



Field of Electronics Engineering,
Telecommunications and Information Technologies

HABILITATION THESIS

Rezumat (Ro) / Abstract (En)

Wireless Communication Technologies for Intelligent Transportation Systems and Smart Urban Environments

Assoc. Prof. Eng. Ciprian-Romeo COMȘA, PhD

**Faculty of Electronics, Telecommunications
and Information Technology**

Gheorghe Asachi Technical University of Iasi

– Iași –
2026

Rezumat

Teza de abilitare „Wireless Communication Technologies for Intelligent Transportation Systems and Smart Urban Environments” („Tehnologii de comunicații wireless pentru sisteme inteligente de transport și medii urbane inteligente”) reprezintă o sinteză a parcursului științific, academic, profesional și instituțional realizate după obținerea titlului de doctor în domeniul Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale de către autor. Teza a fost elaborată în conformitate cu cadrul național privind certificarea dreptului de a conduce studii universitare de doctorat. Scopul acesteia este de a integra principalele rezultate științifice originale, realizările profesionale făcute publice, contribuțiile academice și direcțiile viitoare de dezvoltare care definesc traiectoria academică și profesională postdoctorală. În același timp, teza fundamentează cadrul pentru viitoarea activitate de coordonare de doctorate, prin definirea unor direcții coerente de cercetare, a unor infrastructuri experimentale, a unor metode didactice și a unor practici de mentorat care pot sprijini formarea noilor generații de cercetători.

Teza este organizată în jurul evoluției profilului de cercetare și academic conturat la intersecția comunicațiilor wireless, procesării semnalelor, sistemelor inteligente de transport, mediilor urbane inteligente, sistemelor automotiv, tehnologiilor 5G, securității cibernetice și managementului inovării. Această evoluție reflectă o transformare mai amplă a cercetării în telecomunicații, în cadrul căreia rețelele de comunicații nu mai sunt privite exclusiv ca infrastructuri de conectivitate, ci ca platforme integrate care susțin mobilitatea, detecția și percepția mediului, serviciile critice pentru siguranță, transformarea digitală și impactul societal. Din această perspectivă, teza sintetizează contribuții la dezvoltarea, validarea și implementarea tehnologiilor de comunicații wireless pentru sisteme de transport inteligente și medii urbane inteligente.

Prima direcție științifică semnificativă abordată în teză se referă la tehnologiile de radiolocalizare pentru sistemele inteligente de transport. Pornind de la fundamentele din cadrul tezei de doctorat privind localizarea surselor și metodele bazate pe diferența timpilor de sosire, teza prezintă cercetări postdoctorale privind localizarea pasivă, procesarea coerentă, metodele bazate pe intensitatea semnalului recepționat, poziționarea ultra-wideband, serviciile de poziționare 5G și fuziunea multi-senzor. Aceste teme sunt tratate ca tehnologii facilitatoare pentru localizarea precisă, fiabilă și în timp util a vehiculelor, pietonilor, bicicliștilor și a altor utilizatori vulnerabili ai drumurilor în contexte urbane complexe.

O a doua direcție majoră de cercetare se concentrează asupra comunicațiilor Vehicle-to-Everything, conducerii cooperative și arhitecturilor de rețele vehiculare. Teza discută contribuții privind paradigmele de comunicație V2V, V2I, V2P și V2N, precum și ETSI ITS-G5, DSRC/IEEE 802.11p, C-V2X și comunicații PC5 sidelink. Această parte a tezei reunește teoria comunicațiilor, implementări embedded, ingineria automotiv, validarea bazată pe simulare și aplicații de siguranță rutieră. Dezvoltarea unor platforme V2X cu cost redus, a unor mecanisme de comunicație redundante și a unor funcții cooperative de siguranță exemplifică modul în care provocările de cercetare pot fi formulate la intersecția dintre cercetare și aplicabilitatea practică în mobilitatea conectată și automatizată.

A treia direcție de cercetare se referă la tehnologiile 5G pentru medii urbane inteligente. Teza analizează arhitectura rețelelor 5G, modelele de implementare standalone și non-standalone, arhitectura bazată pe servicii, network slicing, managementul fluxurilor QoS, multi-access edge computing, procesarea bazată pe inteligență artificială de tip edge computing, sistemele ciber-fizice pentru intersecții inteligente și protecția participanților la

trafic vulnerabili. O atenție deosebită este acordată validării experimentale a tehnologiilor 5G în contexte urbane reale. Laboratorul Orange 5G de la TUIASI este considerat o infrastructură strategică de cercetare și educație care susține experimentarea, activitățile didactice, proiectele studențești, colaborarea industrială, precum și activități doctorale. Această infrastructură oferă un cadru pentru transformarea tehnologiilor avansate de comunicații în teme de cercetare pentru studenții masteranzi și doctoranzi.

Proiectul TrialsNet a oferit un cadru pentru testarea la scară largă a aplicațiilor de tip smart city susținute de tehnologia 5G. Teza discută cazuri de utilizare privind monitorizarea inteligentă a mulțimilor și a traficului urban, cu accent pe analiza video bazată pe inteligență artificială, conectivitatea 5G, evaluarea performanței, analiza indicatorilor și implicațiile pentru sistemele 6G. Aceste cazuri de utilizare arată modul în care siguranța publică, mobilitatea urbană, eficiența traficului, gestionarea mulțimilor și administrarea orașelor inteligente pot inspira cercetarea științifică. De asemenea, este evidențiată valoarea colaborării multidisciplinare dintre universități, companii, autorități publice, furnizori de tehnologie, cercetători, studenți în consorții internaționale.

O direcție complementară abordată în teză se referă la securitatea, optimizarea și managementul resurselor în rețele wireless distribuite. Teza extinde agenda de cercetare de la conectivitate și localizare către securitatea, reziliența și caracterul de încredere al infrastructurilor de comunicații de generație următoare, prin proiectul CASTOR, rutarea securizată, conceptele zero-trust, învățarea automată cu păstrarea confidențialității, criptografia adaptată platformelor IoT și echilibrarea încărcării în medii multi-cloud. Această abordare permite dezvoltarea cercetării doctorale în domenii precum rețelele 5G/6G, securitatea cibernetică, inteligența artificială, edge computing, IoT, protecția infrastructurilor critice și serviciile digitale de încredere.

Teza include, de asemenea, o dimensiune importantă legată de managementul inovării și transferul tehnologic. Discuția privind fluxurile de inovare, design thinking, metodologiile lean și agile, nivelurile de maturitate tehnologică, business model canvas, innovation radar, evaluarea tehnologiilor și transferul tehnologic reflectă necesitatea conectării cercetării ingineresti cu implementarea practică și relevanța societală. Din această perspectivă, cercetarea doctorală și cea de masterat pot evolua nu doar către publicații științifice, ci și către demonstratoare, prototipuri, sisteme de tip proof-of-concept, colaborări industriale, oportunități de start-up și aplicații pentru sectorul public. Această dimensiune este deosebit de relevantă pentru coordonarea doctorală în inginerie, unde originalitatea științifică trebuie completată de fezabilitate tehnologică, relevanță pentru actorii implicați și potențial de inovare.

Componenta de dezvoltare academică a tezei prezintă activitatea de modernizare curriculară, leadership didactic și mentorat al studenților. Teza se referă la activități didactice și de coordonare în domenii precum comunicațiile digitale, tehnicile avansate de procesare a semnalelor în comunicații, tehnologiile mobile și wireless, mobilitatea automotive conectată și tehnologiile informaționale pentru telecomunicații. Sunt evidențiate revizuirea sistematică a fișelor disciplinelor, integrarea tehnologiilor emergente în procesul didactic, învățarea bazată pe proiecte și orientată spre cercetare, metodele active de învățare, predarea în format blended, resursele digitale și metodele de evaluare aliniate cu rezultatele învățării. Aceste activități sunt conectate la obiectivul mai larg de facilitare a învățării și cercetării, prin expunerea studenților la tehnologii contemporane, probleme ingineresti realiste și experiențe educaționale orientate spre cercetare.

Un aspect al tezei îl constituie dezvoltarea unui flux de formare a studenților în tehnologii avansate de comunicații. Acesta începe cu identificarea timpurie a studenților de licență interesați și continuă prin implicarea acestora în proiecte de cercetare, experimentare de laborator, specializare la nivel de masterat, activități de publicare și cercetare doctorală. Grupul de cercetare structurat este construit în jurul doctoranzilor, iar mentoratul include formularea temei, analiza literaturii de specialitate, dezvoltarea metodologiei de cercetare, proiectarea experimentelor, implementarea, analiza datelor, redactarea științifică, participarea la conferințe, networking-ul, planificarea publicațiilor și dezvoltarea carierei. Coordonarea doctorală este susținută prin educație orientată spre cercetare, implicare în proiecte, acces la laboratoare și îndrumare academică.

Viziunea privind dezvoltarea carierei, prezentată în teză, este organizată în jurul a patru piloni strategici: activitate didactică și programe academice de înaltă calitate; cercetare cu impact ridicat și vizibilitate internațională; leadership instituțional, infrastructură și dezvoltarea ecosistemului de cercetare; impact societal prin inovare, transfer tehnologic și antreprenariat. Acești piloni definesc o misiune academică integrată, în care rezultatele cercetării, dezvoltarea educațională, coordonarea infrastructurilor, managementul proiectelor, colaborarea cu industria și contribuția instituțională se susțin reciproc. Această viziune este aliniată cu rolul unei universități tehnice în sprijinirea atât a generării de cunoaștere avansată, cât și a ecosistemelor regionale de inovare.

Agenda de cercetare articulată în teză este corelată cu contribuțiile științifice anterioare și cu evoluția internațională a domeniului. Direcțiile propuse includ rețele Beyond 5G și 6G, sisteme V2X avansate și sisteme autonome, aplicații smart city, localizare wireless în medii urbane, comunicație și detecție integrate, rețele de comunicații native AI, mecanisme MAC și PHY avansate, gemeni digitali, network slicing, edge computing și infrastructuri de comunicații securizate. Aceste direcții combină profunzimea teoretică, potențialul de validare experimentală, relevanța interdisciplinară și impactul practic. Ele corespund, de asemenea, tendințelor globale de cercetare în mobilitate durabilă, orașe inteligente, rețele reziliente, inteligență artificială de încredere și telecomunicații de generație următoare.

Teza prezintă, de asemeni, rolul proiectelor naționale și europene, inclusiv WiS4Iasi, TrialsNet, CASTOR și CONNECTINNO, în sprijinirea dezvoltării echipelor de cercetare, implicării studenților, consolidării laboratoarelor, validării tehnologiilor și diseminării științifice. Aceste proiecte oferă platforme pentru cercetarea doctorală și permit integrarea studenților în medii de cercetare interdisciplinare și internaționale. Dezvoltarea și coordonarea infrastructurii de cercetare, în special a Laboratorului 5G, sunt tratate ca elemente esențiale pentru facilitarea cercetării experimentale, colaborării cu industria, accesului studenților și cercetătorilor și evoluției progresive către capacități 6G și testbed-uri avansate.

Teza de abilitare sintetizează contribuțiile științifice originale ale autorului, evoluția sa academică, realizările profesionale și direcțiile viitoare de dezvoltare în domeniul Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale. Aceasta prezintă o traiectorie coerentă de la radiolocalizare și procesarea semnalelor către comunicații V2X, monitorizare urbană inteligentă bazată pe 5G și managementul inovării. În același timp, teza definește cadrul educațional, organizațional și infrastructural necesar pentru coordonarea echipelor de cercetare, gestionarea activităților didactice, facilitarea învățării și cercetării, coordonarea doctoranzilor și contribuția la dezvoltarea strategică a TUIASI ca universitate tehnică orientată spre inovare.

Abstract

The habilitation thesis "Wireless Communication Technologies for Intelligent Transportation Systems and Smart Urban Environments" is a documented synthesis of scientific, academic, professional, and institutional development achieved after receiving a doctorate in Electronics, Telecommunications, and Information Technology Engineering. The thesis was created in compliance with the national framework for certification of the right to supervise doctoral studies. Its goal is to bring together the primary original scientific findings, publicly disseminated professional accomplishments, academic contributions, and future development directions that define the postdoctoral academic and professional trajectory. At the same time, the thesis lays the groundwork for future doctoral supervision by defining consistent research directions, experimental infrastructures, teaching methods, and mentorship practices that might help subsequent generations of researchers.

The thesis is organized around the evolution of a research and academic profile that emerged at the intersection of wireless communications, signal processing, intelligent transportation systems, smart urban environments, automotive systems, 5G and Beyond 5G technologies, cybersecurity, and innovation management. This evolution reflects a broader shift in telecommunications research, in which communication networks are no longer viewed solely as connectivity infrastructures, but rather as integrated platforms supporting mobility, sensing, artificial intelligence, edge computing, safety-critical services, digital transformation, and societal impact. In this regard, the thesis summarizes contributions to the development, validation, and implementation of wireless communication technologies for intelligent transportation and smart urban systems.

The first significant scientific direction addressed in the thesis is radio localization technology for intelligent transportation systems. Starting with doctoral foundations in source localization and time-difference-of-arrival methods, the thesis presents postdoctoral research on passive localization, coherent processing, received signal strength methods, ultra-wideband positioning, 5G positioning services, and multi-sensor fusion. These themes are viewed as enabling technologies for the precise, dependable, and timely localization of vehicles, pedestrians, cyclists, and other vulnerable road users in complicated urban contexts. The thesis demonstrates how theoretical concepts from signal processing, estimation theory, and wireless location may be used to guide applied research in smart intersections, linked mobility, and safety-critical urban applications.

A second key study area focuses on vehicle-to-everything communications, cooperative driving, and vehicular network designs. The thesis discusses contributions to the V2V, V2I, V2P, and V2N communication paradigms, as well as ETSI ITS-G5, DSRC/IEEE 802.11p, C-V2X, PC5 sidelink communication, cooperative awareness messages, decentralized environmental notification messages, emergency braking warning systems, vehicle platooning, and multilane cooperative driving. This section of the thesis brings together communication theory, embedded implementation, automotive engineering, simulation-based validation, and road safety applications. The development of low-cost V2X platforms, redundant communication mechanisms, and cooperative safety functions exemplifies how research challenges can be formulated at the intersection of scientific significance and practical applicability in connected and automated mobility.

The third research direction concerns 5G technologies for smart urban environments. The thesis analyzes 5G network architecture, standalone and non-standalone deployment

models, service-based architecture, network slicing, QoS flow management, multi-access edge computing, virtualized roadside and onboard units, edge-enabled artificial intelligence processing, cyber-physical systems for smart intersections, and vulnerable road user protection. Particular attention is given to the experimental validation of 5G technologies in real urban contexts. The Orange 5G Lab at TUIASI is presented as a strategic research and educational infrastructure that supports experimentation, teaching, student projects, industrial collaboration, and future doctoral work. This infrastructure provides a concrete framework for transforming advanced communication technologies into research topics for master's and doctoral students.

TrialsNet project provides a framework for large-scale European 5G-enabled smart city testing. The thesis discusses urban smart crowd and traffic monitoring use cases, focusing on AI-based video analytics, 5G connectivity, edge processing, performance evaluation, KPI and KVI assessment, privacy, and 6G system implications. These use cases show how public safety, urban mobility, traffic efficiency, crowd control, and smart city administration may inspire scientific study. Multidisciplinary collaboration between universities, enterprises, governmental authorities, technology providers, researchers, students, and multinational consortia is also shown to be valuable.

A complementary thesis study area is wireless and distributed network trust, security, optimization, and resource management. The thesis expands the research agenda from connectivity and localization to the security, resilience, and trustworthiness of next-generation communication infrastructures through CASTOR project, trust-aware secure path routing, zero-trust concepts, federated learning, privacy-preserving machine learning, lightweight cryptography for IoT platforms, multi-cloud load balancing, and intelligent optimization. This approach allows doctorate research in 5G/6G networks, cybersecurity, AI, edge computing, IoT, critical infrastructure protection, and trustworthy digital services.

The thesis also includes an important dimension related to innovation management and technology transfer. The discussion of innovation funnels, design thinking, lean and agile methodologies, technology readiness levels, business model canvas, innovation radar, technology screening, and technology transfer reflects the need to connect engineering research with practical implementation and societal relevance. In this perspective, doctoral and master's research can evolve not only toward scientific publications, but also toward demonstrators, prototypes, proof-of-concept systems, industrial collaborations, start-up opportunities, public-sector applications, and measurable impact. This dimension is particularly relevant for doctoral supervision in engineering, where scientific originality should be complemented by technological feasibility, stakeholder relevance, and innovation potential.

The academic development component of the thesis presents activity in curriculum modernization, didactic leadership, and student mentorship. The thesis refers to teaching and coordination activities in areas such as digital communications, advanced signal processing in communications, mobile and wireless technologies, automotive connected mobility, and information technologies for telecommunications. It emphasizes systematic syllabus review, integration of emerging technologies into teaching, project-based and research-driven learning, active learning methods, blended delivery, digital resources, and assessment methods aligned with learning outcomes. These activities are connected to the broader objective of facilitating learning and research by exposing students to contemporary technologies, realistic engineering problems, and research-oriented educational experiences.

Structured student development pipeline is a thesis aspect. This pipeline begins with interested undergraduates' early identification and continues through research projects, laboratory experimentation, master's specialization, publishing, and doctorate research. A structured research group revolves around doctoral candidates, while mentorship involves topic formulation, literature review, methodology development, experimental design, implementation, data analysis, scientific writing, conference participation, networking, publication planning, and career development. Doctoral supervision is provided through research-driven education, project involvement, lab access, and academic guidance.

The career development vision presented in the thesis is organized around four strategic pillars: high-quality teaching and academic programs; high-impact and internationally visible research; institutional leadership, infrastructure, and ecosystem development; and societal impact through innovation, technology transfer, and entrepreneurship. These pillars define an integrated academic mission in which research output, educational development, infrastructure coordination, project leadership, industry collaboration, and institutional contribution are mutually reinforcing. This vision is aligned with the role of a technical university in supporting both advanced knowledge creation and regional innovation ecosystems.

The future research agenda articulated in the thesis is coherent with the previous scientific contributions and with the international evolution of the field. The proposed directions include Beyond 5G and 6G networks, advanced V2X and autonomous systems, smart city applications, wireless localization in urban environments, joint communication and sensing, AI-native communication networks, advanced MAC and PHY mechanisms, digital twins, network slicing, edge intelligence, and secure communication infrastructures. These directions combine theoretical depth, experimental validation potential, interdisciplinary relevance, and practical impact. They also correspond to global research trends in sustainable mobility, smart cities, resilient networks, trustworthy artificial intelligence, and next-generation telecommunications.

The thesis further presents the role of national and European projects, including WiS4Iasi, TrialsNet, CASTOR, and CONNECTINNO, in supporting research team development, student involvement, laboratory consolidation, technology validation, and scientific dissemination. These projects provide platforms for doctoral research and enable the integration of students into interdisciplinary and international research environments. The development and coordination of research-related infrastructure, especially the Orange 5G Lab, are treated as essential elements for enabling experimental research, collaboration with industry, access for students and researchers, and the progressive evolution toward 6G and advanced testbed capabilities.

The habilitation thesis synthesizes original scientific contributions, academic evolution, professional achievements, and future development directions in Electronics Engineering, Telecommunications and Information Technologies. It presents a coherent trajectory from radio localization and signal processing to V2X communications, 5G smart urban monitoring, trust-aware networking, security, optimization, and innovation management. At the same time, it defines the educational, organizational, and infrastructural framework required for coordinating research teams, managing didactic activities, facilitating learning and research, supervising doctoral students, and contributing to the strategic development of TUIASI as an innovation-oriented technical university.
