

Universitatea Politehnica din București
Facultatea de Automatică și Calculatoare

Integrarea serviciilor bazate pe locație și / sau context în realitatea augmentată

Referat 1

Stadiul actual al cercetării în servicii bazate pe locație și / sau context

Îndrumător: **prof. dr. Ing. Dan POPESCU**

Doctorand: **ing. Andrei AVRAM**

CUPRINS

1	Introducere.....	1
2	Tehnici de localizare bazate pe unde radio pentru servicii bazate pe locație.....	1
2.1	GNSS – Sisteme globale de navigare cu ajutorul sateliților.....	2
2.1.1	Principiul de funcționare.....	2
2.1.2	Comunicația.....	2
2.1.3	Calculul poziției.....	3
2.1.4	Alte considerente.....	3
2.1.4.1	Corectarea ceasului receptorului.....	3
2.1.5	GPS Asistat, metode și utilitate.....	3
2.2	Tehnici de localizare folosind infrastructuri existente.....	5
2.2.1	Localizarea folosind puncte de acces WiFi.....	5
2.2.1.1	Faza de învățare.....	5
2.2.1.2	Algoritmi de localizare.....	5
2.2.1.3	Considerente calitative.....	6
2.2.2	Localizarea folosind rețelele de telefonie mobilă.....	6
2.3	Sisteme de poziționare / localizare pentru spații închise (indoor).....	7
2.3.1	AGNSS.....	7
2.3.2	Locata.....	7
2.3.3	Sisteme bazate pe ultrasunete.....	8
2.3.3.1	Cricket(s).....	8
2.3.3.2	Active Bat.....	8
2.3.3.3	RADAR: localizare în spații închise cu puncte de acces wireless.....	8
2.4	Sumarizarea tehnologiilor de localizare.....	9
3	Servicii bazate pe locație.....	11
3.1	Componentă.....	12
3.1.1	Tipuri de servicii.....	12
3.2	Acțiuni ale utilizatorului.....	12
3.2.1	Exprimarea locației.....	13
3.2.1.1	Codificarea și decodificarea locațiilor exprimate în limbaj natural.....	13

3.3 Cerințe pentru SBL-uri.....	14
3.4 Fluxul de informație într-un SBL.....	14
3.5 Exemple de servicii și aplicații bazate pe locație.....	15
3.5.1 Servicii de urgență.....	15
3.5.2 Navigație.....	15
3.5.3 Informații localizate.....	16
3.5.4 Transport în comun.....	16
3.5.5 Social.....	17
3.5.6 Aplicații de realitate augmentată (AR).....	17
3.5.7 Altele.....	17
4 Utilizarea contextului în servicii bazate pe locație.....	18
4.1 Definierea contextului.....	18
4.2 Integrarea contextului.....	20
5 Utilizarea Informației generate de utilizatori în SBL.....	20
5.1 Adnotarea informației cu date geografice (geotagging).....	20
5.2 Externalizarea unor sarcini către utilizatori (crowdsourcing).....	21
5.3 Securitate și dreptul la viață privată.....	21
6 Aplicații și posibile contribuții.....	22
6.1 Precizia localizării prin WiFi în București și utilitatea acestei metode pentru SBL dezvoltate în spații similare.....	22

1 INTRODUCERE

Oferirea de servicii personalizate pentru a răspunde nevoilor utilizatorilor a fost și este un subiect de interes atât pentru mediul academic cât și pentru cel comercial. Utilizarea locației curente a utilizatorului în acest sens nu este o propunere nouă, dar serviciile bazate pe locație (SBL) cunosc în prezent o nouă etapă de dezvoltare alimentată și de accesul facil al utilizatorilor la dispozitive inteligente - dispozitive care oferă modalități avansate de interacțiune om-dispozitiv, sunt echipate cu tehnologii de localizare. dar au și conexiuni Internet tot mai rapide.

Aceste aspecte, împreună cu schimbarea paradigmei mediului online în unul care permite utilizatorilor nu doar să consulte, ci și să contribuie cu ușurință (sau chiar automat) cu informație, creează noi oportunități pentru SBL.

Datorită modului de dezvoltare al dispozitivelor mobile inteligente și a aplicațiilor bazate pe locație destinate acestora, literatura de specialitate nu face întotdeauna diferența între serviciile bazate pe locație și cele bazate pe context – considerându-le o singură categorie de servicii, în care sunt folosite mai multe elemente ale contextului, locația fiind cel mai important dintre ele.

Identificarea locației utilizatorului este un aspect fundamental al SBL. Deși există soluții generale de localizare folosite cu succes în multe aplicații (GNSS / GPS), SBL sunt folosite și utile tot mai mult în aglomerări urbane, unde sistemele bazate pe sateliți nu sunt eficiente. De aceea, s-au propus o serie de soluții care să îmbunătățească performanțele GPS în astfel de spații [1], sau care să profite de infrastructuri existente, fie ele rețele WiFi [2], [3], sau rețelele de telefonie mobilă [4].

În Capitolul 2 face o trecere în revistă a unor tehnologii curente de localizare folosite în mod comun în SBL-uri, atât pentru spații închise cât și pentru exterior – concentrându-se pe servicii îndeosebi utile în mediul urban.

Capitolele 3 și 4 prezintă pe scurt structura generală și caracteristicile SBL-urilor luând în considerare și integrarea contextului în acestea, și discută exemple de aplicații curente ale SBL.

Capitolul 5 discută despre potențialul folosirii informației generate de utilizatori în cadrul SBL-urilor, dar și despre cum poate profita un SBL de o bază de utilizatori pentru a se dezvolta [5]. În ultima parte a capitolului, se analizează riscurile aduse de folosirea unei asemenea tehnologii pentru utilizatori [6].

În Capitolul 6 se propune dezvoltarea unei metode de apreciere a calității / preciziei localizării prin WiFi în aglomerări urbane.

2 TEHNICI DE LOCALIZARE BAZATE PE UNDE RADIO PENTRU SERVICII BAZATE PE LOCAȚIE

După cum le spune și numele, localizarea utilizatorului este o problemă cheie în studiul SBL-urilor. În funcție de tipul de serviciu, precizia localizării de care este nevoie poate să meargă de la nivel de regiune / țară (spre exemplu, pentru un serviciu care oferă conținut în funcție de legislația din acel spațiu geografic), până la locația la nivel de câțiva metri (spre exemplu, pentru un serviciu care oferă informații real-time despre trafic într-o localitate).

Există mai multe tehnici de localizare a unui terminal mobil care se folosesc în mod curent, în funcție de capacitățile terminalului, în funcție de locul unde se află (dacă e în interiorul unei clădiri / pe stradă, dacă este într-un oraș sau pe o autostradă).

2.1 GNSS – Sisteme globale de navigare cu ajutorul sateliților

Unele din sistemele de localizare cele mai folosite, mai ales în mediul militar și în mediul industrial, dar acum și în cel civil, sunt *Global Navigation Satellite System* – Sisteme de Navigație Globale bazate pe Sateliți.

În acest moment, singurul astfel serviciu care oferă o acoperire completă oriunde în lume este sistemul GPS (Global Positioning System) dezvoltat de Statele Unite ale Americii. Mai există în dezvoltare, propuse pentru a deveni operaționale în cel mult 10 – 12 ani, încă trei sisteme (GLONASS – dezvoltat de Federația Rusă, Compass navigation system – dezvoltat de China și Galileo Positioning System – dezvoltat de Uniunea Europeană).

2.1.1 Principiul de funcționare

GPS folosește o constelație de 31 de sateliți care orbitează în jurul pământului pământul în LEO (Low Earth Orbit), și sunt organizați în așa fel încât să maximizeze eficiența sistemului.

Fiecare satelit transmite în mod continuu mesaje care conțin:

- momentul de timp când a fost transmis pachetul
- poziția precisă a satelitului pe orbită
- starea generală a sistemului și orbitele aproximative ale tuturor celorlalți sateliți

Un receptor GPS primește acest mesaj și îl folosește pentru a calcula distanța până la satelit. Această distanță, împreună cu poziția satelitului sunt folosite (prin trilateratie sau altfel, în funcție de algoritmul folosit) pentru a calcula poziția receptorului.

Pentru calcularea poziției este necesar un ceas foarte precis și pe receptorul GPS, care ar face receptoarele GPS scumpe. Ca o soluție de compromis, se folosesc mai mult de patru sateliți (față de trei, cât ar părea suficient), pentru a putea face o corectare de ceas la fiecare citire.

2.1.2 Comunicația

Fiecare satelit GPS difuzează în mod continuu un mesaj de navigație cu o rată de 50 bps. Fiecare mesaj este compus din cadre de 30 de secunde. Fiecare cadru are 5 sub-cadre cu o lungime de 6 secunde (300 biți). Fiecare sub-frame conține 10 cuvinte de 30 de biți cu o lungime de 0.6 secunde. Fiecare cadru de 30 de secunde începe la fiecare minut (:00) și la fiecare minut (:30) indicat de ceasul atomic din fiecare satelit.

Prima parte a mesajului conține numărul săptămânii și momentul din acea săptămână, cât și date

despre starea sistemelor satelitului. A doua parte a mesajului (sub-cadrele 2 – 3) conține informații precise despre orbita satelitului. Ultima parte a mesajului (sub-cadrele 4 – 5, *almanahul*) conține informații aproximative despre orbita și starea celorlalți sateliți, cât și informație legată de corectarea erorilor.

Toți sateliții emit pe aceeași frecvențe. Semnalele sunt codate folosind CDMA (code division multiple access), permițând mesajelor de la diferiți sateliți să poată fi diferențiate pe baza codării unice a fiecărui satelit. Există două tipuri de codări CDMA folosite, cea C/A (Coarse / Acquisition) – aproximativă, accesibilă publicului larg, și cea P (Precise) – precisă, accesibilă doar armatei SUA.

Informația despre orbită este actualizată la fiecare 2 ore și este în general valabilă pentru 4 ore. Almanahul este actualizat în mod normal la 24 de ore.

2.1.3 Calculul poziției

Receptorul folosește mesajele primite de la sateliți pentru a determina poziția sateliților și momentul de timp la care au fost transmise mesajele – notate (x_i, y_i, z_i, t_i) , pentru fiecare satelit i . Dacă se cunoaște momentul de timp t_i la care a fost recepționat un mesaj, receptorul calculează timpul de tranzit al mesajului $(t_r - t_i)$. Presupunând că mesajul a călătorit cu viteza luminii c , distanță străbătută este $(t_r - t_i)c$. Cunoscând distanța de la receptor la satelit și poziția satelitului, se poate spune că receptorul este pe suprafața unei sfere centrate pe fiecare din sateliți, deci receptorul este la (sau lângă) intersecția suprafețelor sferelor. În cazul ideal, în care nu apar erori, acesta este chiar la intersecția suprafețelor sferelor.

Dacă b este eroarea de ceas (denotă care este avansul ceasului receptorului față de ceasul de referință), receptorul are 4 necunoscute – $[x, y, z, b]$. Ecuația sferei pentru fiecare satelit este dată de ecuația:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = ([t_r - b - t_i]c)^2, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

sau, în termeni de distanțe receptor – satelit, $p_i = (t_r - t_i)c$

$$p_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} + bc, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

În cazul în care sunt vizibili mai mult de patru sateliți, determinarea poziției poate fi făcută cu cei mai buni patru sateliți sau cu mai mult de patru sateliți, în funcție de *numărul de canale* și *puterea de procesare* disponibile pe receptor și de poziționarea sateliților (doi sateliți foarte apropiați la un moment dat pot duce la calcule mai puțin precise decât dacă ar fi departe unul de celălalt).

2.1.4 Alte considerente

2.1.4.1 Corectarea ceasului receptorului

O sursă de erori importantă pentru GPS este ceasul receptorului. Pentru că se lucrează cu viteza luminii, c , care are o valoare foarte mare, distanța estimată de la satelit la receptor (numită și pseudo-distanță) este foarte susceptibilă la erori cauzate de un ceas imprecis (o eroare de 1us la ceas corespunde unei erori de 300m în distanță). Pentru a permite utilizarea de ceasuri mai puțin precise (și, deci, mai ieftine) în receptoarele GPS se face, la fiecare măsurare, o corecție a ceasului receptorului. Pentru fiecare calcul de poziție se calculează sferile aferente lor (poziția și distanța față de receptor). Este probabil ca primele trei sfere să se intersecteze (pentru că intersecția primelor două generează un cerc suficient de mare). Totuși, din cauza erorilor introduse de diferența între ceasul receptorului și ceasul de referință, este puțin probabil ca a patra sferă să se intersecteze cu unul din cele două puncte comune primelor trei sfere – totuși, această informație se poate folosi pentru corectarea ceasului receptorului.

2.1.5 GPS Asistat, metode și utilitate

Unitățile GPS complete (sau autonome) funcționează folosind doar semnalul radio recepționat de la sateliții sistemului. Pentru a crește precizia poziției calculate, și pentru a reduce dimensiunea, complexitatea și consumul receptoarelor GPS – în special pentru cele folosite în echipamente mobile a căror funcție primară nu este obținerea poziției – a fost dezvoltat un sistem numit *Assisted GPS (A-GPS)* – GPS asistat.

Assisted GPS [7] folosește o rețea terestră de date (spre exemplu o conexiune de date peste telefonie mobilă sau WiFi) disponibilă pe același dispozitiv pentru calculul mai rapid al localizării.

O unitate GPS autonomă poate să obțină o primă localizare de la pornirea alimentării (TTFF – time to first fix – timpul până la prima poziție) în 30 – 40 de secunde (tipic, minute în cazul cel mai nefavorabil) – pentru că are nevoie de informații despre orbita sateliților, iar la rata de transfer de 50bps obținerea acestor informații poate dura mult – aspect care, în aplicații în care unitatea GPS nu este folosită în mod continuu (spre exemplu, în cazul dispozitivelor mobile inteligente ca smartphone-urile) – creează timpuri de așteptare inacceptabili pentru utilizatori.

Cu A-GPS, prin intermediul unei rețele radio (3G / WCDMA / GSM, sau chiar WiFi), unitatea are acces, cu o viteză considerabil mai mare (de ordinul sutelor de kbps), la un server dedicat care are un semnal GPS bun și primește și stochează periodic informația orbitală de la sateliți.

A-GPS are două moduri de funcționare

- *Mobile Station Assisted (MSA – Stație mobilă asistată)* – în care dispozitivul A-GPS primește un ceas de referință și asistență pentru recepționarea informațiilor de la sateliți – cu ajutorul cărora recepționează aceste informații, le trimite către serverul A-GPS, care îi calculează poziția și i-o returnează
- *Mobile Station Based (MBS – Bazat pe stația mobilă)* – în care dispozitivul A-GPS primește informația orbitală, un ceas de referință și alte informații opționale de asistență de la serverul A-GPS. Cu ajutorul acestor informații, dispozitivul recepționează semnalul de la sateliți și își calculează local poziția

În aplicații industriale, timpul până la prima localizare bună este puțin important – dar atunci când un utilizator comercial care folosește un serviciu bazat pe locație are nevoie să știe unde se găsește, se așteaptă să primească această informație într-un timp cât mai scurt – indiferent dacă se găsește într-un spațiu în care se poate recepționa semnal GPS bine sau nu. A-GPS intervine aici și reduce din timpurile necesare stabilirii unei poziții prin GPS, dar și din calitatea necesară a semnalului în același punct.

Totuși, în funcție de soluția comercială folosită, și de tipul de rețea peste care se face conexiunea de date, soluțiile bazate pe metoda A-GPS prezentată mai sus pot genera costuri pentru utilizatori, și sunt limitate la cazurile în care dispozitivul poate face transfer de date în rețeaua în care se găsește.

Un exemplu bun aici este utilizarea unui sistem A-GPS bazat pe conexiunea de date a unui smartphone care se afla în roaming, un caz comun pentru turiști internaționali care încearcă să folosească telefonul pentru a se ghida într-un oraș străin – dacă A-GPS transferă date în roaming, acest lucru poate crea costuri considerabile și neașteptate utilizatorului.

În [1] este propus un sistem A-GPS bazat pe puncte de acces WiFi care să scadă TTFF în mediul urban – unde semnalul GPS nu este întotdeauna optim, exploatând (vezi secțiunea 1.2.1) faptul că există suficiente puncte de acces WiFi pentru a permite o localizare aproximativă folosind una din tehnicile descrise la 1.2.1 – Algorimi.

Într-un astfel de sistem, TTFF este redus prin deducerea unei poziții aproximative, care la rândul ei este trimisă unui server WiFi-A-GPS, care răspunde cu informația orbitală pentru acei sateliți

care ar trebui să fie vizibili în locația respectivă – reducând astfel timpul de obținere a primei poziționări.

Localizarea în funcție de punctele de acces WiFi vizibile se poate face și local, pe dispozitiv, reducând și necesitatea unei conexiuni permanente de date.

Un asemenea sistem are mai multe avantaje – în primul rând, cu o conexiune de date, odată obținută prima poziție de la GPS, toate punctele de acces WiFi necunoscute sistemului întâlnite pe drum pot fi introduse, împreună cu locația lor, în baza de date – crescând astfel calitatea sistemului.

Un alt avantaj al sistemului propus este că, în cazul în care componenta GPS nu poate primi un semnal suficient de bun, sau în condițiile în care este suficientă precizia sistemului WiFi de localizare – componenta GPS poate fi oprită, reducând astfel consumul.

2.2 Tehnici de localizare folosind infrastructuri existente

2.2.1 Localizarea folosind puncte de acces WiFi

Utilizarea WiFi pentru localizare este un concept care este deosebit de interesant pentru zone urbane, unde concentrația de puncte de acces WiFi este mare, și în același timp, alte tehnici de localizare, cum ar fi localizarea prin GPS sunt ineficiente, fiind afectate de interferențe.

În funcționarea normală, și în configurația cel mai des întâlnită, punctele de acces WiFi emit (broadcast) liber un pachet de identificare a rețelei, care conține, printre altele și adresa hardware (MAC-ul, care este unic) dispozitivului respectiv. Standardele cele mai folosite pentru rețele WiFi (802.11b și 802.11g) prevăd distanțe maxime de emisie de până la 300m, dar limite legale și practice fac în practică această distanță să fie și de 6 ori mai mică decât distanța maximă.

O caracterizare a preciziei unei astfel de implementări la nivel metropolitan este analizată în [3]. Tehnica de localizare are două faze: faza de antrenament, în care sunt colectate date despre rețelele dintr-o anumită zonă geografică, și apoi faza de localizare efectivă, în care se folosesc datele strânse la etapa anterioară pentru a deduce poziția.

2.2.1.1 Faza de învățare

În această fază, se colectează informații despre punctele de acces WiFi dintr-o anumită zonă. O modalitate comună de a face acest lucru, numită *wardriving*, implică deplasarea cu un dispozitiv care are un receptor GPS și un receptor WiFi, în zona care se dorește a fi scanată. În funcție de algoritmul care se va folosi la alcătuirea *hărții radio* a zonei scanate, se strâng o serie de informații despre punctele de acces WiFi:

- *poziția geografică obținută prin GPS*
- *adresa hardware a rețelei*
- *puterea semnalului recepționat*

2.2.1.2 Algoritmi de localizare

Centroid – algoritmul creează o hartă în care poziția fiecărui punct de acces WiFi este dată de media aritmetică a pozițiilor înregistrate pentru diferite apariții ale aceluși punct de acces în faza de descoperire. O variantă a acestui algoritm folosește media ponderată după puterea semnalului recepționat a pozițiilor.

Amprentare radio (fingerprinting) – se bazează pe ideea că, pentru o locație dată, configurația de rețele WiFi detectate și puterea semnalului pentru fiecare dintre ele, pot fi folosite pentru a

calcula, în spațiul semnalului, cea mai apropiată locație de locația curentă înregistrată în timpul etapei de învățare. Această abordare este descrisă în [2] este folosită mai ales în localizarea în spații închise și este descrisă în secțiunea dedicată acestui tip de localizare.

Filtru de particule (particle filters) – este un algoritm probabilistic bazat pe un filtru Bayes. Algoritmul estimează poziția la un timp t folosind o colecție particule, $p(i,t)$, $w(i,t)$ în care $p(i,t)$ este o ipoteză despre poziția curentă, și $w(i,t)$ este o pondere care reprezintă probabilitatea acea ipoteză să fie adevărată, adică probabilitatea ca configurația rețelelor WiFi detectată la momentul t să fie într-adevăr cea care ar trebui să fie detectată conform ipotezei.

Filtrele de particule pentru tehnici de localizare necesită două modele: un model pentru calcularea $w(t)$ pentru o anumită particulă folosind configurația curentă a punctelor de acces WiFi primită (*modelul rețelei*) și un model care să deplaseze particulele într-un mod în care se aproximează mișcarea utilizatorului (*modelul de mișcare*)

2.2.1.3 Considerente calitative

Tehnica de localizare folosind puncte de acces WiFi are o toleranță bună la adăugarea / eliminarea unor puncte de acces din *harta radio* pe care se bazează, până la punctul în care densitatea punctelor de acces scade sub $1 / 10 \text{ m}^2$ [3] când performanțele metodei scad considerabil. De asemenea, precizia acestei tehnici, indiferent de densitatea punctelor de acces, este limitată inferior de tehnologia de localizare a acestora (în cazul acesta GPS, a cărui eroare este de 5-7 metri).

Dintre algoritmi prezentați, în condițiile în care densitatea punctelor de acces este mare, algoritmul bazat pe centroid funcționează aproximativ la fel de bine ca alți algoritmi mai complecși, care devin mai valoroși în zone cu densitate mai mică.

Zgomotul în informațiile de locație primite de la un dispozitiv GPS – introdus, spre exemplu de interferențe cauzate de „*canioane urbane*” – influențează mai ales algoritmi bazați pe amprenta radio. De aceea, în locații în care localizarea prin GPS este dificilă, algoritmul bazat pe *filtrul de particule* poate oferi rezultate superioare.

Pentru algoritmi bazați pe puterea semnalului, mai există o variabilă care trebuie considerată, puterea semnalului raportată de *chipset*-ul dispozitivului WiFi variind, pentru același scenariu, între dispozitive de la diferiți producători.

2.2.2 Localizarea folosind rețelele de telefonie mobilă

Rețelele de telefonie mobilă prezintă un potențial bun pentru localizare, având o infrastructură bine dezvoltată, și având o caracteristică de localizare intrinsecă – pentru ca un utilizator să poată folosi telefonia mobilă, trebuie să fie conectat în rețea, iar punctele de conectare în rețea sunt fixe, și bine localizate de către operatorul rețelei.

Infrastructura rețelelor de telefonie mobilă, bazată pe releu (*base-towers*) nu este una foarte dinamică, poziționarea unui releu și distribuția celulelor în releu și a canalelor pe celule fiind un proces complicat și costisitor, care trebuie să ia în considerare modelul de propagare a undelor radio în locul în care este instalat releul respectiv. În funcție de încărcarea preconizată a rețelei, puterea de emisie, și, în consecință, dimensiunea celulelor GSM este controlată. De aceea, în zone urbane, cu densitate mare a populației, celulele sunt mai mici și mai apropiate (zeci de metri), în timp ce în zone cu densitate mai mică – zone rurale, spre exemplu, celulele deservește zone întinse pe zeci de kmp.

Acest aspect, la fel ca și în cazul localizării prin WiFi, face localizarea prin intermediul GSM interesantă și eficientă în aglomerații urbane, în orașe.

Celulele GSM folosesc un canal special, numit BCCH (Broadcast Control Channel) pentru transmiterea identificatoarelor celulelor învecinate, astfel încât ca terminalul mobil să poată face facil trecerea între celule. Deși puterea de emisie în GSM este controlată atât la nivelul terminalelor cât și la nivelul rețelei, dintr-o varietate de motive, canalul BCCH este folosit întotdeauna la aceeași putere. Acest lucru permite terminalelor mobile să facă comparații consistente între puterile semnalului provenit de la mai multe celule, și să o aleagă pe cea mai bună pentru comunicare. [ref] Același model poate fi folosit pentru localizare.

Pentru că modelul de bază este același, mai mulți algoritmi prezentați la localizarea cu puncte de acces WiFi se aplică și la localizarea prin GSM, în special algoritmi care iau în considerare și puterea semnalului.

[4] conține că tehnologia GSM poate fi folosită pentru localizare, cu rezultate bune pentru interior (2-5 m eroare mediană) și în exterior (70 – 200m) și poate fi folosit pentru a determina locurile vizitate de oameni în viața de zi cu zi.

Deși are o stabilitate mai bună în ceea ce privește existența rețelei, adoptarea în masă a soluțiilor WiFi pentru locuințe și birouri a făcut ca densitatea rețelei WiFi să fie considerabil mai mare decât cea a celulelor GSM. De cealaltă parte, celulele GSM transmit cu o putere mult mai mare, și, pentru localizarea în exterior, nu sunt oprite de pereții clădirilor (cele mai multe puncte de acces WiFi se află în interiorul clădirilor, în timp ce rețelele se instalează în exterior).

2.3 Sisteme de poziționare / localizare pentru spații închise (*indoor*)

Sistemele de localizare pentru spații închise pun probleme cu totul diferite decât cele prezentate până aici. marjele de eroare acceptabile fiind în general mai mici, semnalul de la sisteme GNSS poate fi slab sau inexistent.

De asemenea, nevoile de poziționare sunt diferite. Dacă în cazul sistemelor de poziționare de exterior este nevoie de o tripletă (long, lat, alt) care eventual poate fi tradusă apoi într-o adresă, în cazul sistemelor de poziționare de interior, obiectivul este de a se determina poziția într-o clădire, la nivel de etaj, la nivel de cameră sau chiar la nivel de poziție într-o cameră.

Propagarea multi-cale a diferitelor tipuri de semnale folosite în localizare este un alt factor care trebuie luat în considerare la localizarea în spații închise (birouri, locuințe). Deși generează probleme și pentru mediul exterior (mai ales în cazul GPS), în interior această problemă se amplifică pentru că în mod comun aceste spații au multe obstacole în care semnalele se pot reflecta de mai multe ori și pot ajunge la diferite momente și cu diferite intensități la receptoare.

Pentru a răspunde acestor nevoi s-au dezvoltat o serie de metode și de sisteme, multe dintre ele folosind idei similare cu cele prezentate în secțiunea anterioară, adaptate pentru interior.

[8] sumarizează mai multe sisteme de localizare pentru interior:

2.3.1 AGNSS

Pentru a ajunge în spații închise, semnalul GNSS trece printr-un număr de obstacole (pereți, plafoane, obstacole naturale) din diferite materiale și cu diferite proprietăți electrice, care îl atenuează și îl face aproape imposibil de detectat. Atenuarea semnalului GPS din banda L (L1 = 1500 MHz) este între 5 și 30db, cele mai severe fiind în tunele și spații subterane.

Una din soluțiile la această problemă este A-GPS, care adresează și probleme de semnal GNSS slab, și a fost prezentată în secțiunea anterioară. Există studii care susțin că la o atenuare > 25db (clădiri de beton, spații subterane) localizarea bazată pe semnalul GPS nu este posibilă fără un sistem A-GPS.

Cu (A)-GPS, în spații închise se poate ajunge la o precizie la nivel de cameră. În următorii 10 ani, odată cu finalizarea sistemelor GNSS (de exemplu, Galileo), precizia acestei metode de localizare pentru interior va crește.

2.3.2 Locata

Locata este un sistem de poziționare bazat pe stații de emisie terestre cu ceasuri sincronizate care trimit semnale asemănătoare cu cele GNSS și fac localizare punctuală folosind măsurări nu prin măsurarea timpului, ci prin urmărirea fazei purtătoare. Sistemul are o abatere standard pentru poziționarea în timp real de până la 1 cm în 93% cazuri la o distanță de maxim 100m de stațiile de emisie. Într-un test cinematic, *Locata* a obținut o abatere standard de 16 mm cu 82% din valori fiind +/-20mm [9].

Autorii articolului conclud că *Locata* poate fi folosit pentru localizare mai precisă de un centimetru oriunde, atât în spații închise cât și în exterior, în ciuda erorilor cauzate de propagarea multi-cale. Pentru că semnalul transmis de sistemul *Locata* este cu câteva ordine de mărime mai puternic decât cel al GNSS, el poate trece prin pereți – totuși, în astfel de situații precizia scade cu un ordin de mărime (10 cm).

Sistemul este util mai ales în localizarea la nivel de centimetru a utilajelor în spații bine delimitate – fabrici, depozite – în care precizia este importantă și calitatea semnalului GNSS este insuficientă.

2.3.3 Sisteme bazate pe ultrasunete

Sistemele bazate pe ultrasunete folosesc fie timpul de parcurgere a semnalului (TOA – Time of Arrival), fie diferența între doi timpi de parcurgere (TDOA – time difference of arrival) pentru a calcula poziția.

2.3.3.1 Cricket(s)

Sistemul *Cricket* se bazează pe emițătoare statice montate pe plafon și receptoare mobile. Emițătoarele transmit periodic mesaje ultrasonice și în frecvență radio conținând un ID unic, propriu. Pentru că semnalele radio au o viteză de aproximativ 106 ori mai mare decât ultrasunetele, receptoarele mobile folosesc diferența de timp între sosirea semnalului radio față de cel ultrasonic pentru a-și calcula distanța până la fiecare dintre emițătoare. Cunoscând poziția emițătoarelor fixe, poziția receptorului poate fi determinată folosind *trilaterație* sau *multilaterație*

Sistemul prezintă însă unele dezavantaje, fiind sensibil la schimbări de temperatură și de propagarea multi-cale.

2.3.3.2 Active Bat

Sistemul *Active Bat* folosește modelul „invers”, în care receptorii sunt montați pe plafon, și utilizatorii (mobili) au emițătoare care *difuzează* un semnal ultrasonic care le identifică. Mai mulți receptori primesc acest semnal și, prin multilaterație, calculează poziția obiectului. *Active Bat* poate deduce de asemenea și informație legată de orientarea unui utilizator.

Soluția folosește o arhitectură centralizată și necesită un număr mare de receptori ultrasonici montați precis.

Ideea sistemului aceeași cu sistemul *Active Badge*, prezentat în 1992, care se bazează semnale transmise prin infraroșu, în loc de unde ultrasonice.

2.3.3.3 RADAR: localizare în spații închise cu puncte de acces wireless

[2] analizează un sistem bazat pe puterea semnalului recepționat de la stații WiFi pentru localizarea în spații închise, și propune două metode de localizare, cu rezultate bune.

Folosind puterea semnalului recepționat de la un număr de stații WiFi, se definește ca metrică pentru calculul poziției celei mai bune dintr-un set de poziții posibile *cel mai apropiat vecin în spațiul semnalului* (nearest neighbour(s) in signal space – NNSS). Pentru calcularea *distanței* în spațiul semnalului, locațiile sunt identificate prin puterea semnalului recepționat, în acel punct, de la toate stațiile WiFi.

Diferența dintre cele două metode constă în antrenarea sistemului, prima folosind o serie de măsurări empirice, în diferite locații pe un etaj, iar a doua folosește un model de propagare a undelor radio pentru a evita necesitatea acestor măsurători.

În cazul măsurătorilor empirice, se fac măsurători într-un număr de 70 de locații în spațiul de măsurare (un etaj de clădire) față de 3 stații WiFi. Articolul atrage atenția asupra efectului orientării utilizatorului asupra puterii semnalului recepționat, și propune 4 măsurători pentru fiecare locație, fiecare cu o orientare diferită.

În al doilea caz, se definește un model de propagare a undelor radio în spațiul în care se dorește localizarea, luând în considerare atenuarea semnalului în funcție de obstacolele din acest spațiu (pereți, mobilă, echipament). Se consideră apoi o grilă de puncte peste acest spațiu în care se aproximează cât ar trebui să fie puterea semnalului recepționat.

În faza de localizare, se folosește algoritmul NNSS pe punctele definite la etapa anterioară.

Articolul investighează și posibilitatea utilizării unei medii, în spațiul fizic, a celor mai apropiați k vecini și concludă că eroarea scade ușor pentru valori mici ale lui k comparate cu numărul total de poziții învățate, dar pentru valori mai mari ale lui k , eroarea crește abrupt.

O analiză a dependenței preciziei față de numărul de poziții considerate în etapa de învățare arată că există un prag după care numărul de puncte învățate nu mai aduce o contribuție semnificativă pentru calculul poziției. De asemenea, acest prag depinde de poziționarea punctelor – dacă punctele pot fi uniform distribuite în spațiul de localizare, atunci pragul este mai mic.

Dacă, în faza de localizare, se arată că nu este nevoie decât de un număr mic de măsurări pentru calculul poziției pentru a ajunge în apropierea preciziei maxime.

Autorii conclud că, folosind un sistem ca RADAR, se poate realiza localizarea cu o rezoluție de 2 – 3 metri, deci localizare la nivel de cameră.

Deși modelul este vechi, din 2000, metodele, metricile și concluziile au fost folosite ca referință de o serie întreagă de sisteme de calculare a poziției dezvoltate ulterior, atât pentru spații închise cât și pentru exterior.

2.4 Sumarizarea tehnologiilor de localizare

Sistemele de localizare disponibile prezentate sunt sumarizate în tabelul Tabelul 1.

În practică, tehnologiile de localizare sunt folosite împreună în cadrul unei aplicații, și sunt alese la un moment dat în funcție de nevoile utilizatorului și de capacitățile dispozitivului, pentru a alege compromisul cel mai bun între precizie maximă și consum de energie minim.

Sistemele de localizare care funcționează pe infrastructuri existente, și pe dispozitive pe care utilizatorii le poartă în mod obișnuit cu ei zilnic (spre exemplu, telefoane) sunt considerabil mai populare în ultimii ani și sunt acceptate mai ușor de utilizatori.

Tehnologie	Precizie ¹		Necesită instalare	Consum de energie
	Interior	Exterior		
GPS	-	10m	Nu	Ridicat
A-GPS (clasic)	10m	10m	Nu	Ridicat ²
GSM / UDMA	5m	70 – 200m	Nu	Scăzut ³
WiFi	3 – 5m	10m ⁴	Da ⁵	Scăzut
Locata	1 cm	10 cm	Da	Scăzut
Cricket	1-3 cm	-	Da	Scăzut
Active bat	9	-	Da	Scăzut

Tabelul 1: Sumarul tehnologiilor de localizare prezentate

3 SERVICII BAZATE PE LOCAȚIE

[10] definește serviciile bazate pe locație (SBL) ca

servicii care pot determina dinamic și transmite locația unei persoane într-o rețea prin intermediul unui terminal mobil.

O altă definiție, dată de OpenGeospatial Consortium și preluată în [11] definește un SBL:

un serviciu wireless-IP care folosește informații geografice pentru a servi un utilizator mobil. Orice aplicație care exploatează poziția unui terminal mobil

Aceste definiții pun serviciile bazate pe locație la intersecția a trei domenii – NICT-uri (New Information Communication Technology – în contextul dat, dispozitive mobile care își pot determina locația), Internet-ul și GIS (Geographic Information System) cu baze de date spațiale (baze de date care stochează informații geografice), după cum se poate vedea în Figura 1.

SBL sunt un caz particular și foarte întâlnit de servicii bazate pe context, locația făcând parte din contextul unui utilizator. În practică, multe aplicații și servicii denumite generic *servicii bazate pe locație* sunt, de fapt, servicii bazate pe context, ele luând în calcul multe alte date despre contextul curent al utilizatorului (un exemplu este aplicația din secțiunea).

SBL au cunoscut o creștere deosebită în ultimii 3 ani, creștere motivată de o serie de factori tehnologici și comerciali care actual sunt îndepliniți sau în curs de îndeplinire:

- Capacitatea de localizare a dispozitivelor mobile – foarte multe dispozitive mobile au acum un dispozitiv A-GPS integrat. A-GPS a făcut posibilă realizarea de dispozitive de localizare la un preț scăzut și eficiente din punct de vedere al energiei consumate.

1 Date la nivel de ordin de mărime

2 Mai scăzut decât la GPS, pentru că delegă o parte din necesarul de procesare către procesoare specializate

3 Practic, consumul este doar al procesării, antena GSM fiind oricum pornită pentru funcționarea normală a telefonului.

4 Maximă. Depinde de densitatea punctelor de acces WiFi

5 Necesită colectarea informațiilor despre punctele de acces WiFi, nu instalare de infrastructură hardware

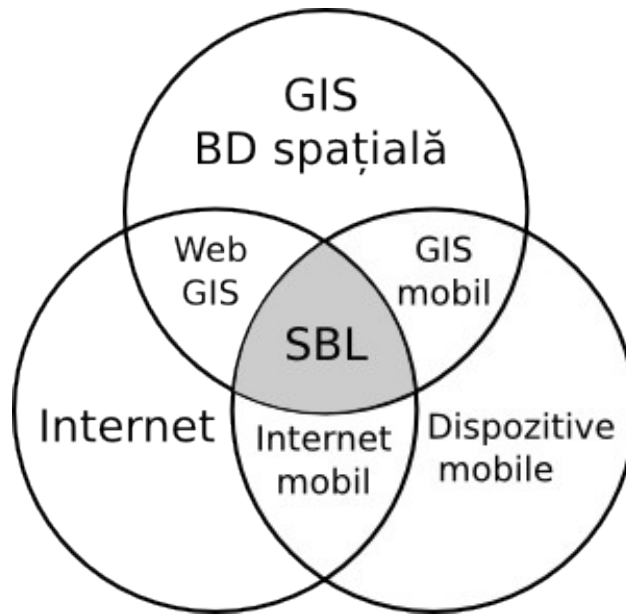


Figura 1: Convergența tehnologiilor care formează SBL

- Calitatea interacțiunii dispozitiv – utilizator – noile generații de dispozitive folosesc touch-screen-uri și tastaturi virtuale, ceea ce lasă utilizatorilor un afișaj considerabil mai mare decât generațiile trecute de telefoane – și face interacțiunea cu dispozitivul mai intuitivă și mai simplă
- Internetul mobil – oferta de internet mobil, atât din punct de vedere tehnologic cât și din punct de vedere comercial – accesibile utilizatorilor comuni permite conectarea permanentă la Internet și rate de transfer bune, care fac posibilă aducerea de conținut actualizat permanent.

3.1 Componentă

SBL-urile au cinci (4 + 1) componente de bază:

- Dispozitive mobile – prin care utilizatorul interacționează cu restul sistemului, trimite cereri și obține informația sub formă de imagini, video, text – spre exemplu PDA-uri, telefoane mobile și smartphone-uri, navigatoare (unități GPS), sau alte dispozitive.
- Rețeaua de comunicație – transferă datele (cereri / răspunsuri) între terminalul mobil al utilizatorului și furnizorul de servicii
- Componenta de localizare – care calculează poziția utilizatorului, printr-una din metodele prezentate în Capitolul 1
- Furnizorul de servicii și aplicații: publică un set de servicii și procesează cererile de la utilizatori. Astfel de servicii pot fi calculul poziției, descoperirea unei rute, căutarea unor afaceri / magazine în apropierea locației utilizatorului.
- Furnizorul de date și conținut: conținutul nu este întotdeauna stocat la furnizorul de servicii – el poate fi stocat separat și să pună la dispoziția serviciilor datele (spre exemplu, informațiile despre starea traficului pe o anumită stradă nu vor fi menținute de SBL, ci de un terț care va pune aceste date la dispoziția SBL)

3.1.1 Tipuri de servicii

- Servicii *Pull* livrează informația direct cerută de utilizator. Două subcategorii pot fi definite pentru servicii *pull* – servicii *funcționale*, care implică o acțiune, spre exemplu solicitarea unui taxi sau comandarea unei pizza, și servicii *informaționale*, spre exemplu căutarea după o farmacie în apropierea locației utilizatorului.
- Servicii *Push* livrează informație care nu a fost cerută de utilizator sau a fost cerută indirect. Asemenea servicii devin active în urma producerii unui eveniment. Un exemplu pentru de serviciu solicitat indirect este obținerea de știri locale relevante pentru o anumită zonă / un anumit oraș doar prin poziționarea utilizatorului în zona respectivă. Un exemplu pentru un serviciu care nu este solicitat este un serviciu de publicitate care este activat prin intrarea utilizatorului într-o zonă țintă a serviciului (împrejurimile magazinului, strada respectivă).

3.2 Acțiuni ale utilizatorului

Din perspectiva utilizatorilor, un SBL trebuie să răspundă la întrebări de genul

- Unde sunt acum?
- Cum pot ajunge în locul X?
- Ce evenimente se întâmplă în apropierea mea?
- Unde pot găsi o farmacie non-stop în apropierea mea?

[12] a identificat cinci acțiuni elementare în scenariile mobile relativ la nevoile utilizatorilor când caută informații geografice. Prima se referă la unde se găsește utilizatorul față de un reper (*localizare*). Utilizatorii pot căuta persoane, locuri sau evenimente (*căutare*), sau pot dori să afle cum să ajungă dintr-un loc în altul (*navigare*). Altă cerință poate fi de a afla informații despre o anumită locație (*identificare*) sau de a afla informații despre ceva ce se întâmplă la o anumită locație (*informare*).

Localizarea și navigarea, în forma lor simplă, se bazează mai ales pe informații geo-spațiale (deși, mai ales în cazul navigării, alte aspecte pot fi luate în considerare, cum ar fi informații despre trafic).

Celălalte trei acțiuni se bazează pe seturi mai largi de informații, adițional informațiilor geo-spațiale:

- informații statice cât mai complete. Conținutul unui astfel de set rămâne același peste o perioadă de timp (de exemplu, o bază de date cu toți agenții economici dintr-un județ)
- informații perimabile – informații care au sens în momentul și locația în care au fost obținute – spre exemplu informații despre starea vremii, despre starea traficului, sau oferte de ultimă oră pentru un produs. Adițional față de aceste informații, utilizatorul are nevoie de informații despre cum să procedeze în noua situație
- informații de siguranță – spre exemplu, informații despre starea drumurilor, despre pericole curente cunoscute pe o anumită rută (pericol de inundații, de alunecări de teren), și informații pentru situații de urgență
- informații provenite de la utilizatori (*printr-o buclă de feedback, automată sau manuală*) – informațiile provenite de la utilizatorii sistemului, procesate și anonimizate corespunzător pot crea o bază de cunoștințe solidă sau pot crește calitatea informațiilor existente prin raportarea de actualizări de pe teren. Multe SBL populare de azi se bazează cu precădere pe informația de la utilizatori, oricare alte informații fiind doar auxiliare.

3.2.1 Exprimarea locației

În cazul general, utilizatorii nu pot folosi latitudinea, longitudinea și, eventual, altitudinea pentru a exprima, și pentru a înțelege locații fizice. Același lucru se aplică și pentru orientarea în interior, unde un offset în m sau în cm față de o poziție de bază este greu de utilizat pentru utilizator.

Utilizarea unei hărți, este, desigur, o formă de interfață extrem de utilă pentru exprimarea locațiilor, atât pentru input cât și pentru afișarea rezultatelor.

Pentru cazul în care, însă, o locație arbitrară trebuie introdusă de utilizator sub formă textuală, traducerea acesteia în coordonate geografice nu este banală.

Un utilizator se poate referi la o locație în multe moduri:

- adresă poștală completă, sau doar numele unei străzi
- numele unei clădiri, a unui parc, a unei piețe, străzile dintr-o intersecție
- numărul sau numele unei încăperi dintr-un spațiu închis

3.2.1.1 Codificarea și decodificarea locațiilor exprimate în limbaj natural

Geocoding [13] (geo-codare) este procesul prin care se face traducere a unei locații exprimate în limbaj "natural" sau comun și coordonate geografice.

Într-un SBL care interacționează cu utilizatori umani, această acțiune, împreună cu acțiunea inversă (geo-decodare sau geo-codare inversă) sunt folosite pentru a face o traducere între o descriere de locație înțeleasă de utilizator (o adresă de stradă, un cod poștal, numele unui cartier dintr-un oraș) și o informație numerică care poate fi folosită de un SBL sau de un sistem GIS pentru a descrie aceeași locație.

Pentru că în limbaj natural adresele / locurile se pot exprima în mai multe moduri și au diferite semnificații pentru utilizatori, sunt unele aspecte care trebuie tratate cu atenție. De exemplu, două străzi din două orașe diferite pot avea același nume, dar pentru un utilizator dintr-unul din orașe poate fi natural să folosească doar numele străzii pentru a o identifica.

Un alt caz care intervine în exprimarea în limbaj natural a unei locații este că exprimarea poate fi generală, de exemplu *Parcul Cișmigiu*, *București* sau *Cartierul Titan*, caz în care operația de geocodare va folosi un model (de regulă, centroidul – media aritmetică a punctelor care alcătuiesc poligonul înconjurător al locației, sau o locație stabilită manual în interiorul acestui poligon). Aceeași abordare se aplică și în cazul străzilor în care fie nu există informație de număr, fie aceasta nu este dată (spre exemplu, o codare după *Bulevardul Iuliu Maniu* va întoarce un punct pe bulevard, la jumătatea lungimii acestuia).

3.3 Cerințe pentru SBL-uri

Pe baza acțiunilor și nevoilor utilizatorilor pot fi definite diferite cerințe pentru arhitectura serviciilor bazate pe locație. Astfel [11] identifică o serie de cerințe la care SBL-urile trebuie să răspundă:

- performanță – capacitatea de a oferi răspunsuri într-un timp foarte scurt (sub o secundă), peste Internet
- *scalabilitate* – capacitatea de a oferi acces concurent a mii de utilizatori și de a gestiona cantități de date de ordinul TB.
- disponibilitate – timp de funcționare neîntreruptă (uptime) de 99.9%

- actualitate – capacitatea de a servi informații curente, actuale, în timp-real
- suport pentru mobilitate – disponibilitate de pe orice dispozitiv și din orice locație
- compatibilitate cu standarde și protocoale comune – de exemplu HTTP, WML, XML, MML
- securitate – asigurarea securității informațiilor utilizatorilor

3.4 Fluxul de informație într-un SBL

După ce utilizatorul activează o funcție a unei aplicații pe dispozitivul mobil, modelul general pentru a răspunde unei astfel de cereri este cel prezentat în [11]:

1. Serviciul de poziționare obține poziția curentă a utilizatorului, cu precizia cerută de aplicație (în cazul în care aceasta nu este disponibilă, se cere utilizatorului pornirea de servicii suplimentare pe dispozitiv sau afișează o eroare). Poziția se obține fie autonom de către dispozitiv, fie folosind rețeaua de date (pentru A-GPS, spre exemplu) în funcție de capacitățile dispozitivului.
2. Serverul de aplicații citește cererea, o procesează și hotărăște care de care servicii trebuie interogate pentru a obține informațiile dorite de utilizator
3. Serviciile apelate întorc o listă de rezultate care se potrivesc cererii
4. Serverul de aplicații limitează și ordonează rezultatele obținute pentru a oferi utilizatorului informația cea mai relevantă pentru situația curentă, și întoarce rezultatele utilizatorului.

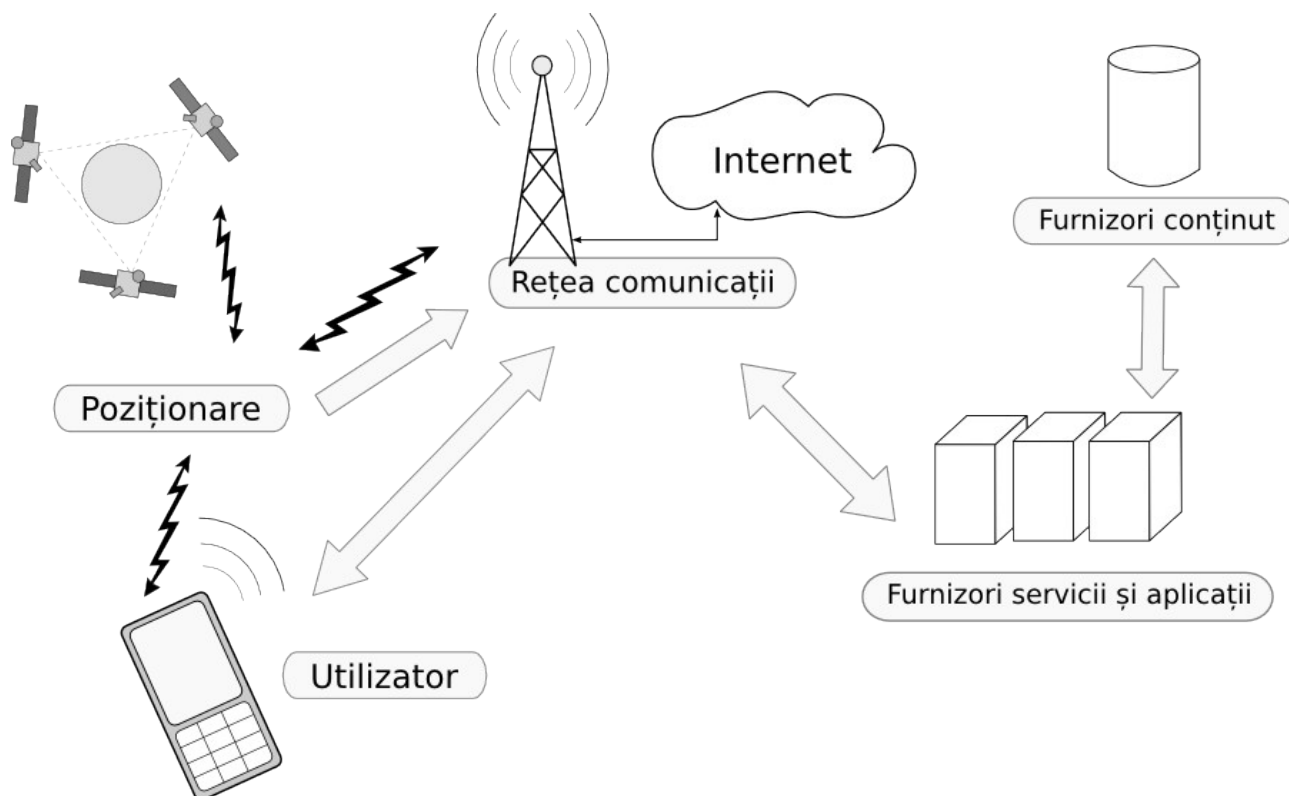


Figura 2: Fluxul de informație în SBL [11]

3.5 Exemple de servicii și aplicații bazate pe locație

Utilizarea locației și a altor informații (context) pentru a ajuta un utilizator să își exprime nevoile către un sistem informatic deschide o serie întreagă de posibilități, într-o gamă foarte largă de

domenii, de la web-ul social la navigare și calculare de rute optime și la optimizarea transportului în comun.

3.5.1 Servicii de urgență

Unul din primele categorii de SBL au fost serviciile de urgență. De altfel, necesitatea de a localiza un utilizator aflat în pericol a împins dezvoltarea SBL, prin introducerea de legislație (în Statele Unite ale Americii [14] și în Uniunea Europeană [15]) prin care operatorii de rețele de telefonie mobilă trebuie să poată localiza apelurile făcute la numerele unice de urgență pentru a putea oferi asistență și a direcționa răspunsul chiar dacă utilizatorul nu își cunoaște / nu poate să își comunice locația.

3.5.2 Navigație

O a doua categorie ca importanță, răspândire și utilitate sunt serviciile de localizare – în care un utilizator indică serviciului unde vrea să ajungă, fie printr-o adresă exprimată în limbaj natural – text sau voce (pentru care se face apoi geocoding), fie prin alegerea unei locații pe o hartă.

Sistemele de navigație (de exemplu, Google Navigation [16]) integrate cu servicii bazate pe locație și context oferă rute optimizate pentru pietoni, bicicliști, șoferi sau persoane care doresc să folosească mijloacele de transport în comun, și pot integra în algoritmi de rutare informații despre cost sau trafic.

3.5.3 Informații localizate

O altă categorie de servicii, care a crescut în popularitate mai ales prin creșterea numărului de dispozitive mobile inteligente, dar și din prin prisma paradigmei Web2.0 sunt serviciile pentru informații locale, adică acele servicii care pot răspunde întrebărilor *Ce pot să găesc în vecinătatea mea?* sau *Ce pot să găesc acolo unde merg?*. Acest tip de servicii a crescut în ultima vreme folosind feedback de la utilizatori – și aplicațiile din această categorie sunt dintre cele mai utilizate și mediatizate.

Proeminentă în această categorie este *Google Places* [17], o aplicație care permite utilizatorilor să caute informații despre servicii la locația lor (de exemplu „*restaurants near me*”) sau despre servicii dintr-un alt loc („*bars near Bulevardul Iuliu Maniu*”). Sistemul de localizare este asigurat de *Google Maps* (care la rândul ei se bazează pe o tehnică hibridă de localizare – în funcție de hardware-ul disponibil pe dispozitivul mobil la momentul căutării, se alege metoda cu cea mai bună precizie între cele bazate pe GPS, WiFi și GSM). Pentru informații *Google Places* folosește *crowdsourcing*, preluând informațiile de la utilizatori despre diferitele obiective de interes. Pentru garantarea acurateții și calității informațiilor, aplicația folosește tot filtrul utilizatorilor, care sunt invitați să confirme veridicitatea și calitatea informațiilor introduse de alți utilizatori.

Există mai multe aplicații asemănătoare, bazându-se pe același concepte de bază, diferențele fiind făcute de interfețe și de modul în care tratează informația provenită de la utilizatori. O altă aplicație notabilă din această categorie este *Yelp* [18], care însă nu are o acoperire mondială.

3.5.4 Transport în comun

O direcție de dezvoltare a aplicațiilor bazate pe locație a fost asistarea călătorilor din sistemul de transport în comun. Problemele cele mai întâlnite sunt localizarea stațiilor și identificarea liniilor potrivite pentru a ajunge la o anumită destinație (în special pentru călători accidentali) și informații despre mersul mijloacelor de transport în comun – informații despre când ajunge următorul autobuz la stația la care se află utilizatorul (în special util pentru călători frecvenți).

[19] prezintă arhitectura unei astfel de aplicații, punând un accent pe proiectarea pentru acces universal – astfel încât toți călătorii, inclusiv persoane cu handicap locomotor, să poată folosi cu siguranță și comoditate sistemul de transport în comun. Arhitectura aplicației permite utilizatorilor să raporteze nu doar poziția lor curentă, ci și nivelul de ocupare al autobuzului (gol, există scaune libere, plin) și dacă există sau nu spațiu pentru un fotoliu rulant (*da, nu, nu pot să estimez*).

Informația primită în timp real de la călători permite sistemului Tiramisu să calculeze timpi reali pentru sosirea în stație a mijloacelor de transport.

În [20] se propune un sistem care să îmbunătățească estimările de timp oferite de sistemul public de transport în cazul mijloacelor de transport în comun nedotate cu echipament de urmărire, folosind două aspecte interesante:

- *căutarea rutei*, prin care, pentru cazul raportării în timp real a informațiilor de transport, încearcă să determine dacă un utilizator se află într-adevăr într-un mijloc de transport în comun, și, în caz afirmativ, pe care linie.
- *clasificarea activității* – unde, folosind atât informația despre poziție, cât și informația provenită de la un accelerometru (cu care sunt acum echipate multe telefoane inteligente), se clasifică înregistrările accelerometrului pentru a determina dacă utilizatorul se găsește într-un tren, merge pe jos sau stă pe loc.

Un alt serviciu, prezentat în [21] folosește informațiile de monitorizare și urmărire a transportului în comun de la autoritățile de transport, și le folosește pentru a oferi utilizatorilor informații despre stații de transport în comun din apropierea lor prin care trec liniile de care au nevoie pentru a ajunge la destinația dorită. Informarea călătorilor cu privire la poziția reală a mijloacelor de transport în comun, prin intermediul telefonului mobil, a dus la îmbunătățirea generală a experienței acestora cu transportul în comun [22].

O altă aplicație, descrisă la [23] exploatează lipsa de semnal GSM din metrourele newyorkeze pentru a calcula momentul în care un anumit metrou ajunge într-o stație ca fiind momentul în care un terminal mobil care rulează aplicația reia conversația cu un turn de telefonie mobilă din apropierea gării de metrou a acelei stații.

3.5.5 Social

Odată cu dezvoltarea paradigmei Web 2.0 și a Web-ului social, au apărut și aplicații care folosesc locația utilizatorilor pentru a-i antrena pe aceștia în jocuri, pentru a le permite să își anunțe prietenii și familia în legătură cu locația lor sau pentru a-i ajuta în sarcinile zi de zi.

Spre exemplu, *Google Latitude* [24] permite utilizatorilor să își publice în timp real locația curentă către prietenii – facilitate pentru care există numeroase aplicații practice. O altă aplicație, *Neer* [25] permite utilizatorilor să programeze anumite acțiuni care să fie pornite automat când utilizatorul este la o anumită locație (spre exemplu, să reamintească utilizatorului de o listă de cumpărături când este la / trece pe lângă magazin, sau să confirme părinților că copiii au ajuns la școală).

Alte aplicații exploatează strict dorința utilizatorilor de a participa la o nouă formă de interacțiune socială. *Foursquare* [26] este o aplicație care permite utilizatorilor să își publice locația curentă către *prieteni* și să câștige puncte dacă se găsesc de mai multe ori în aceeași locație la momente de timp diferite – creând o formă de competiție. De asemenea, *Foursquare* permite utilizatorilor să transmită celorlalți participanți mesaje despre locurile de unde se poartă. O altă aplicație asemănătoare, *SCVNGR* [27], îi provoacă pe utilizatori să îndeplinească o serie de sarcini adiționale pentru a ajunge la o anumită locație.

Asemenea aplicații antrenează milioane de utilizatori, competiția pe care o creează crește

vizibilitatea în lumea virtuală locurilor care sunt vizitate de utilizatori în lumea fizică. Pentru că aceste tipuri de activități se bazează pe vizitarea unor locații, ele generează venituri pentru acele locații. Aceste aplicații pot apoi, în baza unor înțelegeri comerciale, să lege puncte obținute în aplicație de facilități (reduceri, cadouri) în locațiile respective.

3.5.6 Aplicații de realitate augmentată (AR)

O categorie aparte de aplicații care integrează servicii bazate pe locație sunt acele aplicații care integrează SBL/C în aplicații de realitate augmentată, în care afișează spre exemplu, informație locală relevantă pentru poziția și orientarea utilizatorului peste imaginea pe care o surprinde camera unui telefon mobil.

Două aplicații curente din această categorie sunt Layar [28] și Wikitude [29]. Acest tip de aplicații vor fi studiate în detaliu în următorul raport științific.

3.5.7 Altele

Alte aplicații ale serviciilor bazate pe locație includ urmărirea obiectelor (spre exemplu, urmărirea flotei) sau taxarea diferențiată în funcție de locația utilizatorului.

4 UTILIZAREA CONTEXTULUI ÎN SERVICII BAZATE PE LOCAȚIE

Literatura de specialitate nu face întotdeauna diferența între servicii bazate pe context și servicii bazate pe locație. În mod curent, cele mai multe aplicații ale serviciilor bazate pe locație folosesc și o formă a contextului pentru a oferi informațiile relevante utilizatorilor. Totuși, în acest referat s-a făcut această distincție pentru a analiza separat cazul mai general al serviciilor sensibile la context.

4.1 Definirea contextului

Discutând aplicații mobile care sunt sensibile la context, [3] definește contextul ca

un set de condiții de mediu și setări care fie determină comportamentul unei aplicații sau în care un eveniment al unei aplicații este declanșat și este interesant pentru utilizator.

Mai general, [30] dă o definiție asemănătoare pentru context:

Contextul este orice informație care poate fi folosită pentru a caracteriza starea unei entități. O entitate poate fi o persoană, un loc sau un obiect care este considerat relevant pentru interacțiunea dintre utilizator și o aplicație, inclusiv utilizator și aplicația înșiși.

Adițional, se definește un sistem bazat pe context ca

un sistem care folosește contextul pentru a furniza informații / și servicii relevante utilizatorului, unde relevanța se raportează la sarcina curentă a utilizatorului

[31] susține clasificarea din [3] a serviciilor care folosesc contextul (*context-aware*) în *active* și *pasive*. Prin servicii care folosesc *activ* contextului, autorii înțeleg că aplicația se adaptează automat la contextul descoperit, iar prin utilizare *pasivă* a contextului, punerea la dispoziția utilizatorului a noului context, permițându-i acestuia să îl folosească sau să îl stocheze.

[31] merge mai departe și clasifică diferitele componente ale contextului pentru aplicații mobile:

Locația – este identificată ca una din cele mai importante aspecte ale contextului, și a fost analizată în capitolele anterioare, fiind fundamentală în cazul SBL-urilor. De la poziția geografică curentă dată în coordonate geografice la țara, continentul sau emisfera în care se află utilizatorul – toate constituie informații care pot fi luate în considerare de aplicații.

Sistemul – contextul este influențat de capacitățile tehnice (hardware și software) ale sistemului utilizat – dimensiunea ecranului, precizia sistemului de localizare, rata de transfer a conexiunii de date, nivelul de încărcare al acumulatorului, dispozitivele de input disponibile sistemului.

Spre exemplu, în cazul în care rata de transfer este mică, sistemul poate face o trecere automată la un mod în care optimizează transferul de date pentru economisirea energiei, nu pentru o experiență vizuală a utilizatorului, sau trece modem-ul într-un mod de consum redus (de la 3G la 2G).

Scopul utilizatorului – motivul pentru care un utilizator folosește aplicația într-un moment dat poate fi un factor important al contextului curent. Totuși, acest aspect este dificil de determinat, și, mai ales în condiții de mobilitate, utilizatorul poate să nu dorească să trebuiască să specifice manual contextul.

Totuși, în condițiile în care un utilizator folosește aceeași aplicație în mai multe contexte asemănătoare, poate să descrie manual contextul său aplicației. O soluție adițională este înregistrarea scopurilor anterioare a unui utilizator, și încercarea obținerii unui model din acestea. Totuși, toate presupunerile despre scopul curent al unui utilizator trebuie confirmate cu acesta.

Timpul – din punct de vedere al timpului sunt cel puțin două categorii pentru contextul de timp: momentul anului și momentul zilei. Spre exemplu, momentul zilei poate influența aplicațiile pentru a schimba culorile display-ului noaptea (cum fac multe unități GPS pentru navigație auto), sau, la o cerere pentru cafelele din vecinătatea unui utilizator pot fi întoarse doar acelea care mai au program la momentul cererii. De asemenea, momentul anului poate determina ce informații se afișează utilizatorului. Există șosele (de exemplu Transfăgărășeanul) sau trasee montane care sunt închise iarna din motive de siguranță.

Mediul înconjurător – mediul fizic înconjurător al unui utilizator poate varia foarte mult în timpul utilizării unei aplicații. Contextul fizic poate include nivelul de iluminare, zgomotul de fundal, temperatura și condițiile meteorologice. Spre exemplu, în funcție de condițiile de iluminare, ecranul poate fi configurat automat astfel încât să facă compromisul cel mai favorabil între consumul de energie și vizibilitate. De asemenea, în funcție de condițiile meteorologice se pot oferi utilizatorului rute care evită drumuri blocate din cauza vremii sau i se poate recomanda acestuia să se echipeze corespunzător în funcție de prognoza meteo.

Istoricul utilizării – istoricul utilizării poate oferi indicii importante cu privire la care informații sunt interesante pentru utilizator. Spre exemplu, dacă la ultimele două utilizări s-au cerut informații despre piste de biciclete, și utilizatorul nu a ajuns încă înapoi la punctul de start, se poate deduce că are nevoie tot de informații care țin de rute de biciclete. În același context, se poate deduce când utilizatorul face o pauză în mijlocul unui drum mai lung, și i se pot oferi informații locale despre zona învecinată.

Orientarea – care astăzi este aflată cu ajutorul busolei / giroscopului / accelerometrului disponibile în multe dispozitive mobile – este utilă în potrivirea informațiilor afișate pe ecranul dispozitivului cu cele de pe teren. Multe servicii bazate pe locație și context integrate în realitate augmentată folosesc orientarea împreună cu alte informații pentru a adăuga straturi de informație peste elementele reale din imaginea obținută prin camera dispozitivului mobil.

Contextul cultural și social – include informații legate de simboluri de navigație, culori folosite în mod normal (spre exemplu, în România, albastru, roșu și verde pentru a descrie diferite tipuri de drumuri). De asemenea, de contextul cultural mai depind limba, setul de caractere și de codări folosite, formatul datelor și a sumelor de bani, moneda de referință folosită, unități de măsură, reguli gramaticale, și alte asemenea informații.

De asemenea, contextul social include informații despre interacțiunea utilizatorului cu alte persoane. În contextul popularității rețelelor de socializare (sute de milioane de utilizatori), *socializarea online*, și relațiile cu diferite alte persoane, pot defini modul în care funcționează un

serviciu. Spre exemplu, *Google Latitude* permite utilizatorilor să își publice locația curentă cu diferite nivele de precizie pentru diferite categorii de contacte (astfel încât familia și prietenii apropiați îl pot urmări pe utilizator cu precizia maximă permisă de setările dispozitivului, pe când persoane din alte categorii pot vedea doar în ce oraș se găsește utilizatorul).

Utilizatorul – contextul personal al utilizatorului, împreună cu scopul lui în utilizarea aplicației, sunt aspectele cel mai greu de determinat automat. Informațiile care alcătuiesc acest context pot fi *abilități fizice* (înălțime, vârstă, dacă este dreptaci sau stângaci, cât de repede folosește o tastatură), *abilități perceptivă și cognitive* (memorie, capacitatea de învățare, capacitatea de rezolvare a problemelor și de luare de decizii, etc.), *personalitate* (sex, atitudine față de tehnologie, obiceiuri). De asemenea, în contextul utilizatorului intră și toate preferințele acestuia – care pentru unii utilizatori se poate extrage și extrapola din informații stocate de servicii web (de exemplu, *last.fm*) și din cele ale contactelor sale.

[31] concludă că inteligența unui sistem *poate* crește în unele cazuri prin interpretarea și utilizarea contextului utilizatorului, începând cu *locația*.

Majoritatea serviciilor prezentate în Capitolul 2, deși exploatează locația utilizatorului, folosesc și o serie de alte informații pentru a oferi utilizatorului informații relevante.

4.2 Integrarea contextului

În [19] sunt prezentate mai multe nivele de adaptare a serviciilor la context:

1. Adaptare la nivel informațional – conținutul informațional este adaptat – spre exemplu, filtrarea conținutului în funcție de apropierea utilizatorului de anumite puncte de interes
2. Adaptare la nivel tehnologic – informația este codată pentru a servi diferite contexte (mărimea ecranului, rata de transfer a rețelei)
3. Adaptare la nivel de interfață – reorganizarea interfeței cu utilizatorul ca răspuns la schimbarea contextului (spre exemplu, reorientarea ecranului în funcție de poziția în care este ținut telefonul)
4. Adaptare la nivel de prezentare – spre exemplu, elementele din răspunsul la o cerere sunt evidențiate pe o hartă în funcție de relevanță.

5 UTILIZAREA INFORMAȚIEI GENERATE DE UTILIZATORI ÎN SBL

Serviciile oferite în funcție de context și de locație pun la dispoziția unui utilizator un set de date, o baza de cunoștințe – în general, *conținutul SBL* – informații despre afaceri din zona lor, indicații de navigare, evenimente din zonă, informații legate de programul autobuzelor.

În unele cazuri, utilizatorii unui serviciu pot contribui cu informație într-un SBL printr-o serie de metode. Conținutul primit de utilizatori este apoi filtrat sau utilizat ca atare pentru a oferi celorlalți utilizatori ai sistemului un conținut îmbunătățit (ce înseamnă îmbunătățit depinde de tipul de conținut, spre exemplu – în cazul unui serviciu de navigare rutieră, un utilizator poate contribui informații despre starea drumului sau gradul de încărcare a unei rute).

5.1 Adnotarea informației cu date geografice (geotagging)

Geotagging este procesul de adăugare de meta-informații geografice pe elemente media (fotografii digitale, înregistrări video, site-uri web, postări, SMS-uri, etc.). Informațiile geografice sunt de cele mai multe ori *longitudinea* și *latitudinea*, dar pot include și alte informații, spre

exemplu *altitudine, orientare*, informații despre *precizie*, nume de locuri.

Pentru unele din documentele media enumerate mai sus, adăugarea de informație geografică este naturală și poate fi automată. Spre exemplu, o fotografie are o proprietate geografică intrinsecă - locul unde a fost făcută fotografia, și, eventual, orientarea aparatului foto. Pentru altele, cum sunt, spre exemplu, postări, informația despre locație poate să indice spre locul geografic la care se referă postarea respectivă (și nu locul unde a fost scrisă).

Atribuirea de meta-informații geografice unor astfel de documente / elemente media le dă o dimensiune prin care pot fi folosite de SBL-uri.

[32] listează o serie de formate comune care acceptă informații geografice, spre exemplu formatul JPEG (prin EXIF), mesaje text scurte (SMS), intrări DNS (prin înregistrări LOC, deși de multe ori aceste informații nu sunt declarate – și în practică se folosește adresa fizică declarată⁶ pentru determinarea poziției), documente HTML (prin eticheta *meta*, sau prin *microformat-ul geo* [33] , care permite specificarea unei locații în conținutul unui document).

5.2 Externalizarea unor sarcini către utilizatori (crowdsourcing)

Unele servicii folosesc conținutul contribuit de utilizatori ca o parte de bază a conținutului pe care îl servesc – distribuind sarcina obținerii de date pe o parte sau pe toți utilizatorii sistemului. Metoda, intitulată *crowdsourcing* (externalizarea sarcinilor către mulțimi) și este subiectul unor cercetări recente, atât în zona sistemelor informatice (unde se studiază metoda sub aspectul obținerii, agregării și filtrării conținutului de la utilizatori) cât și în alte domenii, cum ar fi științele sociale (care studiază, printre altele, care care este răspunsul utilizatorilor când li se cere să contribuie informații în sistem în diferite contexte, sau cum se poate defini masa critică a utilizatorilor-contribuitori pentru ca serviciul să poată funcționa).

Utilizarea unei asemenea metode este încurajată de dezvoltarea și răspândirea dispozitivelor mobile inteligente (smartphone-uri, netbook-uri, tablete, Kindle-uri, sisteme de navigație moderne) – care beneficiază de o conexiune la rețea fie WiFi, fie prin rețeaua de telefonie mobilă – și care pot folosi platforma hardware bogată de care dispun (accelerometre, giroscopae, camere foto / video, microfoane, GPS, și nu în ultimul rând putere de procesare considerabilă) pentru a obține informații despre contextul / locația în care se găsesc utilizatorii lor pentru a le contribui într-un SBL/C.

Sistemele (și în particular, SBL/C-urile) bazate pe *crowdsourcing* se pot diferenția în trei categorii, în funcție de modul în care obțin informațiile de la utilizatori – care definește apoi și modul în care sunt procesate aceste informații:

- informația este introdusă în sistem manual de utilizator
- informația este transmisă automat (cu acordul prealabil și general al utilizatorului)
- sisteme hibride, în care, pe lângă informația transmisă automat, utilizatorului i se dă posibilitatea să adauge / adnoteze informația

Una din problemele informațiilor introduse manual de utilizator este că ele sunt vulnerabile la o gama largă de erori, de la erori de introducere (în cazul tastaturilor virtuale tastarea unei valori greșite este o problemă comună), la erori de exprimare sau de interpretare și erori introduse de utilizatori rău-voitori. Mai mult, cuantificarea unor astfel de date este dificilă – în primul rând pentru că sunt estimate ale unui utilizator pe baza percepției și pregătirii proprii, care poate diferi mult de la utilizator la utilizator. Totuși, în condițiile în care acest lucru este cunoscut și acceptat de

⁶ *Adresa declarată* nu este întotdeauna precisă, și, de multe ori sunt relevante pentru aceștia și nu pentru utilizarea în SBL

utilizatori, aceste informații se pot dovedi utile (conversație utilizator la utilizator).

Concluziile din [5] analizează mai multe sisteme bazate pe *crowdsourcing* susțin ideea că una din problemele cele mai mari ale arhitecturilor bazate (și) această abordare este motivarea utilizatorilor de a contribui date corecte în sistem. Articolul analizează mai multe metode de motivare pentru participarea utilizatorilor în astfel de sisteme, și sugerează că una din motivațiile posibile pentru utilizatorii de a contribui date într-un sistem ca *Tiramisu* [19] ar fi îmbunătățirea unui serviciu pe care îl folosesc des. O altă sugestie, demonstrată parțial și de existența și popularitatea aplicațiilor de tipul *Foursquare* este că motivația utilizatorilor nu este întotdeauna directă și / sau evidentă.

5.3 Securitate și dreptul la viață privată

Pentru că implică acordarea accesului la informații care țin de locația unui utilizator, cât și la alte informații personale (context, informații personale) fac SBL/C să fie sensibile din punct de vedere al securității.

Un alt aspect important este controlul pe care îl are utilizatorul oricărui SBL/C față de care date sunt trimise către serverul de servicii / aplicații.

În cazul sistemelor care primesc și folosesc date de la utilizator, dacă acestea includ și transmiterea de informații personale pe lângă informații care țin de poziție (acest lucru poate fi necesar pentru funcționarea aplicației – spre exemplu, *Facebook Places* – în prelucrarea acestora și, mai ales, la afișarea noilor rezultate – informațiile legate de poziție trebuie anonimizate pentru a asigura faptul că utilizatorii nu pot fi urmăriți de terțe părți fără a-și da acordul specific.

Publicarea locației curente a unui utilizator poate crea un risc pentru acel utilizator. Atașarea de informații geografice pe conținut generat de utilizatori se poate face fără ca un utilizator să conștientizeze acest lucru (automat) sau fără ca utilizatorul să înțeleagă pe deplin riscurile pe care și le asumă. În [6] se analizează situația curentă a pericolelor generate de *geotagging* în cazul serviciilor online pentru distribuția de conținut media care poate fi etichetat cu informații geografice (*Flickr*, *Youtube*), sau în cazul altor servicii online care folosesc astfel de informații. Articolul concluzionează că nu mulți utilizatori ale serviciilor analizate sunt conștienți de riscurile implicate în publicarea acestui tip de informații liber în Internet.

Un exemplu grăitor este publicarea de fotografii atașate anunțurilor pentru imobile de vânzare – aceste anunțuri sunt anonimizate, dintr-o serie de motive practice și comerciale, dar informația despre locație a putut fi extrasă din fotografiile atașate. Un alt exemplu este identificarea acelor locuințe a căror ocupanți sunt în vacanță – prin studierea locației inclusă în documente media (imagini, video) publicate de aceștia într-o fereastră de timp.

Ca soluții, în afară de educarea utilizatorilor pentru a fi conștienți de pericolele la care se supun, autorii propun creșterea controlului utilizatorului față de precizia informației care este atașată acestor documente și atenționarea acestuia înainte de a publica acest tip de documente.

6 APLICAȚII ȘI POSIBILE CONTRIBUȚII

6.1 Precizia localizării prin WiFi în București și utilitatea acestei metode pentru SBL dezvoltate în spații similare

Luând în considerare că utilizatorii de aplicații ale SBL se găsesc cu precădere în zone urbane, am propus analiza oportunității utilizării localizării prin WiFi zonele urbane din România, ca alternativă la localizarea prin GPS sau A-GPS.

Câteva aspecte care justifică o astfel de analiză

- semnalul GPS poate fi prea slab sau recepția să fie influențată negativ din cauza propagării multi-cale în *canioane urbane*;
- consumul de energie al unităților GPS este considerabil mai mare decât cel al adaptorului WiFi, mai ales în condițiile în care pentru metoda de localizare prezentată în Capitolul 1 nu trebuie să transmită, doar să recepționeze;
- densitatea populației în zonele urbane este mare - în București este de 8.510 loc./km².
- Eurostat⁷ raportează că 52% din locuitorii orașelor (cu densitate mai mare de 500 loc./km²) folosesc internetul măcar o dată pe săptămână.
- WiFi este acum o tehnologie comună și omniprezentă, cu precădere în mediul urban

Intuitiv, localizarea pe baza punctelor de acces WiFi poate fi folosită cu succes pentru aplicații care necesită o precizie de 10 – 20m.

Ca prim pas, au fost colectate informații pentru mai multe segmente ale unor bulevarde din București. În total, au fost descoperite în jur de 6000 de puncte de acces WiFi, atât de-a lungul arterelor principale, cât și pe aleile și străzile de acces din cartierele rezidențiale și în interiorul cartierelor cu precădere comerciale. Rezultatele sunt încurajatoare și susțin o analiză mai în detaliu a acestui aspect.



Figura 3: Două segmente de bulevarde din București cu puncte WiFi descoperite



Figura 4: Un segment de bulevard din București (Calea Griviței) cu puncte WiFi descoperite

Lista de figuri

Figura 1: Convergența tehnologiilor care formează SBL (BRIM01)	14
Figura 2: Fluxul de informație în SBL (STEI02).....	19
Figura 3: Două segmente de bulevarde din București cu puncte WiFi descoperite.....	31
Figura 4: Un segment de bulevard din București (Calea Griviței) cu puncte WiFi descoperite.....	31

Lista de tabele

Tabelul 1: Sumar tehnologii de localizare.....	13
--	----

Bibliografie

- [1]: Maarten Weyn, Frederik Schrooyen, A WiFi Assisted GPS Positioning Concept, 2008
- [2]: Paramvir Bahl, Venkata N. Padmanabhan, RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system, 2000
- [3]: Yu-Chung Cheng, Yatin Chawathe, Anthony LaMarca, John Krumm, Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization, 2005
- [4]: Akex Varshavsky, Mike Y. Chen, Eyal de Lara, Jon Froehlich, Are GSM phones THE solution for localization?, 2006
- [5]: Anthony Tomasic et. al., Design Uncertainty in Crowd-Sourcing Systems, 2011
- [6]: Gerald Friedland, Robin Sommer, Cybercasing the Joint: On the Privacy Implications of Geo-Tagging, 2010
- [7]: http://en.wikipedia.org/wiki/Assisted_GPS, 2011
- [8]: Rainer Mautz, Overview of Current Indoor Positioning Systems, 2008
- [9]: Barnes J., Rizos C., Wang J., Locata: the positioning technology of the future?, 2003
- [10]: Kirsi Varrassaus et al., Developing GIS-Supported Location-Based Services,
- [11]: Stefan Steiniger, Moriz Neun, Alistair Edwardes, Foundations of Location Based Services - Lesson 1, 2006
- [12]: Reichenbacher, T., ,
- [13]: <http://en.wikipedia.org/wiki/Geocoding>, 2011
- [14]: Enhanced 9-1-1, 2011
- [15]: http://en.wikipedia.org/wiki/112_%28emergency_telephone_number%29#E112, 2011
- [16]: <http://www.google.com/mobile/navigation/>, 2011
- [17]: <http://www.google.com/places/>, 2011
- [18]: <http://www.yelp.com>,
- [19]: Aaron Steinfeld et. al., Mobile Transit Rider Information via Universal Design and Crowdsourcing,
- [20]: James Biagioni, Adrian Agresta, Tomas Gerlich, Jakob Eriksson, Demo Abstract: TransitGenie - A Context-Aware, Real-Time Transit Navigator, 2009
- [21]: Ferris, B., Watkins, K., and Borning, A., Location-Aware Tools for Improving Public Transit Usability., 2010
- [22]: Ferris, B., Watkins, K., and Borning, A., OneBusAway: Results from Providing Real-Time Arrival Information for Public, 2010
- [23]: Alex Bell, Victor Sanabria <http://alexmorganbell.com/wordpress/>, 2011
- [24]: <https://www.google.com/latitude/>,

- [25]: <http://www.neerlife.com/>,
- [26]: <https://foursquare.com/>,
- [27]: <http://www.scvngr.com/>,
- [28]: www.layar.com, 2011
- [29]: <http://www.wikitude.com/en/>,
- [30]: Anind K. Dey, Understanding and using context, 2001
- [31]: Nivala A., Sarjakoski T., An Approach to Intelligent Maps: Context Awareness, 2003
- [32]: <http://en.wikipedia.org/wiki/Geotagging>,
- [33]: <http://microformats.org/wiki/geo>,
- [34]: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/>, 2010