

Supervisione e Controllo Intelligenti nei Veicoli Autonomi

Stefania Costantini and Stefano Di Gennaro

Università dell'Aquila

stefania.costantini@univaq.it, stefano.digennaro@univaq.it

Abstract

Questo articolo descrive un progetto sulle metodologie di supervisione e controllo ad alte prestazioni per autoveicoli ibridi e/o interamente elettrici e per il traffico veicolare che i nostri gruppi di ricerca stanno sviluppando congiuntamente. Le ricadute sono nel campo della mobilità sostenibile, con la realizzazione di veicoli più sicuri ed efficienti.

1 Descrizione del Progetto

Il presente lavoro di ricerca e sviluppo si colloca nel quadro generale delle smart cities/smart roads e dei Cyber-Physical Systems, in cui le tecnologie ICT permettono di migliorare la mobilità, l'efficienza energetica, e la sicurezza. Attraverso nuovi sviluppi dell'intelligenza artificiale la ricchezza e varietà di questi "ecosistemi computazionali" complessi connessi con la "Internet of Everything" può essere sfruttata per supportare efficacemente i sistemi autonomi, fornendo capacità conoscitive e di ragionamento per operare in modo soddisfacente in un ambiente che evolve, e che è a priori solo parzialmente noto. Questo permetterà di migliorare le applicazioni esistenti e di svilupparne di innovative.

La maturità delle tecnologie ICT ha dato un forte impulso all'industria automobilistica verso veicoli ibridi e, in prospettiva, verso quelli completamente elettrici. Di pari passo, i vari sottosistemi sono resi elettrici per ottimizzare il funzionamento, e minimizzare la richiesta energetica e le emissioni di carbonio. Parallelamente alla conversione a veicolo elettrico dell'automobile, vi è una sempre maggiore pervasività delle tecnologie ICT che porterà alla realizzazione di autoveicoli autonomi, ossia capaci di rilevare l'ambiente e "comprenderlo", mediante l'uso dell'intelligenza artificiale, realizzando una navigazione in sicurezza senza l'intervento umano. L'intenzione è di offrire autoveicoli sempre più autonomi e più sicuri, e quindi di minimizzare il costo sociale degli incidenti, oltre a quello di fornire mobilità a persone con disabilità. A tal fine, i veicoli dovranno integrare un'opportuna "situation awareness" e una intelligenza artificiale per arrivare ad un adeguato livello decisionale.

Il concetto di rendere l'autoveicolo sempre meno un sistema meccanico e sempre più un sistema "flessibile" e "programmabile" permette di aumentare i campi di applicazione di strategie di controllo e supervisione. Inoltre l'autoveicolo tende sempre più ad essere un veicolo a trazione elettrica e controllato in maniera autonoma, sia da un punto di vista di singolo agente che in termini di traffico veicolare, e questo permette ulteriori gradi di flessibilità.

L'attività di ricerca si incentra sullo sviluppo di metodologie da implementare per realizzare un veicolo intelligente, avente le seguenti caratteristiche:

1. Gestione autonoma della navigazione, mediante generazione di traiettorie accident-free per guida assistita o autonoma (per evitare ostacoli e conflitti di risorse, o per o minimizzare il danno in caso di collisioni inevitabili), che integri capacità cognitive (situation awareness avanzata mediante l'uso di un "Reasoning and Learning Engine" – RLE) da parte del veicolo. Tali metodologie andranno a integrare i dispositivi tecnologici utilizzati (radar, lidar, dispositivi di visione e geolocalizzazione, etc.). Il supporto dello RLE migliorerà la performance dell'insieme dei veicoli autonomi, che è rappresentabile come sistema multi-agente. Grazie al supporto dello RLE, ogni singolo veicolo può diventare capace di:
 - a. interagire con gli altri veicoli, in modo da coordinarsi per evitare collisioni ma anche per ottimizzare il "throughput" complessivo del traffico veicolare in modo da minimizzare i tempi di trasporto ed evitare le congestioni;
 - b. ottenere informazioni rilevanti sull'ambiente circostante e sui potenziali rischi. I vari agenti possono cooperare fra loro e con RLE che è capace di estrarre conoscenza aggiornata dalla "Internet of Things";
 - c. effettuare pianificazione/ripianificazione dei percorsi in base alle condizioni della strada (determinate da informazioni esplicite e dall'input di sensori anche remoti) ed alle richieste/preferenze dei passeggeri;
 - e. gestire situazioni critiche quali quelle d'intervento proattivo nel caso di incidenti, con monitoraggio e diagnosi in tempo reale a supporto degli operatori dell'emergenza.
2. Gestione energetica intelligente del sistema 'veicolo elettrico' (ottimizzazione della carica della batteria e dei vari sottosistemi elettrici) ove, accanto ai controllori classici per il controllo di trazione e di assetto mediante motori elettrici (anche sensorless), controllori robusti per fault detection, monitoring, diagnosability e predictability per aumentare la sicurezza, e la gestione intelligente dei vari sottosistemi elettrici (pompa dell'acqua, ventilatore, etc.), si ha l'impiego di tecniche di intelligenza artificiale per la gestione del sistema veicolo (utilizzate assieme a tecniche di energy harvesting per la ricarica della batteria, predittive per es. da dati meteo, da vibrazioni e movimento dell'autoveicolo, dalla frenatura, da pannelli fotovoltaici, etc.).

2 Impatto Socio-Economico

Le linee di ricerca illustrate si collegano ai progetti scientifici (approvati ed in corso):

1. Progetto triennale "Coordinazione di veicoli autonomi senza equipaggio per prestazioni ad alta complessità", in svol-

gimento (2018–2020), finanziato dal MAECI (SAAP3 – progetti congiunti di ricerca scientifica e tecnologica tra Italia e Messico);

2. Progetto COMP4DRONES (“Framework of key enabling technologies for safe and autonomous drones’ applications”), ammesso a finanziamento dalla Comunità Europea (call H2020–ECSEL–2018–2–RIA–two–stage, kick–off: 1.10.2019), che prevede l’utilizzo di UAV e la realizzazione di dimostrati per casi d’uso specifici;

che prevedono la collaborazione con rilevanti industrie del settore, permettendo così di realizzare sperimentazioni su scenari di interesse locale, nazionale ed internazionale. In tale linea si colloca anche il ricercatore RTD/A recentemente assegnato dal MIUR per il Programma Operativo Nazionale Ricerca e Innovazione 2014–2020 “AIM: Attrazione e Mobilità Internazionale”.

Inoltre citiamo la connessione, riguardo alla gestione degli incidenti stradali e delle emergenze, con i progetti scientifici (sottomessi):

1. PRIN Machine Ethics: Autonomous Systems for the Health-Care;
2. H2020 Project FET–OPEN MITRA MITRA, A cognitive ICT platform for person–central assistance in everyday activities and health-care.

Infine, esse si collegano al progetto didattico (sottomesso):

1. E–PiCo (Electric Vehicle Propulsion & Control)

per la realizzazione di un percorso di Laurea Magistrale Internazionale con 4 sedi principali (Ecole Centrale de Nantes, Francia, la Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel / Kiel University, Germania, l’Università degli Studi dell’Aquila, e l’Universitatea Politehnica din Bucuresti, Romania), oltre a partners extra-europei (Cinvestav, Messico; Wuhan University, Cina; ITB Indonesia; ETS Canada) e varie industrie e imprese nel campo industriale dell’automotive (Renault Group, Francia; IAV GMBH and Jungheinrich, Germania; TEKNE, Modis, Honda, P2C, DigiPower, Italia).

I progetti sopra citati prevedono collaborazioni con industrie locali, nazionali ed internazionali, partecipanti ai consorzi, che permetteranno di realizzare i dimostratori proposti, fornendo la tecnologia necessaria. L’esposizione a collaborazioni nell’ambito dei progetti europei permetterà di proiettare le nostre attività a livello internazionale, con collaborazioni scientifiche e tecnologiche nell’ambito di casi d’uso proposti dai partner. Sarà inoltre possibile:

1. avere ricadute estremamente positive nel campo della mobilità sostenibile e nella realizzazione di veicoli più sicuri ed efficienti;
2. attrarre nel bacino dell’Università dell’Aquila grandi player nazionali e internazionali dell’innovazione;
3. rafforzare l’integrazione e la valorizzazione delle risorse territoriali nelle filiere della ricerca e dell’innovazione, promuovendo collaborazioni con altre regioni e altri paesi;
4. promuovere interventi in grado di intercettare e coinvolgere altre imprese del territorio;
5. realizzare infrastrutture e sistemi per l’erogazione di servizi innovativi d’interesse nazionale, con il coinvolgimento del tessuto industriale locale;
6. valorizzare la diffusione dei risultati della ricerca, favorendone la loro applicazione industriale.

3 Risultati preliminari conseguiti

Questo progetto permetterà di aumentare le competenze e le pubblicazioni scientifiche nel campo della mobilità sostenibile, con l’in-

serimento di strategie di controllo che mirano a migliorare la qualità software ed hardware dei sistemi ICT immersi, presenti sui moderni autoveicoli e specifici per gli intelligent transport systems. Il progetto nasce dalla sinergia fra due gruppi di ricerca del Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell’Informazione, e Matematica dell’Università dell’Aquila.

La linea di ricerca “automotive” del Centro di Eccellenza DEWS ha come focus l’area “sistema veicolo”, orientato alla progettazione e produzione di componentistica e sistemistica per i vettori di trasporto automobilistico. Il fine è di fornire soluzioni innovative sostenibili, affidabili, sicure e pulite, che possano essere facilmente trasferite nella produzione industriale. Il gruppo di ricerca AAAI@AQ (Artificial Agents and Artificial Intelligence, leader Stefania Costantini) sta lavorando da alcuni anni nel campo degli agenti intelligenti capaci di auto-diagnosi e auto-correzione al tempo di esecuzione, e capaci, quando partecipano a MAS (Multi-Agent Systems) di mettere in atto strategie avanzate per la pianificazione congiunta. Questi agenti sono particolarmente adatti per implementare lo RLE dei veicoli autonomi. Anche gli aspetti etici, imprescindibili nel contesto di applicazioni a veicoli autonomi, sono stati presi in considerazione.

Si veda la bibliografia in calce in merito ad alcuni dei risultati già raggiunti.

Riferimenti bibliografici

- [1] Costantini, S., De Gasperis, G., Dyoub, A., Pitoni, V.: Trustworthiness and Safety for Intelligent Ethical Logical Agents via Interval Temporal Logic and Runtime Self-Checking. AAAI Spring Symposia 2018, AAAI Press.
- [2] Costantini, S., De Gasperis, G.: Dynamic Goal Decomposition and Planning in MAS for Highly Changing Environments. IJCAI 2018 “Goal Reasoning” Workshop: 40–54
- [3] Costantini, S., De Gasperis, G.: Runtime self-checking via temporal (meta-)axioms for assurance of logical agent systems. In Bulling, N., van der Hoek, W., eds.: Proceedings of LAMAS 2014, 7th Workshop on Logical Aspects of Multi-Agent Systems, held at AAMAS 2014. (2014) 241–255 Also in: Proceedings of the 29th Italian Conf. on Computational Logic, CEUR Workshop Proceedings 1195.
- [4] Costantini, S., Riveret, R.: Complex events and actions in logical agents. In: Proceedings of the 29th Italian Conference on Computational Logic. Volume 1195 of CEUR Workshop Proceedings., CEUR-WS.org (2014) 256–271
- [5] Kabbani, T., Di Gennaro, S.: Automatic Synthesis via Tulip of an Autonomous Vehicle Controller Ensuring Collision Avoidance. 57th IEEE Conference on Decision and Control, CDC 2018, Proceedings: 6699–6704
- [6] S. Di Gennaro, J. Rivera, and M.A. Meza, Sensorless High Order Sliding Mode Control of Induction Motors with Core Loss, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 61, No. 6, pp. 2678–2689, 2014.
- [7] A. Navarrete Guzmán, S. Di Gennaro, J. Rivera Domínguez, C. Acosta Lúa, A.G. Loukianov, and B. Castillo–Toledo, Enhanced Discrete–Time Modeling via Variational Integrators and Digital Controller Design for Ground Vehicles, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 63, No. 10, pp. 6375–6385, 2016.
- [8] C. Acosta Lúa S. Di Gennaro, A. Navarrete Guzman, S. Ortega Cisneros, and J. Rivera Domínguez, Digital Implementation via FPGA of Controllers for Active Control of Ground Vehicles, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Early Access.