



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

# **Sistem de monitorizare a transportului public în baza tehnologiei GPS**

**Masterand:**

Vasile Drumea

**Conducător:**

conf. univ. dr., Irina Cojuhari

**Chișinău, 2022**

## Adnotare

Teza de masterat cu titlul "Sistem de monitorizare a transportului public în baza tehnologiei GPS", a fost elaborată de studentul grupei CRI-201M, Vasile Drumea, Universitatea Tehnică a Moldovei. Acest proiect este alcătuit din 3 capitole, introducere, concluzii și bibliografie.

**Cuvinte cheie:** IoT, MQTT, GPS, Transport, Comunicație, Dispozitiv, Publish-Subscribe.

Transportul public constituie un element esențial pentru majoritatea populației din întreaga lume. Indiferent de vârstă, ocupație sau stare materială, zilnic oamenii au nevoie de o modalitate de transport pe care se pot baza în orice moment, respectiv sistemul de transport public trebuie să fie organizat pentru a satisface cererea. De asemenea, utilizatorii au nevoie de surse de informare cât mai actuale și relevante, pentru a putea lua decizii cu privire la transport. Deseori pentru același traseu pot exista multiple variante de a alege mijloace de transport public, prin urmare, dacă utilizatorii ar avea informație necesară la momentul oportun, pot astfel lua o decizie optimă în baza opțiunilor de transport valabile.

Acest proiect are scopul de a studia modul în care transportul public este organizat și cum s-ar putea de îmbunătățit calitatea serviciilor și accesul la informație pentru potențialii pasageri. Scopul principal este de a oferi companiilor furnizoare de transport public, servicii prin care informația despre vehicule va putea fi transmisă efectiv către toate entitățile client din cadrul sistemului. Pentru moment, în cadrul lucrării de față accentul se pune pe datele de localizare a vehiculelor, dar același mecanism ar putea fi extins pentru transmiterea mai multor date pe viitor. Din cauza faptului că în calitate de clienți pot fi însăși pasagerii / utilizatorii, dar și companiile de transport, va fi nevoie de luat decizii arhitecturale care permit integrarea mai multor tip de entități client și scalabilitatea sistemului.

## **Abstract**

The master's thesis entitled "Public transport monitoring system based on GPS technology" was developed by the student of the CRI-201M group, Vasile Drumea, Technical University of Moldova. This project consists of 3 chapters, introduction, conclusions and bibliography.

**Keywords:** IoT, MQTT, GPS, Transport, Communication, Device, Publish-Subscribe.

Public transport is an essential element for most people around the world. Regardless of age, occupation or financial status, people need a mode of transport on which they can rely at any time, ie the public transport system must be organized to meet demand. Users also need the most up-to-date and relevant sources of information to be able to make transport decisions. There can often be multiple options for choosing public transport for the same route, so if users have the necessary information at the right time, they can make an optimal decision based on the available transport options.

This project aims to study how public transport is organized and how the quality of services and access to information for potential passengers can be improved. The main purpose is to provide public transport providers with services through which vehicle information can be effectively transmitted to all customer entities within the system. For the time being, the focus of this paper is on vehicle location data, but the same mechanism could be extended to transmit more data in the future. Due to the fact that the passengers / users themselves, as well as the transport companies, may be the customers, it will be necessary to make architectural decisions that allow the integration of several types of customer entities and the scalability of the system.

# Cuprins

<b>Lista figurilor</b> . . . . .	<b>8</b>
<b>Lista tabelelor</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>Lista abrevierilor</b> .....	<b>10</b>
<b>Introducere</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Cadrul teoretic</b> .....	<b>13</b>
1.1 Introducere în tehnologia GPS .....	13
1.1.1 Metoda trilateratției .....	13
1.1.2 Segmentele GPS .....	14
1.1.3 Structura segmentului spațial.....	14
1.1.4 Sistemele de poziționare existente .....	14
1.2 Prezentarea generală a arhitecturii proiectelor Iot.....	15
1.2.1 Componentele principale .....	15
1.2.2 Protocoale de comunicație la nivel de aplicație .....	16
1.3 Concluziile cadrului teoretic .....	19
<b>2 Cadrul analitic</b> .....	<b>21</b>
2.1 Analiza domeniului .....	21
2.1.1 Studiu de fezabilitate .....	21
2.1.2 Grupul țintă .....	23
2.2 Modelul unui sistem de planificare a transportului .....	24
2.3 Analiza unor aplicații și surse experimentale.....	25
2.3.1 Studiul utilizării unei platforme cloud MQTT pentru controlul de la distanță și monitorizarea GPS a unui dispozitiv robot .....	25
2.3.2 Comparatie între CUPUS Middleware și MQTT pentru servicii Smart City .....	26
2.3.3 MQTT-ST Protocol pentru brokeri MQTT distribuiți .....	29
2.4 Studiul sistemelor analogice.....	31
2.4.1 Sistem Informațional pentru Transport Public CN108875094 .....	31
2.4.2 Sistem de Partajare a Informației pentru Transport Public CN110364011.....	32
2.4.3 Sistem pentru transport public și mode de transportare publică CN109572738.....	33
2.4.4 Soluții alternative existente.....	33
2.5 Strategia soluției.....	38
2.6 Specificarea cerințelor.....	39
2.6.1 Cerințe funcționale .....	39

2.6.2	Cerințe non-funcționale.....	40
2.7	Concluziile cadrului analitic.....	40
<b>3</b>	<b>Cadrul aplicativ.....</b>	<b>41</b>
3.1	Argumentarea sistemului.....	41
3.1.1	Formularea problemei.....	41
3.1.2	Prezentarea abstractă a soluției.....	41
3.1.3	Obiectivele generale .....	42
3.2	Proiectarea sistemului .....	42
3.2.1	Diagramele cazurilor de utilizare.....	43
3.2.2	Diagrame de secvență .....	44
3.2.3	Diagrame de implementare.....	45
3.3	Implementare sistemului .....	45
3.3.1	Protocoale de transmisie a datelor .....	46
3.3.2	Componentele Hardware .....	46
3.3.3	Componentele Software.....	49
3.3.4	Concluziile cadrului aplicativ .....	50
	<b>Concluzii .....</b>	<b>52</b>
	<b>Bibliografie .....</b>	<b>53</b>

## Introducere

În cadrul acestei lucrări este studiat domeniul transportului public și organizarea acestuia. Acest domeniu fiind unul relativ popular în comunitățile științifice, au fost luate în considerare unele lucrări științifice în care se discută probleme prezente în domeniul dat. Ulterior fazei de cercetare, utilizând ideile obținute, se va trece la partea aplicativă în cadrul căreia este prezentat un sistem care reprezintă o soluție la problema dată.

Problema care urmează a fi tratată în această lucrare este transmiterea efectivă a informației despre vehicule de transport public la entități de tip client (i.e. cetățeni, pasageri, companiile de transport etc.), în alte cuvinte părți interesate în a obține informațiile date. Accentul este pus pe informația de localizare geografică a vehiculelor pentru că de obicei orarele de circulație nu constituie o sursă consistentă de informare. De asemenea, în cazul unor incidente sau schimbări de itinerar sau orar, informație nu poate fi transmisă efectiv și panourile informative de la stații de exemplu, pot deveni inutile.

Această problemă este destul de actuală întrucât în ultimii ani se introduc noi tehnologii în sistemele de transport, care au ca scop îmbunătățirea eficienței și asigurarea accesului la date despre transport. Exemple ar fi panouri electrice care indică timpul de sosire a transportului sau aplicații web care actualizează astfel de date în timp real. Totuși soluțiile date încă sunt în etapa de dezvoltare și încă este loc pentru îmbunătățiri.

Prin urmare, obiectivele generale ale acestei lucrări sunt în primul rând de a identifica posibilele mecanisme de transmitere a informațiilor de la vehicule de rută către un oarecare component intermediar menit să recepționeze, prelucreze și să distribuie informația aplicațiilor de tip client. După asta este necesar de a modela o arhitectură a sistemului care ar permite funcționarea și satisfacerea cererii, dar și posibilitatea de extindere a sistemului prin adăugarea noilor noduri în caz de necesitate. Având aceste aspecte determinate, următorul pas ar fi de a oferi un exemplu de implementare și de a evalua specificațiile funcționale și non-funcționale ale unui astfel de sistem.

Pentru a studia domeniul și soluțiile existente la problemele din domeniul ales, au fost studiate careva resurse, incluse în bibliografie. Printre aceste se numără lucrări științifice, cărți de specialitate dar și un număr de soluții / analogi care au fost alese din baza de date a organizației WIPO. Prin studierea unor sisteme analogi au fost trase concluzii despre arhitectura sistemului, posibilele implementări și care ar fi punctele forte sau deficiențele fiecărei strategii în parte.

Strategia sistemului din cadrul acestui proiect va urma modelul arhitectural client-server. În acest fel, clientul, care de fapt poate fi orice entitate / aplicație conectată la server, poate comunica și primi informațiile necesare. Partea server va procesa solicitările primite și va returna răspunsuri sau actualizări

tuturor părților client abonate unui anumit topic. Ideea din spatele acestei metodologii este de a avea o legătură între clienți și servicii ori de câte ori este nevoie de modificări. Ca perspectivă pe viitor, pot fi oferite și alte servicii independente, ușor integrabile în arhitectura de față.

Pe lângă asta este de menționat că arhitectura sistemului trebuie să permită interacțiunea mai multor clienți în maniera many-to-many. Un model de proiectare care s-ar potrivi situației este șablonul de proiectare publish-subscribe care este folosit în unele protocoale la nivel de aplicație. Acesta permite participanților să se aboneze la anumite subiecte și, de asemenea să transmită informații pe anumite subiecte. Deja fluxul de informații este administrat de o entitate unică care îndeplinește rolul de server.

Luând în considerare toate cele menționate anterior, acest proiect are intenția de a apropia cetățenii sau, în alte cuvinte potențialii pasageri, de mijloacele de transport public. Utilizatorii având o legătură directă la informația necesară ar avea în consecință o experiență a utilizatorului (UX) mai bună. De asemenea, prin aceeași cale ar fi posibil de organizat un canal de comunicare între utilizatorii simpli și companiile prestatoare de servicii de transport pentru colectarea datelor care ar putea fi folosite cu scopul îmbunătățirii serviciilor.

Având informații despre numărul de persoane care utilizează o rută sau despre trafic, se pot face modificări substanțiale în program sau în numărul de vehicule incluse.

Pe lângă posibilitatea clienților mulțumiți, o altă consecință ar fi că traficul în general, ar putea beneficia de un sistem de transport public bine organizat. În multe cazuri, întregul trafic se poate înrăutăți din cauza programului pe care circulă vehiculele publice, în special la orele de vârf.

Conținutul acestei lucrări este structura în 3 capitole. Fiecare capitol subliniază o etapă specifică din cadrul proiectului. Primul capitol este unul introductiv și teoretic. Acesta prezintă analiza domeniului transportului public, importanța subiectului și existența unor soluții similare. De asemenea sunt expuse detalii teoretice cu privire la strategii, șabloane sau protocoale folosite. În al doilea capitol este efectuată o analiză a sistemului și a unor analogi. Sunt de asemenea prezentate cerințele și arhitectura sistemului folosind diagrame. Al treilea capitol are caracter aplicativ și conține detalii despre implementare, strategia soluției și sunt descrise tehnologiile și tehnicile utilizate pe tot parcursul procesului de dezvoltare. Spre final sunt prezentate concluzii, rezultate și sursele folosite.

## Bibliografie

1. BLEWITT, G. Basics of the GPS Technology. In: *Geodetic Applications of GPS*. Swedish Land Survey. 1997. pp. 1-7.
2. CoAP - *Constrained Application Protocol*. <https://coap.technology/>. [Citat 11/11/2021].
3. SCHOEBEL, A. *Optimization Models in Public Transportation*. 2003. pp 1-2.
4. AMBERG, B., AMBERG B., KLIEWER, N. *Increasing Delay-Tolerance of Vehicle and Crew Schedules in Public Transport*. In: *Procedia Social and Behavioral Sciences*. Elsevier Ltd. 2011.
5. CEDER, A. *Transit Scheduling*. In: *Journal of Advanced Transportation*. 25.2. 1991. pp. 137–160.
6. NUT, A. *Study of using MQTT Cloud Platform for Remotely Control Robot and GPS Tracking*. 2016.
7. SKOCIR, P., ANTONIC, A., MARJANOVIC, M., Zarko, I. *Comparison of the CUPUS Middleware and MQTT Protocol for Smart City Services*. 2015.
8. seedstudio.com. *LinkIt ONE - Seeed Wiki*. <https://wiki.seedstudio.com/LinkIt-ONE>. [Citat 25/11/2021].