



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00493

(22) Data de depozit: 14/08/2019

(41) Data publicării cererii:
28/08/2020 BOPI nr. 8/2020

(71) Solicitant:
• MINEA MARIUS,
ALEEA CÂMPUL CU FLORI, NR.1, SC.C,
ET.4, AP.108, BUCUREȘTI, B, RO;
• DUMITRESCU CĂTĂLIN, STR.SF.MARIA,
NR.1, BL.10 A4, SC.A, ET.6, AP.39,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• CHIVA IONUȚ COSMIN,
STR.ECONOMU CEZĂRESCU, NR.52,
TRONSON 2, BL.4, ET.6, AP.4611,
BUCUREȘTI, B, RO;
• MINEA VIVIANA LAETIȚIA,
ALEEA CÂMPUL CU FLORI, NR.1, SC.C,
ET.4, AP.408, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• SEMENESCU AUGUSTIN,
ȘOS.BUCUREȘTI-TÂRGOVIȘTE NR.22 T, A
14, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• MINEA MARIUS,
ALEEA CÂMPUL CU FLORI, NR.1, SC.C,
ET.4, AP.108, BUCUREȘTI, B, RO;
• DUMITRESCU CĂTĂLIN, STR.SF.MARIA,
NR.1, BL.10 A4, SC.A, ET.6, AP.39,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• CHIVA IONUȚ COSMIN,
STR.ECONOMU CEZĂRESCU, NR.52,
TRONSON 2, BL.4, ET.6, AP.4611,
BUCUREȘTI, B, RO;
• MINEA VIVIANA LAETIȚIA,
ALEEA CÂMPUL CU FLORI, NR.1, SC.C,
ET.4, AP.408, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• SEMENESCU AUGUSTIN,
ȘOS.BUCUREȘTI-TÂRGOVIȘTE
NR.22 T, A 14, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) SISTEM DE CULEGERE ANONIMĂ A INFORMAȚIILOR
DE POZIȚIE ȘI MOBILITATE ÎN TRANSPORTUL PUBLIC
DE CĂLĂTORI, BAZATĂ PE BLUETOOTH ȘI INTELIGENȚĂ
ARTIFICIALĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un sistem pentru culegere anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători. Metoda conform invenției utilizează un ansamblu de trei senzori Bluetooth sau Bluetooth Low Energy, BT/BLE, amplasați la bordul unui vehicul de transport în comun, alimentați electric de la instalația vehiculului, și putând comunica cu un echipament de calcul de tip unitate de bord (UB) aflat, de asemenea, la bordul vehiculului, și constă în detectarea, cu ajutorul senzorilor menționați, prin unde radio, a dispozitivelor BT/BLE împerecheate, precum și a celor aflate în regim de descoperire, achiziția de informații privind adresa MAC a dispozitivului, eticheta temporală și nivelul semnalului radio, aceste informații fiind transmise unității de bord (UB) unde are loc prelucrarea ulterioară, constând în localizarea inițială a poziției nodului BT detectat, poziționarea și încadrarea zonală, urmată de sortarea categoriilor de noduri BT recepționate, pe baza următoarelor categorii de interes: noduri BT fixe, pentru poziționare ulterioară, și noduri mobile, de exemplu, călători la bordul vehiculului, în stații sau vehicule în trafic privat. Sistemul pentru aplicarea metodei conform invenției cuprinde: un ansamblu de trei senzori (S1, S2 și S3) BT/BTE și o unitate de bord (UB), amplasate la bordul unui vehicul

de transport, în care unitatea de bord (UB) cuprinde, la rândul ei: un bloc de analiză a intensității semnalelor recepționate și analiză temporală a momentului detecției și momentului dispariției semnalelor, un modul de localizare și amplasare zonală a poziției nodurilor BT recepționate, și de sortare pe categorii a nodurilor recepționate, și un bloc de analiză statistică a celor patru categorii de dispozitive BT/BLE descoperite, urmărite și clasificate: călători în mijlocul de transport, călători în stații, vehicule în trafic sau noduri fixe pe rută.

Revendicări: 2
Figuri: 4

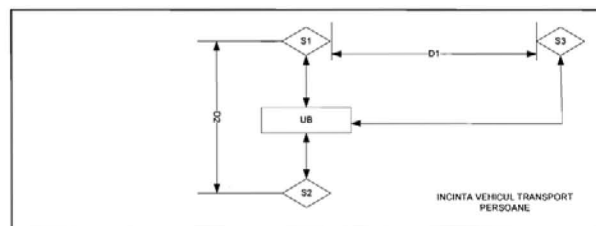
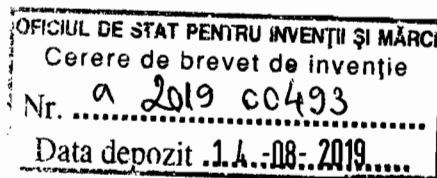


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Metodă și sistem pentru culegere anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, bazată pe Bluetooth și Inteligență Artificială

MINEA Marius, DUMITRESCU Cătălin, CHIVA Ionuț-Cosmin, MINEA Viviana - Laetitia, SEMENESCU Augustin

Invenția se referă o metodă și un sistem pentru culegerea anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, bazată pe Bluetooth și inteligență artificială, pentru îmbunătățirea sistemelor de management al transportului public prin suplimentarea informațiilor necesare acestora, oferind o metodă simplă de culegere anonimă (fără posibilitate de asociere a persoanelor cu dispozitivele detectate) a datelor privind fluxurile de pasageri transportați sau aflați în așteptare în stațiile de călători, informații legate de poziția vehiculelor de transport public pe rută, precum și de densitate a traficului privat de vehicule de pe traseul mijlocului de transport în comun.

Sunt cunoscute soluții de numărare a pasagerilor ce urcă sau coboară dintr-un mijloc de transport în comun, bazate pe senzori de diferite categorii (de greutate, bazate pe radiații în spectrul infraroșu, cu senzori electro-optici de tip video [1], [3], [4], cu *machine vision* [7], [10], [11] cu senzori de ultrasunete etc.). Aceste soluții, deși oferă un grad de precizie relativ acceptabil, presupun instalarea a numeroși senzori pe vehicule, precum și a unui sistem de colectare și prelucrare locală a informațiilor colectate [8]. Dezavantajul acestor soluții constă în complexitatea ridicată a rețelei cablate a vehiculului, creșterea costurilor de instalare și mentenanță, creșterea consumului de energie la bord.

Sunt cunoscute și soluții de contorizare a pasagerilor ce utilizează sistemul de transport în comun, bazate pe utilizarea de cartele/carduri specifice de transport, ce necesită validarea acestora la urcarea (intrarea) (sau și la coborârea / ieșirea) din mijloacele de transport sau din arealul specific acestora, cum este cazul metrourilor [5]. Acestea pot fi, de asemenea, asociate cu un anumit interval orar. Aceste soluții prezintă dezavantajul utilizării intensive a infrastructurii, folosind dispozitive speciale pentru controlul accesului sau validării, rețea cablată specifică sau de tip wireless, având de asemenea un consum ridicat de energie, necesitând mentenanță specifică și aplicații separate sau integrate în sistemul de management al transportului public. De asemenea, sunt cunoscute soluții de management al gradului de încărcare a rețelei de transport public de călători bazate pe aplicații mobile de rezervare/taxare a călătoriei, ce necesită aplicații specifice software și utilizarea rețelelor mobile de comunicații și a internetului. Aceste soluții nu oferă o imagine completă a numărului de călători transportați, deoarece eventualii călători ce folosesc alte mijloace de taxare, sau călătorii clandestini nu vor fi detectați. În plus, aceste soluții depind de terțe părți pentru componente de comunicații, prelucrare/transmitere date etc. Niciuna din soluțiile prezentate mai sus nu oferă informații privind numărul de călători din stații, și nici informații privind traficul privat de vehicule de pe ruta mijlocului de transport în comun.

1		2		3		4		5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

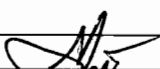
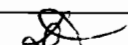
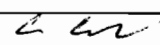
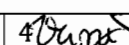
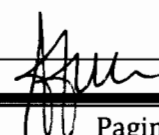
Sunt, de asemenea, cunoscute invenții privind localizarea dispozitivelor în interiorul unor incinte, inclusiv mijloace de transport public, bazate pe tehnologii de comunicații [2] sau combinații de tehnologii de comunicații, precum Bluetooth Low Energy (BLE), WiFi [12] și Ethernet, caracterizate prin aceea că permit localizarea unor etichete electronice în zonele controlate. Aceste soluții prezintă dezavantajul necesității de a purta o anumită etichetă electronică, iar capacitatea de detecție poate fi limitată doar la elementele purtătoare de astfel de etichete; de asemenea, sistemele pot interfera cu alte dispozitive ce folosesc aceleași rețele de comunicații.

Sunt cunoscute soluții de localizare în interior bazate pe transmiterea unei hărți cu pozițiile unor balize radio (sau ale unui sistem de comunicații pe distanță scurtă – de tip UWB, BT, BLE, Zigbee, WiFi [13] etc.) [6] caracterizate prin aceea că permit detecția poziției unui nod pe baza triangulației față de pozițiile cunoscute ale balizelor. Dezavantajul acestor soluții constă în aceea că necesită existența unor balize emițătoare de unde radio, a unei hărți predefinite cu pozițiile acestor balize. De asemenea, infrastructura folosită este complicată și generatoare de consum de energie.

Pentru detecția poziției unui vehicul pe rută sunt cunoscute mai multe soluții: de tip calcul estimativ (*dead reckoning*), pentru care măsurarea drumului parcurs se calculează pornind de la o poziție cunoscută aprioric, cu ajutorul informațiilor primite de la odometre sau tahogeneratoare amplasate la roțile vehiculelor. De asemenea, există metode de localizare prin satelit [7], [14] sau prin intermediul rețelelor de comunicații mobile. Aceste metode, devenite clasice, au la bază procedee de calcul al poziției pe baza măsurării intensității / întârzierii semnalelor recepționate de la sateliți de navigație sau de la stații de bază ale rețelei de comunicații mobile. Deoarece acestea sunt servicii oferite de terți, pot exista situații în care calitatea semnalelor recepționate sau funcționalitatea sistemelor înseși să fie parțial sau total afectate.

Problema tehnică rezolvată de invenție constă în achiziția și stocarea simultană de informații privind numărul de călători transportați de un mijloc de transport în comun, informații privind poziția vehiculului pe rută, informații statistice privind numărul de călători din stații și informații privind densitatea traficului privat de vehicule de pe ruta parcursă de mijlocul de transport în comun, fără utilizarea vreunui element de infrastructură, cu un consum redus de energie și cu efecte minime asupra mediului înconjurător, pentru eficientizarea utilizării resurselor în sistemele de transport public, prin determinarea gradului de încărcare, a nivelului de serviciu și a eficienței sistemului de transport.

Invenția rezolvă această problemă tehnică prin aceea că asigură culegerea anonimă de informații privind mobilitatea și poziția dispozitivelor mobile de comunicații dotate cu Bluetooth, folosită pentru administrarea sistemelor publice de transport în comun, prin utilizarea unui ansamblu de trei senzori Bluetooth (BT) instalați la bordul vehiculului, fără a necesita elemente fixe de infrastructură, pentru culegerea de informații privind: numărul estimat de călători transportați, numărul estimat de călători aflați în așteptare în stațiile de transport public, poziția vehiculului de transport pe rută și informații privind densitatea / fluența traficului privat de vehicule de pe ruta pe care circulă mijlocul de transport public.

1		2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	--	---	---

Sistemul pentru culegere anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, bazată pe Bluetooth și Inteligență Artificială, conform invenției, este caracterizat prin faptul că este compus dintr-un ansamblu de trei senzori Bluetooth (BT): S_1, S_2, S_3 , amplasați într-un vehicul de transport în comun, fiind alimentați electric de la instalația vehiculului și putând comunica prin cablu cu un echipament de calcul tip Unitate de bord (UB) aflat, de asemenea, la bordul vehiculului, senzorii fiind capabili să detecteze prin unde radio dispozitive BT împerecheate precum și telefoane mobile în regim de descoperire, sau alte dispozitive în regim de descoperire, să achiziționeze informații despre adresa MAC a dispozitivului, eticheta temporală și nivelul semnalului radio și să transmită aceste informații unității de bord UB, unde are loc prelucrarea ulterioară a acestora, constând în:

- localizare inițială a poziției nodului BT detectat, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza defazajului între perechile de senzori, prin procedee de triangulație;
- zonare (*geofencing*) și sortare a categoriilor de noduri BT recepționate, în vederea clasificării acestora, bazată pe următoarele categorii de interes:
 - o Noduri BT considerate fixe, pentru poziționare ulterioară (geo-repere);
 - o Noduri mobile: călători la bordul vehiculului, călători în stații, vehicule în trafic privat.

Metoda, conform invenției, asigură determinarea, pe baza detecției anonime, a poziției, contorizarea și analiza în timp a prezenței dispozitivelor BT conectate sau descoperibile, cu următoarele categorii de informații: numărul estimat de călători la bordul vehiculului de transport public, numărul estimat de călători ce așteaptă în stațiile de transport unde oprește vehiculul, densitatea traficului privat de vehicule pe traseul mijlocului de transport și poziția estimată pe rută a vehiculului de transport. Metoda folosește algoritmi de zonare bazați pe intensitatea semnalului BT recepționat de la dispozitivele detectate, metode de triangulație pentru determinarea poziției acestora și algoritmi de inteligență artificială și analiză statistică pentru clasificarea dispozitivelor detectate în categoriile: călători la bord, călători în stații, poziție a mijlocului de transport și densitate a traficului privat de vehicule de pe rută. Conform metodei invenției, analiza statistică a datelor obținute se realizează pentru a reprezenta fiecare grup (cluster) din Mulțimea de Elemente Redundante și fiecare sub-grup din Mulțimea Elementelor Utile (Comprimate), afișarea rezultatelor (reprezentarea grupurilor) fiind realizată prin utilizarea unei componente software constând în:

- Constituirea unui nucleu central numit Mulțimea Elementelor Redundante, prin care mulțimea acestor puncte este considerată ca aparținând în mod sigur celulei, punctele din această mulțime utilizând elemente de statistică și determinând colectiv unde este centrul celulei de localizare pe harta geometriei computerizate;
- Realizarea unei grupe de subgrupuri: Mediul înconjurător (numit Mulțimea Elementelor Utile (Comprimate)), fiecare subgrup din această mulțime materializându-se într-un grup de puncte suficient de apropiate unele de altele pentru a putea fi înlocuite cu statisticile lor;

Este realizată totodată și stocarea în memoria centrală.

Sistemul, conform invenției, este alcătuit dintr-un ansamblu de trei senzori BT/BLE montați pe vehiculul de transport public de călători, conform Figurii 1, dintre care doi senzori sunt montați în axul longitudinal, amplasați la o distanță cunoscută unul față de celălalt și unul în axul transversal, la mijlocul vehiculului, amplasat de asemenea la distanță cunoscută de unul din cei doi senzori longitudinali și

1		2		3		4		5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

perpendicular pe axul longitudinal al vehiculului, sistemul cuprinzând de asemenea și o unitate de bord (UB, Figura 1), alcătuită din următoarele componente funcționale:

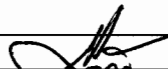

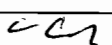
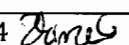
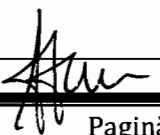
- Un bloc analiză RSS (*Received Signal Strength*) a semnalelor BT recepționate și pentru analiza persistenței acestora în timp – format dintr-un modul software, de identificare și urmărire după adresa MAC, pentru analiza pozițională a nodurilor BT detectate, care de asemenea etichetează momentele de timp ale recepției și pierderii semnalului recepționat;
- Un modul de poziționare spațială a terminalului BT recepționat (geometrie computațională pentru crearea unor perimetre spațiale), de limitare zonală a poziției nodurilor BT recepționate și sortare pe categorii a nodurilor recepționate (călători în mijlocul de transport, călători în stații, vehicule din trafic – conform Figurii 4, sau noduri fixe pe rută), care operează cu algoritmul k-means.

Avantajele invenției sunt:

- Utilizarea unui set minimal de echipamente, format din unitatea de bord (UB) și trei senzori, conform Figurii 1, fără a necesita alte echipamente de infrastructură. În caz de necesitate, unitatea de bord se poate cupla la un modem GPRS pentru transmiterea datelor în timp real către un centru de management al transportului public de călători;
- Permite achiziția și stocarea simultană de informații estimative privind numărul de călători transportați de un mijloc de transport în comun, informații privind poziția vehiculului pe rută, informații statistice privind numărul de călători din stații și informații privind densitatea traficului privat de vehicule de pe ruta parcursă de mijlocul de transport în comun, fără utilizarea vreunui element de infrastructură, cu un consum redus de energie și cu efecte minime asupra mediului înconjurător, pentru eficientizarea utilizării resurselor în sistemele de transport public, prin determinarea gradului de încărcare, a nivelului de serviciu și a eficienței sistemului de transport.
- Posibilitate monitorizarea trasabilității (mobilității) călătorilor din transportul public în cadrul celulelor (*tracking* deplasare după ID);
- Metoda nu are nevoie de rețele de comunicații de tip celular (de exemplu GSM) pentru a funcționa, deoarece algoritmi furnizează măsurători ale vitezelor și duratei de persistență a nodurilor, având avantajul suplimentar al păstrării anonimității datelor;
- Soluția propusă conform invenției are impact minim asupra mediului și nu necesită infrastructură fixă de-a lungul rutei vehiculului de transport în comun;
- Soluția propusă necesită un nivel minim de mentenanță.

Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu figurile 1- 4, care reprezintă:

- Figura 1: Sistem și amplasare la bordul vehiculului a componentelor conform invenției;
- Figura 2: Arhitectura modulară hardware/software pentru soluția tehnică;
- Figura 3: Interfața pentru utilizator de acces la sistemul conform invenției;
- Figura 4: Zonarea (*geofencing*) pe categoriile de interes a nodurilor mobile BT/BLE recepționate.

1		2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	--	---	---

Prezentarea soluției tehnice

Sistemul conform invenției, de culegere anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, este caracterizat prin aceea că este compus dintr-un ansamblu de trei senzori Bluetooth (BT): S_1, S_2, S_3 , amplasați într-un vehicul de transport în comun, la bordul acestuia, la anumite distanțe cunoscute unul față de celălalt, considerați în perechi (Figura 1.). Cei trei senzori BT sunt alimentați electric de la instalația vehiculului și pot comunica cu un echipament de calcul numit Unitate de bord (UB) aflat, de asemenea, la bordul vehiculului. Sensorii S_1, S_2, S_3 , conform invenției, detectează dispozitive BT împerecheate (căști BT, smart-watch-uri, brățări fitness, notebook-uri, tablete etc.), precum și telefoane mobile în regim de descoperire, sau alte dispozitive în regim de descoperire (smart TV, calculatoare desktop sau notebook etc.).

Informațiile captate se referă la: adresa MAC a dispozitivului, eticheta temporală, nivelul semnalului radio. Fiecare senzor transmite aceste informații unității de bord UB, unde are loc prelucrarea ulterioară a acestora, constând în:

- Localizare inițială a poziției nodului BT detectat, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza defazajului între perechile de senzori, în regim de triangulație;
- Amplasare zonală (*geofencing*) și sortare a categoriilor de noduri BT recepționate, în vederea clasificării acestora, bazată pe următoarele categorii de interes:
 - o Noduri BT considerate fixe, utilizate pentru furnizarea de informații ulterioare legate de poziția vehiculului de transport în comun pe rută (noduri BT numite geo-repere);
 - o Noduri mobile: pentru estimarea numărului de călători la bordul vehiculului, a numărului de călători aflați în stațiile în care oprește mijlocul de transport, a densității vehiculelor în trafic privat, pe ruta parcursă de mijlocul de transport în comun (Figura 4).

Sistemul, conform invenției, se compune din următoarele module funcționale (Figura 2):

- Trei senzori BT sau BLE (Bluetooth Low Energy) – dispozitive montate pe vehiculul de transport public de călători, conform așezării din figura 1 (doi senzori în ax longitudinal, amplasați lateral pe partea stângă la o distanță cunoscută unul față de celălalt și un senzor în ax transversal, la mijlocul vehiculului, amplasați de asemenea la distanță cunoscută față de senzorul din spate de pe partea laterală și simetric față de axul longitudinal al vehiculului);
- Un modul central numit Unitate de Bord (UB), format din echipamente electronice de calcul, cu următoarele submodule funcționale:
 - o Blocul de analiză nivel semnal și de timp – modul software pentru analiza pozițională a nodurilor BT detectate, bazată pe intensitatea semnalului radio recepționat de la acestea (RSS – Received Signal Strength). De asemenea, acest modul etichetează momentele de timp ale recepției și pierderii semnalului recepționat, în vederea filtrării ulterioare a acestor informații pentru sortarea categoriilor de noduri recepționate; identitatea nodurilor este bazată pe unicitatea adresei MAC (Media Access Control) a dispozitivelor BT/BLE descoperite;
 - o Un modul de poziționare și limitare zonală a poziției nodurilor BT recepționate, precum și de sortare pe categorii a acestora (sunt avute în vedere patru categorii: călători în mijlocul de transport, călători în stații, vehicule din trafic sau noduri fixe pe rută). Acest

1		2		3		4		5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

modul operează cu algoritmul *k-means* iar informațiile sunt analizate, prelucrate și stocate în stive separate cu ajutorul modulului Analiză 2 statistică. Pentru achiziția datelor achiziționate de la rețeaua de senzori BT conform invenției, o aplicație software dedicată captează informațiile de RSSI și adresa MAC, unice (specifice) fiecărui utilizator. Informațiile sunt stocate și pot fi afișate la cerere. Analiza informațiilor se poate realiza în timp-real, dar și offline. Accesul la aplicație se face cu interfața de utilizator prezentată în Figura 3. Această componentă funcțională, conform invenției, are rolul de a crea perimetru virtual dintr-o anumită arie geografică. Perimetrul poate fi delimitat de o rază în jurul unei locații sau a unui set predefinit de coordonate. Rezultatul aplicării procesului de geofencing determină o restricționare zonală și o asociere a nodurilor BT recepționate cu o anumită zonă specifică de interes, definită de utilizator. Localizarea în interiorul unei rețele BLE se realizează prin procedee de triangulație. Pentru procesarea acestor informații, conform invenției se utilizează combinarea triangulării Delaunay cu diagrama Voronoi. Pentru impunerea unor restricții se aplică în cadrul invenției un caz particular denumit triangularea Delaunay constrânsă. Folosind acest nou algoritm se poate realiza și reprezentarea suprafețelor de localizare 2D. În acest mod, algoritmul de triangulare Delaunay constrâns permite localizări cu o marjă de eroare de 0,3 m. Senzorii S_1, S_2, S_3 , din figura 1, conform invenției, sunt independenți de un eventual operator de telefonie mobilă. Soluția propusă nu necesită de rețele de comunicații de tip celular (de exemplu, GSM) pentru a funcționa. Algoritmii folosiți furnizează măsurători ale vitezelor și duratei de persistență a nodurilor BT detectate, având avantajul suplimentar al păstrării anonimității datelor;

- Componenta software pentru aplicarea algoritmului *k-means* (*manifold learning*). Pentru prelucrarea datelor obținute din etapa anterioară și a hărților virtuale, a fost dezvoltată o aplicație software de prelucrare și analiză bazată pe algoritmi de grupare a nodurilor BT recepționate (de tip *clustering*). Componenta software de prelucrare și analiză utilizează două metode: analiza de tip centroid și analiza ierarhică. Pentru acest scop se utilizează algoritmul *k-means*. Acest algoritm se bazează pe calcularea distanței euclidiene, având clustere formate în jurul centroidului printr-un proces gaussian în fiecare dimensiune. Algoritmul implementat citește datele o singură dată în segmente (vectori) egale cu memoria centrală disponibilă la fiecare iterație. Algoritmul lucrează cel mai bine dacă clusterelor sunt normal distribuite în jurul unui punct central, utilizând o deviație standard diferită pentru fiecare dimensiune;
- Componenta software pentru analiză statistică. Statisticile utilizate pentru a reprezenta fiecare cluster din Mulțimea de Elemente Redundante și fiecare subcluster din Mulțimea Elementelor Utile (Comprimare) sunt, conform invenției:
 - Contorul numărului de puncte asociate fiecărei localizări;
 - Vectorul sumelor coordonatelor punctelor în fiecare dimensiune;
 - Vectorul sumelor pătratelor coordonatelor punctelor în fiecare dimensiune.

Conform soluției, aceste 3 informații, determinând pentru k dimensiuni $2k+1$ numere, sunt suficiente pentru a calcula statistici importante pentru un cluster sau subcluster și



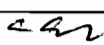
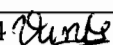
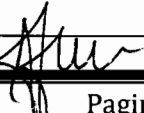
1		2		3		4		5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

sunt necesare în calcule pe măsură ce punctele sunt adăugate la clustere, la care se adaugă media și variația în fiecare dimensiune.

- o Componenta software pentru afișarea rezultatelor (reprezentarea clusterelor). Reprezentarea unui cluster constă din:
 - Constituirea unui nucleu central numit Mulțimea Elementelor Redundante. Mulțimea acestor puncte este considerată ca aparținând în mod sigur celulei. Punctele din această mulțime vor utiliza elemente de statistică enunțate mai sus. Aceste puncte sunt elementele semnificative în execuția algoritmului deoarece determină colectiv unde este centrul celulei de localizare pe harta geometriei computerizate.
 - Mediul înconjurător (grupe subcluster) numit Mulțimea Elementelor Utile (Comprimate). Fiecare subcluster din această mulțime se materializează într-un grup de puncte suficient de apropiate unele de altele astfel încât pot fi înlocuite cu statisticile lor. Totuși, aceste puncte sunt suficient de departe de orice celulă de tip cluster, determinând o stare de incertitudine privind apartenența la un anumită celulă de localizare.
 - Punctele individuale care nu sunt parte a mulțimilor elementelor redundante și comprimate, numită Mulțimea Reținută. Aceste puncte nu sunt asigurate vreunui celule și nici nu sunt grupate în subcluster. Ele sunt stocate în memoria centrală ca puncte individuale împreună cu statisticile determinate pentru Mulțimea Elementelor Redundante și Mulțimea Elementelor Utile.

Contribuțiile cu caracter de noutate ale invenției sunt:

- Realizarea unei soluții integrate de culegere anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, bazată pe recepționarea dispozitivelor Bluetooth descoperibile și analiză realizată cu algoritmi de Inteligență Artificială;
- Realizarea operației de zonare, prin combinarea triangulării Delaunay cu diagrama Voronoi;
- Utilizarea unui nou algoritm de triangulare Delaunay constrâns; acesta permite localizări cu o marjă de eroare de 0,3 m;
- Utilizarea algoritmului k-means pentru gruparea nodurilor și determinarea vectorilor de localizare pe baza metodei de grupare; Asocierea unui ID unui pentru fiecare adresa MAC;
- Combinarea vectorilor de grupare cu elementele de analiză statistică;
- Reprezentarea datelor pe hărți de localizare 2D;
- Posibilitatea monitorizării trasabilității (mobilității) nodurilor detectate, cu beneficii în sistemele de informații din transportul public (urmărirea deplasării nodurilor);
- Soluția propusă conform invenției nu necesită suportul rețelelor de comunicații mobile celulare pentru îndeplinirea funcțiilor;
- Soluția propusă conform invenției are impact minim asupra mediului și nu necesită infrastructură fixă de-a lungul rutei vehiculului de transport în comun.
- Soluția propusă are un consum foarte redus de energie electrică;
- Soluția propusă necesită mentenanță minimă pe toată durata de viață.

1		2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	--	---	---

Bibliografie

- [1] S. Shibuya, T. Ono, H. Oiwa, Y. Ishibashi, S. Morita. Passenger counter. US Patent no. 9569902 B2, Feb, 14, 2017;
- [2] W. R. Taylor, X.L. Francis, R.V. Clark. Acoustic Bus Passenger Counter. US Patent no. 3997866, Dec. 14, 1976;
- [3] S. Mukherjee, B. N. Saha, I. Jamal, Ri. Leclerc, N. Ray. A Novel Framework for Automatic Passenger Counting. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10 (4), January 2019;
- [4] A.S.A. Nasir ; N.K.A. Gharib ; H. Jaafar. Automatic Passenger Counting System Using Image Processing Based on Skin Colour Detection Approach. International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA), 2018;
- [5] J. Zhao, A. Rahbee, N. H. M. Wilson. Estimating a Rail Passenger Trip Origin-Destination Matrix Using Automatic Data Collection Systems. Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering. Wiley Online Library, May 11, 2007;
- [6] C. Oberli ; M. Torres-Torriti ; D. Landau. Performance Evaluation of UHF RFID Technologies for Real-Time Passenger Recognition in Intelligent Public Transportation Systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 11, Issue 3, pp. 748-753, Sept. 2010;
- [7] Z. Liyong, T. Jitao, Z. Feizhou. Monitoring and Dispatching of Public Traffic Vehicles with GPS. Computer Engineering, 2004-01, 2004;
- [8] C. Yan-Yan, C. Ning, Z. Yu-Yang, L. Jian-hui; Z. Wei-wei. A Method of Automatic Pedestrian Counting in Metro Station Based on Machine Vision. Journal of Highway and Transportation Research and Development. 2013-10, 2013;
- [9] D. Xiao , C. Xuewu. The Method of Intelligent Card Data Analysis for One Public Transportation Route; Urban Transport of China; 2005-04, 2005;
- [10] T. Yang, Y. Zhang; D. Shao; Y. Li. Clustering method for counting passengers getting in a bus with single camera. Optical Engineering, 49(3), 037203 (2010). <https://doi.org/10.1117/1.3374439>, 2010;
- [11] P. De Potter, C. Billiet, C. Poppe, B. Stubbe, S. Verstockt, P. Lambert and R. Van de Walle. Available seat counting in public rail transport. Progress in Electromagnetics Research Symposium, ISSN 1559-9450, pp. 1294 – 1298, The Electromagnetics Academy, Cambridge, MA, USA, 2011;
- [12] N. B. Agnelo, F. J. Ferreira. Tracking Users Mobility at Public Transportation. Communications in Computer and Information Science book series (CCIS, volume 616). International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems PAAMS 2016: Highlights of Practical Applications of Scalable Multi-Agent Systems. The PAAMS Collection pp 224-235, May 2016;
- [13] B. Bonné, A. Barzan, P. Quax, W. Lamotte. WiFiPi: involuntary tracking of visitors at mass events. In: IEEE 14th International Symposium and Workshops on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), pp. 1–6 (2013);
- [14] S. Van der Spek, J. Van Schaick, P. De Bois, R. De Haan. Sensing human activity: GPS tracking. Sensors 9(4), 3033–3055 (2009).

Revendicări

1. Sistem pentru culegere anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, bazată pe Bluetooth și Inteligență Artificială, conform invenției, de culegere anonimă a unor informații de poziție și mobilitate în transportul public de călători printr-un sistem de senzori, **caracterizat prin aceea că**, este compus dintr-un ansamblu de trei senzori Bluetooth / Bluetooth Low Energy (BT/BLE): S_1, S_2, S_3 , amplasați într-un vehicul de transport în comun, alimentați electric de la instalația vehiculului și putând comunica cu un echipament de calcul tip Unitate de Bord (UB) aflat, de asemenea, la bordul vehiculului, senzorii S_1, S_2, S_3 , fiind capabili să detecteze prin unde radio dispozitive BT împerecheate precum și telefoane mobile în regim de descoperire, sau alte dispozitive în regim de descoperire, să achiziționeze informații despre adresa MAC a dispozitivelor, să aplice etichete temporale, să determine nivelul semnalelor radio și să transmită aceste informații unității de bord UB, unde are loc prelucrarea ulterioară a acestora, constând în:

- localizare inițială a poziției nodului BT detectat, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza defazajului între perechile de senzori;
- zonare (*geofencing*) și sortare a categoriilor de noduri BT recepționate, în vederea clasificării acestora, bazată pe următoarele categorii de interes:
 - o Noduri BT considerate fixe, pentru poziționare ulterioară (geo-repere);
 - o Noduri mobile: călători la bordul vehiculului, călători în stații, vehicule în trafic privat.

Senzorii BT sunt montați pe vehiculul de transport public de călători, doi senzori în ax longitudinal, amplasați la o distanță cunoscută D_1 unul față de celălalt și al treilea senzor în ax transversal, la mijlocul vehiculului, amplasați de asemenea la distanță cunoscută D_2 unul față de celălalt (Figura 1), sistemul cuprinzând de asemenea și următoarele părți componente:

- Un bloc analiză RSS (*Received Signal Strength*) ce determină intensitatea semnalului recepționat și analiză de timp (momentul detecției și momentul dispariției) – sub forma unui modul software, ce identifică terminalele detectate după adresa MAC, pentru analiza pozițională a nodurilor BT detectate, bazată pe intensitatea semnalului radio recepționat de la acestea, care de asemenea etichetează momentele de timp ale recepției și pierderii semnalului recepționat, în vederea filtrării ulterioare a acestor informații pentru sortarea categoriilor de noduri recepționate, pentru achiziția datelor achiziționate de la rețeaua de senzori BT acest bloc utilizând o aplicație software dedicată captând informațiile de RSSI și adresa MAC, unice (specifice) fiecărui utilizator, informațiile fiind stocate și afișate la cerere, accesul la aplicație făcându-se cu o interfață de utilizator;
- Un modul de poziționare și asociere la o zonă specifică (*geofencing* - geometrie computațională pentru crearea de perimetre spațiale), de limitare zonală a poziției nodurilor BT recepționate și sortare pe categorii a nodurilor recepționate (călători în mijlocul de transport, călători în stații, vehicule din trafic sau noduri fixe pe rută), care operează cu algoritmul k-means, informațiile fiind analizate, prelucrate și stocate în stive separate cu ajutorul unui modul Analiză 2 statistică, cu rolul de a crea un perimetru virtual dintr-o anumită arie geografică, rezultatul aplicării procesului de asociere la o zonă predeterminată (*geofencing*) determinând o restricționare

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

zonală și o asociere a nodurilor BT recepționate cu o anumită zonă specifică de interes, definită de utilizator.

2. Metodă pentru culegerea anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate în transportul public de călători, bazată pe Bluetooth și Inteligență Artificială, conform invenției, de culegere anonimă a unor informații de poziție și mobilitate în transportul public de călători printr-un sistem de senzori, caracterizată prin aceea că, este realizată prin următoarele etape:

a) Utilizarea a trei senzori Bluetooth / Bluetooth Low Energy (BT/BLE): S_1, S_2, S_3 , amplasați într-un vehicul de transport în comun (la bordul acestuia) cu care este realizată detecția prin unde radio a dispozitivelor BT/BLE împerecheate precum și a telefoanelor mobile în regim de descoperire, sau a altor dispozitive în regim de descoperire, achiziționarea de informații despre adresa MAC a dispozitivelor detectate, etichetarea temporală, analiza nivelului semnalului radio și transmiterea acestor informații unei unități de bord UB, unde are loc prelucrarea ulterioară a acestora, constând în:

- localizarea inițială a poziției nodului BT/BLE detectat, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza defazajului între perechile de senzori, prin metode de triangulație;
- alocare la o zonă predefinită (*geofencing*) și sortare a categoriilor de noduri BT recepționate, în vederea clasificării acestora, bazată pe următoarele categorii de interes:
 - o Noduri BT considerate fixe, pentru poziționare ulterioară (geo-repere);
 - o Noduri mobile: călători la bordul vehiculului, călători în stații, vehicule în trafic privat.

b) Transmiterea și analiza datelor achiziționate de la rețeaua de senzori BT la un bloc de analiză RSS (*Received Signal Strength*) și de timp – realizat sub forma unui modul software, unde are loc identificarea după adresa MAC, pentru analiza pozițională a nodurilor BT detectate, bazată pe intensitatea semnalului radio recepționat de la acestea, care de asemenea etichetează momentele de timp ale recepției și pierderii semnalului recepționat, în vederea filtrării ulterioare a acestor informații pentru sortarea categoriilor de noduri recepționate, prin utilizarea unei aplicații software dedicată prin care captează informațiile de RSSI și adresa MAC, unice (specifice) fiecărui utilizator, informațiile fiind stocate și afișate la cerere, accesul la aplicație făcându-se cu o interfață de utilizator;

c) Crearea unui perimetru virtual dintr-o anumită arie geografică, cu un modul de alocare spațială *geofencing* (geometrie computațională pentru crearea de perimetre spațiale), de limitare zonală a poziției nodurilor BT recepționate și sortare pe categorii a nodurilor recepționate (călători în mijlocul de transport, călători în stații, vehicule din trafic sau noduri fixe pe rută), care operează cu algoritmul *k-means*, informațiile fiind analizate, prelucrate și stocate în stive separate cu ajutorul unui modul Analiză 2 statistică, rezultatul aplicării procesului de *geofencing* determinând o restricționare zonală și o asociere a nodurilor BT recepționate cu o anumită zonă specifică de interes, definită de utilizator, localizarea în interiorul unei rețele BLE fiind realizată prin procedee de triangulație, prin combinarea triangulării Delaunay cu diagrama Voronoi, iar pentru impunerea unor restricții fiind aplicat un caz particular denumit triangularea Delaunay constrânsă, prin algoritmul căreia se poate realiza și reprezentarea suprafețelor de localizare 2D. În acest mod, algoritmul de triangulare Delaunay constrâns permite localizări cu o marjă de eroare de 0,3 m, componenta software pentru aplicarea Algoritmului *k-means* (*manifold learning*), fiind utilizată pentru prelucrarea datelor obținute și realizarea hărților

1		2		3		4		5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

virtuale și bazându-se pe calcularea distanței euclidiene, având clusterare formate în jurul centroidului printr-un proces gaussian în fiecare dimensiune și fiind bazată pe algoritmi de grupare a nodurilor BT recepționate (de tip *clustering*), iar componenta software de prelucrare și analiză utilizând două metode: analiza de tip centroid și analiza ierarhică;

- d) analiza statistică a datelor obținute, pentru a reprezenta fiecare cluster din Mulțimea de Elemente Redundante și fiecare sub-cluster din Mulțimea Elementelor Utile (Comprimate), realizată prin:
- Contorul numărului de puncte asociate fiecărei localizări;
 - Vectorul sumelor coordonatelor punctelor în fiecare dimensiune;
 - Vectorul sumelor pătratelor coordonatelor punctelor în fiecare dimensiune.
- aceste informații, determinând pentru k dimensiuni $2k+1$ numere,
- e) afișarea rezultatelor (reprezentarea clusterelor) prin utilizarea unei componente software constând în:
- Constituirea unui nucleu central numit Mulțimea Elementelor Redundante, prin care mulțimea acestor puncte este considerată ca aparținând în mod sigur celulei, punctele din această mulțime utilizând elemente de statistică și determinând colectiv unde este centrul celulei de localizare pe harta geometriei computerizate;
 - Realizarea unei grupe de sub-clusterare : Mediul înconjurător (numit Mulțimea Elementelor Utile (Comprimate), fiecare sub-cluster din această mulțime materializându-se într-un grup de puncte suficient de apropiate unele de altele pentru a putea fi înlocuite cu statisticile lor;
 - Stocarea în memoria centrală, împreună cu statisticile determinate pentru Mulțimea Elementelor Redundante și Mulțimea Elementelor Utile, a punctelor individuale care nu sunt parte a mulțimilor elementelor redundante și comprimate, numită Mulțimea Reținută, aceste puncte nefiind asignate vreunei celule și nefiind grupate în sub-clusterare.

1		2		3		4		5	
---	---	---	---	---	---	---	--	---	---

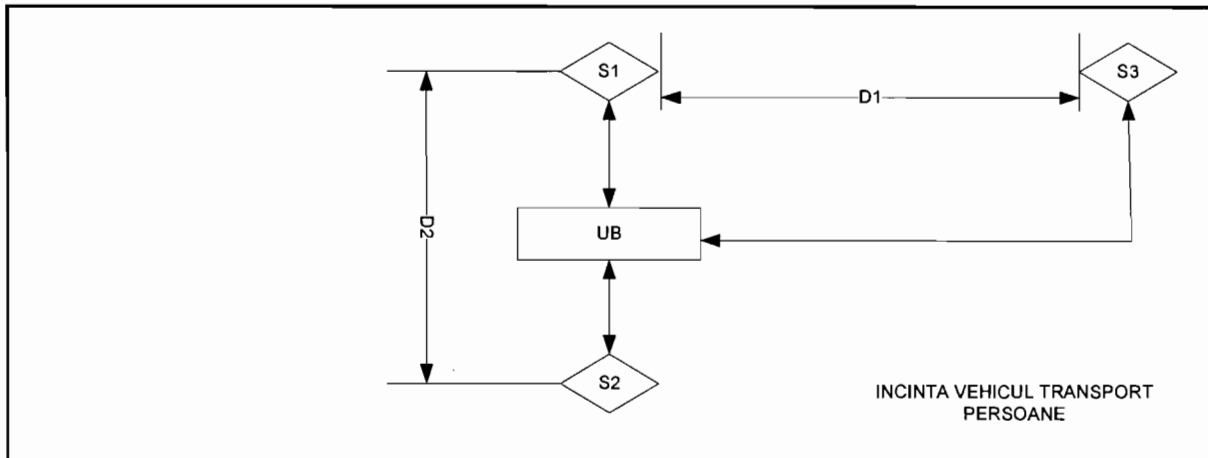


Fig. 1 Sistem și amplasare la bordul vehiculului a componentelor conform invenției

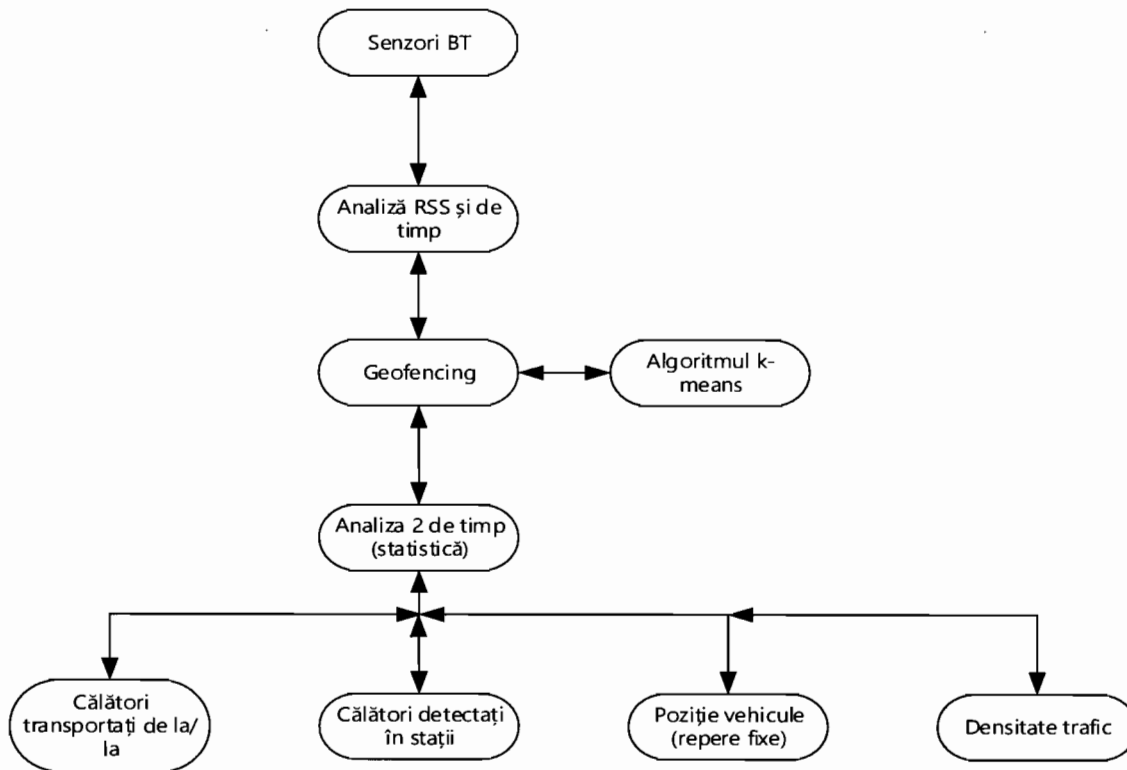


Fig. 2 Arhitectura modulară hardware/software pentru soluția tehnică

1		2		3		4		5	
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

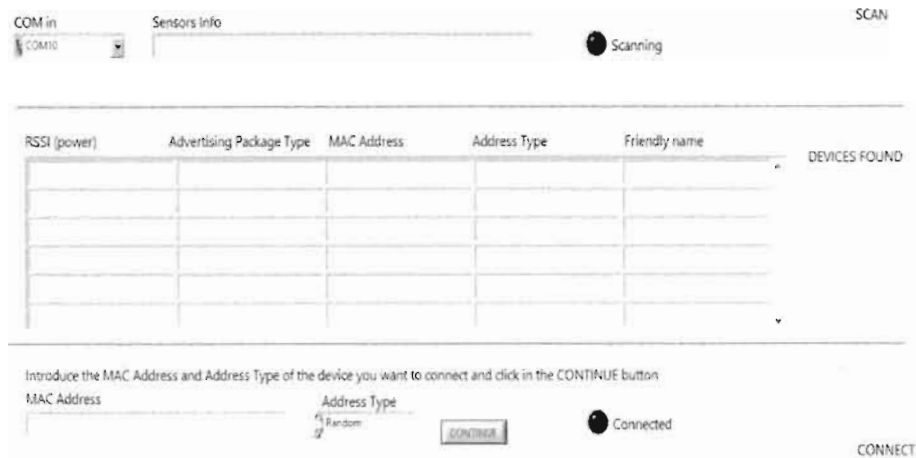


Fig. 3 Interfața utilizator

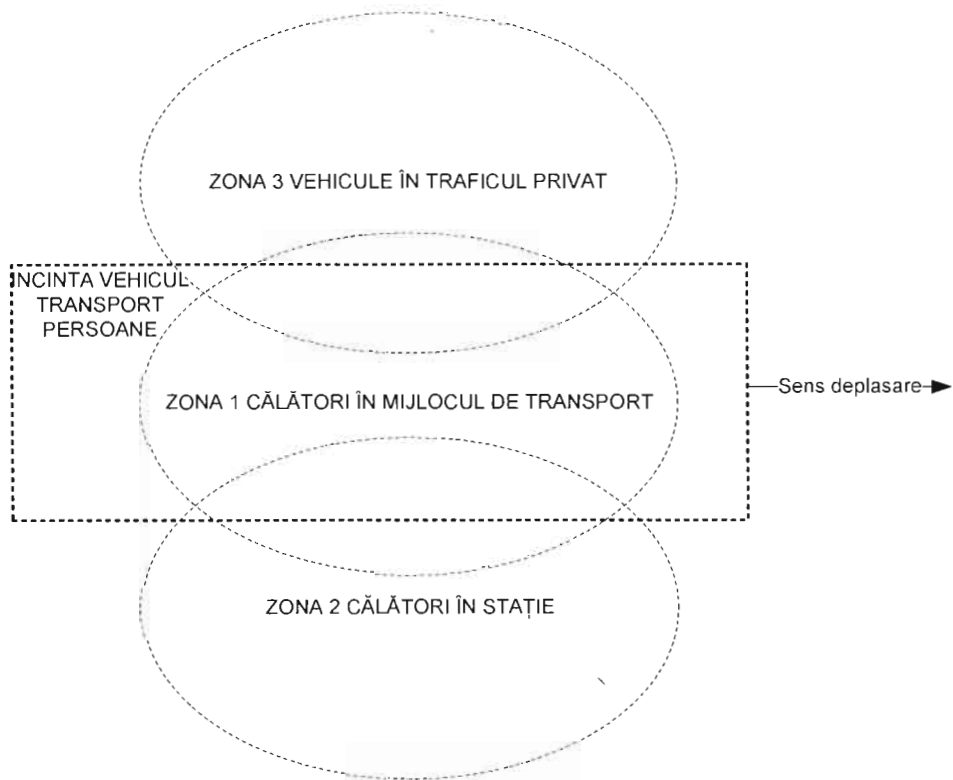


Fig. 4 Zonarea (geofencing) pentru dispozitivele mobile BT/BLE detectate