

PLATFORMĂ INTEGRATĂ PENTRU MANAGEMENTUL EFICIENT AL CĂLĂTORIEI ÎN ORAȘE EUROPENE – SOLUȚIE PENTRU CREȘTEREA MOBILITĂȚII URBANE

Marius MINEA¹, Corneliu Mihail ALEXANDRESCU²

¹Universitatea „Politehnica” din București

² Membru corespondent al Academiei de Științe Tehnice din România

Rezumat. Lucrarea prezintă rezultate ale unui proiect de cercetare la nivel european din domeniul sistemelor de informare mobile, pentru implementarea și dezvoltarea unui sistem de informare și management eficient al călătoriei în mediul urban. Acesta utilizează informarea în timp-real, înaintea și în timpul călătoriei, date privind traficul rutier și transportul public urban, precum și poziția curentă a utilizatorului, pentru a determina un număr de rute către o destinație selectată, utilizând mijloace de călătorie multimodală. Bazată pe sub-sisteme multisenzoriale, pe o interfață comună între mai multe sisteme de management al traficului și transportului public, platforma permite totodată și estimarea consumului de combustibil, precum și a nivelului de emisii de dioxid de carbon, ajutând astfel la luarea de decizii inteligente privind atât ruta urmată, cât și mijlocul de transport utilizat. Proiectul internațional cu acronimul *In-Time (Intelligent and Efficient Travel Management for European Cities)* [1], cu durata de trei ani, la care a participat și România, s-a axat pe informarea în timp real privind transportul multimodal de călători, cu scopul de a reduce drastic consumul de combustibil, stresul și durata călătoriei. Sistemul a fost introdus și testat cu succes și în București (alături de alte orașe europene, precum: Viena, Munchen, Oslo, Florența și Brno) și este accesibil pe platforme mobile (Apple iOS, Windows Mobile, Android și Symbian), precum și pe o pagină web dedicată [6].

Cuvinte cheie: informații de călătorie în timp real, baze de date, mobilitate, sisteme de informare mobile.

Abstract. The present paper presents some results obtained in a European research project in the field of mobile information systems, with the goal to implement and develop an efficient management and information system for traveling in urban areas. Real-time information, before and during travel, delivering of data regarding road traffic and public transportation, along with the current position of the user, in order to determine a number of routes to a selected destination, using multimodal transportation, are only a few of the system's features. Based on multiple sensing sub-systems, on a commonly agreed interface between different kind of traffic and travel information and management systems, the platform also allows for fuel consumption and emissions (carbon dioxide) estimation, helping in the process of decision making regarding the route and the adequate transportation mean chosen. The 3-year *In-Time (Intelligent and Efficient Travel Management for European Cities)* [1] international project, having Romania as partner, is focused on multimodal real-time traffic and travel information processing, with the goal to drastically reduce the fuel consumption, stress and traveltime. The system was successfully introduced and tested in Bucharest and other European cities (Vienna, Munich, Oslo, Florence and Brno), being accessible on mobile platforms (Apple iOS, Windows Mobile, Android and Symbian), as well as on a dedicated webpage [6].

Keywords: real-time travel information, databases, mobility, mobile information systems.

1. INTRODUCERE

Traficul rutier în marile aglomerări urbane a reprezentat întotdeauna o sursă majoră de emisii poluante și stres. Diferitele sisteme utilizate pentru îmbunătățirea calității traficului rutier, sisteme ce

utilizează transmiterea de informații către participanții la trafic, detecția vehiculelor și controlul centralizat al semnalizării rutiere, numite uneori și „sisteme pentru transport inteligent” sau „sisteme inteligente pentru transporturi” nu sunt eficiente decât în proporții de 5% - 17% în ceea ce privește scurtarea duratei călătoriei de la origine la destinație, sau în ceea ce privește viteza de tranzit a zonei controlate, dacă nu sunt introduse simultan cu modificări ale geometriei infrastructurii stradale [2]. Aceste modificări ar trebui să cuprindă lărgirea arterelor rutiere, crearea de noi spații de parcare, de senzori unici etc. Din nefericire, în zonele urbane vechi, cu clădiri și construcții numeroase, acest lucru este extrem de dificil de realizat, dacă nu chiar imposibil. Uneori nu se poate efectua mărirea capacității arterelor rutiere decât prin construirea unor noi, subterane sau supraterane, cu toate deficiențele acestor măsuri: costuri foarte mari, aspect ce poate contrasta cu urbanismul dorit, poluare sonoră pentru cei din apropierea suprastructurilor etc. Prin urmare, în toate zonele în care capacitatea rutieră a infrastructurii de străzi este aproape la limita de saturație, măsurile impuse pot fi și mai drastice: interzicerea circulației în ambele sensuri sau a anumitor categorii de vehicule, taxarea congestiei, limitarea duratei de parcare etc. Recente cercetări la nivel european, realizate în cadrul unui contract multinațional, la care a participat și România, au demonstrat că există, totuși, unele tehnologii și măsuri ce ar putea contribui mai eficient la scăderea presiunii de trafic, stresului și nu în ultimul rând, a poluării în zonele urbane foarte aglomerate. Soluția respectivă se bazează pe utilizarea de informații actualizate privind fluența traficului pentru a induce conducătorilor de vehicule schimbări comportamentale sau comutarea mijlocului de transport, producând astfel o scădere a numărului de persoane ce se deplasează în zonele aglomerate cu ajutorul autoturismelor personale. Acești călători vor fi tentați să utilizeze mijloace alternative de deplasare, precum transportul în comun sau bicicleta, producând astfel, la nivel de masă, ceea ce poartă denumirea de *comutare modală* a transportului. În acest mod, simpla informare apriori a participanților la trafic, cu oferirea de rute și mijloace de deplasare alternative, poate contribui efectiv la reducerea congestiilor și poluării în zonele aglomerate.

2. SOLUȚIA TEHNICĂ

Ideea de a contribui la reducerea congestiilor rutiere prin informarea conducătorilor de vehicule nu este totuși simplu de pus în practică. Informațiile transmise către aceștia trebuie să fie dinamice, demne de încredere, utile, să se refere la ruta planificată de conducătorul auto, să realizeze o comparație cu rute alternative și moduri de transport alternative. De aceea, sistemul sau platforma tehnică ce stă la baza acestui concept trebuie să aibă o structură care să includă captarea de informații privind traficul rutier, lungimea traseelor, precum și viteza estimată de deplasare pe acestea. În completare, cercetările realizate în cadrul proiectului menționat mai sus au dorit să țină cont și de nivelul de emisii (în cazul utilizării unor vehicule cu motoare având combustie internă). Sistemul realizat în cadrul proiectului european *In-Time¹ (Intelligent and Efficient Travel Management for European Cities)* a demonstrat validitatea conceptului de *comutare modală* în transportul urban prin construirea unei platforme capabile să preia informații de trafic, transport și călătorie din surse multiple și să furnizeze utilizatorilor, în timp real, date și soluții alternative pentru călătoria între punctul curent și destinația aleasă, ținând cont de condițiile reale de trafic, congestiile și întârzierile provocate de acestea. Sistemul dezvoltat, de tip MRTTI², calculează mai multe rute până la destinație, pentru mai multe mijloace de transport și oferă aceste alternative conducătorilor de vehicule, pietonilor sau bicicliștilor. Prin urmare, numărul de vehicule dintr-o zonă congestionată poate fi redus prin simpla difuzare a informațiilor dinamice de trafic către călători și conducătorii de vehicule. „Comutarea modală” a devenit în prezent un concept modern în

¹ Managementul inteligent și eficient al călătoriei în orașe europene.

² MRTTI – Multimodal Real-time Traffic and Travel Information – informații multimodale privind traficul și călătoria, transmise în timp real.

lupta împotriva congestiilor de trafic, utilizat pentru reducerea duratei de călătorie dintre origine și destinație în zonele urbane.

Soluția tehnică ce este capabilă să culeagă informații în formate diferite de la surse și sisteme diferite, să calculeze rute origine-destinație pentru mijloace de transport alternative, precum și o estimare a noxelor produse de transportul cu mijlocul respectiv, a fost dezvoltată în cadrul unui proiect european inițiat între Austria, Germania, Italia, Norvegia, România și Slovacia și în prezent se urmărește a deveni un standard la nivelul întregii Uniuni Europene. Cea mai importantă abilitate a sistemului este aceea de a fi capabil să utilizeze informații captate în cele mai diferite formate de la sisteme de management al traficului, transportului public, de informare privind parcarile, informare meteo, sisteme de management al tunelelor etc., transformându-le, cu ajutorul așa-numitei Interfețe Agreată în Comun (CAI)³, în formatul unic cu care operează sistemul. Platforma MRTTI este dezvoltată pe servere multiple, situate în diferite orașe, oferind servicii diferențiate funcție de cerințele locale ale autorităților și utilizatorilor locali. Serviciile *In-Time* pot fi accesate atât de pe calculatoare fixe cu acces la Internet (informare înaintea călătoriei), cât și de pe dispozitive mobile la bordul vehiculelor (informare dinamică în timpul călătoriei), fiind accesibile pe o largă varietate de dispozitive existente la ora actuală. Fiind conceput ca un sistem deschis, *In-Time* permite dezvoltarea ulterioară și adaptarea platformelor ce lucrează cu sisteme de operare precum Android, Windows, Apple și Symbian.

Tabelul 2

Exemplu de servicii oferite de platforma *In-Time*

Nr. serviciu	Nume serviciu	Tip serviciu
1	Informații statice privind traficul	Aplicație centrală de natură statică
2	Informații dinamice privind traficul	Aplicație centrală de natură dinamică
4	Informații statice privind transportul public	Aplicație centrală de natură statică
6	Informații dinamice pentru ghidare dinamică pe rută	Aplicație centrală de natură dinamică
7	Informații dinamice pentru transportul public	Aplicație centrală de natură dinamică
8	Informații dinamice pentru ghidare pe rută, utilizând transportul public	Aplicație centrală de natură dinamică
14	Informații dinamice privind evenimentele din trafic	Aplicație suplimentară de natură dinamică
17	Informații apriorice privind planificarea comparativă a călătoriei utilizând mijloace diferite de deplasare (călătorie multimodală)	Principala aplicație dinamică centrală

În tabelul 1 sunt prezentate câteva dintre serviciile platformei de informare *In-Time*; se remarcă serviciul 17, care este cel ce consumă cele mai multe resurse: culegere de informații statice și dinamice, conversie în format comun, determinarea poziției utilizatorului, calculul datelor funcție de poziția utilizatorului, difuzarea informațiilor către utilizator (în format tabelar și grafic, pentru rutare dinamică). În cele ce urmează este prezentată structura platformei de informare multimodală *In-Time* (figura 1).

³ CAI – Commonly Agreed Interface – interfață ce permite conversia diferitelor formate de date utilizate de sisteme de automatizare pentru transporturi și trafic, pentru informarea călătorilor și participanților la trafic

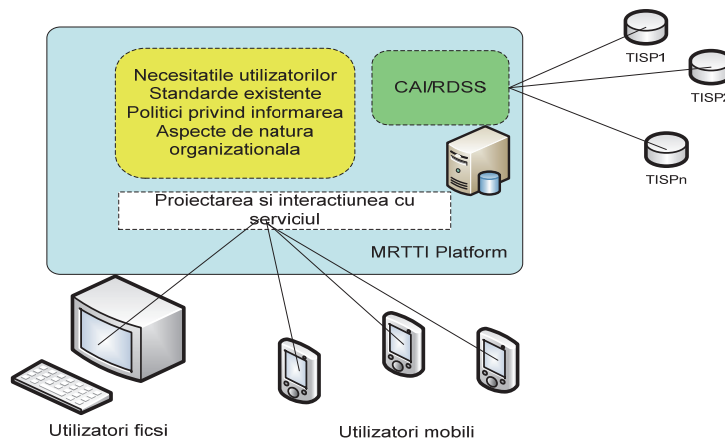


Fig. 5 – Structura de principiu a platformei *In-Time*.

În figura 1, elementul central arhitectural este CAI/RDSS⁴, un set de servere regionale distribuite în orașe-pilot, servere ce asigură funcționarea în comun a serviciilor *In-Time*. Printre operațiile asigurate de aceste servere se numără:

- servicii ce necesită doar prezentarea poziției geografice a unei entități (stație de autobuz, parcare etc.) împreună cu informațiile de natură statică sau dinamică asociate acestora (nume stație/parcare, linii de autobuz ce trec prin stație, număr total de locuri de parcare, prețuri, durata până la sosirea primului autobuz în stație, număr de locuri libere în parcare etc.);
- servicii complexe ce necesită rutarea utilizând gis⁵ și ghidare pe rută (determinarea poziției curente a utilizatorului, determinarea distanțelor și rutelor până la destinațiile remarcabile, calculul rutelor curente și alternative (multimodale) până la destinație, schimbarea dinamică a rutei în cazul modificării condițiilor de deplasare etc.).

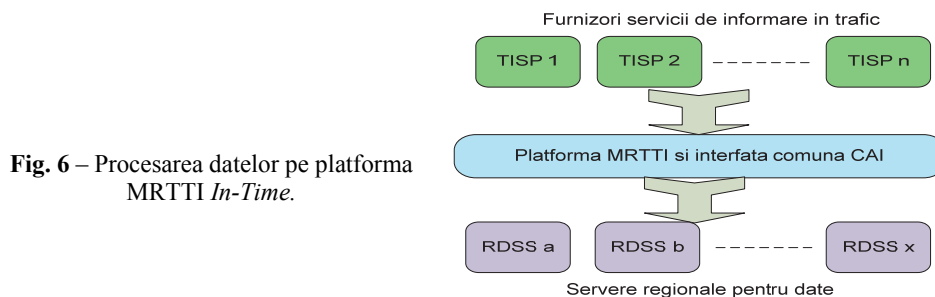


Fig. 6 – Procesarea datelor pe platforma MRTTI *In-Time*.

În figura 2 se observă modul stratificat de acțiune al platformei de informare: informațiile privind traficul, transportul public de călători și altele asociate sunt culese de la operatori locali sau sisteme automate și apoi adaptate prin intermediul CAI la formatul comun. Serverele regionale RDSS asigură mai departe procesarea acestor informații în vederea populării serviciilor cu datele necesare utilizatorilor, transmisia datelor către aceștia făcându-se prin intermediul unor portaluri GPRS⁶ dedicate. Astfel, utilizatorii mobili primesc informații privind starea drumurilor, a traficului, a transportului public,

⁴ RDSS – Regional Data Service Server – calculator server pentru asigurarea conversiei și calculului de date privind serviciul solicitat de utilizator, ținând cont de poziția acestuia și formatul de date local.

⁵ GIS – Geographic Information System – sistem de informare geografic.

⁶ GPRS – General Packet Radio Services – servicii de transmitere a datelor în pachet, specifice rețelelor de telefonie mobilă celulare.

a parcărilor din vecinătate, sau pot primi indicații de rutare către originea aleasă (sau o altă facilități situată în vecinătate). Transmisia și prelucrarea datelor pe lanțul informațional CAI-RDSS-utilizator include un singur spațiu informațional, bazat pe un model conceptual ce are la bază standarde internaționale și europene ISO 19100 GIS; include domenii precum:

- transmisii individuale de date privind traficul rutier (bazate pe standardul *datex ii*⁷);
- transmisii de date privind transportul public de călători (bazate pe standardele *Transmodel*⁸, *IFOPT*⁹, *SIRI*¹⁰, *TPEG*¹¹;
- servicii de localizare, servicii de informare privind obiecte statice cu interes pentru călătorie (parcări, stații de transport în comun), informații privind condițiile meteo și modul cum sunt afectate arterele rutiere;
- servicii de planificare multimodală a călătoriei.

Cea mai de valoare abilitate a unui sistem de asemenea complexitate este aceea de a opera în timp real colectarea de informații din surse diferite, de a prelucra date, ținând cont de condițiile reale de trafic, timp și estimări de călătorie, furnizând soluții optimizate din punct de vedere dinamic pentru utilizatori fișii sau mobili ce intenționează să se deplaseze multimodal. Bazat pe experiența din diferite proiecte anterioare [3], [6], sistemul a fost dezvoltat în jurul unei componente ce calculează și consumul de combustibil și emisiile de noxe. În acest caz, utilizatorul poate alege cu ușurință cel mai rapid sau puțin poluant mijloc de transport (transport public sau chiar bicicletă), lăsându-și automobilul într-o parcare și continuând călătoria cu un alt mijloc de transport. Abilitatea deosebită a acestui sistem, care îl diferențiază de un sistem de navigare la bord obișnuit, este aceea de a oferi informații actualizate dinamic, pentru transport multimodal.

3. TESTE ÎN ORAȘE PILOT – BUCUREȘTI

Sistemul local instalat pentru livrarea de servicii *In-Time* în București cuprinde un server ce asigură transmiterea de date pe o rețea virtuală privată către serverul RDSS (situat în Torino), conform figurii de mai jos.

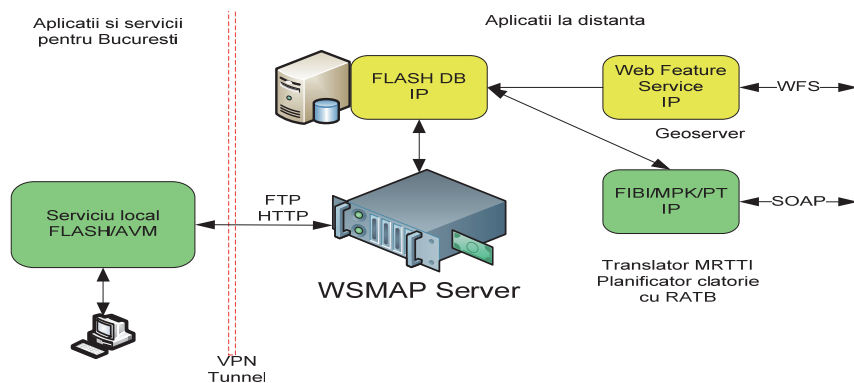


Fig. 7 – Soluția *In-Time* adoptată pentru sistemul pilot București.

⁷ DATEX II – standard pentru transferul de date relative la traficul rutier.

⁸ Transmodel – un model de referință pentru datele relative la transportul public de călători.

⁹ IFOPT (*Identification of Fixed Objects in Public Transport*) definește un model și principiile de identificare privind obiectele fixe din sistemul de transport public.

¹⁰ SIRI - (*Standard Interface for Real Time Information*) – protocol XML, ce permite în timp real calculatoarelor distribuite într-o rețea schimbul de informații privind vehiculele de transport public și serviciile asociate transportului public de călători.

¹¹ TPEG - (*Transport Protocol Experts Group*) – un standard pentru furnizarea de informații privind traficul via diverse formate digitale precum DAB, DMB, DVB, sau prin Internet.

Informația este colectată de la centrul de management al traficului local (TMC), prelucrată de către serverele situate la distanță (Torino, serverul WSMAP și serverul pentru traducerea formatelor de date, calculul rutelor pe baza informațiilor furnizate de sistemul de management al transportului public FLASH instalat în București și conversia din nou în caracteristică rețea, prin intermediul serverului WSMAP). Ecuația (1) descrie factorii ce contribuie la întârzierea medie înregistrată între momentul solicitării informației la RDSS până în momentul recepționării acesteia:

$$\Delta_{art} = \tau_{tt} + \tau_{pt(RDSS)} + \tau_{rt} \quad (1)$$

în care Δ_{art} reprezintă timpul mediu de răspuns la nivelul utilizatorului, τ_{tt} timpul mediu consumat pe legătura de comunicații de la TISP la RDSS, $\tau_{pt(RDSS)}$ este durata de procesare locală a informației, iar τ_{rt} reprezintă întârzierea înregistrată pe legătura de transmitere a răspunsului. Cum Serviciul 17 este caracteristica ce consumă cele mai multe resurse, este util studiul întârzierii produse pentru furnizarea acestui serviciu, astfel încât să se determine dacă această întârziere nu afectează utilitatea serviciului (tabelul 2).

Tabelul 3

**Domeniile de întârziere maxime admise pentru timpul de răspuns
(pe traseul RDSS – TISP, servicii ce nu includ rutare)**

Durata testului	Număr de solicitări transmise de pe dispozitivul mobil pe durata testării	Δ_{art} min [s]	Δ_{art} max [s]
60	10	2	3
60	20	3	4
60	50	5	7
120	50	3	4
120	75	4	5
120	100	4,5	6

În figura 4 sunt prezentate sintetic rezultatele testelor realizate pentru 200 de planificări de rute, urmărindu-se variația timpului de întârziere între momentul solicitării și momentul afișării rezultatului la utilizator. La teste a fost inclusă și o rută de 10,7 km cuprinsă între Piața Victoriei, Piața Muncii, Piața Universității și Piața Romană, considerată ca semnificativă pentru aglomerarea din București (testele au avut loc în lunile martie-aprilie 2011). Întrucât operatorii ce au efectuat testele nu au putut aștepta producerea de eventuale incidente de trafic ce ar fi putut altera fluența acestuia, o parte din aceste evenimente au fost simulate în sistemul de management al traficului.

S-a constatat că întârzierea înregistrată la furnizarea răspunsului către utilizator crește pentru serviciul 17 proporțional cu lungimea rutei alese, fără a depăși însă limitele admise pentru a nu altera utilitatea informației furnizată utilizatorului. Acest lucru este pus pe seama sarcinii complexe a calculatoarelor, ce trebuie să calculeze mai multe puncte de manevră pentru rute mai lungi (viraje și schimbări de drum). De asemenea, întârzierea răspunsului mai depinde și de alți factori, precum: modelul de dispozitiv și sistemul de operare utilizate, precizia receptorului GPS integrat în acesta, întârzierea transmiterii datelor prin GPRS funcție de nivelul de încărcare a rețelei GSM (în zonele aglomerate, cu mult trafic de date GPRS este posibil ca, dacă numărul de utilizatori ai transmisiei de date prin telefonie mobilă este mare, viteza de transfer se limiteze corespunzător).

Una dintre concluziile acestor teste a fost aceea că operatorii GSM și capabilitatea acestora de a transmite fără întârziere informațiile au o influență notabilă asupra întârzierii totale Δ_{art} înregistrate. Testele au arătat că rețeaua GSM aduce o plajă de variație a duratei totale de răspuns cuprinsă între 4% și 13%, fiind probabil datorată gradului de încărcare al celulei GSM în care este situat utilizatorul. Câteva rezultate concrete sunt prezentate în continuare în tabelul 3 și figura 5.

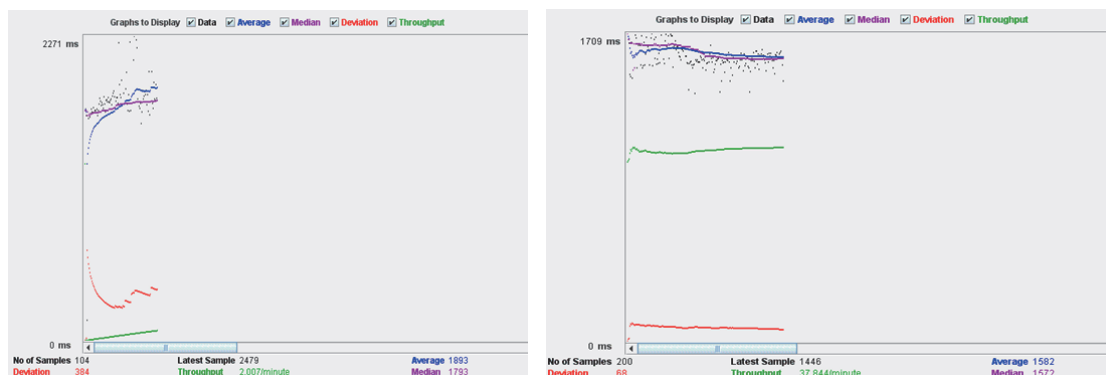


Fig. 8 – Reprezentarea grafică a timpului de întârziere la livrarea răspunsului pentru serviciul 17 *In-Time* (captură ecran: pe axa orizontală este numărul solicitării, pe axa verticală este reprezentată întârzierea răspunsului, în milisekunde).

Tabelul 4

**Oraș-pilot București: întârziere înregistrată la livrarea răspunsului
(serviciul complex 17, ruta RDSS-TISP)**

Durata testului [min]	Număr de solicitări efectuate de pe dispozitivul mobil	[s]	Detalierea caracteristicilor
1	1	1.7	1.7: solicitare deplasare cu autoturismul 0.1: numai cerere, fără prezentarea soluției
100	100	4	1.9 s medie 3.8 s max
200	200	4	1.6 s medie 1.8 s max 1.4 s min

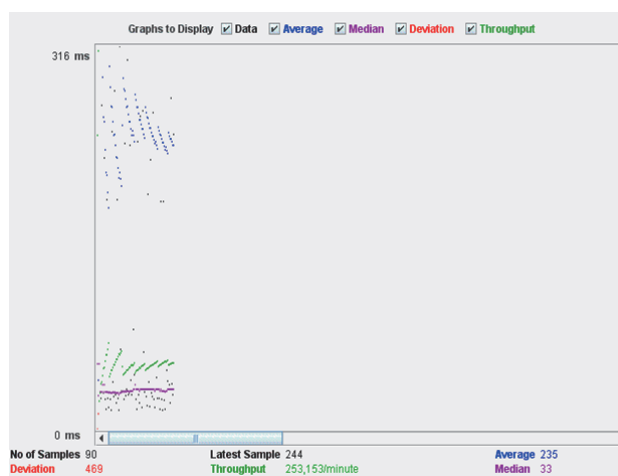


Fig. 9 – Test WFS pentru oraș pilot București, durata 30 s.

Diagrama din figura 5 are aceleași mărimi reprezentate în axe ca cele din figura precedentă. Distribuția mai largă a răspunsului poate fi pusă pe seama unor condiții diferite de trafic (cu culoare albastră).

4. CONCLUZII

Toate testele de performanță efectuate au indicat că în acest lanț de transmitere a informațiilor, punctele cele mai vulnerabile sunt următoarele:

- Viteză limitată de răspuns a sistemului local de management al traficului sau transportului public – nu depinde de structura sistemului MRTTI *In-Time*; deficiența se poate remedia prin acordarea de prioritate datelor transmise pentru platforma MRTTI;

- Viteză limitată la transmiterea datelor mobile prin rețeaua GPRS (numai pentru utilizatorii mobili) – se poate remedia prin crearea unor puncte ce oferă, în zonele cu congestie ale rețelei GSM, acces la Internet prin intermediul tehnologiei Wi-Fi (standard IEEE 802.11x);

Conform testelor, a rezultat că:

- Influența sistemului de comunicații utilizat (în ceea ce privește întârzierea timpului total Δ_{art} până la recepționarea răspunsului la nivelul utilizatorului mobil de informații) nu atinge limite critice, care să facă inutilizabilă informația, ținând cont de viteza de desfășurare a traficului;

- Întârzierea la afișarea informațiilor de rutare depinde și de capacitatea dispozitivului mobil utilizat (hardware și software);

- Informațiile dinamice MRTTI au putut fi transmise utilizatorilor mobili înainte de a atinge un punct critic de inutilizabilitate în peste 98% din testele efectuate.

Pe viitor este de așteptat ca impactul acestor servicii de informare în timp real să crească, odată cu creșterea posibilităților de transmitere a datelor către utilizatorii mobili și prin instalarea de puncte de acces Wi-Fi în zonele cu trafic GSM aglomerat și cu multiplicarea utilizatorilor.

Bibliografie

- [1] * * * - CIP ICT PSP 2008-2, Research Project 238880 „*Intelligent and Efficient Travel Management for European Cities*” – acronim *In-Time*, 22 parteneri, DESCA FP 7, ICT PSP Support Programme European Union; Vienna, Austria, 2009 – 2012.
- [2] Minea, M., Bădescu, I. Dumitrescu, S. „*Efficiency of Multimodal Real-time Traffic and Travel Information Services Employing Mobile Communications*”, 10th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services - TELSIS 2011, Niș, Republic of Serbia, October 5-8, 2011;
- [3] Minea, M., Stan, Carmen Eleonora, Timnea, R.S.. „*Integrated Platform for Road Traffic Safety Data Collection and Information Management*”. Conferința Internațională IARIA ICCGI, IEEE, Valencia 2010.
- [4] Dumitrescu, S., Minea, M. „*Wireless Communication System for Public Transport Management as part of Bucharest Traffic Management System*”. ITS World Congress 2010, Busan, South Korea.
- [5] Minea, M., Dumitrescu, S. „*Vehicle to Infrastructure Communications – Technologies and EMC Problems in Public Transport Management System*”. IEEE 9th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services. TELSIS 2009, Niș, Serbia, 7- 9 October 2009.
- [6] Minea, M. „*Implementation of the Bucharest Traffic Management System – solutions to problems and In-Time Project*” – Prelegere (profesor invitat) la 16th World ITS Congress, Special Interest Session SIS 33, Stockholm, Sweden, 21-25 September 20.