

Localizarea utilizatorului prin prelucrarea contextului spațial

Vlad Doru Colceriu, Victor Bâcu, Teodor Ștefănuț, Dorian Gorgan

Departamentul Calculatoare, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Str. G. Barițiu, Nr. 28, 400027, Cluj-Napoca

E-mail: {vlad.colceriu, victor.bacu, teodor.stefanut, dorian.gorgan}@cs.utcluj.ro

Rezumat. Această lucrare prezintă un studiu de caz și o soluție propusă pentru un sistem de localizare a trenurilor, proiectat să satisfacă cerințele de siguranță specifice domeniului feroviar și limitările impuse unui sistem constrâns la linii regionale cu trafic redus. Fluxuri de informații și date sunt folosite pentru stabilirea unui context global de localizare a trenurilor în cadrul unei platforme software feroviare. Localizarea trenurilor este bazată pe senzori GNSS (Global Navigation Satellite System) și inerțiali de tip MEMS (Microelectromechanical Systems) integrați în dispozitive mobile comerciale, cum ar fi tablete PC și telefoane mobile. Cerințele de integritate a unei astfel de soluții, în care siguranța vieții este motivul principal al localizării, sunt foarte importante. Pentru satisfacerea cerințelor de localizare soluția curentă își propune externalizarea parțială spre public (crowd outsourcing), a localizării și a unor servicii tradițional oferite de conductor, prin folosirea dispozitivelor deținute de acesta ca surse de date. În lucrare sunt analizate dificultățile legate de stocarea, comunicarea, procesarea și reprezentarea datelor pe întreg parcursul fluxului de procesare.

Cuvinte cheie: Flux de date, crowd outsourcing, sistem feroviar, localizare, senzori.

1. Introducere

Localizarea corectă a echipamentelor și implicit a utilizatorilor poate avea un impact important în prezentarea unor informații dependente de locație, cum ar fi magazinele din apropiere, dar care nu creează dificultăți sau restricții în acuratețea și disponibilitatea locației, dată fiind natura lor de asistare.

O soluție bazată pe un singur senzor GNSS nu poate oferi o precizie și disponibilitate suficientă (Tiberius, 2004) datorită erorilor de localizare introduse de către calitatea mesajului transmis de sateliții de poziționare, potențiale surse de bruijare voluntare și involuntare (De Bakker et al, 2006), interferență multidirecțională și degradare a puterii semnalului.

Odată ce se adaugă în ecuație informații de care depinde siguranța vieții, cum ar fi cazul aplicațiilor feroviare, acuratețea localizării devine foarte importantă. Mai ales în contextul în care pot exista două căi ferate la o distanță de doi metri una față de cealaltă (Pachl et al, 2013), căi care pot deservi două trenuri cu direcții opuse. Astfel, pentru a putea evita potențialele coliziuni, un sistem de localizare ar avea nevoie să poată distinge între cele două direcții, ceea ce implică o acuratețe mult peste ce poate oferi o soluție comercială (Tiberius, 2004).

O altă problemă apare în detectarea direcției în care un tren parcurge un macaz, care poate stabili corectitudinea traseului parcurs de către acesta și, poate ajuta la selectarea liniei într-o configurație cu mai multe căi. Detectarea integrității unui tren cu mai multe vagoane este o altă cerință importantă în stabilirea eliberării blocurilor de trafic (Pachl et al, 2013), pentru verificarea cazului că nici o porțiune din tren nu s-a decuplat de la locomotivă și, că orice tren care îl va urma va avea o cale liberă.

În domeniul feroviar aceste probleme s-au rezolvat în mare parte folosind echipamente plasate pe calea ferată cum ar fi balize, circuite electrice, inductive, radio și echipamente de numărare a osiilor vagoanelor. Aceste soluții sunt implementate în aplicații feroviare cum ar fi PZB (sistemul punctiform de control a trenurilor) și implementarea sa Indusi sau LZB (sistemul continuu de control al trenurilor), (Pachl et al, 2013). Într-un efort de standardizare Agenția Europeană a Căilor Ferate (ERA) a propus încă din 1992 o normă de compatibilitate și interoperabilitate denumită generic ETCS (European Train Control System), (ETCS, 2012).

Toate aceste soluții deși oferă un grad ridicat de siguranță și securitate, au un cost financiar ridicat de instalare și menținere, fiind totodată greu de protejat împotriva unor acte de vandalism. Astfel, ele devin economic nefezabile pentru linii regionale cu o densitate redusă a traficului, de 10-20 de trenuri pe zi. Pentru a veni în ajutorul operatorilor unor astfel de linii ERA a propus o variantă cu un cost redus a standardului ETCS numit ERTMS Regional (ERTMS, 2006).

Introducerea conceptului de mobilitate în aplicațiile feroviare este un domeniu relativ nou și neexplorat. Toate aplicațiile prezentate în lucrări cum ar fi (Barbu et al, 2014), (TrainGuard, 2007) sau (ERA, 2012), sunt platforme specializate integrate în sistemul electronic din cabina trenului.

Externalizarea serviciilor spre utilizatorii unor dispozitive mobile cum ar fi calculatoare portabile, PDA, telefoane sau tablete, care ar putea fi folosite pentru colectarea datelor continue, introduce o serie de probleme specifice

dispozitivelor mobile, cum ar fi durata bateriei sau cicluri procesor folosite (Lu et al, 2010). Aceste două variabile se află în strânsă interdependență una față de alta dat fiind faptul că cel mai mare consumator de energie este procesorul dispozitivului.

Utilitatea și eficiența unor astfel de dispozitive este greu de estimat apriori dat fiind faptul că funcționalitatea unei astfel de aplicații depinde de gradul de adoptare în cadrul mulțimii utilizatorilor vizați (Zimmerman et al, 2011). Procesul de inițializare devine un moment critic din ciclul de viață al unei aplicații cu funcționalități expuse către utilizatorii săi, astfel că datele sau răspunsurile implicite pot fi de mare utilitate, în lipsa unor informații concrete (Zimmerman et al, 2011).

Stabilirea funcționalității potrivite pentru fiecare categorie de utilizatori depinde în mare parte de succesul și rezultatele experimentale ale unor proiecte pilot, care să releve informații despre modurile în care aplicația este folosită și despre predispoziția utilizatorilor de a participa, fie activi sau pasivi la generarea datelor (Reddy et al, 2010), (Luther et al, 2009) și (Zimmerman et al, 2011).

Odată colectate datele de la utilizatori apare problema stocării lor, deoarece datorită continuității în preluare, aceste date au un caracter masiv. Inserarea, interogarea și uniformitatea reprezentării datelor sunt factori, ce încep să cântărească în alegerea unei platforme de stocare. Ca urmare pașii de indexare și regăsire a datelor sunt cei care afectează direct reactivitatea sistemului (Baumann et al, 2010), reducând din eficiența folosirii aplicației.

Limitarea grupului de utilizatori doar la tipul clienților finali ai aplicației reduce mult din utilitatea ei. De exemplu, cercetătorii implicați în dezvoltarea algoritmilor de localizare, trebuie consultați în ce privește modul de reprezentare a datelor, a căror principali beneficiari sunt (Luther et al, 2009).

Articolul de față își propune să prezinte un studiu de caz cu privire la contextul spațial al utilizatorului unui sistem mobil distribuit, sensibil la mediu și, capabil să localizeze trenurile într-un mod suficient de precis, astfel încât să se poată distinge locația pe șine. În același timp se analizează posibilitatea de a externaliza localizarea spre publicul călător, iar în final se discută conceptul unei arhitecturi distribuite, capabile să satisfacă cerințele de utilizabilitate și localizare.

Distribuirea sistemului conduce la o realitate care este percepută într-un mod parțial de către nodurile individuale ale platformei, fluxul de informații de la utilizatori spre nodul central are o importanță aparte în recompunerea

stării momentane capturate. Astfel că interacțiunea dintre utilizator și sistem impune constrângeri adiționale de funcționalitate și moralitate în folosirea datelor. Aceste constrângeri permit sistemului să atingă o masă critică de utilizatori, pentru a oferi o poziționare îmbunătățită corespunzătoare unui procent suficient de mare de călători.

În ceea ce urmează se vor prezenta alte realizări în domeniul feroviar, al externalizării spre utilizator și a vizualizării datelor. Un studiu calitativ al procedurilor folosite în două companii de transport feroviar este prezentat în secțiunea 3. Sunt analizate oportunitățile de îmbunătățire a interacțiunii interfeței om-mașină, definirea unui profil utilizator, precum și identificarea cazurilor de utilizare specifice fiecărei categorii de utilizatori. Secțiunea 4 descrie starea cinematică a utilizatorului și posibilitățile de combinare pentru a obține un context de localizare. Secțiunea 5 prezintă o arhitectură conceptuală a platformei de localizare, subliniind tehnologiile și tehnicile folosite pentru dezvoltarea algoritmilor de localizare.

2. Alte realizări

O serie de aplicații existente și-au pus problema localizării eficiente, din punct de vedere al costului, astfel încât să fie operabile și pe linii cu un trafic redus.

Prima dintre aceste aplicații este Satloc (Barbu et al, 2014), o soluție implementată de către un consorțiu format din 11 membri condus de UIC (International Union of Railways), pe un traseu de 24 km între Brașov și Zărnești, în România. Sistemul este restricționat la linii singulare în afara gărilor, folosind un sistem de localizare bazat pe GPS (Global Positioning System) și, EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) (Chen et al, 2003) pentru corectarea datelor de localizare. Adițional acest sistem mai folosește informații de odometrie pentru validarea datelor GPS și evitarea mișcării false generate de o poziționare imprecisă. Acuratețea localizării atinsă cu această soluție este de 3 m, având o disponibilitate testată de peste 99%. Singurele balize plasate pe terasamentul căii ferate sunt în gări, unde pot exista mai multe șine plasate paralel la o distanță mai mică decât rezoluția senzorului de localizare.

Trainguard STC (2007) este un sistem asemănător de localizare implementat de Siemens, în care principala diferență este lipsa de suport

pentru corecții EGNOS și, existența balizelor de localizare în afara gărilor, ceea ce implică un cost suplimentar în instalare și întreținere.

Aceste aplicații de monitorizare și gestionare a mișcării trenurilor implică o simbioză între metodologia de operare internă a companiilor de cale ferată și tehnicile de interacțiune folosite. Determinarea unui profil utilizator pentru o astfel de aplicație este importantă după cum o demonstrează studiul (Lorenz, 2009) în care este prezentată metodologia de operare a companiei Harzer Schmalspur-bahnen.

Folosirea amprentelor GPS ale publicului călător nu este o idee nouă, lucrarea (Zimmerman et al, 2011) prezintă o soluție de detectare a timpilor de sosire a autobuzelor în stații. Timpul de sosire este dedus prin localizarea autobuzului pe ruta sa.

Datorită similarităților dintre domeniul transportului public feroviar și cel rutier, un studiu conex (Ferris et al, 2010) prezintă beneficiile unei aplicații de monitorizare dinamică a timpilor de sosire în stație a autobuzelor din zona metropolitană a orașului Seattle. Nivelul de mulțumire a publicului călător a crescut ca urmare a expunerii acestor informații.

Aplicațiile de tip crowd sourcing acoperă un domeniu larg de cercetare, de la optimizarea folosirii bateriei (Lu et al, 2010), la tehnici de angajare și includere a utilizatorului în procesul de creare (Luther et al, 2009), până la metode de prelucrare (Brouwers et al, 2012) și, afișare a cunoștințelor (Reddy et al, 2010), (Aiordăchioaie et al, 2010).

Pogo (Brouwers et al, 2012) este un sistem de externalizare către populație, care se concentrează pe distribuirea de experimente dezvoltate de cercetători către publicul larg, pentru a obține un transfer mai mic prin rețea. Dezavantajul principal al unui astfel de sistem este limitarea contextului experimentelor la unul local.

Procesarea datelor colectate continuu cu ajutorul senzorilor de mișcare, cum ar fi senzorul de accelerație și orientare, pot introduce costuri nejustificat de mari pentru o astfel de aplicație. Jigsaw (Lu et al 2010), un sistem de extragere a fluxurilor de date, propune un sistem de filtrare și limitare a colectării datelor bazat pe tipuri de comportament, astfel încât datele colectate să fie rezistente la zgomotul introdus de activitățile umane și de nivelul energiei electrice consumate.

Pathfinder (Luther et al, 2009) propune o aplicație orientată spre colectarea și interpretarea datelor de către utilizatori prin partajarea datelor colectate cu ajutorul dispozitivului mobil. Datele nu sunt limitate la anumiți senzori ci pot fi de orice tip.

Un exemplu similar în folosirea senzorilor de locație în combinație cu senzorul de accelerație este Biketastic (Reddy et al, 2010), care își propune să clasifice calitatea și atractivitatea rutelor folosite de bicicliști, pe baza mai multor criterii extrase din accelerația momentană și zgomotul preluat de microfonul dispozitivului.

Tiramisu (Zimmerman, 2011) prezintă o platformă de urmărire a locației vehiculelor de transport în comun prin folosirea datelor GPS ale călătorilor și, de urmărire a gradului de ocupare a vehiculelor prin raportări ale utilizatorului. Acest sistem a urmărit să obțină o imagine clară asupra dispoziției utilizatorului de a crea conținut. Rezultatele acestui studiu au relevat o dispoziție limitată pentru raportări active nesolicitate, dar a prezentat un apetit al publicului călător pentru raportarea pasivă și activă solicitată.

Principiul de funcționare ale unor astfel de aplicații se bazează pe schimbul echitabil între furnizorul de informație sau servicii (de ex. portal, furnizorul de servicii sau aplicații) și consumatorul sau creatorul de informație (de ex. utilizator). Acesta din urmă oferă date sau prestează o serie de servicii în schimbul unor beneficii sau a accesului la conținutul publicat de către alți utilizatori. Un exemplu în acest sens este platforma Mechanical Turk de la Amazon, în care un utilizator poate publica sarcini prea complexe pentru a fi rezolvate de o platformă automată, dar simple pentru un om, oferind o recompensă monetară. Alți utilizatori pot rezolva aceste obligații pentru a colecta recompensa. Un alt exemplu este How's My Street?, în care utilizatorii pot publica informații de trafic și condiții meteorologice pentru o anumită stradă, accesul la informații făcându-se în mod gratuit.

În astfel de situații, când datele de localizare și stare ale utilizatorului se colectează și centralizează este important ca furnizorul de informații să fie atenționat cu privire la potențialele riscuri și implicări legale ale informației pe care o pune la dispoziție. Un astfel de studiu este prezentat în lucrarea (Steinfeld, 2010).

3. Studiul de caz asupra unei platforme feroviare de localizare externalizate spre public

Studiul etnografic al unui domeniu de activitate poate contribui la proiectarea unor interfețe utilizator și la definirea unor cazuri de utilizare orientate spre profilul clientului final.

În această secțiune se va prezenta un studiu etnografic al domeniului feroviar din punctul de vedere al mecanicilor de tren. Definirea profilului utilizator este obiectivul principal al acestei secțiuni, precum și discutarea unor potențiale externalizări ale unor responsabilități spre publicul călător, subliniind cazurile de utilizare care să satisfacă cerințele publicului călător și nevoia de siguranță a operatorilor de cale ferată. Acest studiu se concentrează pe o serie de tehnici de colectare a datelor specifice studiilor empirice (Anderson, 1994), (Millen, 2000), cum ar fi:

- studiul bibliografic
- interviuri
- chestionare
- observare în mediul natural

Datorită faptului că acest studiu a fost limitat ca număr de personal și timp, au fost folosite o serie de tehnici de accelerare a procesului etnografic (Millen, 2000). Aceste proceduri au avut la bază un studiu inițial bazat pe o serie de lucrări (Pachl, 2002) și (Lorenz, 2009), care s-au concentrat pe definirea generală a domeniului feroviar și pe cazul mai particular al operatorilor de linii cu trafic redus. Ca urmare a acestui studiu au fost planificate o serie de sesiuni de brain-storming și interviuri cu persoane care conduceau proiectul Satloc. Aceștia din urmă au contribuit prin detalii suplimentare despre procedurile operatorilor de linii regionale și prin facilitarea accesului la subiecții studiului etnografic.

Membrii studiului au participat la un chestionar structurat al cărui obiectiv a fost stabilirea unui profil utilizator pentru aplicație și a interdependenței între aceste aplicații. În final studiul prezintă o sesiune de observare a mecanicilor și a dispecerilor în exercitarea atribuțiilor lor.

3.1 Studiul bibliografic

Pregătirea studiului a implicat o investigare a domeniului feroviar prin cercetarea standardelor europene de interoperabilitate ETCS (2012) și a practicilor de exploatare a liniilor de cale ferată (Pachl, 2002).

Ca un al doilea pas al pregătirii acestui studiu s-a folosit lucrarea (Lorenz, 2009), care prezintă metodologia specifică de operare a unei companii regionale și implicit obligațiile pe care mecanicii, conductorii și dispecerii acesteia trebuie să le ducă la îndeplinire. Obligațiile personalului responsabil de pe tren, conform (Lorenz, 2009), sunt împărțite în 3 etape

distincte cu privire la călătorie. Astfel, mecanicii de tren și conductorii au o serie de obligații, care trebuie duse la îndeplinire înainte de călătorie, pe parcursul și după finalizarea călătoriei. Obligația principală a mecanicului este să urmărească ordinele primite de la dispecer, semnalizarea de pe marginea căii ferate și să raporteze constant poziția curentă.

În afară de obligațiile care au legătură cu siguranța clienților, a traficului feroviar și rutier, mecanicul și conductorul sunt obligați să mențină un jurnal cu privire la:

- incidente, indiferent de gravitatea lor;
- starea mecanică a locomotivei și a trenului;
- numărul de vagoane și greutatea lor.

3.2 Interviuri preliminare și finale

Au fost susținute o serie de interviuri și ședințe de brain-storming pe marginea bibliografiei prezentate anterior. Participanții la aceste sesiuni au fost membrii grupului de cercetare, precum și membrii decizionali ai proiectului Satloc, cum ar fi directorul de proiect.

Ca urmare a acestor întâlniri au fost aduse lucrării o serie de amendamente (Lorenz, 2009), pentru a avea un model general al procedurilor folosite de companiile feroviare și pentru a concentra studiul empiric pe linii regionale de trafic redus.

Conform interviului cu directorul de proiect Satloc s-au descoperit următoarele caracteristici specifice operatorilor regionali de cale ferată:

- mediu aglomerat, cum ar fi spații înguste în jurul șinelor, treceri la nivel cu calea ferată apropiate de stații și platforme mici și aglomerate;
- intersecții dese cu traficul rutier, linii paralele cu drumuri și intersecții frecvente și preponderent nesemnalizate;
- familiaritatea mecanicului de locomotivă față de ruta sa și susceptibilitatea față de orice reducere a vizibilității datorată mediului aglomerat;
- contactul limitat al mecanicului cu orice alt membru al echipajului de bord, interacțiunea concentrându-se asupra comunicării cu centrul de comandă, cum ar fi dispecerul.

Au fost luați în considerare factori de mediu tipici folosirii unei soluții hardware într-un ambient exterior, având în vedere că o potențială platformă va avea nevoie să fie rezistentă la factori de stres extern, cum ar fi șocul mecanic, vibrațiile inerente unei locomotive, rezistența la pătrundere a prafului și lichidelor.

Concluziile acestor discuții au fost următoarele:

- procedurile variază de la un operator la altul;
- localizarea manuală este o parte importantă a securității pe linii nesemnificate;
- este nevoie de noi tehnici de interacțiune care să suporte mobilitatea utilizatorului.

Principalul rezultat al acestei etape a fost proiectarea unui chestionar de identificare a grupului țintă, a factorilor de mediu și a interacțiunii utilizator accesibile și dorite, ceea ce a dus în final la descrierea cazurilor de utilizare specifice fiecărui profil de utilizator.

3.3 Analiza calitativă a studiului de caz

Chestionarul creat are 33 de întrebări împărțite în 6 secțiuni distincte fiind destinat atât mecanicilor de tren, conductorilor, impiegaților de mișcare, cât și dispecerilor și personalului de conducere. Elementele chestionarului au fost proiectate ca o serie de întrebări cu alegere multiplă și cu răspunsuri scurte. Obiectivul general al studiului de caz este să identifice profilul utilizator și să definească interacțiunile optime între utilizator și sistem. În ceea ce urmează, aceste obiective sunt detaliate conform clasificării ce reiese din chestionar.

Misiunea primei secțiuni este să stabilească date generale despre utilizator, cum ar fi poziția ocupată în cadrul companiei, grupa de vârstă, principalele responsabilități, țara de origine, mediul de operare, precum și nivelul de interacțiune cu ceilalți angajați ai căii ferate.

Secțiunile 2 și 3 s-au concentrat pe stabilirea nivelului de interacțiune a utilizatorului și a potențialelor puncte de rezistență din partea angajaților în implementarea unei noi soluții mobile.

În secțiunile 4 și 5 ale chestionarului s-a urmărit interacțiunea dorită și posibilă cu dispozitive mobile și felul în care acestea ar putea ușura munca utilizatorilor finali. Ultima secțiune a acestui chestionar se adresează

exclusiv mecanicilor de tren, dorindu-se identificarea cât mai exactă a procedurilor pe care aceștia trebuie să le urmeze.

Pentru a obține rezultate general aplicabile este nevoie ca acest chestionar să fie distribuit unui număr larg de potențiali utilizatori, distribuiți geografic și aparținând mai multor companii pentru a putea compara diferențele de proceduri, de cultură a muncii și, de pregătire și adaptabilitate la soluții noi. Pentru a putea rafina întrebările acestui chestionar, el a fost distribuit inițial unui număr restrâns de subiecți, dintre care toți erau angajați ai companiei RCCF Trans, care operează platforma Satloc în Brașov.

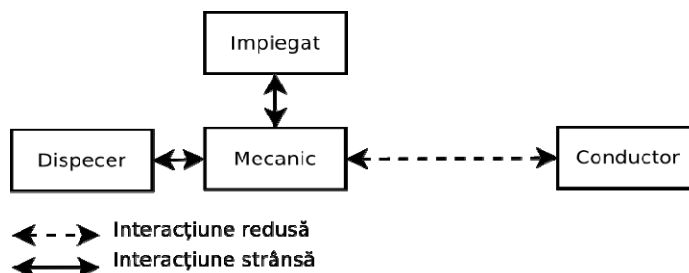


Figura 1. Nivel de interacțiune între angajații unei companii feroviare

Ca urmare a analizei calitative a primei secțiuni a acestui chestionar, referitoare la informații generale despre domeniu, s-a ajuns la următoarele concluzii:

- comunicarea între mecanic, dispecer și impiegatul de mișcare este foarte strânsă cum este prezentat în Figura 1;
- comunicarea între mecanic și conducător nu este decât una limitată după cum apare în Figura 1;
- condițiile atmosferice de natură să reducă vizibilitatea sunt o reală problemă pentru mecanici.

Din secțiunile 2 și 3 s-a observat un nivel redus al gradului de acceptare a schimbării, mai ales în contextul în care, dat fiind un grad de libertate mai mare asigurat de soluția mobilă, s-a propus o urmărire atât a locației șoferului cât și a trenului.

Secțiunile 4 și 5 au relevat faptul că mecanicii de locomotive au o mobilitate redusă în timpul exercitării atribuțiilor. Din cauza faptului că atenția lor este puternic solicitată de urmărirea semnalelor și ordinelor de

mișcare, precum și a raportării constante a poziției, s-a constatat că surse adiționale de informație nu ar fi bine venite.

Dezavantajele acestui chestionar o reprezintă faptul că nu tratează decât membrii personalului căii ferate și abstractizează pasagerii afară din modelul de interacțiune prezentat în Figura 1. Pasagerii reprezintă pilonul central al platformei, fiind principalii colectori ai datelor senzoriale.

Data fiind și natura nespecializată a pasagerilor este foarte greu de capturat elementele de plus valoare, care i-ar determina să folosească aplicația de colectare a datelor doar dintr-un singur chestionar. În acest scop un prototip al aplicației va trebui implementat pentru rafinarea funcționalității necesară pasagerilor din aplicația generală de localizare. Arhitectura acestei aplicații, cât și soluțiile folosite pentru implementare sunt descrise în Secțiunea 5.

3.4 Sesiunea de observare

Pentru a valida studiul cu date colectate din teren, a fost programată la Brașov o sesiune de observare pe o linie echipată cu sistemul Satloc. Observarea a avut loc pe parcursul a două ședințe neîntrerupte de 45 de minute pe o linie de 24 de km între Brașov și Zărnești și o sesiune de 60 de minute în centrul de control al trenurilor din Zărnești.

În cadrul primei sesiuni au fost urmărite sarcinile conductorului și mecanicului de tren și a felului în care aceștia interacționează. Datele colectate prin intermediul chestionarului au fost validate cu ajutorul observațiilor empirice. Conform literaturii și observațiilor făcute, principalul rol al conductorului este acela de a monitoriza nevoile de confort ale pasagerilor și respectarea cerințelor de siguranță ale conducătorului de tren.

De asemenea interacțiunea între mecanic și sistemul de bord Satloc este una limitată, atenția și concentrarea sa erau îndreptate înspre exterior și în special spre trecerile la nivel cu calea ferată.

A doua parte a sesiunii de observare a avut loc la centrele de control Satloc din Zărnești unde a fost monitorizată interacțiunea dintre conducătorul trenului și dispecer. Această interacțiune deși a fost atinsă de întrebările studiului de caz și descrisă ca fiind intensă, s-a observat că este limitată. Această lipsă de comunicare verbală poate fi mai bine aleasă în contextul în care localizarea este automatizată și, autoritățile de mișcare sunt transmise prin sistemul Satloc și prin semnalizare.

3.5 Rezultatele studiului

Rezultatele acestui studiu etnografic au oferit posibilitatea de identificare a cazurilor de utilizare bazate pe funcționalitatea de localizare. Aceste cazuri analizate se referă la o companie feroviară ce operează pe linii regionale cu trafic redus.

Funcționalitatea propusă de acest sistem externalizat spre public este de două tipuri:

- orientată pe detectarea liniei corespunzătoare într-un mediu cu mai multe linii paralele, din acest moment numită localizare orizontală;
- centrată în determinarea distanței parcurse pe un anumit tronson de cale ferată, referită din acest punct ca localizare longitudinală.

Beneficiari direcți ai unei astfel de aplicații așa cum au fost ei identificați până acum (vezi Figura 1) sunt mecanicii, conductorii și dispecerii. Pentru fiecare categorie de utilizatori au fost identificate o serie de cazuri de utilizare prezentate pe scurt în ceea ce urmează:

- Mecanici de tren:
 - Afișarea distanței până la următorul punct de interes (trecere la nivel, punct de semnalizare sau stație);
 - Afișarea stării următorului punct de semnalizare;
- Conducători:
 - Afișarea unei statistici estimative a pasagerilor aflați la bord;
 - Validarea biletelor de călătorie;
- Dispeceri:
 - Afișarea condițiilor de trafic;
 - Afișarea posibilității de coliziune între trenuri.

Toate acestea au determinat aducerea în discuție a unei arhitecturi în care o parte din serviciile tradițional oferite de către conductorii să fie externalizate spre călători. Mai multe despre aceste servicii și felul în care localizarea poate fi asistată printr-o platformă distribuită se va discuta în secțiunea 5.

4. Fluxul de filtrare și procesare a stării utilizator

Data fiind complexitatea, varietatea funcțiilor și a costului ridicat atașat cumpărării și menținerii echipamentelor hardware al unui astfel de potențial sistem de localizare, s-a decis pentru externalizarea către utilizator.

Astfel că pentru îmbunătățirea serviciilor oferite pasagerilor s-a propus o platformă distribuită, a cărei scop este să reducă costul de operare și localizare a trenurilor prin externalizarea unor servicii către public.

Externalizarea presupune un statu-quo, între serviciile oferite de către utilizator și funcționalitățile care îi sunt puse la dispoziție. În ceea ce urmează va fi discutat fluxul de date de la utilizator la platforma de prelucrare.

Serviciile externalizate utilizatorului sunt de două tipuri și anume automate, cărora clientul nu trebuie să le dedice atenție și, servicii manuale, care necesită apăsarea unui buton sau selectarea unei opțiuni. Acest capitol se axează pe descrierea doar a celor automate, dat fiind faptul că literatura este plină de exemple în care serviciile manuale nu au adunat un scor mare de utilizabilitate (Zimmerman et al, 2011), (Reddy et al, 2010).

Pentru îmbunătățirea serviciilor de localizare s-a propus oferirea unei platforme externalizate spre pasageri, care în schimbul datelor colectate și resurselor folosite să ofere servicii adiționale utilizatorului. Scopul acestei platforme este să reducă costul de operare și localizare a trenurilor prin externalizarea unor servicii spre publicul călător.

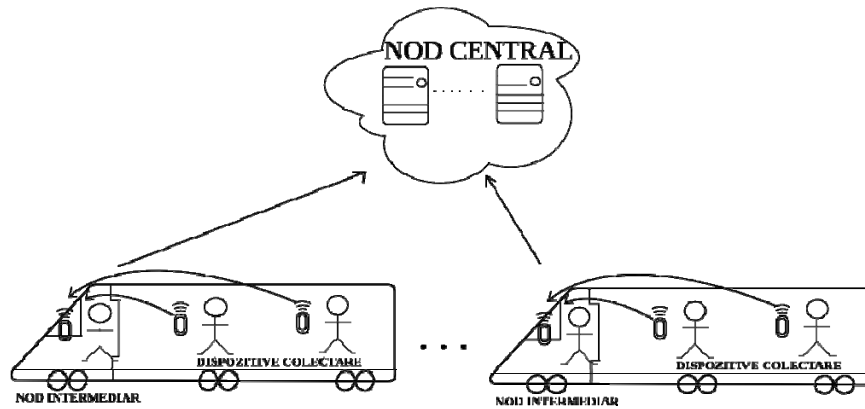


Figura 2. Diagrama de flux a datelor

Arhitectura unui astfel de sistem este distribuită pe mai multe nivele de responsabilitate și în mai multe locații geografice. Structural se aseamănă cu

un arbore de căutare (Figura 2). Rădăcina arborelui este reprezentată de către nodul central de procesare, iar fiecare copil al său poate fi un nod intermediar de agregare a datelor sau o frunză, reprezentată printr-un dispozitiv de colectare.

Cele trei niveluri ale acestei arhitecturi se suprapun peste două din cele trei componente ale unei arhitecturi feroviare, așa cum sunt definite în cadrul standardului (ETCS, 2012), cum ar fi componente de bord și componente din centrul de comandă.

Se va prezenta această arhitectură începând de jos în sus, de la componentele cele mai numeroase, cu responsabilitatea cea mai mică. Aceste componente sunt reprezentate prin dispozitive de colectare a datelor de mișcare și locație, cum ar fi telefoane inteligente și tablete PC. La nivelul acesta datele sunt filtrate față de extreme cauzate de anumite comportamente cinematice ale utilizatorului (Lu et al, 2010), cum ar fi folosirea activă a telefonului pentru jocuri.

Starea unei unități de colectare este compusă din locația sa codificată sub forma unui mesaj NMEA 0183 de tipul GGA (NMEA, 2005), care conține pe lângă datele de localizare și meta-informații despre calitatea localizării. Adicional este folosită starea cinematică, fiind compusă din date de accelerație și orientare.

Reprezentarea datelor de mișcare se face folosind vectori cu 3 dimensiuni pentru accelerație, reprezentând axele spațiului 3D și, vectori cu 4 dimensiuni, pentru reprezentarea cuaternionului de rotație. Cuaternionii sunt numere complexe folosite în reprezentarea matricelor de rotație, dat fiind faptul că acestea nu suferă de efectul de blocare a cadranelor de rotație. Vectorii de orientare pot reprezenta atât date de compas calculate din magnetometru cât și din datele provenite din giroscop.

La nivelul imediat superior se găsește componenta de agregare a datelor, care are ca scop primar filtrarea informațiilor provenite de la public și gruparea nodurilor de colectare în funcție de unitatea de transport în care se află, cum ar fi trenul și vagonul. Unui singur nod de agregare îi sunt arondate mai multe noduri de colectare, astfel că datele extreme generate de cauze neidentificabile pot fi filtrate și eliminate din fluxul final.

La nivelul cel mai înalt se află nodul central, a cărui scop este să agrege, să filtreze și să proceseze toate datele colectate pentru a îmbunătăți localizarea, prin generarea unei hărți de puncte de interes. Aceste puncte de interes, localizate geografic, sunt mai apoi folosite de către algoritmul

particule filter de localizare, ce rulează în cadrul componentelor de colectare ale angajaților și ale publicului călător.

5. O arhitectura a sistemului de localizare orientată spre clienți

Această secțiune își propune să trateze toate fațetele platformei de localizare din punctul de vedere al arhitecturii software, al bibliotecilor suport și al uneltelor de localizare și comunicare.

Arhitectura acestei platforme client-server este împărțită pe mai multe niveluri tratând probleme de colectare, comunicare prin rețea, stocare, prelucrare și vizualizare a datelor senzoriale. Unde fiecare nivel tinde să optimizeze performanțele aplicației, oferind în același timp posibilitatea dezvoltării unor algoritmi de localizare distribuiți peste nivelurile platformei.

Dintre acestea, componentele client sunt dispozitivele aflate la bordul trenurilor și se ocupă de colectarea și transmiterea datelor spre server. Această componentă face parte din centrul de comandă care are ca obiectiv principal stocarea, prelucrarea și afișarea datelor.

5.1 Componentele de colectare a datelor senzoriale

Aplicația de colectare a datelor este primul pas în direcția implementării unui sistem de localizare externalizat spre utilizatori. Unde această aplicație a fost implementată folosind sistemul de operare Android pentru a profita de nivelul de popularitate a dispozitivelor cu acest sistem (Google Dashboards, 2015).

Accesibilitatea în dezvoltarea și distribuirea programelor pentru această platformă, cu ajutorul serviciilor de distribuire Google Play, a reprezentat un motiv în plus în selecția ei. Această suită de aplicații suport a fost aleasă datorită largii sale răspândiri, oferind un avantaj în plus în adoptarea mai largă de către utilizatorii de dispozitive mobile.

Asemănător programului descris în (Lu et al, 2010), aplicația de colectare a datelor se bazează pe o secvență de procesare, care permite filtrarea și preprocesarea informațiilor colectate de senzori.

Datorită faptului că această aplicație se concentrează pe localizarea vehiculelor feroviare, a fost ales un subset de senzori de mișcare, cum ar fi

senzori de accelerație, senzori de orientare și, senzori de poziționare geografică. Printre senzorii de accelerație folosiți se numără senzorul de gravitație, accelerație și accelerație liniară, care se calculează folosind formula: $G_x = Acc - L_a$, unde G_x este senzorul de gravitație, iar L_a accelerația liniară.

Pentru calcularea datelor de gravitație este nevoie să se cunoască și datele de orientare absolută, oferite cu ajutorul magnetometrului și giroscopului. Magnetometrul și giroscopul fac parte din categoria senzorilor de orientare. Primul dintre aceștia poate calcula orientarea absolută a dispozitivului mobil cu ajutorul unui cuaternion de rotație și, folosind informații despre câmpul magnetic al pământului în conjuncție cu senzorul de gravitație. Giroscopul poate detecta informații despre schimbări de direcție și este reprezentat la fel ca și magnetometrul printr-un cuaternion de rotație.

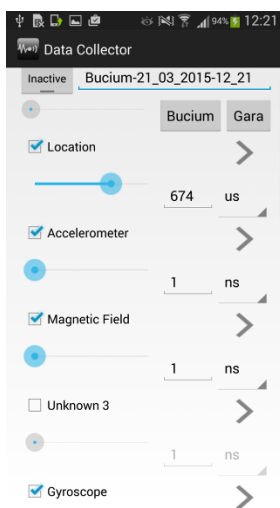


Figura 3. Interfața de colectare a datelor senzoriale

Dat fiind natura continuă a mișcării, toți senzorii mai sus descriși prezintă o colectare continuă, la o anumită frecvență dată de o variabilă ce poate fi manual modificată (Figura 3).

Astfel de senzori introduc probleme în utilizabilitatea aplicației datorită faptului că mențin procesorul constant într-o stare activă și nu permit instalarea unei stări de repaus de durată mai lungă. Alternativele la aceste probleme o reprezintă colectarea diferențiată în funcție de activitatea

detectată. Astfel un telefon aflat într-o stare de repaus pe o suprafață stabilă va colecta mai multe date decât un dispozitiv folosit activ de către utilizator. Această diferență este în principal datorată faptului că datele colectate de la un dispozitiv într-o stare având energie totală mai mică sunt mai puțin susceptibile zgomotului.

O alternativă la reducerea consumului de baterie este gruparea datelor în bufferul de memorie a senzorului și trimiterea spre unitatea de procesare centrală doar atunci când acesta este plin. Din nefericire nu toate platformele Android suportă o asemenea funcționalitate prin urmare ar duce la limitarea excesivă a ariei de distribuție.

5.2 Comunicarea prin rețea

Comunicarea prin rețea este împărțită în două etape. Primul pas are loc între componentele client de colectare și componenta de agregare, iar al doilea între server și nodurile intermediare aflate pe tren. Fiecare dintre etape adaugă o anumită funcționalitate și este necesară pentru optimizarea comunicării.

Comunicarea între componentele client ale platformei au ca scop filtrarea datelor extreme și eliminarea lor din fluxul trimis spre server. Astfel conexiunile sunt implementate folosind interfața de programare WiFi-Direct a sistemului de operare Android, pentru a permite comunicarea și crearea de rețele ad-hoc, așa încât să nu fie nevoie de echipamente speciale pentru nodurile intermediare. În acest caz componentele de colectare pot fi elevate printr-un proces de „leader election” la nivelul de nod intermediar.

Folosirea interfeței WiFi-Direct, datorită faptului că multe din dispozitivele mai vechi nu au fost echipate cu această componentă, introduce limitări mari în aria de distribuție a aplicației. Totuși este nevoie de acest nivel intermediar de comunicare pentru gruparea datelor provenite de la același vehicul feroviar și, pentru reducerea sarcinii de transfer asupra nodului central de stocare, procesare și afișare a datelor.

Ultimul pas al comunicării are loc între nodul intermediar și server și, are loc prin servicii REST implementate peste protocolului HTTP. Datele sunt transmise grupat sub forma unor fișiere Comma Separated Values de dimensiunea de 256 KB pentru a ușura pasul de inserție pe deoparte, iar pe de altă parte pentru a optimiza dimensiunea de inserție prescrisă de componenta RasDaMan (Baumann, 2005), de stocare a datelor de tip șir.

5.3 Componenta server

Componenta server este împărțită în 3 subcomponente, care se ocupă de stocarea, prelucrarea și vizualizarea datelor.

În primă fază datele sunt inserate într-o bază de date RasDaMan și indexate folosind componenta de timp a datelor. Dat fiind modul în care au fost colectate indexarea în funcție de timp se dovedește a fi ordonarea naturală a datelor. Pentru a prelucra mai departe este nevoie ca fiecărui punct să îi fie asignat o locație bidimensională. Dat fiind faptul că platforma RasDaMan folosește locații discrete pentru fiecare punct din baza de date și nu suportă valori nule într-un dreptunghi creat de datele transformate, se poate ajunge, ca și pentru distanțe relativ mici să nu poată stoca o astfel de bază de date.

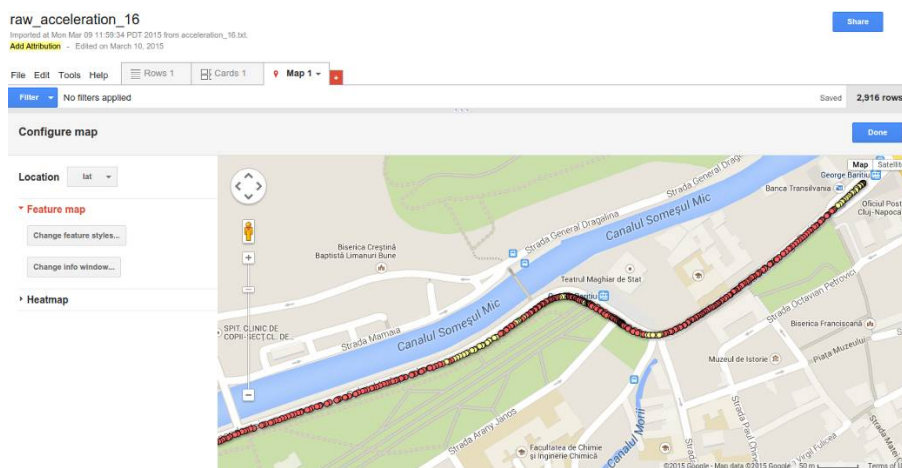


Figura 4. Vizualizare a datelor colectate pe o hartă Google Maps

În schimb o reprezentare unidimensională a locației este posibilă, datorită faptului că traseul căii feroviare nu are decât un singur grad de libertate, ce poate fi calculat ca distanță de la începutul traseului. Un avantaj adițional al acestei reprezentări este că acesta este chiar modul în care locațiile sunt identificate în domeniul feroviar (Stadlmann, 2010).

În baza de date fiecare element este păstrat sub forma care a fost colectat fără a apărea diferențe în felul în care pot fi prelucrate datele. Informațiile despre tipul datelor și precizia în colectare sunt păstrate ca metadate în mod separat. Astfel toate tipurile de prelucrări pot fi aplicate datelor stocate. În

acest caz metadatele sunt folosite pentru determinarea algoritmilor de prelucrare ce pot fi folosiți.

Pentru stocarea datelor o soluție pe mai multe planuri de reprezentare a fost folosită. Pe deoparte s-a încercat optimizarea accesului la subseturi de informații printr-o indexare pe bloburi (Binary Large Objects) segmentate în mod optim astfel încât să suporte interogări de dimensiuni mici (100-200 de valori odată), iar pe de altă parte s-a încercat reprezentarea setului ca un tot unitar pentru a putea fi transportat mai simplu prin rețea și prezentat din nou aplicației care a făcut colectarea, ca rezultat al procesărilor. Formatul folosit pentru acest scop s-a decis a fi CSV (comma separated values), din cauza simplității în prelucrare. Aceste fișiere CSV sunt regenerate de fiecare dată când prelucrările de date schimbă un detaliu al reprezentării curente.

Transformarea din reprezentare externă, cum ar fi CSV, în reprezentare internă de tipul bază de date se face folosind adaptorii, care permit aplicației preluarea de date din surse eterogene, cum ar fi alte aplicații sau internetul.

Odată indexate în funcție de locație se pot aplica algoritmi de prelucrare a semnalelor și algoritmi statistici de analiză a varianței, care să fie rezistenți la variații temporale. În final datele prelucrate sunt afișate folosind Google Maps prin sistemul, Google Fusion Tables (Fig. 4).

6. Concluzii

Lucrarea a prezentat o analiză a posibilităților de a determina poziția utilizatorului unor dispozitive mobile din informațiile și datele senzoriale preluate din contextul spațial. Localizarea utilizatorului este de fapt localizarea trenului, în care călătorește utilizatorul aplicației software de pe dispozitivul mobil.

Cercetarea științifică analizează și propune un prototip de sistem de localizare a trenurilor, care să satisfacă însă cerințele de siguranță foarte stricte specifice domeniului feroviar. Studiul de caz se referă la liniile regionale cu trafic redus. Pentru stabilirea unui context global de localizare a trenurilor sunt folosite fluxurile de informații și date achiziționate și prelucrate în cadrul unei platforme software feroviare.

Localizarea trenurilor este bazată pe senzori de navigare și inerțiali integrați în dispozitive mobile comerciale, cum ar fi tabletele PC și telefoanele mobile. Cerințele de integritate a unei astfel de soluții, în care siguranța vieții este motivul principal al localizării, sunt extrem de importante.

Pentru satisfacerea cerințelor de localizare lucrarea propune externalizarea parțială spre public a localizării și a unor servicii tradiționale oferite de conductor. În lucrare au fost analizate cerințele unei platforme de localizare atât din punctul de vedere al arhitecturii software cât și al detaliilor de implementare. Fiecare componentă are scopul de a optimiza performanțele aplicației, oferind în același timp uneltele de dezvoltare a algoritmilor de localizare.

Cercetarea va continua cu extinderea experimentelor pentru diverse cazuri ale contextului spațial, segmentelor de linie de trafic feroviar și, soluții pentru achiziția, stocarea, prelucrarea și interpretarea datelor senzoriale.

Mulțumiri

Această lucrare a fost elaborată în cadrul programului SOP HRD (Sectoral Operational Programme Human Resources Development), ID/134378, finanțat de către Guvernul României prin Fondul Social European.

Activitatea de cercetare a fost desfășurată la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca și a fost parțial finanțată de către Rail Automation Business Unit of Siemens AG.

Referințe

- Aiordăchioaie, A. & Baumann, P. (2010) PetaScope: an open-source implementation of the OGC WCS geo service standards suite *Scientific and Statistical Database Management*, p. 160-168
- Anderson, R. J. (1994) Representations and Requirements: The Value of Ethnography, in *System Design Hum.-Comput. Interact.*, L. Erlbaum Associates Inc., 9, p. 151-182 .
- Barbu, G.; Hanis, G.; Kaiser, F. & Stadlmann, B. (2014) SATLOC- GNSS based train protection for low traffic lines, *Rail Signalling and Telecommunication*.
- Baumann, P. Feyzabadi, S. Jucovschi, C. (2010) Putting Pixels in Place: A Storage Layout Language for Scientific Data. *Proc. IEEE ICDM Workshop on Spatial and Spatiotemporal Data Mining (SSTDM'10)*, December 14, 2010, Sydney, Australia, pp. 194 – 201
- Baumann, P. (2005) RasDaMan Query Language Guide, descărcat 11 Noiembrie 2014 de la www.rasdaman.org
- Brouwers, N. & Langendoen, K. (2012) Pogo, a Middleware for Mobile Phone Sensing *Proceedings of the 13th International Middleware Conference*, Springer-Verlag New York, Inc., p. 21-40
- Chen, R.; Toran-Marti, F. & Ventura-Traveset, J. (2003) Access to the EGNOS signal in

- space over mobile-IP GPS Solutions, Springer, 7, p. 16-22
- De Bakker, P. F.; Samson, J.; Joosten, P.; Spelat, M.; Hoolreiser, M. & Ambrosius, B. (2006) Effect of radio frequency interference on GNSS receiver output, *ESA workshop on satellite navigation user equipment technologies NAVITEC*, ESA/ESTEC, Noordwijk.
- ERTMS Regional: General Technical Requirements Specification (2006) Descărcat: Mai 31, 2014, de la International Union of Railways: http://www.uic.org/IMG/pdf/ERTMS_Regional_GRS.pdf
- ETCS Baseline 3 and GSM-R Baseline 0 (2012) Descărcat: Mai 31, 2014, from European Railway Agency: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/New-Annex-A-for-ETCS-Baseline-3-and-GSM-R-Baseline-0.aspx> .
- Ferris, B.; Watkins, K. & Borning, A. (2010) OneBusAway: Results from Providing Real-time Arrival Information for Public Transit, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, p. 1807-1816
- Google Dashboards (2015) Descărcat: 21 Martie 2015 de la: <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- Lorenz, A. (2009) Untersuchung einer technischen Unterstützung für Triebfahrzeugführer, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig.
- Lu, H.; Yang, J.; Liu, Z.; Lane, N. D.; Choudhury, T. & Campbell, A. T. (2010) The Jigsaw continuous sensing engine for mobile phone applications *Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor System* , p. 71-84
- Luther, K.; Counts, S.; Stecher, K. B.; Hoff, A. & Johns, P. (2009) Pathfinder: an online collaboration environment for citizen scientists *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 239-248
- Reddy, S.; Shilton, K.; Denisov, G.; Cenizal, C.; Estrin, D. & Srivastava, M. (2010) Biketastic: sensing and mapping for better biking *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* , p. 1817-1820
- Millen, D. R. (2000) Rapid ethnography: time deepening strategies for HCI field research, *Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, p. 280-286
- NMEA Reference Manual 2005 (2005) Descărcat Mai 31 2014, de la SiRF Technology: <https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual1.pdf>
- Pachl, J. Railway operation and control Mountlake Terrace, 2002 .
- Pachl, J. Fendrich, L. & Fengler, W. (Eds.) (2013) Betriebsführung der Infrastruktur Handbuch Eisenbahninfrastruktur, Springer Berlin Heidelberg.
- Steinfeld, A. (2010) Ethics and policy implications for inclusive intelligent transportation systems, *Second International Symposium on Quality of Life Technology*.
- Stadlmann B., Mairhofer S., Hanis G. (2010) Field Experience with GPS based Train Control System - *Proceedings ENC-GNSS 2010*, Braunschweig, Deutschland, pp. 7
- Tiberius, C. & Verbree, E. (2004) GNSS positioning accuracy and availability within

Location Based Services: The advantages of combined GPS-Galileo positioning, *2nd ESA/Estec workshop on Satellite Navigation User Equipment Technologies*, GS Granados (Ed), ESA publications division, Noordwijk, p. 1-12

Trainguard STC - das satellitengestützte Zugleitsystem von Siemens bringt enorme Kostenersparnis für Regionalbahnen und sorgt für mehr Sicherheit (2007) Descărcat Mai 31,2014, from Siemens Austria: <http://m.siemens.at/at/innovationen/innovation-stories/satloc.htm> .

Zimmerman, J.; Tomasic, A.; Garrod, C.; Yoo, D.; Hiruncharoenvate, C.; Aziz, R.; Thiruvengadam, N. R.; Huang, Y. & Steinfeld, A. (2011) Field Trial of Tiramisu: Crowd-sourcing Bus Arrival Times to Spur Co-design, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, p. 1677-1686.