

SWAM Rail – (REELEVA Data for Safety):

Sistema Wireless Autoalimentato per il Monitoraggio ferroviario dei carri merce

Aurelio Somà (Docente – Politecnico di Torino), Federico Fraccarollo (Ingegnere progettista - Movimatica srl), Carlo Ballauri (Direttore tecnico – LCA Ballauri srl), Gianpiero Aricò (Ingegnere progettista – Capetti Elettronica srl) - a.errichiello@lcallbackauri.com

Il contesto entro cui si sviluppa l'attività di questo progetto è quello dei sistemi di monitoraggio diagnostico e della sicurezza dei veicoli ferroviari tipo merci. Il carro merci è tuttora un veicolo tecnologicamente povero non avendo a bordo alcuna forma di energia elettrica e questo ne ha impedito una sua evoluzione tecnologica; ciò a discapito di una sua adeguata gestione manutentiva, legata unicamente al tempo trascorso e non alle effettive condizioni degli apparati, con inevitabili riflessi sugli aspetti di sicurezza.

L'attività sviluppata con il Progetto SWAM Rail (REELEVA) si è prefisso quindi l'obiettivo di realizzare un sistema adatto per il monitoraggio dei veicoli merci capace di sopperire alla mancanza di alimentazione a bordo introducendo particolari generatori capaci di convertire l'energia cinetica del veicolo in movimento in energia elettrica, rendendo così possibile l'alimentazione di sensori e strumenti elettronici capaci di rilevare in modo idoneo guasti e anomalie del veicolo aumentandone produttività e sicurezza di marcia. L'individuazione delle problematiche di deterioramento e danneggiamento degli organi rotanti, portano come positive conseguenze minori costi di gestione, affidabilità del sistema, sicurezza per gli operatori, avanzamento tecnologico del settore e incremento della competitività sul mercato dei soggetti proponenti. Il progetto in sintesi realizza uno strumento da impiegare in fase di installazione/revisione di tutti i carri merci, in grado di monitorare le reali condizioni di utilizzo/usura del veicolo ferroviario. In parallelo, il sistema è in grado di sviluppare un servizio di trasferimento via CLOUD di tutti i dati raccolti a bordo veicolo così da poter effettuare una diagnostica in remoto del carro, implementando quindi una serie di procedure decisionali atte ad aumentare la sicurezza e il numero di missioni utili tra due manutenzioni consecutive, difatti creando il Carro merci connesso 4.0. L'intero sistema funziona in modalità wireless quindi senza alcun tipo di cablaggio a bordo e perciò di facile installazione. Si compone di 8 coperchi boccola per ciascun carro, sensorizzati ed autoalimentati, e di 1 Concentratore, "wireless connected", atti alla rilevazione dei parametri vitali del carrello: velocità, temperatura e vibrazioni degli organi del carrello. Il sistema è atto ad essere applicato, con opportuni adattamenti, anche su altre tipologie di veicolo non espressamente di tipo ferroviario.

Motivazioni alla base dell'attuazione del Progetto e problematiche alle quali si vuole dare risposta

Alla luce quindi degli aspetti e delle problematiche che si riscontrano nel settore ferroviario tipo merci legate a bisogni oggettivi del settore in termini di sicurezza del trasporto, manutenzione e logistica, il Progetto si prefigge come obiettivo quello di mettere a punto un sistema di monitoraggio/diagnostica integrata in grado di fornire informazioni utili e allarmi per fini manutentivi, di sicurezza e logistici.

Il progetto innovativo "S.W.A.M. Rail", frutto di una ricerca avanzata coperta da una serie di brevetti, raggiunge lo scopo di effettuare un monitoraggio continuo del carro con due risultati importanti:

- fornire al Freight Operator informazione in real time delle condizioni di esercizio del carro ed eventuali insorgenze di degradi manutentivi e funzionali
- permettere l'esercizio del carro in sicurezza, evitando rischi di incidenti e di deragliamenti e relative conseguenze di danni a persone e cose

Oltre alle suddette funzioni primarie, il Progetto include anche funzioni aggiuntive ausiliarie di supporto ai Freight Operators, come la localizzazione continua del carro per fini logistici di Fleet Management.

Il Progetto si prefigge di condividere le esperienze maturate in tale ambito dal gruppo di ricerca del Politecnico e dalle aziende del partneriato al fine di realizzare uno strumento idoneo alla manutenzione e segnalazione guasti del carro ferroviario attraverso il monitoraggio degli elementi fondamentali/critici del veicolo stesso. Tale sistema dovrà essere in grado di costituire un valido segnalatore di eccessiva usura di componenti vitali del carrello ferroviario ed in particolare di poter essere utilizzato, attraverso l'implementazione di opportuni algoritmi di allarmi, come segnalatore di eventi catastrofici quali il deragliamento o lo svio dei carri merci. Verranno quindi in seguito maggiormente dettagliate le problematiche legate al trasporto ferroviario tipo merci e le soluzioni proposte con particolare attenzione agli aspetti di:

- sicurezza del trasporto
- proattività ed efficacia della manutenzione su base diagnostica/predittiva
- logistica

Descrizione degli elementi innovativi del Progetto e miglioramenti rispetto allo stato dell'arte

La prima problematica tecnica affrontata è quella relativa alla mancanza di alimentazione a bordo veicolo, risolta in maniera innovativa introducendo il concetto di autoalimentazione dei due dispositivi, coperchio boccola e concentratore, attraverso tecniche di energy harvesting, cioè attraverso la conversione in potenza elettrica dell'energia meccanica espressa in varie forme e presente sul veicolo. In particolare verrà sfruttata l'energia presente sotto forma di vibrazione per via del moto del veicolo lungo la linea ferroviaria per l'alimentazione del concentratore. Questa tecnologia è già stata sviluppata e testata in linea su veicolo da Movimatica in collaborazione con il DIMEAS Politecnico di Torino.

Attraverso il recupero dell'energia cinetica dovuta alla rotazione dell'assale verrà invece alimentato il coperchio boccola sensorizzato. La tecnica e la procedura realizzativa dell'harvester lato boccola sono contenute anch'esse in un brevetto. Le soluzioni descritte risolvono oltre all'esplicito problema di alimentazione, anche gli eventuali oneri manutentivi per via della sostituzione delle batterie, indispensabili per il funzionamento della componentistica elettronica, aumentando l'efficienza e la proattività dell'intero sistema di monitoraggio.

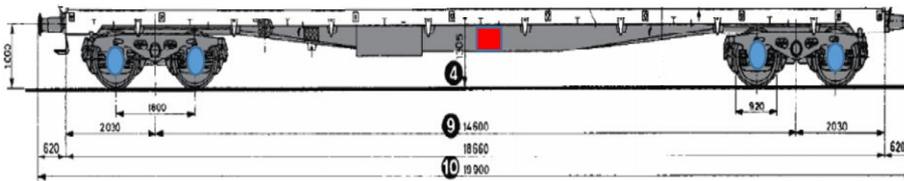
La seconda problematica tecnica affrontata riguarda il sistema di comunicazione e trasmissione dei dati campionati durante l'esercizio del sistema di monitoraggio sul veicolo. Tutta la parte di comunicazione tra locomotore e coperchio boccola e tra coperchi boccola e concentratore, verrà realizzata attraverso un sistema di comunicazione wireless in grado di superare in maniera innovativa il tema del cablaggio dell'intero convoglio per la trasmissione dei segnali dati con indiscutibili vantaggi in termini di abbattimento dei costi di installazione e manutenzione del sistema di monitoraggio e diagnostica. Ulteriore vantaggio della comunicazione wireless risiede nel fatto che, adottando questa tecnologia, risulta estremamente semplice il monitoraggio di carri di operatori ferroviari diversi trazionati dallo stesso locomotore, secondo la disposizione che in gergo viene definita come "composizione mista".

Come terzo aspetto innovativo del progetto va enfatizzato l'aspetto realizzativo del componente coperchio boccola sensorizzato in quanto questo viene prodotto a partire da un coperchio "standard" in uso su tutte le boccole ferroviarie tipo merci, sia già costruite sia di nuova produzione. Questa operazione è resa possibile grazie all'alta integrabilità derivante dalle dimensioni ridotte sia del generatore harvester, sia della sensoristica MEMS utilizzata per il monitoraggio. L'utilizzo di un coperchio "standard" permette di estendere il montaggio del dispositivo di monitoraggio su tutti i carri sia di nuova costruzione sia già circolanti senza bisogno di interventi di adattamento alle differenti strutture dei carri, estendendo di fatto

le possibilità commerciali a livello internazionale, non esistendo di fatto alcuna limitazione tecnologica per il retrofit del materiale rotabile.

Architettura di sistema: descrizione, configurazione, servizio in Cloud

Il sistema dovrà prevedere per ogni boccola del carrello un coperchio sensorizzato in grado di monitorare, memorizzare in locale e trasmettere in *wireless mode* parametri significativi per la diagnostica dello stato del corpo boccola stesso e delle condizioni di marcia del veicolo attraverso opportuni algoritmi in grado di segnalare la presenza di anomalie dinamiche e strutturali del carro. Ogni carro sarà altresì dotato di un localizzatore/concentratore in grado di trasmettere via rete GPRS i dati raccolti dai vari coperchi-boccola, così da realizzare uno strumento integrato per la diagnostica e il monitoraggio remoto. La Figura 1 mostra l'architettura del sistema proposto dal Progetto.



	Tappo boccola sensorizzato
	Localizzatore/concentratore carro
Fabbisogno carro	
n. 8 coperchi boccola per carro	
n. 1 localizzatore/concentratore per carro	

Figura 1. Layout carro sensorizzato e dettaglio coperchio sensorizzato

Il sistema di monitoraggio così descritto sarà in grado di acquisire e opportunamente elaborare e trasmettere i parametri di marcia/funzionali del carro utili sia a fini manutentivi che di sicurezza.

I dati monitorati dovranno essere:

1. salvati totalmente in locale su apposite memorie (funzione *black box*);
2. inviati dopo opportuna elaborazione al localizzatore/concentratore per l'invio in *cloud* al fine di realizzare *health remote monitoring e/o information alert geo* localizzate;
3. inviati dopo opportuna elaborazione (e messa a punto di un opportuno sistema di trasmissione) al locomotore, sotto forma di segnali di allarme, al verificarsi del superamento di soglie limite (esempio: elevati valori di accelerazione causate da avvenuto deragliament) per un intervento tempestivo del trazionista.

La comunicazione:

- coperchi boccole – locomotore
- coperchi boccole –concentratore

dovrà avvenire in modalità wireless con opportuni accorgimenti di gestione rete tra *gateway - router - end device*.

Questo aspetto della comunicazione wireless a livello convoglio risulta fondamentale per implementare opportune procedure per migliorare la sicurezza del trasporto. Come mostrato in Figura 2, oggi non esiste alcun tipo di comunicazione tra carro e locomotore. Di fatto i carri del convoglio vengono trainati lungo la linea e gli unici feedback sulle condizioni di marcia giungono al macchinista, o tramite

informazioni/segnalazioni dei gestori della rete ferroviaria, o tramite la propria sensibilità nelle operazioni di manovra. All'interno del Progetto, i Partners cercheranno di mettere a punto, come detto, una rete di comunicazione e segnalazione tra carro e locomotore, così che situazioni potenzialmente pericolose possano essere tempestivamente riconosciute e le opportune manovre correttive poste in essere.

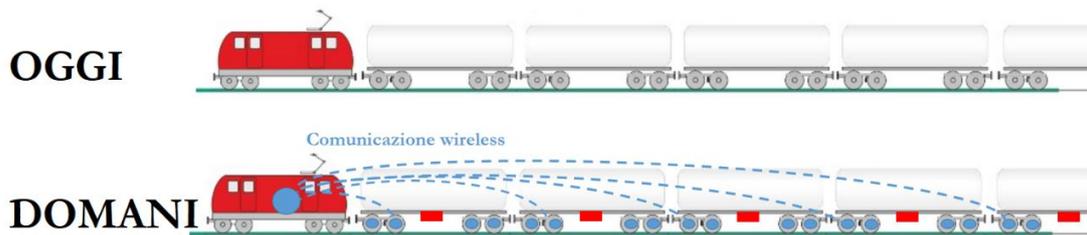


Figura 2. Installazione e condizioni di marcia

Il concentratore avrà la funzione di raccogliere tutte le informazioni provenienti dai vari coperchi-boccola (indici, stati di alert, etc) e di inviarli tramite rete GPRS al Web Server Cloud (WSC) così da poter essere utilizzati dall'End User per il monitoraggio remoto per fini logistici/manutentivi per la gestione della flotta, come mostrato in Figura 3.

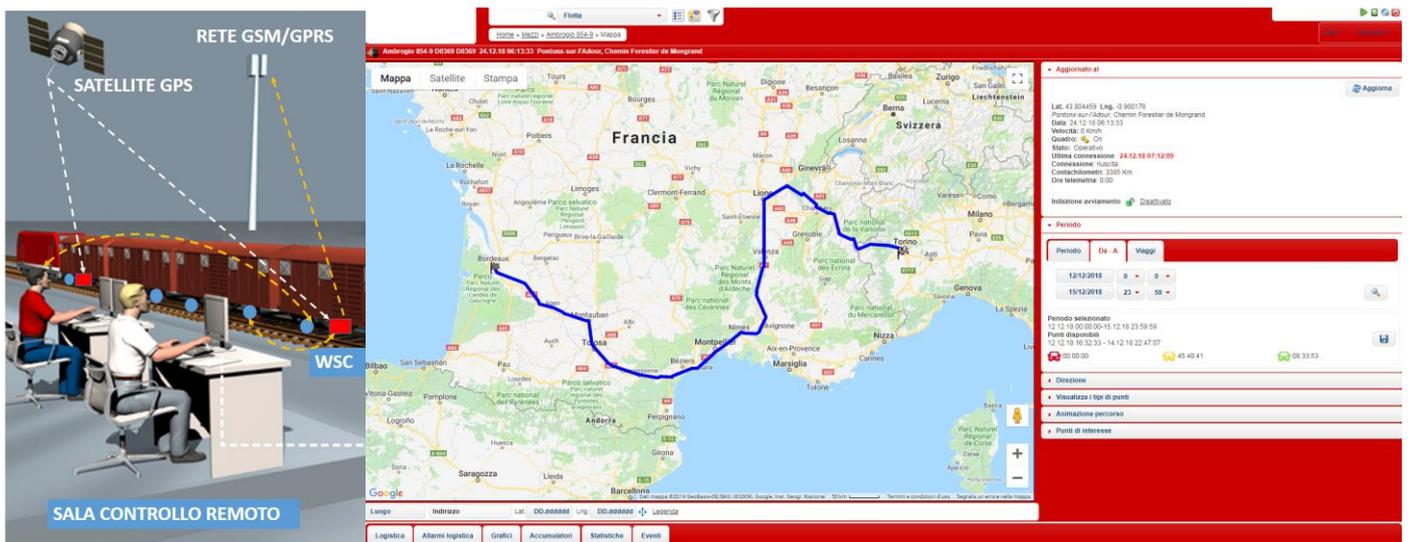


Figura 3. Monitoraggio remoto

Al fine di migliorare le prestazioni e l'affidabilità dell'intero sistema di monitoraggio/comunicazione tutti gli elementi del sistema coperchi boccola e localizzatore/concentratore saranno dotati di opportuni dispositivi di energy harvesting in particolare:

- *kinetic energy harvesting device* per i coperchi boccola
- *vibration energy harvesting device* per il localizzatore/concentratore

Per quanto fin qui espresso i benefits per gli *end user* ferroviari derivanti dall'utilizzo del sistema di monitoraggio del Progetto descritto sono rappresentati da:

- monitoraggio del carro per conoscere le reali condizioni di usura dei suoi componenti a vantaggio di una manutenzione non schedulata su base temporale con relativo abbattimento dei costi di manutenzione;

- identificazione e trasmissione di allarmi direttamente al macchinista per evitare danneggiamenti al carro o alla linea in caso di guasto o deragliamenti. I danni all'infrastruttura possono valere milioni di Euro tra ripristino della linea ed interruzione del servizio;
- diminuzione dei premi assicurativi legati al chilometraggio e allo stato manutentivo certificato del veicolo;
- Informazione logistica del carro per gli operatori che basano il loro core business su questo aspetto;
- Telemetria remota. Permette di pianificare la manutenzione identificando la variazione e la deriva di alcuni parametri misurati nel tempo;
- Il sistema è di facile installazione e non invasivo sul carro sia per quanto riguarda i coperchi boccola che per il localizzatore/concentratore;
- Il servizio stesso in *cloud* è facile. Non necessita di installazione di software per la gestione dei dati di telemetria. Tutti i dati sono "trasparenti" e visibili sul web;
- L'auto alimentazione di tutto il sistema lo rende più efficace di un sistema a batteria con il vantaggio di nessuna manutenzione o possibile non funzionamento a causa dello *shutdown* per mancanza di potenza elettrica;
- Possibile segnalazione di furto e/o manomissione del carico;
- Sistema integrato di logistica e monitoraggio.

Monitoraggio settori trasversali: settore macchine movimento terra

Verranno realizzati due dimostratori di cui uno denominato concentratore auto alimentato applicato sulla parte body del veicolo che permette di trasmettere i dati al CLOUD. Parallelamente viene realizzato il dimostratore costituito da coperchio boccola sensorizzato e auto alimentato che rileva le grandezze fisiche locali del sistema meccanico e le trasmette in rete wireless al concentratore. Assemblando adeguatamente i dimostratori si possono individuare applicazioni nell'ambito del monitoraggio dei grandi veicoli quali ad esempio le macchine movimento terra dove dimensioni e gravosità di esercizio sono affini al settore ferroviario del trasporto merci.