SISTEMI DI ELABORAZIONE INTELLIGENTI PER LA MOBILITA' SOSTENIBILE

Antonello Rizzi, Fabio Massimo Frattale Mascioli, Guido Del Vescovo, Maurizio Paschero

Polo per la Mobilità Sostenibile, Dipartimento INFOCOM
Università di Roma "La Sapienza"

Le attività di ricerca e sviluppo svolte nel reparto "Sistemi di Elaborazione Intelligenti" presso il Polo della Mobilità Sostenibile (POMOS) sito in Cisterna di Latina si articolano in vari ambiti legati alla gestione energetica, al monitoraggio e alla diagnostica di veicoli elettrici ed ibridi, ai sistemi di trasporto intelligenti. I progetti sviluppati nell'ultimo anno di attività possono essere ricapitolati nei seguenti tre argomenti.

Diagnostica su cuscinetti a sfera. Il progetto consiste nello sviluppo di algoritmi per la rilevazione di difetti e per la stima dello stato di usura di cuscinetti rotanti, allo scopo di realizzare sistemi di manutenzione predittiva. Usualmente, infatti, la rottura di un cuscinetto provoca danni significativi sia in termini economici che di sicurezza. Un cuscinetto danneggiato infatti può compromettere il funzionamento sicuro dei dispositivi meccanici coinvolti, nonché arrestarne l'operatività per un certo periodo provocando danni economici. In casi in cui l'evento di rottura ha conseguenze particolarmente severe solitamente si attua una politica di prevenzione basata sulla sostituzione programmata. Un sistema in grado di valutare in modo affidabile e non invasivo lo stato di usura di un cuscinetto o la presenza di difetti venutisi a creare durante il funzionamento (scalfitture, micro crepe, ecc.) consente di passare a politiche di manutenzione predittiva, in cui solo i cuscinetti effettivamente a rischio di rottura imminente vengono sostituiti. Il sistema proposto si basa sull'analisi delle vibrazioni misurate tramite sensori accelerometrici applicati alla scocca di motori che usano cuscinetti rotanti al loro interno. I segnali accelerometrici, una volta condizionati e digitalizzati, vengono sottoposti ad un'analisi di tipo spettrale. Il modulo della Trasformata di Fourier Discreta di una finestra di segnale (calcolata tramite algoritmo FFT) viene segmentato in M bande equispaziate. Su ciascuna banda si effettua un'operazione di integrazione volta a calcolare l'energia del segnale limitatamente alla banda stessa. Tramite un'operazione di normalizzazione si ottiene un vettore di M componenti, che rappresentano la frazione di energia in ciascuna banda. Le situazioni a rischio sono facilmente identificabili a partire da questo vettore, a causa dell'amplificazione delle armoniche di ordine superiore in caso di presenza di difetti che minano la regolarità dello scorrimento delle varie parti nel cuscinetto. Ciascun vettore ottenuto dalla finestrazione dei segnali provenienti da cuscinetti difettosi viene inoltre etichettato in base alla tipologia, all'entità e alla collocazione del difetto presente (difetto presente nel cuscinetto lato motore o lato carico, piccola, media o grave entità del difetto, difetto situato nella corsa interna o esterna, o in una sfera del cuscinetto). Il vettore etichettato così ottenuto viene utilizzato per alimentare un sistema di classificazione chiamato a discriminare le varie classi di difetto. I test effettuati con classificatori di tipo Neurofuzzy Min-Max e Support Vector Machine dimostrano l'alta efficacia del sistema nell'individuare i difetti [1].

Monitoraggio veicolare onboard. La disponibilità di piattaforme di calcolo embedded a costi competitivi rende appetibile l'applicazione della strumentazione virtuale in ambito

automotive. Con il termine strumentazione virtuale si intende un sistema capace di emulare su uno schermo la strumentazione classica presente su un veicolo, offrendo inoltre i presupposti per una serie di funzionalità aggiuntive atte a migliorare l'interfaccia tra uomo e macchina o più semplicemente la possibilità di personalizzazione del veicolo, ad esempio consentendo al conducente di scegliere cosa ed in che modo visualizzare sul cruscotto. Inoltre la gestione elettronica dei segnali nell'autoveicolo consente funzioni avanzate come ad esempio il monitoraggio e la diagnostica in tempo reale, permettendo di rilevare eventuali anomalie nel flusso dei dati atteso e di segnalare tale anomalia al guidatore. La totalità di queste funzioni è affidata ad un'unità di elaborazione dedicata. Tale unità dialoga su CAN bus con l'unità principale di controllo del power train al fine di fornire ulteriori servizi, come ad esempio la selezione della strategia di gestione dei flussi energetici che potrà variare a seconda dei contesti di utilizzo del veicolo. Il sistema in fase di sviluppo consiste in un pacchetto di moduli software in C/C++ che implementa funzionalità intermedie tra lo strato software dei driver di dispositivo e quello dell'applicazione finale. Sono state implementate primitive grafiche per lo sviluppo rapido di dashboard digitali per veicoli, moduli per il data logging su memoria flash, moduli dedicati all'acquisizione dati endogeni rispetto al veicolo (CAN bus, RS232, georeferenziazione GPS) ed esogeni (segnali provenienti da reti di telecomunicazione extraveicolari). Tutti i moduli sono pensati per girare come processi indipendenti sul sistema di calcolo e per comunicare tra di loro per mezzo di meccanismi interprocesso tramite segnali e segmenti di memoria condivisa.

Libreria C++ per il Soft Computing ed il Pattern Recognition. Il linguaggio C++ fornisce eccezionali potenzialità per lo sviluppo di codice che coniughi le esigenze di modularità, eleganza e leggibilità, con quelle di portabilità ed efficienza computazionale. In particolare il meccanismo dei template consente di attuare tecniche di polimorfismo statico per realizzare codice avente un alto grado di flessibilità e riutilizzabilità, ma che non paghi per questo significative penalità in termini di efficienza una volta compilato. E' inoltre da tenere in considerazione la disponibilità di compilatori C++ per un elevato numero di piattaforme hardware, comprese quelle dedicate a sistemi embedded (architetture ARM, DSP, ecc...). Il progetto in fase di sviluppo consiste in una libreria di classi template scritte in C++ che fornisca implementazioni di algoritmi di machine learning, ottimizzazione evolutiva e logica fuzzy. Allo stato attuale la libreria comprende già realizzazioni di algoritmi di clustering, algoritmi genetici, sistemi di classificazione e approssimazione funzionale e logica fuzzy. La libreria è orientata anche alla manipolazione di dati strutturati e al Granular Computing. Gli oggetti della libreria costituiscono un supporto per l'implementazione di algoritmi di apprendimento e modellamento data driven, nonché per il controllo fuzzy, che possono essere utilmente impiegati in ambito automotive, sia a bordo del veicolo che in fase di progettazione e sperimentazione. Gli algoritmi evolutivi implementati sono stati utilizzati in [2] per la stima dei parametri caratteristici di batterie ai polimeri di litio.

- [1] Guido Del Vescovo, Maurizio Paschero, Antonello Rizzi, Roberto Di Salvo, Fabio Massimo Frattale Mascioli, "Multi-fault diagnosis of rolling-element bearings in electric machines", *ICEM 2010- XIX International Conference on Electrical Machines*.
- [2] Maurizio Paschero, Vito Di Giacomo, Guido Del Vescovo, Antonello Rizzi, Fabio Massimo Frattale Mascioli, "Estimation of Lithium Polymer cell characteristic parameters through genetic algorithms", *ICEM 2010- XIX International Conference on Electrical Machines*.