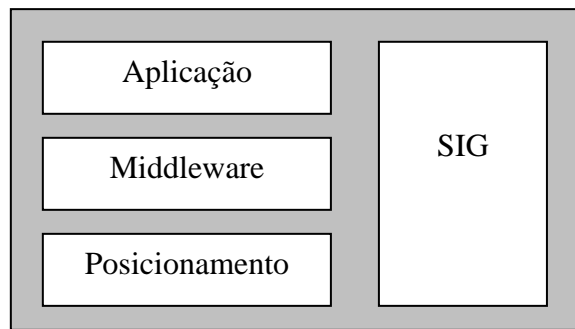


Figura 1

A camada de posicionamento é responsável pela determinação da localização do dispositivo móvel ou usuário. Para tanto ela conta com a ajuda de equipamentos (hardware) próprios para a determinação de posicionamento e de dados mantidos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). O equipamento determina onde o usuário se encontra em termos da rede, e os dados do SIG são usados para traduzir um ponto da rede em uma coordenada geográfica (latitude e longitude). Esta coordenada é a informação passada para as camadas superiores.

A camada de middleware oferece alguns serviços comuns e necessários a uma ou mais categorias de aplicações baseadas em localização. O objetivo principal desta camada é fornecer uma interface padronizada e de simples utilização para o desenvolvedor da aplicação. Esta camada abstrai os detalhes dos sistemas e protocolos utilizados, trata determinados tipos de erros e mascara a interação entre os subsistemas utilizados para a localização. A padronização fornecida por esta camada também facilita a integração de diversas aplicações em um mesmo ambiente, pois todas passam a ter uma base comum.

Os principais serviços que um middleware de localização deve oferecer são: coordenação de usuários móveis, correlação de informações e disseminação de informações.

A camada de aplicação é a camada de software que trata diretamente com o usuário. É ela quem de fato implementa as funcionalidades utilizadas por este. Seu papel é utilizar a informação geográfica disponível e acrescentar a ela algum tipo de valor ou serviço para benefício do usuário.

Apesar de só terem sido citados explicitamente no caso da camada de posicionamento, os serviços oferecidos pelo SIG são potencialmente necessários em

todas as camadas da aplicação. Seus dados vão guiar o funcionamento da aplicação nas suas três camadas e sua importância não pode ser desconsiderada.

5. Técnicas e Sistemas de Localização

A partir do momento em que o homem deu seus primeiros passos na superfície da Terra vem crescendo naturalmente o seu interesse de determinar sua localização geográfica. Esta informação foi especialmente necessária durante o período das grandes navegações, durante o qual se empreenderam longas viagens através dos oceanos, onde não existem pontos de referência tradicionais como montanhas e rios. Na época, as principais ferramentas utilizadas para o posicionamento baseavam-se na observação das estrelas. Atualmente, porém, a determinação de localização é feita através de sistemas eletrônicos.

5.1. Técnicas Básicas de Localização

Sistemas de localização de usuários móveis podem ser divididos em duas categorias básicas: rastreamento e posicionamento.

Em sistemas de rastreamento, uma rede de sensores é responsável por determinar a localização do usuário. O usuário deve possuir algum tipo de etiqueta eletrônica (tag) que permita que os sensores o localizem. Quando o usuário deseja conhecer a sua localização, essa informação deve ser passada (de forma sem fio) da rede de sensores até o usuário.

Em sistemas de posicionamento, o próprio dispositivo móvel é o responsável pela determinação da localização. Há uma rede de transmissores que emitem algum tipo de sinal que possibilita ao dispositivo móvel a identificação de sua localização. Neste caso, a informação de localização é conhecida diretamente pelo dispositivo móvel, não havendo a necessidade de comunicação com a rede. Além disso, como apenas o dispositivo móvel conhece sua localização, não há maiores problemas com questões de privacidade.

Há cinco técnicas básicas para a determinação de localização, descritas a seguir. Na maioria dos casos essas técnicas podem ser utilizadas em conjunto para proporcionar melhores resultados.

a) Cell of Origin (COO).

Também conhecida como Cell-ID, esta técnica é usada em sistemas baseados em redes celulares sem fio. A solução usa as coordenadas da estação base servindo o dispositivo móvel como a localização do próprio dispositivo.

b) Time of Arrival (TOA) e Time Difference of Arrival (TDOA)

Sinais eletromagnéticos se movem com uma velocidade aproximadamente constante. Logo, o tempo que um sinal leva para chegar a um dispositivo móvel pode ser usado para calcular a distância entre este e a estação base. O mesmo princípio também se aplica a sinais de ultra-som. Se o que for medido for a diferença entre dois sinais, usa-se o termo TDOA.

c) Angle of Arrival (AOA)

Antenas direcionais podem determinar de que direção está vindo um determinado sinal. Se houver duas ou mais antenas fixas detectando o sinal de um dispositivo móvel, é possível determinar a posição deste.

d) Medição de Intensidade de Sinal

A intensidade de um sinal eletromagnético é inversamente proporcional ao quadrado da distância até a fonte do sinal. É possível medir esta intensidade e então calcular a distância até o emissor do sinal. Esta técnica não é muito precisa pois obstáculos como construções, veículos e árvores também reduzem a intensidade do sinal.

e) Processamento de Vídeo

Padrões de imagens em um vídeo podem ser usados para determinar a posição de um dispositivo móvel. Estes padrões podem ser algum tipo de marca visual propositalmente afixada no dispositivo ou no ambiente, que são identificados através de técnicas de processamento de imagens. Uma vez identificados os padrões visuais, técnicas de AOA podem ser usadas para se determinar a posição do dispositivo.

5.2. Sistemas Baseados em Satélites

Os sistemas de posicionamento baseados em satélites apresentam algumas características interessantes quando comparados a outros sistemas de posicionamento:

apresentam um elevado grau de precisão e funcionam em praticamente qualquer ponto da superfície terrestre.

Há, entretanto, alguns aspectos negativos, já que esses sistemas envolvem elevados custos para o lançamento e manutenção de satélites, e requerem uma linha de visada direta entre o usuário e pelo menos quatro satélites, impossibilitando o uso em ambientes fechados.

O princípio de funcionamento desses sistemas é relativamente simples. Teoricamente, o usuário precisa conhecer a posição e a distância de ao menos três satélites. Com essas informações é possível determinar através de simples princípios geométricos a posição do usuário.

Na prática, porém, um quarto satélite é necessário, pois é economicamente inviável sincronizar o relógio dos satélites com o relógio de todos os dispositivos móveis. Essa sincronia é necessária para se calcular com precisão a distância entre um dispositivo e um determinado satélite. Com um quarto satélite, contudo, há formas de se contornar esse problema.

O GPS (Global Positioning System) é o principal exemplo de sistema de localização baseado em satélites. Apesar de ter sido criado para fins militares pelo Departamento de Defesa americano, o seu uso foi liberado para aplicações comerciais com uma precisão de aproximadamente 25 m na horizontal e 43 m na vertical.

Da forma como foi concebido, o GPS é composto de pelo menos 24 satélites que orbitam a Terra a uma distância de aproximadamente 20 mil km. Essas órbitas são determinadas de tal forma que, em um ponto qualquer da superfície terrestre, haja pelo menos cinco e no máximo onze satélites acessíveis.

É possível atingir um grau de precisão ainda maior através de sistemas que utilizam pontos de referência em terra com coordenadas conhecidas para corrigir o erro de posicionamento do GPS. Dois desses sistemas são o Differential GPS (DGPS) e o Wide Area Augmentation System (WAAS). O DGPS usa bases de referência próximas ao usuário que transmitem as informações de correção diretamente aos dispositivos. No caso do WAAS, a transmissão é feita através de satélites geoestacionários.

5.3. Sistemas Baseados em Redes

Sistemas de localização em geral exigem a instalação de uma rede de sensores ou transmissores que abranja toda a área de cobertura do sistema. A instalação dessa infra-estrutura pode representar um custo inicial muito elevado, dificultando a adoção

da tecnologia de localização. O ideal neste tipo de cenário é adaptar uma infra-estrutura já existente de forma que esta incorpore os serviços de localização. Neste contexto, as redes de telefonia celular são consideradas por muitos como a plataforma mais promissora para as aplicações baseadas em localização.

Um exemplo de rede em que este procedimento é possível é a rede de telefonia celular GSM. Apesar de não ser a tecnologia mais avançada para telefonia móvel, o GSM é provavelmente o padrão de telefonia móvel mais difundido e usado no mundo. Devido à sua grande popularidade, a inclusão de serviços de localização no padrão GSM poderia alavancar de forma significativa a indústria de aplicações baseadas em localização.

Em geral toda rede celular pode fornecer alguma informação de localização, pois se conhece a célula que está servindo o telefone. É sabido que o usuário está necessariamente localizado no raio de cobertura daquela célula (COO). O problema é que em alguns casos esta célula tem uma abrangência muito grande, o que diminui significativamente a precisão da localização do usuário, impossibilitando diversos tipos de aplicações.

Com o propósito de possibilitar um posicionamento mais preciso em grandes células, foi desenvolvido, então, um sistema chamado Mobile Positioning System (MPS). O MPS se integra ao GSM com mínimas modificações nos componentes de infra-estrutura. Além disso, os terminais móveis (telefones) não necessitam de nenhuma modificação, já que todo cálculo de posicionamento é feito pela própria rede.

Para calcular as posições, o MPS utiliza os mecanismos descritos a seguir e ilustrados na Figura 2:

- Cell of Global Identity (CGI): mecanismo COO;
- Segment antennas: mecanismo AOA;
- Timing Advance (TA): mecanismo TOA;
- Uplink Time of Arrival (UL-TOA): mecanismo TOA disponível se o dispositivo estiver no raio de ação de pelo menos quatro estações base. Apresenta uma precisão de 50 a 150 metros.

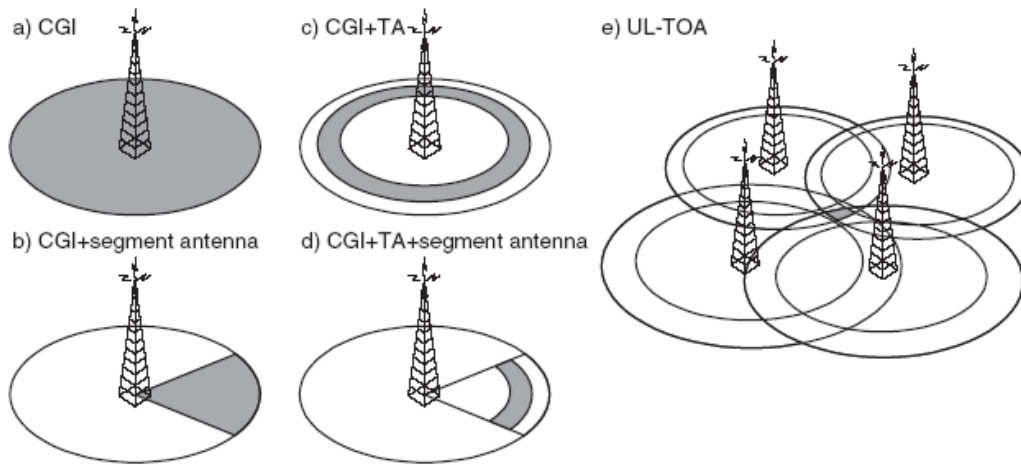


Figura 2

Os dados de localização obtidos pelos mecanismos acima são transmitidos e mantidos no Mobile Positioning Center (MPC). Logo, a informação de localização não fica diretamente disponível aos dispositivos móveis, que precisam solicitá-la aos MPCs.

Existe ainda um mecanismo TDOA para redes GSM chamado Enhanced Observed Time Difference (E-OTD), que obtém resultados semelhantes aos do UL-TOA. A principal diferença entre os dois é que no caso do E-OTD o cálculo do posicionamento é feito no próprio dispositivo móvel. Isto alivia um pouco a carga na rede e o investimento em sua infra-estrutura, mas exige que o usuário possua um dispositivo compatível e mais caro. Além disso a informação de localização está diretamente disponível às aplicações no dispositivo.

5.4. Sistemas de Uso Indoor

Os sistemas baseados em satélites, em geral, não funcionam em ambientes internos, pois os sinais provenientes dos satélites não conseguem atravessar paredes sólidas. Por outro lado, os sistemas baseados em redes celulares dificilmente serão precisos o bastante para indicar, por exemplo, em que sala (de um prédio) o usuário se encontra.

Para um posicionamento preciso em ambientes internos, é necessário que uma infra-estrutura de localização seja instalada no próprio ambiente. Essa infra-estrutura pode ser uma rede de sensores ou transmissores, por exemplo. A maioria das soluções para posicionamento em ambientes internos são projetos experimentais ou de pesquisa.

Poucas atingiram um estágio de produção. Essas soluções podem ser classificadas de acordo com a tecnologia em que se baseiam: infravermelho, rádio, ultra-som e vídeo.

A grande vantagem das soluções baseadas em infravermelho é que os dispositivos infravermelhos são baratos e de fácil utilização. No entanto, essas soluções geralmente não permitem uma localização precisa, e se limitam a indicar uma localização semântica, como por exemplo o aposento em uma construção em que um usuário se encontra. Além disso, sinais infravermelhos não são capazes de transpor obstáculos como paredes.

Soluções baseadas em rádio, por sua vez, permitem uma localização mais precisa, através de técnicas de TOA ou de intensidade de sinais. Essas soluções são em geral mais complexas, pois os sinais de rádio são afetados pelos obstáculos presentes no ambiente, o que dificulta as medições. Há projetos nesta categoria que atingiram precisões na ordem de 3 m.

A velocidade de ondas sonoras é significativamente menor que a velocidade dos sinais eletromagnéticos. Isso possibilita que soluções baseadas em ultra-sons estejam entre as mais precisas. Uma desvantagem do ultra-som é que esses sinais não atingem distâncias muito grandes. É possível atingir precisões entre 10 e 30 cm.

Por fim, há sistemas de localização indoor baseados em vídeo. É necessário introduzir marcas visuais no dispositivo ou ambiente cujos padrões serão identificados nas imagens capturadas pelas câmeras de vídeo. Esses sistemas têm um custo computacional elevado devido à necessidade de processamento de vídeo. Por isso são, em geral, soluções caras.

6. Conclusão

Não é nenhum absurdo prever que o uso de informação de localização tanto em mercados tradicionais como em emergentes se tornará ubíquo. Neste contexto, as atuais organizações operadoras de serviços móveis estão enfrentando - a maioria com êxito - o desafio de garantir seu espaço nessa nova esfera de serviços.

Simultaneamente, desenvolvedores de aplicações irão ajudar indústrias tradicionais a aumentar o valor de seus produtos, agregando a estes os novos serviços proporcionados pelas redes de localização baseadas em satélites, células ou sensores.

Definitivamente, os serviços baseados em localização têm o potencial de alterar a forma como o homem moderno encara os telefones celulares e demais dispositivos

móveis, que passarão a ser uma imprescindível interface pessoal para um mundo de serviços, relacionamentos e informações.

7. Referências Bibliográficas

- J. Schiller, A. Voisard. “Location-Based Services”;
- G. Chen, D. Kotz. “A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research”;
- N. Marmasse, C. Schmandt. “Location-aware Information Delivery with comMotion”;
- A. Jagoe. “Mobile Location Services: The Definitive Guide”;
- V. Zeimpekis, G. M. Giaglis, and G. Lekeko. “A Taxonomy of Indoor and Outdoor Positioning Techniques for Mobile Location Services”;
- C. Endres, A. Butz, A. MacWilliams. “A Survey of Software Infrastructures and Frameworks for Ubiquitous Computing”;
- D. Kenneth, J. Olavesen. “Estimated Accuracy of Location in Mobile Networks Using E-OTD”.