

METODE DE LOCALIZARE ALE ABONAȚILOR MOBILI CU CALCULAREA COORDONATELOR LOR GEOGRAFICE

Autori: Daniela RUSU, Ion AVRAM

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: This document contains a review of the current status of cellular location technology and near-future developments. Basic location techniques based on cellular system signals and satellite systems are presented. Cellular location techniques include methods based on cell identification, signal strength, angle-of-arrival, time delay, correlation with database and signal pattern recognition. An overview of Global Positioning System is given along with description of differential and assisted GPS positioning methods. GSM standardisation on location methods and services is covered. It is concluded that the most applicable location methods are based on standard measurement reports that are continuously transmitted from the mobile station back to the network during a connection.

Cuvinte cheie: metode de localizare, celulă, semnal, stație de bază, echipament mobil.

1. Metoda identificării celulei (cell-ID)

O tehnologie des utilizată pentru determinarea poziției telefonului mobil în rețelele GSM este bazată pe identificarea celulei. Aceasta este o metodă bazată pe rețea, unde celula, în care a fost înregistrat abonatul, poate fi utilizată pentru a estima poziția utilizatorului. Această informație este disponibilă atât timp cât echipamentul mobil se află în rețea și chiar în timpul comunicației. Identificarea celulei se transformă în poziție geografică utilizând parametrii rețelei de la operator, cum ar fi baza de date despre acoperirea abonaților mobili deserviți pe centrelor de locație.

Valoarea erorii identificării coordonatelor geografice ale abonatului mobil, în general, depinde de dimensiunea celulelor, dar poate depinde și de alți factori, cum ar fi tipul rețelei wireless, tipul de celule (omnidirecționale și sectorizate), mărimea celulelor (celule macro – cu raze mari sau celule pico - celule cu raze mici și foarte mici) etc.

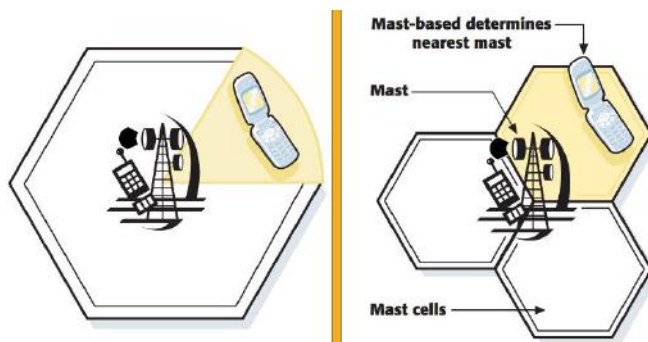


Figura1 Metoda identificării celulei: a – cu 3 antene; b – omnidirecțională

Metoda dată are un avantaj important – și anume că suportă toți abonații mobili proprii și abonații vizitatori în celulă. O celulă sectorizată folosește mai multe antene sectorizate, fiecare din acestea furnizând informația despre un anumit sector. Cu cât numărul antenelor este mai mare, cu atât eroarea de localizare scade. Spre exemplu, o celulă cu trei antene, va furniza o acoperire de 120° pentru fiecare sector. Eroarea localizării, deci, va fi $\pm 60^\circ$ (figura 1a). Atunci când un echipament mobil (EM) este localizat într-o celulă acoperită de o antenă omnidirecțională, eroarea informațiilor privind localizarea abonatului depinde direct de dimensiunea celulei corespunzătoare (figura 1b). În cazul celulelor sectorizate, localizarea echipamentului mobil se calculează folosind algoritmi matematici.

Nivelul erorii de localizare ale abonaților mobili în rețelele GSM1800 și GSM1900 (PCS) este mai scăzut decât în rețele GSM 900, în care raza maximă a celulei poate ajunge aproximativ 40 km. De asemenea, acesta variază de la o regiune la alta, cum ar fi zonele rurale, suburbane și urbane. De obicei, în zonele urbane

operatorii oferă o proporția mult mai densă de celule pe km^2 , cu scopul de a face față creșterii ulterioare a cererilor de trafic.

2. Metoda îmbunătățită a identificării celulei (Enhanced cell ID - E-cell ID)

Cu E-cell ID, echipamentul mobil face măsurări asupra condițiilor proprii de funcționare și le transmite rețelei pentru decizii de handover (transfer de legătură). Acest raport de măsurare al rețelei e utilizat atât de celulele de servire, cât și de cele vecine, pentru a determina nivelul de putere al EM, care la rândul său, este folosit pentru a estima locația bazându-se pe modelele simple de propagare și pe instrumentele de planificare a rețelei.

O tehnică similară, poate fi implementată folosind parametrul timpului de sincronizare a semnalului (TA – Timing Advance). TA măsoară distanța dintre o stație de bază (SB) și un EM cu rezoluția de 550m. Acesta îmbunătățește nivelul de precizie a celulelor mari (omnidirecționale și sectorizate), cum ar fi cele tipice sistemelor GSM900. Cu TA, EM înregistrează semnale de sincronizare de la cel mai puțin trei SB, după care trimite înapoi un rezultat, care rețeaua îl convertește într-o poziție geografică calculată.

3. Metoda unghiului de sosire (Angle of arrival - AOA)

AOA se bazează pe o tehnică clasică de căutare radio în care o antenă de mare directivitate (matrice direcționată electronic) determină o linie de rulment între un echipament de recepție și o stație de bază. Unghiurile relative pot fi apoi calculate folosind diferențele de fază în întreaga matrice sau prin măsurarea densității de putere.

Odată ce măsurările au fost efectuate - în mod normal, de la cel puțin trei stații de bază (figura 2) - locația poate fi calculată prin triangulație simplă. Din păcate, această tehnică necesită o conexiune de linie de vizibilitate între EM și SB, astfel semnalele reflectate vor oferi o linie falsă de rulment. Pentru că rețelele GSM nu funcționează în mod exclusiv în condiții liniei de vizibilitate, această metodă este necesar de a fi folosită în colaborare cu o altă tehnică de locație.

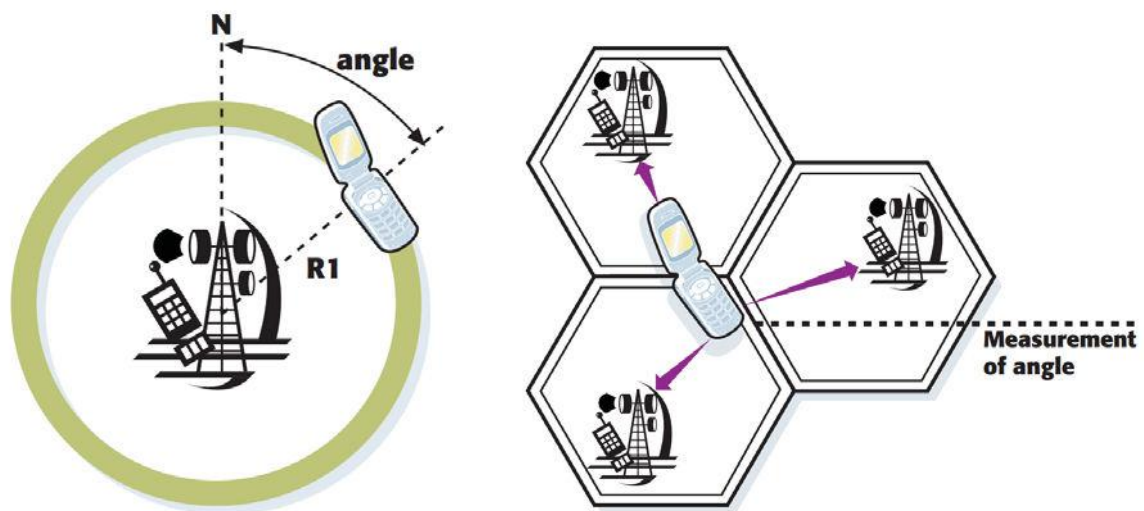


Figura 2 Metoda unghiului de sosire AOA

4. Metoda timpului de sosire și diferenței dintre timpul de sosire (Time of Arrival – TOA, Time Difference of Arrival - TDOA)

Metoda timpului de sosire funcționează prin interacționarea semnalului telefonului cu stația de bază și invers. Din moment ce undele radio se propagă cu viteza luminii (c), distanța (d) dintre EM și SB poate fi estimată din timpul de transmisie (între transmiterea și primirea semnalului). Deci, astfel se determină poziția de amplasare a EM, obținând un cerc cu raza r , centrul cercului fiind stația de bază.

Dar, în cazul în care estimarea s-ar efectua de către trei stații de bază, ar exista trei cercuri, care intersectându-se ar indica localizarea exactă a EM (triangulație), așa cum se prezintă în figura 3.

Metoda diferenței timpului de sosire TDOA este o tehnică asemănătoare bazată pe timp. Aceasta funcționează prin măsurarea timpului relativ de sosire a semnalelor la ME transmise concomitent de la trei stații de bază sau invers (prin măsurarea timpului relativ de sosire la trei SB transmise de la ME).

Diferența timpului de sosire definește o hiperbolă. Așa cum se utilizează trei SB, rezultă că sunt trei seturi de diferențe de timp, care creează trei ecuații hiperbolice, de unde se poate calcula o singură soluție.

TDOA este uneori preferat în comparație cu TOA, deoarece - în cele mai multe implementări - necesită mai puține date care urmează să fie schimbate prin conexiunea fără fir. Sincronizarea precisă a stațiilor de bază este, de asemenea, esențială pentru ca această tehnică să funcționeze.

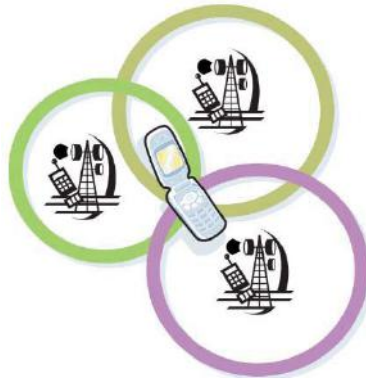


Figura 3 Metoda estimării timpului de sosire efectuată de 3 SB

În cazuri când ME a fost deconectat (sau se află în afara ariei de acoperire), e necesar o nouă înregis-trare, pentru ca SB să dețină informația deplină necesară pentru efectuarea noilor proceduri de localizare.

5. Metoda îmbunătățită a diferenței de timp observată (Enhanced observed time difference E-OTD)

Metoda dată de localizare necesită o nouă funcție în telefoanele mobile – capacitatea de a efectua măsurări de sincronizare și apoi de transfer la centrul mobil de locație a operatorului.

Poziția fiecărei stații de bază trebuie să fie cunoscută cu precizie pentru a efectua triangulația și a estima locația telefonului. În plus, timpii de transmisie pentru fiecare SB trebuie cunoscută cu exactitate. În rețelele GSM - care nu sunt sincronizate – timpul de transmisie trebuie să fie măsurat cu ajutorul unei rețele de localizare a unităților de măsură (LMUs – Location Measurement Units).

În esență, acestea sunt dispozitivele mobile modificate - opțional cu un receptor GPS - plasate într-o poziția geografică fixă, cu capacitatea de a efectua măsurări a diferenței de timp E-OTD și de a le transfera la centrul mobil de locație a operatorului.

Precizia E-OTD depinde de densitatea celulară, planul de celule, interferențe, zgomot, performanța și precizia poziției celulelor. Metoda funcționează deosebit de bine în zonele cu densitate mare de stațiilor de bază și invers, calitatea metodei E-OTD scade în zone cu o densitate scăzută a SB.

6. Metodă asistată de Sistem de Poziționare Globală (Assisted global positioning system A-GPS)

Ca și E-OTD, A-GPS este, de asemenea, o tehnică bazată pe timp în care EM măsoară timpul de sosire a trei sau mai multe semnale, dar în acest caz, acestea sunt transmise de la sateliți GPS (figura 4).

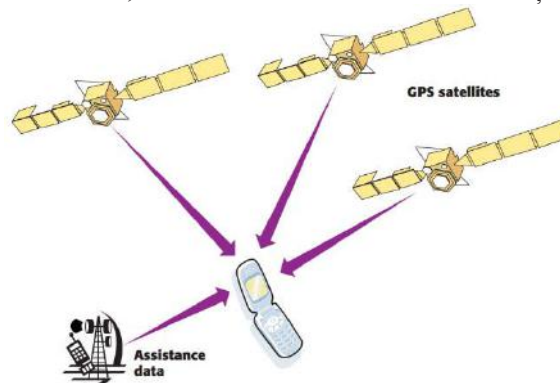


Figura 4 Metodă Asistată de Sistem de Poziționare Globală

În general, informațiile decodificate de către receptorul GPS sunt apoi transmise la EM prin rețea radio. Acest lucru aduce avantaje pentru timpul necesar de a obține prima locație și durata bateriei - deoarece telefonul nu mai trebuie să caute și să decodifice semnalele de la fiecare satelit disponibil.

Eliminând necesitatea de a decoda semnalele de satelit, de asemenea, metoda permite detectarea și estimarea TOA (timpului de sosire), care are capacitatea de a localiza un EM, chiar și în spațiile obstacolelor, în interiorul mașinii, într-o mulțime de anturaje exterioare și interioare. A-GPS oferă și o bună precizie verticală și estimare a vitezei. Transmisiunea semnalelor de date de asistență GPS poate dura 10 secunde, dar odată primite de către ME, pot fi utilizate până la patru ore.

7. Metoda puterii semnalului

Din cauza naturii, în care rețelele GSM au fost dezvoltate, puterea semnalului a fost una dintre primele tehnici propuse pentru urmărirea locației celulare, deoarece a fost mai simplu de a o implementa în practică. Aceasta utilizează informațiile pe care ME le oferă despre puterea semnalului primit de la stația de bază pentru a estima distanța. În cazul în care puterea de emisie la SB și puterea semnalului primit de la ME sunt cunoscute, distanța poate fi ușor calculată folosind o ecuație cu pierdere pe traiectorie.

Utilizând cel puțin trei SB pentru a măsura distanța în acest fel, se pot construi trei sau mai multe cercuri. Locația poate fi apoi ușor calculată din intersecția aproximativă a acestor cercuri cu raza cunoscută.

8. Metoda hibridă

Metoda hibridă implică utilizarea mai multor tehnologii de localizare pentru a îmbunătăți precizia. Exemple tipice sunt AOA cu TOA, AOA cu TDOA, puterea semnalului cu TA (timpul de sincronizare) și așa mai departe. Mai mulți cercetători sugerează că combinația dintre TDOA-TOA oferă o soluție hibridă ideală.

O înțelegere a nivelurilor de precizie așteptate de la fiecare metodă pe o diversitate de medii vor ajuta la determinarea combinației optime. O comparație între preciziile de localizare a unor dintre principalele tehnici actualmente utilizate sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Precizia principalelor metode utilizate pentru localizarea EM

Metodă \ Mediu	Rural	Suburban	Urban	Încăpere închisă
Identificare celulă (Cell ID)	1-33 km Tipic: 15 km	1-10 km Tipic: 5 km	Macrocelule: 0,5-5 km Tipic 2 km Microcelule: 250-500 m Tipic: 200 m	50-500 m (dacă se utilizează picocelule)
Diferența de timp observată îmbunătățită (E-OTD)	50-150 m	50-150 m	50-150 m	variabil
Sistem Asistat de Poziționare Globală (A-GPS)	10 m	10-20 m	10-100 m	variabil

Bibliografie

1. https://www.researchgate.net/publication/3447741_We_know_where_you_are_Location_tracking.
2. Heikki Laitinen. *Cellular Location Technology*. 2001, Project Number: IST-2000-25382-CELLO, 44 pagini.