



## Sistemi di protezione e controllo della marcia dei treni (ETCS, SCMT, SSC): applicazioni e sviluppi per la rete ferroviaria nazionale italiana

### Train running protection control systems (ETCS, SCMT, SSC): applications and developments for the Italian railway system

*Dott. Ing. Fabio SENESI<sup>(\*)</sup>*

**SOMMARIO** - L'articolo presenta una sintesi dello sviluppo e della realizzazione dei sistemi di protezione e controllo automatici della marcia del treno SCMT (Sistema Controllo Marcia Treno), ETCS (European Train Control System) ed SSC (Sistema Supporto Condotta), introdotti recentemente ed in modo parallelo sulle diverse linee della rete ferroviaria nazionale italiana e sul Materiale Rotabile ammessovi a circolare. Viene indicato il contesto di riferimento, internazionale e nazionale che ha visto e determinato l'introduzione di tali sistemi, di cui si evidenziano le principali caratteristiche, particolarità e applicazioni, integrazione e interoperabilità nonché gli studi in corso presso Rete Ferroviaria Italiana per i possibili sviluppi futuri; di questi ultimi sono tratteggiati gli aspetti più significativi.

**SUMMARY** - The article presents a summary of development and production of SCMT (Train Running Control System - Sistema Controllo Marcia Treno), ETCS (European Train Control System) and SSC (Driving Support System - Sistema Supporto Condotta) automatic train running protection and control systems, recently and in parallel introduced on several lines of the Italian railway system and on rolling stock authorised to run within it. The international and national background that determined the introduction of such systems is outlined with particular reference to its main characteristics, details, applications, integration and interoperability as well as current studies being conducted in RFI in relation to future developments. With regards to the latter, the most significant features are outlined.

#### 1. Contesto e generalità dei sistemi di protezione

Il contesto operativo in cui si è condotto il processo dell'introduzione dei sistemi di protezione e controllo della marcia del treno è costituito dalle Direttive della Comunità Europea sull'Interoperabilità per le linee della rete AV e convenzionale, dalle relative Specifiche Tecniche d'Interoperabilità (STI) per il segnalamento, dalla normativa tecnica di settore emanata dal CENELEC, da indirizzi e direttive ministeriali e soprattutto dall'assetto tecnologico della rete ferroviaria nazionale relativo all'impiantistica di segnalamento.

I sistemi di distanziamento già esistenti prima dell'introduzione dei sistemi SCMT/ETCS/SSC come il Blocco Elettrico Manuale, il Blocco Conta Assi ed il Blocco Automatico a correnti fisse non consentivano per nulla la protezione automatica degli eventuali errori del Personale di Condotta (PdC), rispetto ai vari vincoli di marcia (segnalamento, caratteristiche della linea, materiale rotabile, etc.) mentre il Blocco Automatico a correnti codificate

#### 1. Context and features of protection systems

The operational context within which the process of introduction of train running protection and control systems was conducted, is represented by the European Community Directive on the Interoperability of the High Speed and conventional network lines, by the related Interoperability Technical Specifications (STI) for signalling, by sector technical standards issued by CENELEC, by ministry guidelines and directives and mainly by the technological trim of the national railway network in relation to signalling systems.

The spacing systems existing prior to the introduction of SCMT/ETCS/SSC systems such as the Manual Electric Block System, the Axle Counting Block System and the Fixed Current Automatic Block System did not allow any automatic protection from possible errors of Driving Personnel (PdC), in relation to various movement constraints (signalling, line characteristics, rolling stock, etc.) whilst the Automatic Coded Current Block System for continuous

<sup>(\*)</sup> RFI Direzione Tecnica - Responsabile Progetto ATC (ETCS, SCMT, SSC).

<sup>(\*)</sup> RFI Technical Committee - Project Manager ATC (ETCS, SCMT, SSC).

TABELLA 1

TABLE 1

CONTESTO CRONOLOGICO DELL'INTRODUZIONE DI SCMT, ETCS, SSC NELLA RETE FERROVIARIA NAZIONALE. CHRONOLOGICAL CONTEXT OF THE INTRODUCTION OF SCMT, ETCS, SSC SYSTEMS IN THE NATIONAL RAILWAY NETWORK

Anno Year	Linee e materiale rotabile non AV Conventional lines and rolling stock (not High Speed)			Linee e materiale rotabile AV HS lines and rolling stock
19xx-90	Blocco Telefonico; Blocco Elettrico Manuale Blocco Conta Assi, Blocco a Correnti codificate (4 codici) Telephone Block; Manual Electric Block; Axle-Counter Block; Coded Current Block (4 codes)			Blocco Automatico correnti codificate a 9 codici (1978) Coded current Automatic Block with 9 codes (1978)
1990-98	Sperimentazione ATC 12 bit e ATC 180 bit ATC 12 bit and ATC 180 bit experimentation	Direttiva-Directive 91/440 Direttiva-Directive 96/48		IPOTESI TVM 440 HYPOTHESIS TVM 440
1999	IPOTESI ATP e SCMT HYPOTHESIS ATP and SCMT	Decisione per SRS UNISIG per ETMS/ETCS v.2.0.0 Decision for SRS UNISIG EYMS/ETCS		IPOTESI ETCS L2 HYPOTHESIS ETCS L2
2000-01	Specifiche SCMT (RSDD 180 bit integrato con RSC) (HW UNISIG) SCMT specifications (RSDD 180 bit integrated with RSC) (HW UNISIG)	Decisione per SRS UNISIG ETMS/ETCS v. 2.2.2 Decision for SRS UNISIG ETMS/ETCS v. 2.2.2	DL 199/2001 Direttiva Ministeriale DL 199/2001 Minister's Directive	Specifiche ETCS Livello 2 per linee AV Italia SRS 222 + CR Level 2 ETCS specifications for Italian HS lines SRS 222 + CR
2003-04	Inizio realizzazioni SCMT Teste di Serie Materiale Rotabile Start-up of SCMT implementation Rolling stock prototypes	Nascita Agenzia Ferroviaria Europea Direttiva 49,50,51/2004 Creation of the European Railway Agency Directive 49,50,51/2004	D.Leg 188/2004	
2005-06	Specifiche SSC (BL1) e inizio realizzazioni SSC SSC (BL1) Specifications and start-up of SSC implementation			Attivazione Linee AV ERTMS/ETCS Livello 2 Roma-Napoli e TO-NO Placing into operation of Rome- Naples and Turin-Novara HS lines with Level 2 ERTMS/ETCS
2007	Attivati 12.000 km SCMT 4.800 km SSC 2000 Rotabili Attrezzati Placed into operation 12.000 km with SCMT and 4.800 km with SSC 2000 trains equipped	Decisione per SRS UNISIG ETMS/ETCS v. 2.3.0d Decision for SRS UNISIG ERTMS/ETCS v. 2.3.0. d	Nascita Agenzia Sicurezza Ferroviaria Italiana Dir. Min. 81T Creation of the Italian Railway Safety Agency Minister's Directive 81T	
2008	SSC SSB Baseline 3	Mou Migrazione ERTMS versione 3.0.0		Attivazione Linee AV Milano-Bologna SRS 230d Placing into operation of Milan- Bologna HS line with SRS 230d
2009	Sperimentazione Sovrapp. ETCS L1 su SCMT/RSC su Corridoi EU e Sovrapp. ETCS L2 su SCMT/RSC Experimentation on ETCS L1 overlapping to SCMT/RSC on EU corridors and ETCS L2 overlapping to SCMT/RSC		Materiale rotabile e reti attrezzate con SSC o SCMT Networks and rolling stock equipped with SSC or SCMT	Attivazione Linee AV Bologna Firenze e Novara-Milano e penetrazione Nodo Napoli Placing into operation of Bologna- Florence and Novara-Milan HS lines and connection to Naples railway node

per la ripetizione segnali continua in macchina (progetto di derivazione americana), offriva una parziale protezione automatica associata principalmente alla funzione di garantire il distanziamento fra treni. In tale scenario a metà degli anni ottanta dello scorso secolo le FS ripresero gli studi per l'introduzione di sistemi che completassero l'impiantistica esistente con funzioni di Automatic Train Protection (ATP) o Automatic Train Control (ATC), avendo sullo sfondo le soluzioni adottate da altre amministrazioni ferroviarie come rispettivamente il TVM e il KVB in Francia o l'LZB ed il PZB in Germania.

Le prime sperimentazioni furono condotte inizialmente (fine anni ottanta) su un bacino pilota nei dintorni di Tivoli e poi, nella seconda metà anni novanta, sulla linea Cremona-Treviglio (boe a 12 bit utili). In base all'esperienza di questa seconda sperimentazione furono definite le prime specifiche dei requisiti del futuro SCMT (dapprima con boe a 256 bit, di cui 180 utili, e poi con quelle a 1024 bit).

on-vehicle signal repetition (an American derived project), offered partial automatic protection associated mainly with the function of ensuring spacing between trains. Given this scenario, in the mid-eighties of the last century the FS restarted studies on the introduction of systems that would complete the existing installations with Automatic Train Protection functions (ATP) or Automatic Train Control (ATC), with the solutions adopted by other railway administrations such as, respectively, the TVM and the KVB in France or the LZB and the PZB in Germany.

The first experimentation was initially conducted (in the late eighties) on a pilot basin in the area of Tivoli and thereafter, in the second half of the nineties, on the Cremona-Treviglio line (balises at 12 working bit). Based on the experience of this second experimentation the first specifications concerning the requirements of the future SCMT were defined (firstly with 256 bit balises, of which 180 working bit, and later with those at 1024 bit).

In quegli stessi anni gli Organi Comunitari emanavano apposite Direttive per promuovere l'interoperabilità ferroviaria, seguite dalle specifiche tecniche di interoperabilità, tra cui quelle per i sistemi di comando e controllo dei treni. Ciò ha portato in particolare alla definizione di standard di interfacciamento terra-treno con la definizione e sviluppo ad esempio dei prodotti eurobalise ed antenne lato treno (BTM – Balise Transmission Module) o il GSM-R ed il protocollo EURORADIO e in modo particolare per i sistemi ATP/ATC, al dettaglio della standardizzazione degli aspetti fisici e logici della comunicazione delle informazioni trasmessi in forma digitale fra terra e treno. In tabella 1 è sintetizzato il percorso e il contesto cronologico dell'introduzione dei sistemi ATP/ATC SCMT/ETCS ed SSC nella rete ferroviaria nazionale e sul Materiale Rotabile ammessovi a circolare.

I sistemi ATP/ATC, come SCMT, SSC ed ETCS, sono "Data Driven" cioè guidati dai dati di infrastruttura e di bordo che rappresentano la sintesi in forma digitale delle relative caratteristiche necessarie al comando e controllo dei treni. Per realizzare l'implementazione di tali sistemi a livello nazionale è stato quindi necessario digitalizzare le caratteristiche dell'infrastruttura di RFI e del Materiale Rotabile su di esso circolante, uniformando il linguaggio di comunicazione fra terra e bordo sotto forma di telegrammi digitali. Sono state sintetizzate oltre alle caratteristiche fisiche, anche le prescrizioni dei regolamenti nazionali per SCMT ed SSC oltre a quelle Europee per l'ETCS. In tabella 2 è illustrato il concetto e il principio di grammatica utilizzato per il colloquio terra bordo.

TABELLA 2  
TABLE 2

GRAMMATICA UTILIZZATA DI COMUNICAZIONE FRA  
TERRA E BORDO SISTEMI SCMT/ETCS/SSC. GRAMMAR  
UTILISED FOR SCMT/ETCS/SSC SYSTEMS GROUND TO  
TRAIN COMMUNICATION

Linguaggio umano <i>Human language</i>	Linguaggio digitale terra bordo sistemi ATP/ATC (SCMT/SSC/ETCS) <i>Digital language</i> ATP/ATC (SCMT/SSC/ETCS) <i>ground to train systems</i>
Lettere <i>Letters</i>	Bit <i>Bit</i>
Parole <i>Words</i>	Variabili <i>Variables</i>
Frase <i>Phrases</i>	Pacchetti <i>Packets</i>
Messaggi <i>Messages</i>	Telegrammi <i>Telegrams</i>

La "punteggiatura" di tale linguaggio è rappresentata dalle distanze fra punti informativi inviate da terra e "let-te" dal treno, attraverso il proprio "occhio" costituito dall'odometro, che misura lo spazio percorso. SCMT, ETCS, SSC sono sistemi nei quali la distanza relativa fra i punti significativi della linea, dove sono posti i punti informativi legati fra loro in appuntamento, diventa l'elemento essenziale da trasferire al Sotto Sistema di Bordo insieme

In those same years the Community Bodies published specific Directives in order to promote railway interoperability, followed by interoperability specifications, among which those for train control systems. This brought, in particular, to the definition of ground-to-train interface systems with the definition and development, for example, of euro-balise products and side train antennas (BTM – Balise Transmission Module) or the GSM-R and the EURORADIO protocol and, in particular, for ATP/ATC systems, to the detailing of the standardisation of physical and logical features of the communication of information transmitted digitally between ground and train. The direction and chronological context of the introduction of ATP/ATC SCMT/ETCS and SSC systems in the national railway system and on the rolling stock authorised to run within it is shown in Table 1.

The ATP/ATC systems, such as SCMT, SSC and ETCS, are "Data Driven" i.e. guided by the infrastructure and on-board data which represent the synthesis in digital form of the related characteristics necessary for train control systems. In order to implement these systems on a national level, it proved necessary therefore to digitalise the infrastructure characteristics of RFI and rolling stock running within it, by standardising the communication language between ground and train in the form of digital telegrams. As well as the physical characteristics, the requirements of the national regulations for SCMT and SSC, in addition to the European requirements for the ETCS, were synthesised. Table 2 illustrates the concept and grammatical principle utilised for ground to train dialogue.

The language's "punctuation" is represented by the distance between information points sent from ground and "read" by the train through its own "eye", the odometer, which measures the distance travelled. SCMT, ETCS and SSC are systems within which the relative distance between the significant points of the line, where the information points are located and connected with one another in appointment, becomes the essential element required to be transferred to the Onboard SubSystem as well as the infrastructure characteristics and the speed limits imposed by the signalling or by the infrastructure. Fig. 1 schematically illustrates the appointment logic. This logic consists in sending to the train from every information point (realised with SCMT/ETCS balises or (SSC) tags), the characteristics of the next point in terms of distance, name identification, type and reaction in case of missed pick up (vital or diagnostic). The Onboard Sub-System at those points, as well as re-gauging its position as a function of its reading and distance calculation equipment, also makes a comparison with information received and calculates the most restrictive amongst the braking curves in order to observe the points of the line requiring protection in consideration of its instantaneous speed.

Train running protection by such ATP/ATC systems is achieved through the correct integration of ground and onboard sub system functionality.

alle caratteristiche di infrastruttura e ai limiti di velocità imposti dal segnalamento o dall'infrastruttura. In fig. 1 è rappresentata in modo schematico la logica degli appuntamenti. Tale logica consiste nell'inviare al treno da ogni punto informativo (realizzato con boe (SCMT/ETCS) o Tag (SSC)), le caratteristiche del successivo in termini di distanza, nome identificativo, tipo e reazione in caso di sua mancata captazione (vitale o diagnostica). Il Sotto Sistema di Bordo in tali punti oltre a ricalibrare la sua posizione, in funzione dei suoi organi di lettura e di calcolo della distanza, fa un confronto con quanto ricevuto e calcola la più restrittiva fra le curve di frenatura per rispettare i punti della linea da proteggere in considerazione della sua velocità istantanea.

Dalla corretta integrazione delle funzionalità del sottosistema di terra e di bordo, viene realizzata la protezione della marcia dei treni da parte di tali sistemi ATP/ATC.

I sistemi solo a codifica di binario tipo Bacc sono più rigidi perché inviano in ogni determinata sezione informazioni (codici) che si riferiscono a distanze minime e quindi non correlate agli effettivi spazi di via libera disponibili. In fig. 2 è schematizzata una curva di frenatura (funzione anche delle caratteristiche del treno) sviluppata per l'arresto nel caso del Bacc. Il distanziamento fra due treni è quindi indipendente dalla loro velocità istantanea.

Le normative e direttive EU prevedono la separazione, almeno contabile, fra imprese ferroviarie e gestori dell'infrastruttura. Al contrario i sistemi ATP/ATC uniscono tecnologicamente i gestori infrastruttura e le imprese ferroviarie, facendo nascere l'esigenza di avere, a livello di gestione degli sviluppi delle modifiche e della manutenzione dei singoli Sotto Sistemi di Terra (SST) o di Bordo (SSB), sistemisti che sappiano gestire le fasi del ciclo di vita del sottosistema o dei prodotti soprattutto in un'ottica di interrelazione tra le parti. Ad esempio per la manutenzione delle boe SCMT ed ETCS o dei Tag dell'SSC, occorre considerare che sono oggetti passivi energizzati dal solo passaggio del treno e sono diagnosticabili efficientemente solo da esso. Viceversa l'odometria di un sistema ATP/ATC di SSB, che permette il calcolo delle distanze relative da parte del treno, è diagnosticabile indirettamente anche attraverso la mancata captazione di boe o punti informativi. Quindi una corretta attribuzione di guasti o errori potrà essere fatta velocemente ed esattamente solo attraverso lo scambio dei dati fra i Data Base di manutenzione infrastruttura (es.: Sistema Informativo di RFI IN.RETE 2000) e di manutenzione lato treno (es.: DIS con i codici errore SCMT). In fig. 3 è illustrato uno schema funzionale sulla possibile integrazione dei dati diagnostici lato bordo e lato terra attraverso i sistemi esistenti nel Gruppo FS lato RFI e

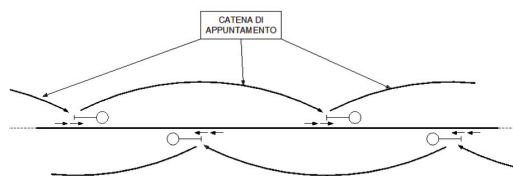


Fig. 1 - Appuntamenti in distanza fra Punti informativi nei due versi di marcia treno. *Distance appointments between Information Points in both directions of train running.*

Systems functioning solely on Bacc type coded current block are more inflexible since they send information (codes) in every specific section referring to minimum distances and therefore are not correlated to the actual clear track spaces available. Fig. 2 illustrates a braking curve (as a function also of the train's characteristics) generated for a standstill in case of the Bacc. Spacing between two trains is therefore independent from their instantaneous speed.

EU standards and directives prescribe financial independence, as a minimum requirement, between railway companies and infrastructure management. On the contrary ATP/ATC systems, from a technological perspective, help infrastructure management and railway companies join, giving rise to the need for system integrators, in terms of management of modification development and maintenance of individual ground sub-systems (SST) or onboard sub-systems (SSB), with the expertise to manage the life cycle phases of the sub-system or products especially from the point of view of interrelation between parts. For example, for maintenance of the SCMT and ETCS balises or SSC Tags, it is necessary to consider that these are passive objects solely energised by the passing of the train and are efficiently diagnosed solely by it. Viceversa the odometer of an SSB ATP/ATC system, allowing

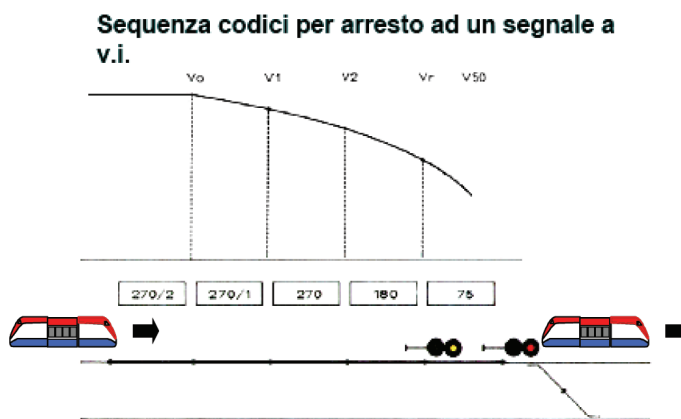


Fig. 2 - Arresto treno con il sistema di blocco automatico a correnti codificate. *Train standstill with coded current automatic block systems.*



TRENITALIA. Tale concetto sarà esportabile anche ad altre imprese ferroviarie circolanti sulla rete di RFI che dovranno dotarsi anch'esse di un sistema di registrazione cronologica eventi a bordo.

Altro esempio di integrazione a livello sistemico è rappresentato dallo sviluppo ETCS L2, dove l'alta interazione bidirezionale nello scambio delle informazioni fra SST e SSB, richiede per ogni modifica a livello di sottosistema, una verifica della sua integrazione con l'altro sottosistema. Anche a tal fine RFI si è dotata di un laboratorio, indipendente dalle strutture organizzative di sviluppo, per la verifica incrociata, a valle delle attività dichiarate dai fornitori (Safety Case), fra componenti cloni di macchine reali di terra e di bordo dei vari fornitori, in modo da integrare ampiamente le prove in campo sia per la fase di omologazione e assessment, sia per quella delle modifiche di nuove release SW o HW sui sottosistemi SST e SSB, prima dell'accettazione e la messa in esercizio commerciale.

La gerarchia funzionale dei sistemi automatici di protezione e gestione della marcia del treno è da intendersi come di seguito riportato.

*Sistemi ATP (ad esempio SCMT ed SSC):*

- garantiscono il rispetto delle condizioni restrittive;
- attivano all'occorrenza la frenatura di emergenza;
- non richiedono la visualizzazione dei vincoli di velocità a bordo (DMI);
- sono utilizzabili come singolo sistema con limitazioni di velocità (150 km/h in Italia);
- coesistono con il segnalamento laterale.

*Sistemi ATC (ETCS L1, L2, L3, TVM, ATACS, etc.):*

- includono le funzionalità ATP;
- forniscono in cabina l'indicazione della velocità che il treno, istante per istante, deve rispettare in base a:
  - libertà ed integrità della via;
  - distanza disponibile (concetto di punto protetto e autorizzazione al movimento);

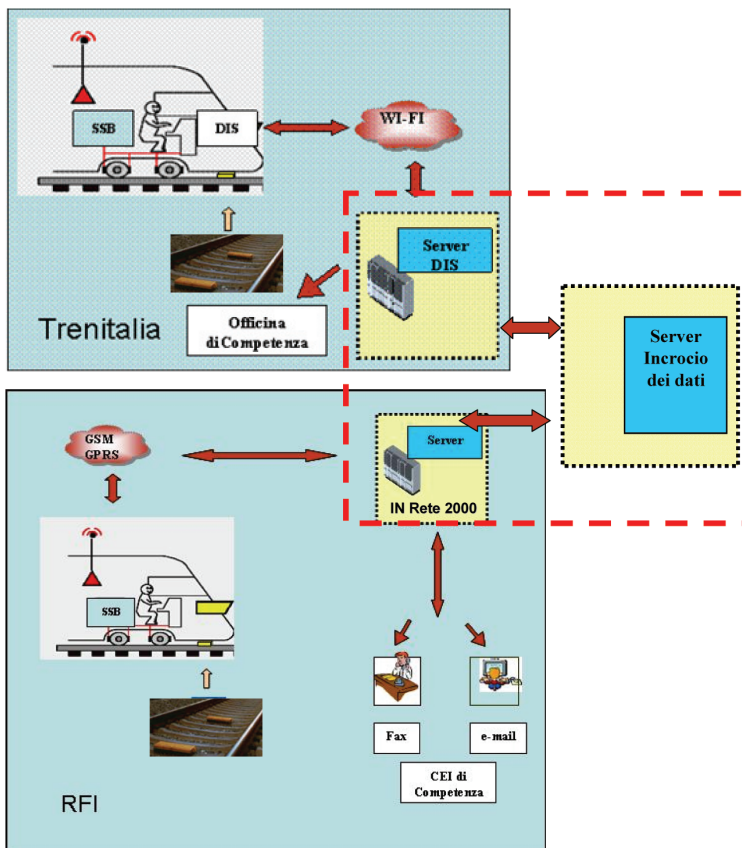


Fig. 3 - Architettura funzionale diagnostica per sistemi discontinui con incrocio dati di terra e bordo. Functional diagnostic architecture for discontinuous systems with ground and onboard data integration.

the train to calculate relative distances, can be indirectly diagnosed additionally through missed reading of balises or information points. Therefore a correct assignment of faults or errors can be done quickly and accurately solely through data exchange between infrastructure maintenance (e.g.: RFI IN.RETE 2000 information system) and train side maintenance (e.g.: DIS with SCMT error codes). Fig. 3 illustrates a functional diagram on the possible integration of onboard and ground side diagnostic data through existing systems within the FS Group on the RFI and TRENITALIA side. This concept will also be available to be exported to other railway companies operating on the RFI network which will also be required to equip themselves with an onboard chronological event recorder.

The development of ETCS L2 is another example of integration on a systemic level, where the high level of two-

- caratteristiche del tracciato (permanenti o temporanee);
- caratteristiche del treno;
- integrità del treno;
- informazioni da orario di servizio/prescrizioni;
- condizioni del sistema di trazione elettrica e del tracciato;
- possono coesistere o meno con il segnalamento luminoso laterale.

*Sistemi ATO (LZB, ETCS modificato, etc.):*

- permettono la gestione automatica e/o remota della marcia del treno sulla base delle informazioni fornite dall'ATC.

*Sistemi ATS (es. Sistemi moderni per metropolitane):*

- forniscono al treno la velocità consigliata in relazione alle condizioni di traffico e di Infrastruttura sotto il controllo ATO o ATC;
- ottimizzano la circolazione di un treno in relazione agli altri treni.

La fig. 4 illustra la relazione funzionale fra i sistemi automatici di protezione e gestione marcia treni ATP, ATC, ATO, ATS.

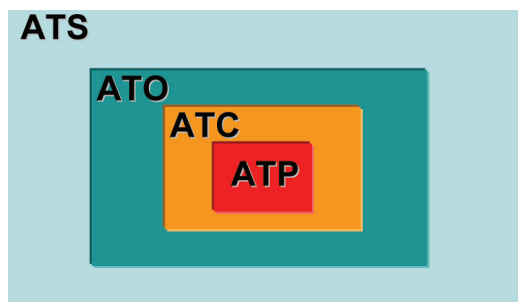


Fig. 4 - Relazione funzionale fra sistemi automatici di protezione e gestione marcia dei treni. *Functional relationship between automatic train running protection and management systems.*

## 2. Parallela introduzione di tre sistemi: SCMT, ETCS, SSC

Come accennato i tre sistemi SCMT/SSC/ETCS sono stati sviluppati, realizzati e applicati sulla rete e sul Materiale Rotabile interessato in modo pressoché parallelo a partire all'incirca dal 2000; così è avvenuto anche per il sistema GSM-R (*l'ERTMS è la composizione di ETCS, GSM-R e ETML - European Traffic Management Layer*), anch'esso strettamente connesso alla sicurezza della circolazione ferroviaria per gli aspetti di colloquio vocale e messaggistica fra personale di terra e di bordo, come per il trasporto dei dati e informazioni di segnalamento nell'ETCS Livello 2 e realizzato per 8.000 km

way interaction in the information dialogue between SST and SSB, requires, for every modification at a sub-system level, a check on its integration with the other sub-system. Also to this end, RFI has equipped itself with a laboratory, independent from the organisational development structures, for cross-checking, beyond the activities declared by suppliers (Safety Case), between components clones of real ground and onboard machines of various suppliers, in order to widely integrate the field tests required for the approval and assessment phase, as well as the SW or HW new release modification phase on SST and SSB sub-systems, prior to acceptance and commercial use.

The functional hierarchy of automatic protection systems and train running management is defined as follows:

*ATP Systems (for example SCMT and SSC):*

- ensure respect of restrictive conditions;
- activate emergency braking when required ;
- do not require display of onboard speed constraints (DMI);
- can be utilised as an individual system with speed limitations (150 km/h in Italy);
- can coexist with side signalling.

*ATC systems (ETCS L1, L2, L3, TVM, ATACS, etc.):*

- include ATP functionality;
- in cabin supply of suggested speeds that the train should respect, instant by instant based on:
  - freedom and integrity of the track;
  - available distance (concept of protected point and movement authorisation);
  - route characteristics (permanent or temporary);
  - train characteristics;
  - train integrity;
  - service/prescription timetable information;
  - electric traction system and route conditions;
- can coexist or not with side light signalling.

*ATO systems (LZB, modified ETCS etc.):*

- allow automatic and/or remote train running management based on information supplied by the ATC.

*ATS systems (e.g. Modern systems for underground railways):*

- supply the train with suggested speed in relation to traffic and infrastructure conditions under the control of ATO or ATC;
- optimize train running in relation to other trains.

Fig. 4 illustrates the functional relationship between automatic ATP, ATC, ATO, ATS train running protection and management systems.

ed in fase di installazione su tutti i 16.000 km della rete RFI.

In fig. 5 sono illustrate le implementazioni del Sotto Sistema di Terra di SCMT, SSC ed ETCS per linee Alta Velocità (Livello 2) e Corridoi Interoperabili (Livello 1 con Radio Infill sovrapposto all'ETCS), attualmente realizzate e pianificate sulla rete ferroviaria italiana. La strategia di RFI è stata quella di dedicare l'SSC principalmente alle linee non elettrificate, l'ETCS alle linee AV o di interesse Europeo e l'SCMT alle restanti linee.

Per il Materiale Rotabile la strategia di implementazione dei sistemi di protezione della marcia del treno è stata realizzata in armonia con l'analoga realizzazione sulle linee dei relativi sottosistemi di terra, richiedendo delle integrazioni anche per la interoperabilità a livello nazionale in modo da consentire le relazioni commerciali in presenza di sistemi diversi. Ogni tipo differente di Materiale Rotabile rappresenta una testa di serie alla quale viene applicato un processo di omologazione per la corretta installazione (Nulla Osta Installazione - NOI) e funzionamento (Nulla Osta Messa in Esercizio - NOME) del SCMT, SSC o ETCS. Per tutte le imprese ferroviarie le teste di serie sono state al 2008 circa 60 per un totale di circa 2.500 mezzi. Questo rilevante investimento (4.000 milioni di euro) da realizzare in uno spazio temporale relativamente breve (2001-2010) è stato ed è tuttora reso possibile dallo sforzo congiunto della pluralità degli attori coinvolti (competenti organi ministeriali, gestore dell'infrastruttura nazionale, industria di settore, imprese ferroviarie, etc.), tuttora impegnati nelle ulteriori applicazioni ed evoluzioni funzionali e tecnologiche<sup>(1)</sup>.

I tre sistemi introdotti sono stati soggetti a modifiche non solo per un miglioramento prestazionale, ma anche per consentire un'integrazione funzionale; tale integrazione è stata realizzata sulla parte più consistente e a maggior traffico ferroviario della rete di RFI, cioè sui 12.000 km realizzati con l'SCMT. I sottosistemi di bordo ETCS ed SSC hanno infatti previsto delle varianti di architettura e logica funzionale per poter circolare anche sulle linee attrezzate con SCMT (ETCS con Specific Transmission Module (STM) per SCMT e SSC Base Line 3 (BL3)).

Ogni singolo sistema evolverà nel futuro verso versioni regolate a livello europeo (caso ETCS per SRS 2.3.0d e 3.0.0) o a livello nazionale per un irrobustimento prestazionale e funzionale (SSC BL2 e SCMT con controindicazione velocità per gestione approccio segnali con indicazione restrittiva).

<sup>(1)</sup> Per avere una misura della portata dell'attività svolta si pensi al fatto che è stato necessario gestire e controllare più di 60 versioni SW per 2 fornitori di SSB in 5 anni per i progetti SCMT/ETCS, 30 versioni SW per ETCS Livello 2 Sotto Sistema di Terra per due fornitori, 10 versioni per SSB SSC per 5 fornitori, trattando, come ogni progetto di innovazione tecnologica comporta, i requisiti con schede di revisione, analisi di non regressione ed impatto, validazione, assessment e accettazione.

## 2. Parallel introduction of three systems: SCMT, ETCS, SSC

As outlined, the three SCMT/SSC/ETCS systems were developed, realised and applied on the network and rolling stock concerned in a virtually parallel fashion starting approximately from year 2000; this was also the case for the GSM-R system (*the ERTMS is the composition of ETCS, GSM-R and ETML - European Traffic Management Layer*), also strictly connected to the safety of railway traffic in relation to vocal dialogue and messaging features between ground and onboard personnel, as well as data and signalling information carriage in the ETCS Level 2 and realised for 8.000 km and currently being installed on all 16.000 km of the RFI network.

Fig. 5 illustrates the implementation of the SCMT, SSC and ETCS Sub-System for High Speed lines (Level 2) and Interoperable Corridors (Level 1 with Radio Infill superimposed over the SCMT), currently realised and planned on the Italian railway network. RFI's strategy has been to assign the SSC principally to non electric lines, the ETCS to the High Speed or European interest lines and the SCMT to the remaining lines.

The implementation strategy of train running protection systems for rolling stock was realised in harmony with the similar installation on related ground sub-system lines, requiring integration also for the interoperability on a national level in order to allow commercial relations under different systems. Every type of Rolling Stock represents a prototype to which an approval process for the correct installation (Installation Authorisation - Nulla Osta Installazione - NOI) and functioning (Operation Authorization - Nulla Osta Messa in Esercizio - NOME) of the SCMT, SSC or ETCS is applied. Across all the railway companies the prototypes were approximately 60 in 2008 for a total of around 2,500 vehicles. Such a significant investment (4,000 million Euro) to be made in a relatively short time period (2001-2010) was made possible, and currently still is, by the joint effort of all players involved (qualified ministerial bodies, national infrastructure management, sector industry, railway companies, etc.), currently still at work on additional applications and functional and technological evolutions<sup>(1)</sup>.

The three systems developed were subjected to alterations not only for improved performance objectives, but also to allow functional integration; such integration was realised on the most consistent part of the RFI network

<sup>(1)</sup> In order to appreciate the scale of activity carried out, one needs to appreciate the fact that it was necessary to manage and control more than 60 versions of SW for two suppliers of SSB in 5 years for SCMT/ETCS projects, 30 versions of SW for ETCS Level 2 Ground Sub-System for two suppliers, 10 versions for SSB SSC for 5 suppliers, reviewing, as in all technologically innovative projects, the requirements with revision sheets, non regression and impact analyses, validation, assessment and acceptance.

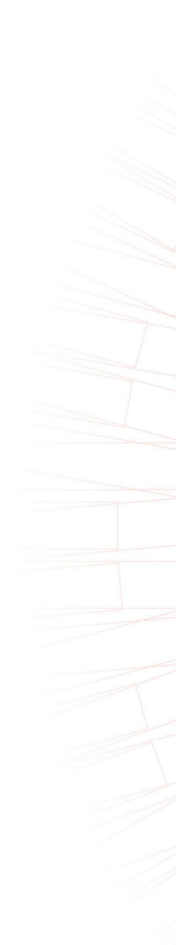
# POWER SYSTEM

Qualità e continuità, anche in condizioni estreme. ECM risponde a ogni esigenza di alimentazione elettrica nel settore ferroviario mettendo in pratica le linee guida costruttive che l'hanno resa una certezza negli anni: sviluppare sistemi sicuri, affidabili, progettati per durare nel tempo. Con l'ulteriore garanzia di studiare i dispositivi per ottimizzarne il funzionamento in un ambiente unico e ostico come quello ferroviario. In più, tutti gli apparati di alimentazione elettrica ECM sono predisposti per l'interconnessione con un sistema di telecomando e telediagnostica centralizzato, rendendo di fatto possibile la supervisione remota di tutti i principali parametri funzionali.

Il cuore dei sistemi di alimentazione elettrica ECM passa per le centraline statiche senza soluzione di continuità, che ricevono energia dalla sorgente primaria o da un gruppo elettrogeno di soccorso e provvedono a fornire potenza, servendosi di accumulatori mantenuti costantemente in carica, in caso di interruzione imprevista della fonte primaria preoccupandosi al contempo di conservare sempre un'elevata qualità della forma d'onda. Ove sia necessaria una particolare disponibilità di alimentazione, come nel caso di sistemi ferroviari di alto pregio, ECM propone gruppi di continuità in parallelo che garantiscono un'elevatissima disponibilità di servizio.

Intorno alle centraline, ECM ha sviluppato una gamma di soluzioni e apparati che comprende convertitori stabilizzatori sia per corrente continua che per corrente alternata, quadri di protezione e distribuzione concepiti per realizzare un perfetto interfacciamento tra gli apparati del sistema di alimentazione e gli utenti, una serie di quadri di alimentazione con struttura modulare, unità di controllo remoto dell'isolamento degli impianti per garantire la piena funzionalità delle linee di alimentazione e un corretto isolamento dei cavi, sistemi di protezione per far fronte alle sovratensioni cui l'ambiente ferroviario è particolarmente esposto.

Soluzioni avanzate per non fermarsi mai.







PROJECTS FOR THE FUTURE.

ECM S.p.A. Via IV Novembre, 29 - 51034 Serravalle Pistoiese - PISTOIA - Italy • Tel. +39 0573 92.98.1 r.a. • [www.ecmre.com](http://www.ecmre.com)



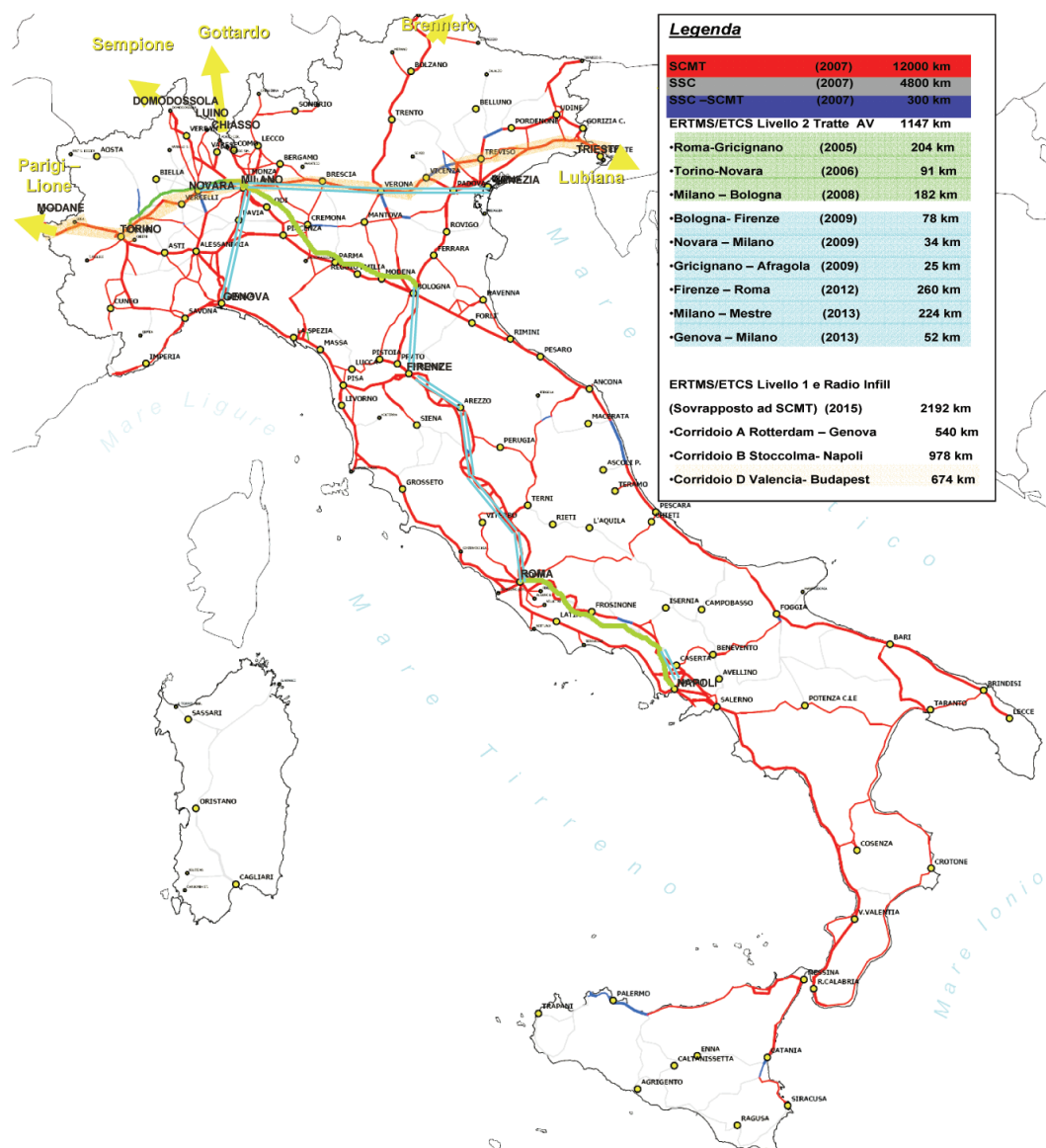


Fig. 5 - Realizzazioni effettuate ed in corso del Sotto Sistema di Terra SCMT, SSC ed ETCS per linee AV e corridoi interoperabili.  
Completed and ongoing installations of the Ground SCMT, SSC and ETCS for High Speed lines and interoperable corridors.

Nella fig. 6 è illustrata una mappa, tipo “albero genealogico”, che rappresenta nel tempo l'introduzione dei sistemi SCMT, ETCS ed SSC nella rete di RFI e sul Materiale Rotabile; SCMT ed SSC sono stati sovrapposti con

and with the highest volume of railway traffic, in other words on the 12.000 km realised with the SCMT. The on-board ETCS and SSC sub-systems prescribed variants on the architecture and functional logics to be able to addi-

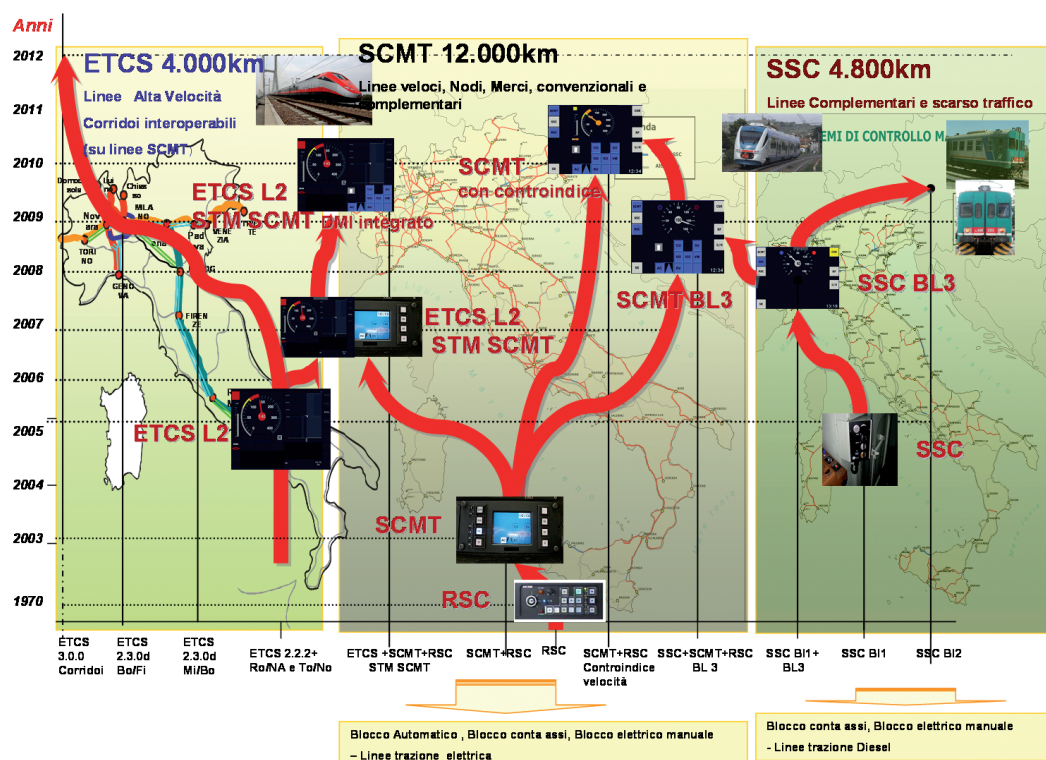


Fig. 6 - Mappa temporale dell'introduzione dei sistemi SCMT, ETCS, SSC e loro integrazione e sviluppo. Time roadmap for the introduction, integration and development of SCMT, ETCS, SSC systems.

un'integrazione tecnica e funzionale ai preesistenti sistemi di Blocco mentre ETCS è stato invece realizzato su linee nuove come Livello 2, e sarà realizzato come Livello 1 con Radio Infill in sovrapposizione all'SCMT su alcune tratte di rete inserite nei corridoi interoperabili. Si mette in evidenza come l'esistenza del blocco automatico e della ripetizione segnali continua (4.500 km attrezzati e preesistenti sulla rete di RFI) abbia condizionato lo sviluppo del SCMT, che è appunto l'unione del RSDD (Ripetizione Segnali Discontinua Digitale) e dell'RSC (Ripetizione Segnali Continua). Il passaggio dalla rete SCMT a quella ETCS Livello 2 o SSC e viceversa è realizzata attraverso delle aree di transizione del SST, con degli SSB "anfibi", cioè ETCS con STM SCMT nel primo caso e SSC BL3 nel secondo.

L'ETCS Livello 2 in ogni fase di specifica dei requisiti formalizzata a livello europeo dall'Agenzia ferroviaria europea (European Railway Agency - ERA), ha previsto anche in Italia dei passi di evoluzione funzionale e di sviluppo, omologazione ed accettazione per la messa in esercizio.

tionally run on lines equipped with SCMT (ETCS with Specific Transmission Module (STM) for SCMT and SSC Base Line 3 (BL3)).

Every single system will evolve in the future towards versions regulated on a European level (the case of ETCS for SRS 2.3.0d and 3.0.0) or at a national level for performance or functional strengthening (SSC BL2 and SCMT with speed counter-indicator for signal approach management with restrictive instructions).

Fig. 6 illustrates a map, similar to a "family tree", representing the introduction over time of SCMT, ETCS and SSC systems on the RFI network and Rolling Stock; SCMT and SSC were superimposed over the pre-existing Block systems with a technical and functional integration, whilst ETCS was on the contrary installed on new lines such as Level 2, and will be realised as Level 1 with Radio Infill overlapping the SCMT on some sections of the network within the interoperable corridors. It is important to underline how the existence of the automatic block system and continuous signal repetition (4,500 km already equipped and pre-existing on the RFI network) conditioned development



Fig. 7 - Architetture di sintesi dei sistemi ETCS (Livello 2 e Livello 1 con Radio Infill), SCMT ed SSC. Outline of ETCS (Level 2 and Level 1 with Radio Infill) system Architecture.

Ad esempio sulle prime tratte AV attivate, Roma-Napoli e Torino-Novara, si è partiti con la versione 2.2.2 della Specifica dei Requisiti di sistema (SRS) Unisig, formalizzata nel 2002, in cui sono state incluse delle nuove funzionalità (gestite come Change Request) poi previste dalla successiva versione 2.3.0d, formalizzata a fine 2007 dall'ERA.

L'implementazione sul Sotto Sistema di Terra può anche non presentare tutte le funzionalità previste (scelta nazionale) a patto di garantire l'interoperabilità con i sottosistemi di bordo che implementano tale versione di specifica.

Le tratte AV Milano-Bologna e Bologna-Firenze nascono già rispondenti alla nuova versione di specifica europea 2.3.0d, garantendo un'interoperabilità con i sottosistemi di bordo circolanti con la versione 2.2.2. e prevedendo una successiva migrazione verso la 3.0.0 la cui ufficializzazione da parte dell'ERA è prevista entro il 2012.

Sono state emesse, da parte di RFI, le specifiche dei requisiti funzionali (SRF), di sistema (SRS) e sottosistema

di SCMT, which represents precisely the unification of RS-DD (Digital Discontinuous Signal Repetition - Ripetizione Segnali Discontinua Digitale) and RSC (Continuous Signal Repetition - Ripetizione Segnali Continua). The switch from the SCMT network to ETCS Level 2 or SSC and vice-versa is achieved through transitional SST areas, with "amphibian" SSB's, in other words ETCS with STM SCMT in the first case and SSC BL3 in the second case.

The ETCS Level 2, in specifying requirements in each phase and formally on a European level by the European Railway Agency – ERA, defines a series of functional and developmental evolution steps, as well as approval and acceptance steps for its installation also in Italy.

For example, on the first High Speed sections activated, Rome-Naples and Turin-Novara, version 2.2.2 of the Unisig System Requirement Specification (SRS), formalised in 2002, was adopted in the start-up phase with new functions subsequently added (managed as Change Requests), later prescribed by the following version 2.3.0d, formalised at the end of 2007 by the ERA.





**ELETECH**



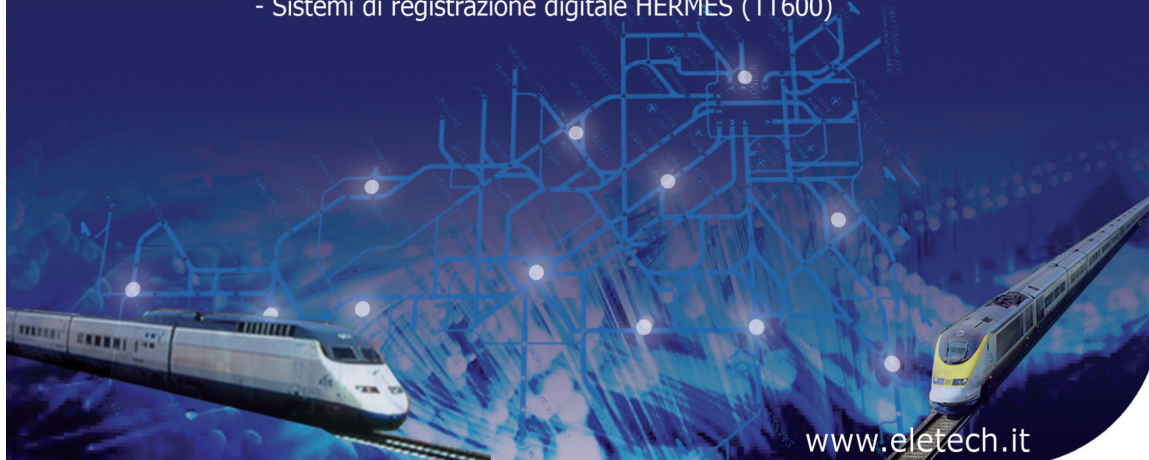
## Soluzioni avanzate per le Ferrovie

Quando si richiede di progettare e realizzare una rete di comunicazione ad elevato valore aggiunto, ELETECH può fare di più.

ELETECH da anni opera nel settore ferroviario in maniera eccellente ed ha maturato il know-how per fornire sistemi chiavi in mano nel settore delle Telecomunicazioni e Telecontrolli.

ELETECH svolge un ruolo primario nella realizzazione dei più avanzati sistemi tecnologici di sicurezza ed è leader di mercato per i sistemi:

- SHDSL, PDH, SDH Next Generation, da STM-1 a STM-64 (TT592, TT584)
- Colonnini SOS per la sicurezza in galleria (TT597)
- Soluzioni di rete per la sicurezza in galleria (TT597)
- Sistemi TVCC PL in regime di sicurezza (CEI EN 5-0159-1)
- Sistemi di registrazione digitale HERMES (TT600)



[www.eletech.it](http://www.eletech.it)

SS98, km 77+800 - 70032 Bitonto (BA) - ITALIA  
Tel. +39 080 37 39 023 - Fax +39 080 37 59 295

e-Mail: [sales@eletech.it](mailto:sales@eletech.it)

TABELLA 3

TABLE 3

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI SISTEMI SSC, SCMT ED ETCS (LIVELLO 1 CON RADIO INFILL E LIVELLO 2)  
 MAIN CHARACTERISTICS OF SSC, SCMT AND ETCS (LEVEL 1 WITH RADIO INFILL AND LEVEL 2)

	SSC BL1 + SSC BL1 +	SCMT o BL3 su Bacc SCMT or BL3 on Bacc	SCMT o BL3 su Ba, Bem, Bca SCMT or BL3 on Ba, Bem, Bca	ETCS Livello1 con Radio Infill ETCS Level 1 With Radio Infill	ETCS Livello 2 ETCS Level 2
Automatic Train Protection	X	X	X	X	X
Automatic Train Control (con Cab Signalling) Automatic Train Control (with Cab Signalling)				X	X
Allarmi RTB RTB alarms		X		X	X
Gestione Track condition (Gallerie, TE.....) Track condition management (Tunnels, TE.....)				X	X
Gestione evacuazione rapida galleria Rapid tunnel evacuation management					X
Gestione centralizzata Rallentamenti Centralised Slow down management					X
Sovrapposizione su apparati Esistenti (ACEI, ACC, Bacc, Bca...) Overlapping on existing apparatus (ACEI, ACC, Bacc, Bca...)	X	X	X	X	X
Integrazione funzionale con Bacc Functional integration with Bacc		X			
Protezione Continua Continuous Protection		X		X (con infill) X (with infill)	X
Protezione Discontinua Discontinuous protection	X		X	X (senza infill) X (without infill)	
Interoperabilità Europea European Interoperability				STI	STI
Livelli di velocità massima previsti (Nominale) Maximum expected speed levels (Nominal)	150km/h	250km/h	150km/h	300km/h (Full Supervision)	400km/h (Full Supervision)
Livelli di velocità massima previsti (Degrado) Maximum expected speed levels (In degraded conditions)	VIGILANTE (50km/h) SUPERVISION (50km/h)	VIGILANTE o Pre-SCMT (50km/h) SCMT escluso + RSC (100km/h) SUPERVISION or Pre-SCMT (50km/h) SCMT escluso + RSC (100km/h)	VIGILANTE (50km/h) SUPERVISION (50km/h)	On Sight (30km/h) Staff Responsible (30km/h)	On Sight (30km/h) Staff Responsible (60km/h)
Invio emergenza su singolo o tutti i treni Emergency signalling on single or all trains					X
Modalità Degrado In degraded conditions Mode				X (supervisione parziale) X (partial supervision)	X (supervisione parziale) X (partial supervision)
Messaggistica a bordo treno da terra Ground to train Messaging				X	X
Aumento capacità Capacity increase		X		X	X
Cab Signalling Cab Signalling		Parziale Partial		X	X
Possibile Aumento velocità profilo statico Possible Speed increase static profile				X	X
Segnalamento Luminoso laterale Side light signalling	X	X	X	X (supplementare) X (supplementary)	
Velocità di rilascio Release speed	X (fissa da terra) X (fixed from ground)	X (fissa da terra) X (fixed from ground)	X (fissa da terra) X (fixed from ground)	X (variabile calcolata a bordo) X (variable calculated onboard)	X (variabile calcolata a bordo) X (variable calculated onboard)
Impatto sui regolamenti esistenti Impact on existing regulations	Basso Low	Basso Low	Basso Low	Medio – Alto Medium-High	Alto High
Distanziamento minimo 300km/h Minimum train spacing at 300km/h					2'30" per ETR 500 2'30" for ETR 500
Distanziamento minimo 250km/h (*) Minimum train spacing at 250km/h (*)		3' (sezioni 5.4 km fisse) 3' (5.4 km fixed sections)			3'
Distanziamento minimo 100 km/h (sez. 900m) (*) Minimum train spacing at 100 km/h (900m section) (*)	5'30"	4'30" 4' (con controindicce) 4'30" 4' (with counter-indicator)	4'30" con infill 4' (con controindicce) 4'30" with infill 4' (with counter-indicator)	4'	3" (sezioni ottimizzate) 3" (optimised sections)
Distanziamento minimo 60 km/h (sez. 450m) (*) Minimum train spacing at 60 km/h (450m section) (*)	5'	3'30" 3' (con controindicce) 3'30" 3' (with counter-indicator)	4' con infill 3'30" (con controindicce) 4' with infill 3'30" (with counter-indicator)	3'30"	2' (sezioni ottimizzate) 2' (optimised sections)
Profilo limite e carico assiale Limit profile and axial load	in sviluppo in plant	in sviluppo in plant	in sviluppo in plant	X	X
Protezione nei confronti del segnalamento Protection in relation to signalling					
sviluppo di una curva di protezione dalla velocità massima fino alla velocità di obiettivo in funzione dei parametri treno e dei parametri linea e della distanza reale tra segnali e pendenza Development of a protection curve from maximum to target speed as a function of train and line parameters and real distance between signals and gradient	X	X	X	X	X

(continua)



(segue)

TABELLA 3

TABLE 3

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI SISTEMI SSC, SCMT ED ETCS (LIVELLO 1 CON RADIO INFILL E LIVELLO 2)  
 MAIN CHARACTERISTICS OF SSC, SCMT AND ETCS (LEVEL 1 WITH RADIO INFILL AND LEVEL 2)

Rispetto ai segnali fissi <i>Respecting of fixed signals</i>	X	X	X	X	X
Indebito superamento di un segnale disposto a via impedita <i>Undue passing of a stop signal</i>	X	X	X	X	X
Indebito superamento di un segnale disposto a via impedita in caso di degrado <i>Undue passing of a stop signal in case of degraded conditions</i>	X	X	X	X	X
Rispetto della velocità ridotta sugli itinerari devianti <i>Reduced speed compliance on diverted itineraries</i>	X	X	X	X	X
Ingresso su binario parzialmente ingombro o corto <i>Entry on a partially obstructed or short track</i>	X	X	X	X	X
Approccio ai paraurti <i>Approach at railway buffer</i>	X	X	X	X	X
Segnale di prosecuzione di itinerario <i>Route continuation signal</i>	X	X	X	X	X
Procedura di Supero Rosso autorizzato <i>Authorised red light passing procedure</i>	X	X	X	X	X
Controllo della inserzione/disinserzione RSC <i>RSC Connection/disconnection</i>		X			
Linea BAacc con protezione parziale SCMT <i>BAacc line with partial SCMT protection</i>		X			
Gestione overlap <i>Overlap management</i>				X	X
Protezione rispetto alla velocità massima e pendenza della linea <i>Protection in relation to maximum speed and line gradient</i>					
sviluppo di una curva di protezione dalla velocità di provenienza fino a quella di destinazione in presenza di riduzione di velocità di linea in funzione dei parametri treno e della linea <i>Development of a protection curve from the incoming speed to destination speed in presence of a reduction in line speed as a function of train and line parameters</i>	X (solo Rango C) X (only Rank C)	X	X	X	X
Protezione rispetto alla variazione del grado di frenatura della linea <i>Protection in relation to the variation in degree of line braking speed</i>	X (non con curva) X (without curve)	X	X	X	X
Protezione rispetto ai rallentamenti e riduzioni di velocità <i>Protection in relation to speed restrictions and reductions</i>					
nei bivi con esclusione dei passaggi pari dispari <i>On junctions with exclusion of up and down line transit</i>	Solo Corretto Tracciato <i>Only straight alignment</i>	X	X	X	X
sui binari di corsa delle stazioni, dei posti di movimento e dei posti di comunicazione utilizzati per un corretto tracciato <i>On running station tracks, movement and communication points used for a straight alignment</i>	Solo Corretto Tracciato <i>Only straight alignment</i>	X	X	X	X
rallentamenti ricadenti su itinerari devianti <i>Restrictions falling on inverted routes</i>	abbassamento velocità <i>speed lowering</i>	X(**)	X(**)	X	X
Indebiti movimenti e retrocessioni <i>Undue movements and degraded conditions</i>	X	X	X	X	X
Velocità massima ammessa dal modulo di condotta. <i>Maximum speed allowed by the driving module.</i>		X	X	X	X
Velocità massima ammessa dal Materiale Rotabile. <i>Maximum speed allowed by the Rolling Stock</i>	X	X	X	X	X
Movimenti di manovra <i>Manoeuvring movements</i>	X	X	X	X	X
Collegamento di sicurezza Terra- Bordo <i>Ground-to-train safety connection</i>	- Protocollo di sicurezza con CRC - Catena vitale appuntamenti in distanza fra punti informativi: reazione frenatura SSB a PI perso -Safety protocol with CRC -Tfial chain appointments between information points over distance: SSB braking reaction at lost IP	- Protocollo di sicurezza con CRC -Catena vitale appuntamenti in distanza fra Punti informativi: reazione frenatura SSB a PI perso -Timer di 5,5 secondi per assenza codice RSC prima della frenatura SSB -Safety protocol with CRC -Tfial chain appointments between information points over distance: SSB braking reaction at lost IP -5,5 second timer for RSC code absence prior to SSB braking	- Protocollo di sicurezza con CRC - Catena vitale appuntamenti in distanza fra Punti informativi: reazione frenatura SSB a PI perso -Safety protocol with CRC -Tfial chain appointments between information points over distance: SSB braking reaction at lost IP	- Protocollo di sicurezza con CRC - Catena vitale appuntamenti in distanza fra Punti informativi: reazione frenatura SSB a PI perso - T-Section timer per la funzionalità infill radio variabile (minimo 10 secondi) -Safety protocol with CRC -Tfial chain appointments between information points over distance: SSB braking reaction at lost IP	- Protocollo di sicurezza con CRC, Safety Layer, Key Management - Timer di 7 secondi (TNY Contact) dopo il quale il SSB in assenza di messaggi utili ricevuti da SST, inizia a frenare (service brake). - Verifica del SSB ad ogni occupazione di un nuovo cdb della sua posizione e conseguente gestione emergenza sul giunto cdb - Safety protocol with CRC, Safety Layer, Key Management - 7 second timer (TNY Contact) after which the SSB in absence of messages received from SST starts to brake (service brake). -SSB check upon each new track circuit's occupation of its position and consequent emergency management on the track circuit joint

(\*) A parità di capacità frenanti del treno. Vedi [R6][R7] dove il valore D relativo al perditempo complessivo (incluso incarrozzamento passeggeri) che appare nella formula del calcolo della capacità reale  $C = (v_{max}/(1+D \cdot v_{max})) \cdot ((n-1/n-2) \cdot b + L \cdot f)$  con n= aspetti del segnalamento fisso concatenato, L = lunghezza treno, b = lunghezza sezione di blocco, f = franco di sicurezza] è molto diminuito con l'uso del controindicatore già possibile in ETCS e auspicabile in SCMT (vedere differenze di perditempo in approccio a un End of Authority (EoA) in ETCS con ausilio controindicatore ed ad un aspetto di Rosso SCMT). Train braking capacity being equal. See [R6][R7] where the value D related to overall time wasting (including passenger loading) which appears in the real capacity calculation formula  $C = (v_{max}/(1+D \cdot v_{max})) \cdot ((n-1/n-2) \cdot b + L \cdot f)$  with n= aspects of the linked fixed signalling, L = train length, b = block section length, f = safety clearance) has significantly declined with the use of the counter-indicator already possible in ETCS and desirable in SCMT (see differences in time wasting on approach at an End of Authority (EoA) in ETCS with counter-indicator assistance and a Red SCMT aspect).

(\*\*) E' assicurata una velocità non superiore a 60km/h. Sono possibili controlli puntuali a valle del punto decisionale l'abbattimento della velocità sugli itinerari devianti a 100 km/h interessati ad un rallentamento è operata tramite segnalamento (chiavi di rallentamento). A speed not exceeding 60km/h is ensured. Punctual checks are possible downstream from the decision point. The reduction in speed to 100 km/h on the inverted routes subject to a restriction is operated by signalling (restriction keys).

per l'SCMT e l'SSC e, per la configurazione delle specifiche europee UNISIG per l'Italia nel caso ETCS, i piani di valutazione (assessment) e omologazione di sistemi, sottosistemi e prodotti, procedure di realizzazione e attivazione, e normativa di utilizzo poi approvata a livello Ministeriale<sup>(2)</sup>.

In fig. 7 sono schematizzate sinteticamente le architetture dei sistemi ETCS con i loro sottosistemi componenti, per le applicazioni di Livello 2 e Livello 1 con Radio Infill, e di SCMT ed SSC, con le configurazioni nominali e l'architettura BL3.

In tabella 3 sono sintetizzate le principali caratteristiche dei sistemi SSC, SCMT (su Bacc o su altri sistemi di blocco) ed ETCS (Livello 1 con Radio Infill e Livello 2).

### 3. SCMT

Il sistema SCMT, come l'SSC, risponde agli obiettivi strategici di incremento della sicurezza, attuando la protezione della marcia del treno a livello di ATP, istante per istante, rispetto alle condizioni imposte dai segnali, alla velocità massima consentita dalla linea in condizioni normali e di degrado, alla velocità massima ammessa dal materiale rotabile, con attivazione della frenatura d'emergenza in caso di superamento dei limiti di controllo. Il sistema è "trasparente" per il macchinista che dovrà continuare a guidare con le attuali modalità di condotta. Il Sistema, costituito da un Sotto Sistema di Terra e da un Sotto Sistema di Bordo strettamente integrati tra di loro, è un progetto a tecnologia innovativa armonizzato con il nuovo standard europeo di interoperabilità tra le reti ferroviarie (ERTMS- European Rail Traffic Management System) ed ha richiesto una fase di sviluppo, omologazione e realizzazione secondo le norme CENELEC (Ente Europeo di normazione nel campo elettrico ed elettronico). L'SCMT è come detto un sistema discontinuo che si integra con il Blocco Automatico a correnti codificate. Il Sotto Sistema di Terra, attraverso l'utilizzo di apparecchiature installate lungo le linee ferroviarie agganciate alle traverse fra i binari (transponder passivi chiamati "Boe") che si attivano al passaggio di un treno che le energizza, invia informazioni al SSB che, effettuate le conseguenti elaborazioni anche sulla base dei parametri del treno introdotti all'origine della corsa, determina i tetti e le curve di velocità che consentono la protezione della marcia del treno (profilo dinamico del treno).

In fig. 8 è mostrato il meccanismo di energizzazione della Boa da parte del SSB, con una frequenza di 27 MHz, e la risposta di questa a 4,5 MHz verso il SSB con un telegramma di 256 bit dei quali 180 ne rappresentano il con-

The implementation on the Ground Sub-system may not necessarily present all the functionalities planned (national choice) as long as the interoperability with the onboard sub-systems that apply such specification version is ensured.

The Milan-Bologna and Bologna-Florence High Speed sections were developed in conformance with the new version of the European specification 2.3.0d from the start, ensuring interoperability with the onboard sub-systems running with version 2.2.2. and planning a future migration towards version 3.0.0 which should be officially introduced by the ERA by 2012.

RFI has issued specifications for functional requirements (SRF), system requirements (SRS) and sub-system requirements for the SCMT and SSC and, for the configuration of the European specifications, UNISIG for Italy in case of the ETCS, the assessment and approval plans for system, sub-system and products, procedures for installation and activation, utilisation norms later approved at a Ministerial level<sup>(2)</sup>.

Fig. 7 summarises the architectures of the ETCS systems with their sub-system components, for Level 2 and Level 1 applications with Radio Infill, and for SCMT and SSC, with the nominal configurations and the BL3 architecture.

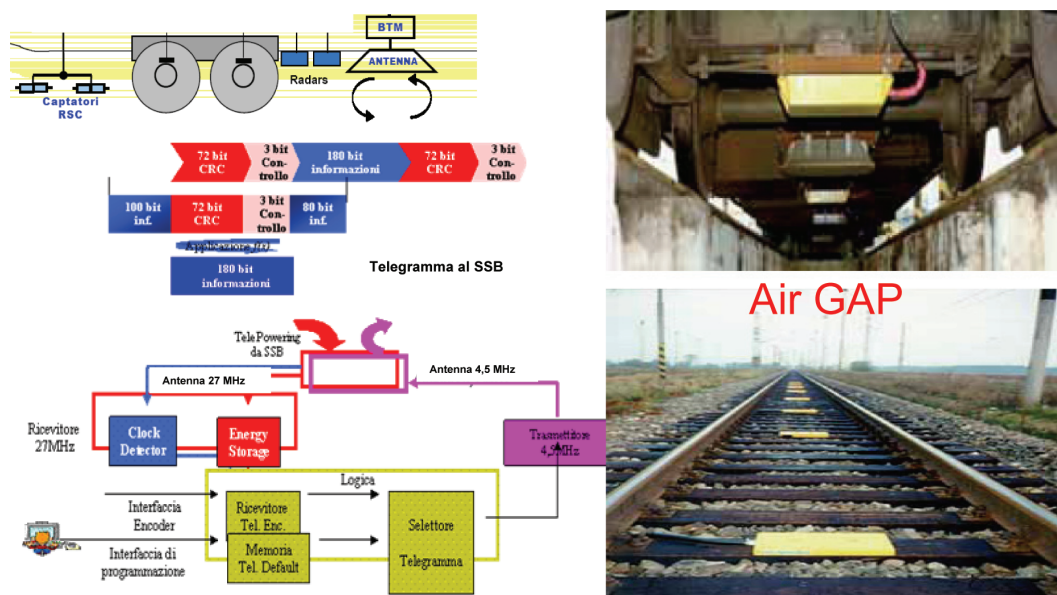
Table 3 outlines the main characteristics of SSC, SCMT (on Bacc or on other block systems) and ETCS (Level 1 with Radio Infill and Level 2) systems.

### 3. SCMT

The SCMT system, similarly to the SSC system, meets the strategic targets of safety enhancement, enforcing train running protection at an ATP level, instant by instant, in relation to the conditions set by the signals, at the maximum speed allowed on the line in normal and degraded conditions, at the maximum speed allowed by rolling stock, with activation of emergency braking in case control limits are exceeded. The system is "transparent" for the driver who will be required to drive according to the current driving modes. The System is constituted by a Ground and Onboard Sub-system strictly integrated with one another, and is a technologically innovative project harmonised with the new European standard on interoperability between railway networks (ERTMS- European Rail Traffic Management System) which required a developmental, approval and instalment phase according to CENELEC standards (European Body for electrical and electronics standards). The SCMT is, as mentioned, a dis-

<sup>(2)</sup> All'indirizzo internet del sito RFI è possibile trovare i relativi documenti e in [R1] la descrizione dell'introduzione dell'ETCS in Italia.

<sup>(2)</sup> It is possible to find all related documents and the description in [R1] of the introduction of the ETCS in Italy on RFI's website.

Fig. 8 - Air Gap e telegramma SCMT. *Air Gap and SCMT telegram.*

tenuto informativo reale. La trasmissione dei dati è unidirezionale e avviene solo dalle apparecchiature del Sotto Sistema di Terra (punto informativo costituito da almeno due boe, per la gestione della ridondanza e del verso di marcia, e un encoder in caso di informazione variabile) a quelle del Sotto Sistema di Bordo preposte a controllare la velocità del treno in quel determinato punto della linea. Tale interfaccia di comunicazione fra SST e SSB è denominata Air Gap.

Il macchinista deve pertanto continuare a guidare rispettando le indicazioni ricevute dai segnali della linea e dalle prescrizioni di movimento.

I dati che vengono trasmessi dal SST sono:

- la velocità massima ammessa dalla linea;
- il grado di frenatura - pendenza della linea;
- la velocità massima ammessa rispetto a rallentamenti o riduzioni di velocità temporanee di un tratto di linea;
- l'aspetto del segnale appena superato.

Attraverso questi dati il SSB calcola, tenendo conto delle caratteristiche di composizione del treno (% di massa frenata, lunghezza, ecc.), qual è la velocità massima che deve mantenere il convoglio in ogni momento della sua marcia. Qualora il dato ricevuto comporti una riduzione di velocità (compreso l'arresto) ad una determinata distanza (velocità obiettivo e distanza obiettivo), il SSB calcola una "curva di frenatura" che permetta al SSB stesso di controllare se il macchinista sta rispettando o meno le

continuous system that integrates with the coded current Automatic Block system. The Ground Sub-system, through the use of equipment installed along the railway lines hooked to the sleepers between tracks (passive transponders named "balises") which are activated at the passing of a train which energises them, sends information to the SSB which, consequently elaborates the data also based on the parameters introduced at departure, sets the upper speed limits and speed curves which allow train running protection (dynamic train profile).

Fig. 8 shows the balise energising mechanism activated by the SSB, with a frequency of 27 MHz, and the latter's feedback at 4,5 MHz to the SSB by means of a 256 bit telegram of which 180 bit represent its real informational content. Data transmission is one-way and occurs only on the Ground Sub-system equipment (information point made of at least two balises, for redundancy and direction of travel management, and an encoder in case of variable information) and on equipment of the Onboard System designed to control train speed in that specific point of the line. Such communication interface between SST and SSB is called Air Gap.

The driver should therefore continue to proceed respecting line signals received and travel prescriptions.

Data transmitted by the SST is as follows:

- maximum allowed line speed ;
- braking degree – line gradient;

indicazioni ricevute dai segnali della linea e dalle prescrizioni in possesso. Ad una distanza di 200 m prima del punto protetto è stata introdotta una velocità di liberazione della marcia (rilascio) a 30 km/h rispetto alla curva di frenatura come standard di sistema (tale velocità di liberazione della marcia è ridotta a 10 km/h quando richiesto dall'Analisi del rischio), consentendo un avvicinamento più calibrato del treno al punto protetto, dove il treno verrebbe mandato in frenatura dalle boe ivi collocate, in caso di superamento e di permanenza delle condizioni restrittive di arresto.

In fig. 9 è mostrato uno schema del SCMT, che descrive sinteticamente il funzionamento del SST, il quale invia le

- maximum permitted speed in relation to restrictions or temporary speed reductions on sections of the line;
- The aspect of the signal passed.

Through the above data, the SSB calculates the maximum speed the vehicle has to respect in every phase of travel, taking into consideration the characteristics of the train's composition (% of brake weight, length etc.). In case the data received requires a reduction in speed (including a train standstill) at a specific distance (target and distance speed), the SSB calculates a "braking curve" that allows the SSB itself to check that the driver is following the guidelines received by the line signals and by the regu-

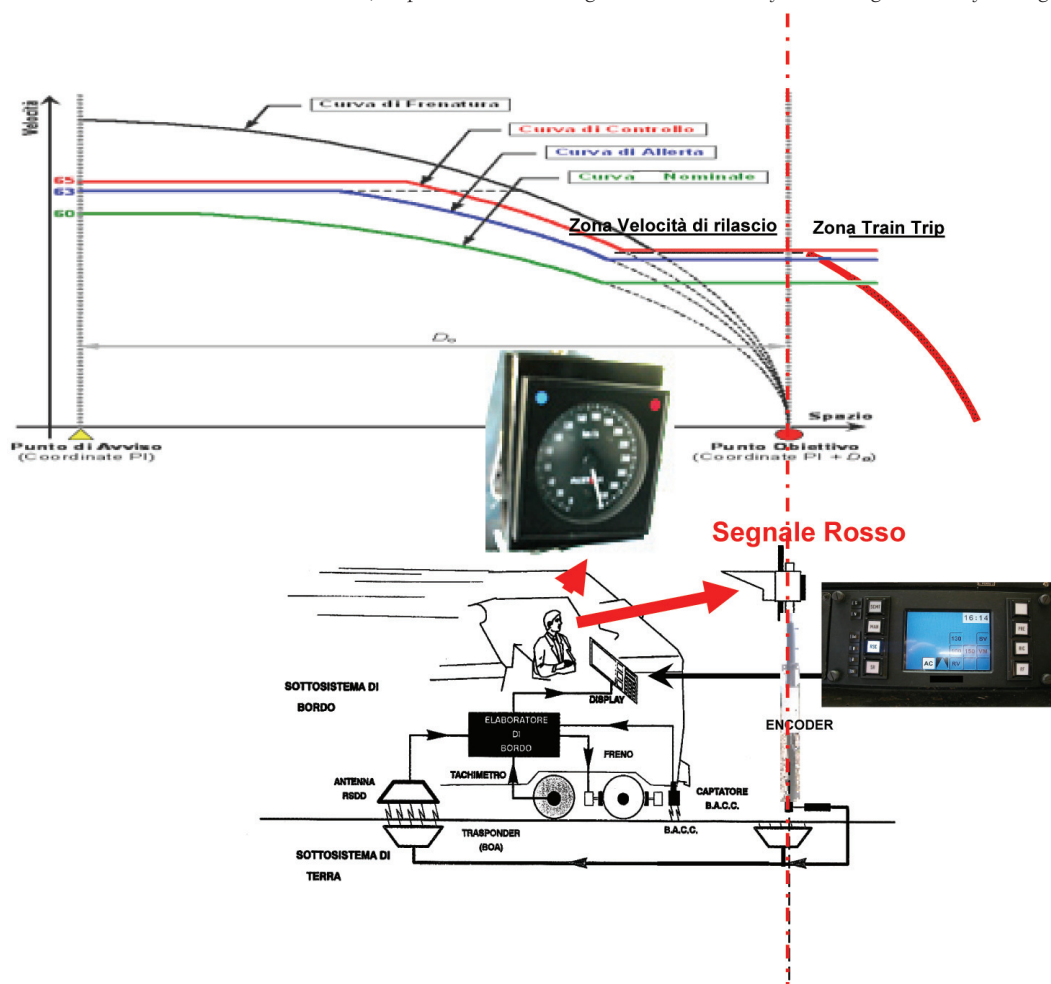


Fig. 9 - Architettura sintetica del SCMT e schema di funzionamento per l'arresto a un segnale disposto al rosso con le curve nominali, di allerta e di emergenza e l'arresto treno (train trip) per indebito supero rosso. Outline of SCMT architecture and functioning diagram for train standstill at a red signal with nominal, alarm and emergency curves and train trip for undue passing of a red light.

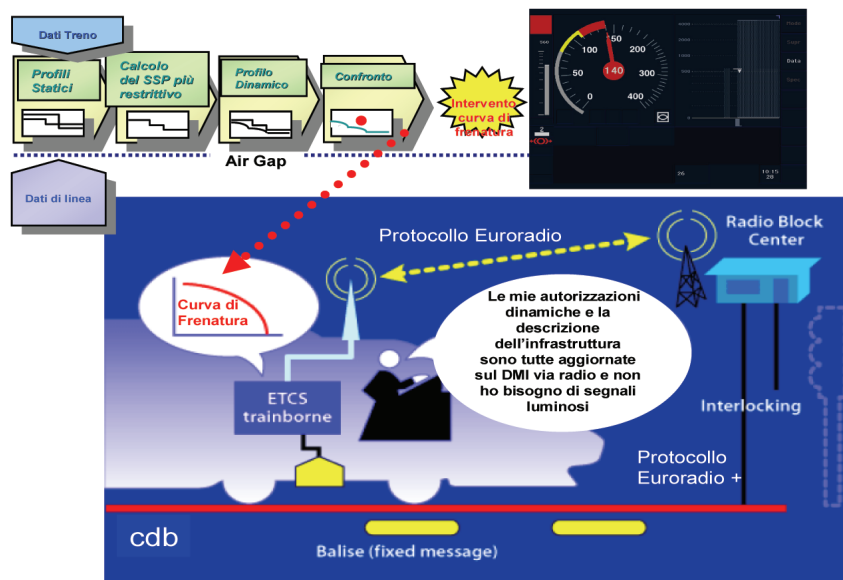


Fig. 10 - Architettura funzionale dell'ERTMS/ETCS Livello 2 con le interfacce del SST e con l'SSB. ERTMS/ETCS Level 2 functional architecture with SST interfacing and with the SSB.

informazioni di segnalamento prelevate dall'apparato IS di stazione o di linea dall'encoder alle boe e, tramite l'air gap, alle antenne del SSB; quest'ultimo, tramite la sua odometria e la logica di bordo, sviluppa le curve di frenatura di allerta e di emergenza fino al tetto di velocità di rilascio. Il macchinista guida guardando il segnale e il tachimetro, nel rispetto delle prescrizioni regolamentari. Ogni superamento della curva di allerta è indicato dall'accendersi della luce blu sul tachimetro e dall'inizio della frenatura elettrica, fino ad un massimo di 3 km/h di tolleranza; dopo l'eventuale superamento di quest'ultima si passa alla curva di emergenza con una tolleranza di 2 km/h, con l'indicazione della luce rossa, e quindi alla frenatura pneumatica che porta all'arresto.

Il tipo di controllo descritto comporta un'intrusività dei sistemi discontinui come SCMT, senza RSC, o SSC nei confronti della guida in fase di superamento di un segnale disposto a via libera ma preavvisato a via impedita. Al fine di non penalizzare la capacità sono stati introdotti per l'SCMT, su punti particolari di alcune stazioni, i dispositivi di infill che anticipano l'informazione sul successivo Punto Informativo (PI) attraverso un codice, di frequenza dedicata su portante a 178 Hz, ricevuto dal SSB per un'estesa di circa 600 m di binario a monte del segnale: sul MMI l'informazione liberatoria viene indicata con il simbolo della freccia. Tale integrazione vale anche per il caso contrario, e cioè permette di evitare ad un treno di andare verso un segnale con aspetto diventato restrittivo rispetto a quello avvisato: sono in corso di installazione circa 3.000 dispositivi di infill sui 12.000 km di SCMT in esercizio.

lations in possession. A running release speed has been introduced at a distance of 200 Mts. before the protected point at 30 km/h in relation to the braking curve as a system standard (such running release speed is reduced to 10 km/h when required by Risk Analysis), allowing a more calibrated approach of the train to the protected point, where the train would have been forced to brake by the balises positioned there, in case of exceeding or permanent restrictive train standstill conditions.

Fig. 9 shows a diagram of the SCMT, summarising function-

tioning of the SST, which sends signalling information collected by the station or line IS equipment from the encoder to the balises and, by air gap, to the antennas of the SSB; the latter, through its odometer and onboard logic, develops the alarm and emergency braking curves to the upper limit release speed. The driver proceeds observing the signal and the speedometer, in respect of prescribed regulations. When the alarm curve is exceeded this is indicated by the blue light on the speedometer and by commencing of electric braking, up to a maximum of 3 km/h tolerance; after exceeding the latter, the emergency curve takes over with a tolerance of 2 km/h signalled by a red light, and finally pneumatic braking brings the train to standstill.

The type of control described requires intrusion in driving of discontinuous systems such as SCMT, without RSC, or SSC when passing a clear signal warned in advance as a stop signal. In order not to penalise the capacity, infill devices that provide information in advance to the next Information Point have been introduced for the SCMT on special points in selected stations, through a dedicated frequency code on a 178 Hz carrier, received by the SSB over a length of approximately 600 m of track upstream from the signal: on the MMI the release information is indicated with the arrow symbol. Such integration applies also in the opposite case, and in particular allows the train to avoid travelling towards a signal with an aspect that has become restrictive compared to the signal previously warned: approximately 3.000 infill devices are currently being installed over the 12,000 km of SCMT's in use.



E' in fase di studio l'implementazione della protezione SCMT anche sui mezzi d'opera di manutenzione di RFI e sui mezzi adibiti a manovra treni per una protezione dei loro rispettivi spostamenti e movimenti.

The implementation of SCMT protection is currently being studied additionally for RFI's maintenance vehicles and for vehicles used for train manoeuvring in order to protect their respective transfer and movement.

#### 4. ETCS Livello 2

Il sistema ERTMS/ETCS Livello 2 realizza un Blocco Radio con funzioni integrate di segnalamento direttamente in cabina di guida dei rotabili e di distanziamento e controllo della marcia dei treni, spostando una parte significativa del segnalamento da terra a bordo (il segnale luminoso tradizionale ora è di fatto sul cruscotto del macchinista). In fig. 10 è mostrata una rappresentazione del principio di funzionamento dell'ERTMS/ETCS Livello 2 che realizza un ATC continuo utilizzando una nuova "lingua" di comunicazione costituita dal protocollo Euroradio; è mostrata l'interfaccia, detta Air Gap, fra il Sotto Sistema di Terra e quello di Bordo, l'interfaccia fra i componenti del Sotto Sistema di Terra, una schematizzazione dei passi principali per calcolo di una curva di frenatura di emergenza, l'immagine mostrata sul cruscotto del macchinista (Driver Machine Interface -DMI-).

Il principio di funzionamento dell'ETCS Livello 2 si basa sullo scambio bidirezionale di specifiche informazioni tra apparati di sicurezza di terra e di treno attraverso un collegamento continuo, realizzato tramite la rete GSM-R (Global System for Mobile Communication-Railways), ed uno discontinuo, realizzato mediante appositi Punti Informativi (boe) utilizzato principalmente per l'individuazione della posizione e senso di marcia del treno (Position Report), per le ricalibrature del misuratore di spazio percorso del treno (algoritmo odometrico) e per l'invio a bordo di determinate informazioni (ad esempio ordine di chiamata radio, indicazioni sulla tipologia della trazione elettrica, transizioni da o verso altri sistemi di segnalamento, etc.) del Sotto Sistema di Terra. Il linguaggio ed il protocollo utilizzato per lo scambio dati tra terra e treno (Euroradio) è interoperabile ed è quello previsto dalle specifiche UNISIG conforme alla strategia di codifica ed al massimo livello di sicurezza richiesto dalle Norme CENELEC e dalle STI. In fig. 11 è illustrato il flusso di comunicazione fra terra e bordo e viceversa utilizzando il pro-

#### 4. ETCS Level 2

The ERTMS/ETCS Level 2 realises a Radio Block System with integrated signalling functions directly in rolling stock driver cabins and train running spacing and control, shifting a significant part of signalling from ground to train (the traditional light signal is now effectively on the driver's dashboard). Fig. 10 shows a representation of the ERTMS/ETCS Level 2 functioning principle which realises a *continuous ATC* utilising a new communication "language" based on Euroradio protocol; it also shows the interface between the Ground and Onboard Sub-System, otherwise known as Air Gap, the interface between the components of the Ground sub-system, a diagram of the main steps for calculating an emergency braking curve, the image shown on the driver's dashboard (Driver Machine Interface -DMI-).

The ETCS Level 2's functioning principle is based on the two-way exchange of specific information between ground safety equipment and train through a continuous link, realised through the GSM-R (Global System for Mobile Communication-Railways) network, and a discontinuous link, realised through dedicated Information Points (balises) utilised mainly for locating the train's position and running direction (Position Report), for re-gauging the measurement instrument of the distance covered by the train (odometric algorithm) and for sending specific Ground Sub-system information onboard (for example for a radio calling order, indication on the type of electric traction, transition to and from other signalling systems,

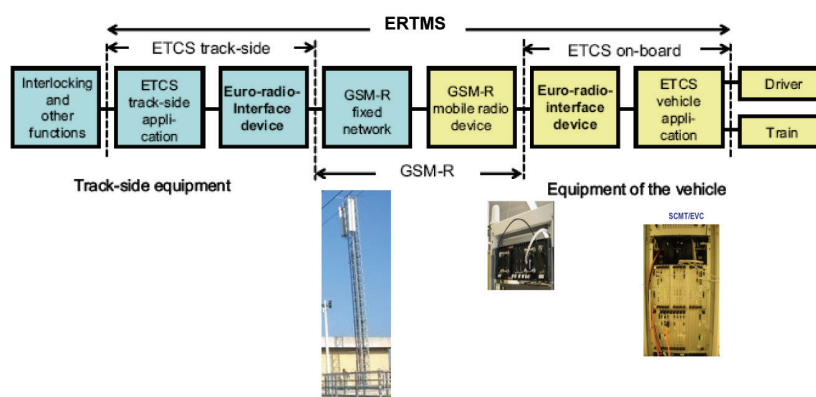


Fig. 11 - Componenti del flusso di comunicazione terra-bordo e bordo-terra con protocollo Euroradio.  
Ground-to-train and train-to-ground communication flow components with Euroradio protocol.



**Balfour Beatty**  
Rail

## ***Balfour Beatty Rail è Competenza***

*Da 100 anni, lavoriamo per la mobilità del futuro.*

Balfour Beatty Rail vanta un'esperienza centenaria nella realizzazione di infrastrutture ferroviarie complesse.

Oggi come ieri, offriamo ai nostri Clienti la competenza e l'esperienza tecnica necessaria per realizzare progetti integrati di elettrificazione ferroviaria. Gestiamo e coordiniamo ampi progetti multidisciplinari: dalla progettazione alla costruzione, fino al collaudo e alla messa in servizio di sistemi elettrificati per il trasporto pubblico, sia esso ferroviario, ad alta velocità, urbano o metropolitano.

*The creation and care of tomorrow's railways*

### **Balfour Beatty Rail SpA**

Via Lampedusa, 13/F  
20141 Milano - Italia  
Tel. +39 02 89536.1  
Fax +39 02 89536.536  
info.it@bbrail.com

**[www.bbrail.it](http://www.bbrail.it)**



protocollo Euroradio. Tale protocollo è composto da un Safety Layer e prevede una gestione della crittografia per garantire l'integrità dell'informazione utilizzando un mezzo di comunicazione aperto come il GSM-R in accordo alla normativa CENELEC 50159-2.

Le sezioni di Blocco Radio occupabili da un solo treno per volta, sono composte comunque da uno o più circuiti di binario, che sono utilizzati per la rilevazione della presenza di rotabili e sono segnalate da tabelle non luminose per la gestione della marcia in degrado. Al contrario del Blocco Automatico a correnti codificate, come quello a 9 codici che associa ad ogni codice una velocità massima raggiungibile di marcia del treno, il distanziamento dell'ETCS Livello 2 è assicurato da una filosofia del calcolo della velocità "bordo centrica", nel senso che il SST invia al treno delle caratteristiche di profilo di velocità massime della linea e una distanza di fine movimento (End of Authority). Sarà poi il treno, in base alle caratteristiche proprie e alle informazioni ricevute da SST, che calcolerà il profilo dinamico di velocità più restrittivo su ogni singola sezione di linea. La scelta di utilizzare l'ETCS Livello 2 (nel caso dell'Italia senza sistemi di riserva (fall-back)) sulle nuove infrastrutture ad alta velocità è in qualche modo obbligata sia perché è in linea con la strategia Europea per l'interoperabilità ferroviaria, sia perché il sistema, pensato e specificato dai migliori esperti di segnalamento europei dell'industria di settore e delle ferrovie, rappresenta attualmente il massimo dello stato dell'arte nel suo campo. L'Italia è leader nel settore, come testimonia il suo primato nell'aver impiegato tale tecnologia per prima a 300 km/h nel 2005 sulle tratte Alta Velocità Roma-Napoli e Torino-Novara e nel 2008 sulla Milano-Bologna. Attualmente inoltre l'Italia è fra le poche nazioni ad avere implementato sulla tratta AV Milano-Bologna le nuove specifiche ETCS SRS 2.3.0d emanate dall'ERA a fine 2006. Tale sistema va però configurato ed adattato alla realtà nazionale per l'integrazione con le normative vigenti e i sistemi esistenti e ciò richiede, per una corretta implementazione, l'unione sinergica fra i sistemisti delle ferrovie e quelli dei fornitori. In Italia le specifiche Unisig sono state configurate da RFI nelle SRS Vol. 1 che hanno implementato i valori nazionali per ETCS ed implementato dal 2005 delle regole funzionali dedicate alla applicazione AV italiana nel pieno rispetto dell'interoperabilità (alcune implementazioni fatte hanno richiesto delle Change Request (richieste di modifica) a livello Unisig accettate dall'ERA nelle specifiche 2.3.0d e 3.0.0 e qui di seguito sinteticamente riassunte). Le principali peculiarità del sistema ETCS Livello 2 attualmente realizzato in Italia sono:

- configurazione dei Parametri nazionali previsti dalle specifiche Unisig approvate dall'ERA;
- gestione Rilevamento Temperature Boccole da punti informativi (tratte Ro-Na e To-No) o da RBC (tratta Mi-Bo e prossima Bo-Fi);
- gestione protezione occupazione indebita cdb successivo a quello occupato dal treno ("cdb ombra");

etc.). The language and protocol utilised for data exchange between ground and train (Euroradio) is interoperable and is foreseen by UNISIG specifications in conformance with coding strategy and at the highest safety levels required by CENELEC Standards and by STI. Fig. 11 illustrates the flow of communication between ground and train and vice-versa utilising Euroradio protocol. This protocol is composed of a Safety Layer and foresees use of cryptography in order to ensure integrity of information utilising an open communication medium such as GSM-R in accordance with CENELEC 50159-2 standards.

The Radio Block sections which can be occupied by one train at a time, are anyway composed by one or more line circuits, utilised for detecting the presence of rolling stock and are signalled by non luminous signs for management of train running in degraded conditions. Contrary to the coded current Automatic Block System, such as the version with 9 codes which associates each code with a maximum achievable train running speed, the ETCS Level 2 spacing is ensured by an "onboard centric" speed calculation philosophy, in the sense that the SST sends the maximum line speed profile characteristics to the train and an end movement distance (End of Authority). Subsequently the train itself will calculate the most restrictive dynamic speed on each single line section based on its own characteristics and on information received from the SST. The choice of using the ETCS Level 2 (in Italy's case without fall-back systems) on new high speed infrastructure is in many ways compulsory partly because it is in line with European strategy for railway interoperability, partly because the system, designed and specified by leading European experts in signalling for the industry sector and railways, represents state of the art in its field. Italy is leader in this sector, as shown by its record in having utilised this technology first at 300 km/h in 2005 on the Rome-Naples and Turin-Novara High Speed lines and in 2008 on the Milan-Bologna line. Currently Italy is additionally amongst the few countries to have implemented the new ETCS SRS 2.3.0d specifications issued by the ERA towards the end of 2006 on the High Speed Milan-Bologna line. This system must however be configured and adapted on a national level for integration with ruling norms and existing systems and this requires, for correct implementation, joint synergy amongst railway and supplier system integrators. In Italy Unisig specifications have been configured by RFI in the Vol. 1 SRS which implemented national values for ETCS and from 2005 functional regulations dedicated to Italian High Speed application in full respect of interoperability (some implementations required Change Requests at a Unisig level accepted by the ERA in the 2.3.0d and 3.0.0 specifications and hereby briefly summarised below). The main characteristics of the ETCS Level 2 system currently realised in Italy are:

- configuration of national parameters foreseen by the Unisig specifications approved by the ERA;
- axle box temperature measurement from information

- revoca concordata Movement Authority per arresto al bersaglio protezione zone evacuazione per sicurezza in galleria (tratta Bo-Fi);
- gestione interconnessioni con sistema SCMT/RSC (fino a velocità di 250 km/h per interconnessione di Melegnano della Tratta Mi-Bo) e cambio sistema di trazione 3 kV cc – 25 kV ca;
- gestione ripresa connessione radio senza arrestare il treno.

Gli Apparati Centrali Computerizzati possono essere situati nei Posti di Servizio della linea, oppure essere concentrati in un unico sistema centralizzato (ACC multistazione per le tratte AV Milano-Bologna e Bologna-Firenze). Oltre alle funzioni di predisposizione degli itinerari, a seguito dei comandi provenienti dal Sistema di Comando e Controllo (SCC), gli Apparati (o l'Apparato multistazione) inviano al o ai Radio Block Center (RBC) situati in un posto centrale, delle informazioni relative allo stato di libertà delle sezioni di Blocco Radio e dei circuiti di binario da essi controllati tramite un protocollo chiamato Euro-radio + (Plus) definito nello sviluppo del progetto italiano e diventato uno standard europeo (FIS tra RBC diversi). La comunicazione bidirezionale tra il Posto di Comando e gli ACC dei Posti di Servizio (o le postazioni periferiche dell'ACC multistazione) è garantita da una rete a fibre ottiche ridondata per lunghe distanze facente parte del sottosistema di telecomunicazione. Il RBC, tramite il GSM-R e le sue apposite antenne installate nelle Base Transmission Station (BTS) poste lungo la linea e quelle dedicate installate sui rotabili, realizza il flusso continuo bidirezionale di comunicazioni tra terra e treno.

Il collegamento di sicurezza fra enti e segnale luminoso dei sistemi tradizionali è nel sistema di segnalamento che utilizza l'ETCS di Livello 2 distribuito in:

- logica ACC incluso bloccamento itinerario (con circuito di binario d'approccio);
- protocollo sicuro (Euroradio +) fra ACC ed RBC e relativo applicativo;
- logica RBC con timer di controllo (ogni assenza di comunicazione con un ACC innesca un allarme);
- protocollo sicuro (Euroradio) e applicativo di interfacciamento con il SSB;
- logica EVC con timer di controllo e DMI per visualizzazione delle informazioni.

Altro importante vincolo di sicurezza a livello di sistema previsto è connesso all'occupazione di un cdb con il primo asse del treno: ad ogni occupazione di un cdb parte di una Movement Authority assegnata ad un treno, il RBC invia un'emergenza sul giunto iniziale che lo delimita ed il treno verifica con il suo odometro se è lui stesso ad occuparlo accettando, quindi, o meno tale emergenza. Così il SSB effettua un controllo spaziale con il suo fronte sicuro aprendosi la via normalmente chiusa dal SST ad ogni nuova occupazione di un cdb. Tale funzionalità per-

points (Rome-Naples and Turin-Novara lines) or from RBC (Milan-Bologna line and future Bologna-Florence line);

- protection management of undue track circuit occupation subsequent to that occupied by the train ("shadow cdb");
- movement Authority agreed revocation for standstill at evacuation zone protection target for tunnel safety (Bologna-Florence line);
- interconnection management with SCMT/RSC system (up to a speed of 250 km/h for the Melegnano interconnection on the Milan-Bologna line) and change of traction system 3 kV dc – 25 kV ac;
- radio link recovery management without stopping the train.

The Central Computerised Apparatus (ACC) can be located on the line's operating control points, or concentrated in a single centralised system (multi-station ACC for the Milan-Bologna and Bologna-Florence lines). As well as having route pre-setting functions, following commands received from The Control System (SCC), The Apparatus (or the multi-station Apparatus) send information to one or more Radio Block Centres (RBC) located centrally, relative to the state of freedom of the Radio Block sections and track circuits controlled by means of a protocol called Euro-radio + (Plus) defined during the development of the Italian project and which has become a European standard (FIS amongst various RBC). The two-way communication between the Control Post and the ACC operating control points (or the peripheral points of the multi-station ACC's) is ensured by a long distance redundant fibre optic network, part of the telecommunication sub-system. The RBC, through the GSM-R and its antennas in the Base Transmission Station (BTS) positioned along the line and the dedicated antennas installed on the rolling stock, realises the two-way continuous flow of communication between ground and train.

The safety link between field equipment and traditional system light signals is within the signalling system which utilises the ETCS Level 2 distributed in:

- the ACC logic including route locking (with track circuit approach);
- the secure protocol (Euroradio +) between ACC and RBC e related application;
- the RBC logic with control timer (every missed communication with an ACC triggers an alarm);
- the secure protocol (Euroradio) and interface application with the SSB;
- the EVC logic with control timer and DMI information display.

Another important safety constraint in terms of the system foreseen is linked to the occupation of a track circuit with the train's first axle: for each track circuit occu-



mette di eliminare anche i rischi di errori di posa dei riferimenti spaziali costituite dalle boe del Livello 2 e controllare indirettamente l'odometria di bordo.

Il sistema ERTMS/ETCS L2 garantisce la circolazione dei treni in sicurezza autorizzando il loro movimento attraverso segnalazioni e/o indicazioni visualizzate in cabina di guida dei rotabili (Autorizzazioni al Movimento in modalità di Supervisione Completa) in base ai parametri (sia della linea che del treno) vincolanti per la marcia ed intervenendo nei casi di un loro mancato rispetto. Il Sotto Sistema di Terra invia al treno le informazioni di terra e di distanziamento aggiornandole continuamente ed è il Sotto Sistema di Bordo a calcolare con tali informazioni e le proprie la più idonea curva di frenatura per consentire la protezione della marcia del treno. Quindi con l'ETCS di Livello 2, più il treno ha migliori capacità di accelerare o decelerare, più si massimizza la capacità della linea, in armonia con il concetto di trasporto tipo metropolitano. Il sistema ETCS funziona poi in differenti modi operativi e, a seconda o meno che ci sia un degrado, permetterà la supervisione completa o parziale. Il modo operativo di Supervisione Completa (Full Supervision) della marcia del treno presuppone il regolare funzionamento di tutto il sistema ERTMS/ETCS L2 e dei componenti con esso interfacciati. In presenza di particolari situazioni di degrado della linea (es: anormalità ad un circuito di binario oppure ad un deviatoio) il Sistema è in grado di realizzare delle Supervisioni Parziali attraverso:

- la concessione, con controllo da parte del sistema, di autorizzazioni al movimento del treno con marcia a vista, non superando comunque la velocità di 30 km/h (Autorizzazioni al Movimento con Marcia a Vista - Modo On Sight);
- il consenso al movimento del treno in marcia a vista (con velocità massima di 60 km/h), a seguito del ricevimento di apposita prescrizione di movimento (Autorizzazioni al Movimento con Apposita Prescrizione - Modo STAFF Responsible).

Nelle suddette modalità il sistema segnala direttamente in cabina la modalità stessa e la velocità reale del treno. In sintesi le informazioni che devono essere scambiate tra il sistema di bordo e quello di terra affinché il sistema funzioni sono:

- da Bordo a Terra: Posizione del treno (Position Report (PR)); è un messaggio radio contenente tra le altre cose la posizione, il modo operativo, la velocità e la direzione del treno e la richiesta della autorizzazione al movimento (MA);
- da Terra a Bordo: Autorizzazione al Movimento (Movement Authority (MA)); in base allo stato dell'Apparato (ACC), a quello dei circuiti di binario, ai dati della linea preconfigurati (velocità massime, pendenze, ecc.) e alle informazioni ricevute dal treno tramite il PR, l'RBC genererà la MA (periodicamente e/o su richiesta) e la invierà al treno insieme ai Profili Statici di Velocità della linea (Static Speed Profiles - SSP), da cui il si-

pation which is part of a Movement Authority assigned to the train, the RBC sends out an emergency call on the initial joint which delimits it and the train checks through its odometer if it is effectively occupying the track circuit therefore accepting the emergency call or not. In this way the SSB makes a spatial check with its safe face, clearing the track normally closed by the SST for each new track circuit occupation. Such functionality allows elimination of risk of errors in positioning the spatial references made up of Level 2 balises and indirect control over onboard odometer.

The ERTMS/ETCS L2 system ensures safe running of the train authorising their movement through signalling and/or instructions displayed in rolling stock driver cabins (Movement Authorisation under Complete Supervision Mode) based on binding parameters (line as well as train parameters) for train running and taking action in case they are not observed. The Ground Sub-system sends ground and spacing information updating it continuously, whilst the Onboard Sub-system elaborates that information together with its own and calculates the most suitable braking curve in order to allow train running protection. Therefore, with the line ETCS Level 2, the better ability the train has to accelerate or decelerate, the more the line's capacity is maximised, in harmony with the underground transport concept. The ETCS system additionally works in different operational modes and, depending on whether degraded conditions are present, will allow partial or full supervision. Train running Full Supervision operational mode supposes regular functioning of the entire ERTMS/ETCS L2 system and interfacing components. Under particular degraded line conditions (e.g.: in case of a track circuit or switch point abnormality) the System is capable of realising Partial Supervision through:

- granting, with check performed by the system, of train movement authorisations with on sight running, not exceeding in any case a 30 km/h speed (Movement Authorisations - On Sight Mode);
- on sight train movement permission (with a 60 km/h maximum speed), following receipt of specific movement prescription (Movement Authorisation with Appropriate Prescription - STAFF Responsible Mode).

In the above mentioned modes the system signals the mode itself and the train's real speed directly to the cabin. In summary the information to be exchanged between onboard and ground system is as follows:

- from Ground to train: train Position (Position Report (PR)); this consists of a radio message containing information, amongst other, on position, operating mode, train speed and direction and train movement authorisation request (MA);
- from ground to train: Movement Authority (MA); according to the state of the Apparatus (ACC), the state of the track circuits, of pre-configured line data (maximum speeds, gradients, etc.) and to the information received by the train through the PR, the RBC will gen-



stema di bordo ricaverà il tetto di velocità, il profilo più restrittivo di velocità (Most Restrictive Speed Profile) e quindi, in funzione della sua Movement Authority, la curva di frenatura del profilo dinamico di velocità (Dynamic Speed Profile);

- messaggi di conferma (acknowledgement) terra-bordo e viceversa dell'avvenuta acquisizione di informazioni.

Il sistema si basa su dei riferimenti spaziali fissi e relativi fra loro, costituiti da boe (transponder) poste a terra sulle traverse dei binari 200 m prima di ogni giunto elettrico di fine circuito di binario, per entrambi i sensi di marcia e noti al RBC, e sul calcolo dello spazio percorso dai treni a partire da tali punti (utilizzati anche per correggere l'eventuale errore dello spazio percorso calcolato dai dispositivi di odometria del SSB). Il necessario scambio di informazioni tra SST e SSB avviene in maniera continua, attraverso la rete di telecomunicazione radio GSM-R; di questa ogni treno ha sempre a disposizione almeno un canale di comunicazione. Sulle linee ERTMS/ETCS Livello 2 non è stata prevista la presenza di segnali laterali fissi luminosi per i treni, essendo sufficienti, in condizioni normali, per la condotta dei treni le segnalazioni ricevute in cabina. Per gestire adeguatamente le situazioni di degrado è stata installata la necessaria segnaletica esterna non luminosa che identifica la suddivisione dell'infrastruttura ferroviaria in Sezioni di Blocco Radio. In condizioni normali (Full Supervision - FS) il sistema dal Posto Centrale invia ad ogni treno l'autorizzazione ad entrare in una sezione della linea (Movement Authority - MA) solo dopo aver verificato:

- la posizione del treno;
- la compatibilità delle caratteristiche del treno con quelle della sezione componente la MA (ad ogni sezione della MA sono assegnati degli attributi, come ad esempio peso assiale, valori nazionali, da verificare costantemente con le caratteristiche del treno);
- il rilascio della sezione da parte di eventuali MA precedentemente concesse ad altri treni;
- l'assenza di allarmi gestiti dal sistema (ad es.: Emergenza);

e dopo aver ricevuto la conferma da idonei dispositivi che la sezione sia libera da rotabili e disponibile (cda liberi o sezioni di blocco conta assi libere, corretto orientamento del senso di percorrenza, eventuali itinerari bloccati). Nel caso in cui la sezione risulti occupata, ma non siano più in atto eventuali MA precedentemente inviate ad altri treni per essa, il sistema può inviare al treno l'autorizzazione ad entrare nella sezione in modalità di supervisione parziale On Sight (OS) che diventa efficace previo riconoscimento effettuato dal guidatore. Se manca una delle condizioni richieste per inviare una MA di FS od OS, il treno può accedere alla sezione in modalità STAFF Responsible (SR), previa specifica richiesta del PdC o, in alcuni casi, riconoscimento. Previa apposita selezione del PdC, il sistema può consentire la marcia del treno nelle ulteriori modalità:

erate the MA (periodically and/or on request) and shall send it to the train together with the line's Static Speed Profiles (SSP), from which the onboard system will extract the upper speed limit, the most restrictive speed profile and therefore, as a function of its Movement Authority, the dynamic speed profile's braking curve;

- ground to train acknowledgement messages and viceversa regarding occurred information acquisition.

The system is based on fixed and relative, amongst each other, spatial reference points, made of balises on ground over the track sleepers 200 m before each end track circuit electric joint, for both travel directions and known to the RBC, and on the calculation of train travel distance starting from such points (utilised also to correct possible errors in travel distance calculated by the odometric devices of the SSB). The necessary information dialogue between SST and SSB occurs in a continuous fashion, through the GSM-Radio telecommunication network for which each train always has at least one communication channel available. The presence of permanent train side lighting signals has not been considered for the ERTMS/ETCS Level 2 lines, as the signals received by the cabin are sufficient for train driving under normal conditions. In order to effectively manage degraded conditions the necessary non luminous external signalling system has been installed which divides the railway infrastructure in Radio Block Sections. From the Central Post and under normal conditions (Full Supervision - FS), the system sends each train the authorisation to enter a section of the line (Movement Authority - MA) only after checking the following:

- the train's position;
- the compatibility of the train's characteristics with those of the section forming the MA (attributes are assigned to each section of the MA, such as axle weight, national values, to be constantly checked against the train's characteristics);
- section release by possible MA's previously granted to other trains;
- the absence of system managed alarms (for example: Emergency calls);

and after receiving the acknowledgement by suitable devices that the section is clear from rolling stock and available for transit (clear track circuits or axle counting section blocks, correct direction of travel, any locked routes). In case the section is occupied but no MA's sent to other trains for that section are in force the system can send authorisation to the train to enter the section under partial On Sight (OS) supervision mode which becomes effective subject to driver's recognition. When one of the conditions required to send an FS or OS MA is missing, the train may access the section under STAFF Responsible mode (SR), subject to specific request by the Driving Personnel or, in some cases, subject to recognition. Subject to

- *Non Leading (NL)*: nelle locomotive non di testa dei treni in trazione multipla e nelle locomotive di spinta in coda;
- *Specific Transmission Module (STM)*: su tratti di linea attrezzati con sistemi nazionali di protezione/controllo della marcia dei treni per i quali il treno è fornito di apposito sistema di interfaccia con l'ERTMS/ETCS;
- *Unfitted (UN)*: su tratti di linea non attrezzati con l'ERTMS/ETCS Livello 2;
- *Isolation (IS)*: in caso di indisponibilità dell'apparecchiatura di bordo;
- *Shunting (SH)*: generalmente per l'effettuazione delle manovre. In caso di collegamento radio GSM-R attivo deve essere autorizzato dal sistema.

I mezzi di trazione telecomandati dalla cabina di guida di altro rotabile possono marciare in modalità Sleeping (SL), rendendo predisposta la cabina di coda per la missione ETCS dopo il cambio di banco del Personale di Condotta.

#### 5. ERTMS/ETCS di Livello 1 con Radio Infill sovrapposto ad SCMT

Per le applicazioni legate ai corridoi interoperabili (A, B, e D), così come riportato in fig. 5, saranno utilizzati la medesima eurobalise e lo stesso encoder SCMT per l'invio dei telegrammi SCMT (contenuto nel pacchetto 44 - informazioni nazionali - del telegramma ERTMS) ed ETCS Livello 1; in fig. 12 è illustrato tale utilizzo promiscuo.

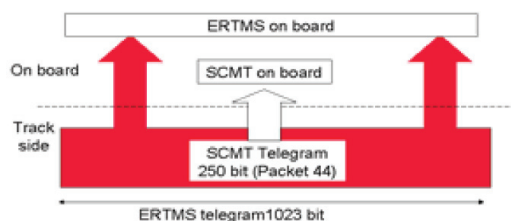


Fig. 12 - Utilizzo promiscuo della Eurobalise ed Encoder SCMT per l'invio dei telegrammi SCMT ed ETCS Livello 1 ai treni. *Mixed use of SCMT Eurobalise and Encoder for the transmission to the trains of the SCMT and Level 1 ETCS telegrams.*

a prior and specific selection of Driving Personnel, the system may allow train running under further modes:

- *Non Leading (NL)*: in non head multiple traction train locomotives and in tail driving locomotives;
- *Specific Transmission Module (STM)*: on sections of the line equipped with train running protection/control systems for which the train is equipped with a specific interface with the ERTMS/ETCS;
- *Unfitted (UN)*: on line sections unequipped with the ERTMS/ETCS Level 2;
- *Isolation (IS)*: in case of unavailability of onboard equipment;
- *Shunting (SH)*: generally for manoeuvring. In case of an active GSM-R radio link it should be authorised by the system.

Traction vehicles remotely controlled from the driver cabin of another rolling stock are allowed to run under Sleeping (SL) mode, thus predisposing the tail cabin for the ETCS mission after cab changeover of the Driving Personnel.

#### 5. Level 1 ERTMS/ETCS with Radio Infill overlapped to SCMT

Applications regarding the interoperable corridors (A, B and D), as illustrated in figure 5, will employ the same eurobalise and the same SCMT encoder for the transmission of the SCMT telegrams (contained in the packet 44 - national information - of the ERTMS telegrams) and Level 1 ETCS; this mixed use is illustrated in fig. 12.

The availability of a GSM-R network has allowed the specification of the Radio Infill application to the Level 1 with the aim to maintain the counter-indicator on the DMI even for a discontinuous system as Level 1 ETCS (possible undue closing events of the next signals are then quickly transferred onboard the train).

This opportunity has required a flexible definition, according to the real necessities, of the control parameters of the infill radio channel, using the section timers of the Movement Authority that are available in ETCS, as showed in Figure 13.

In this way the MA that has been transmitted via radio to the train in advance with respect to the next signal Informative Point, composed of balises, has the same informative content of the IP and in addition contains even data regarding the section timers and the telephonic number (to be called by the train) of the next Radio Infill Unit device connected to each encoder. The aim is to maintain the radio connection active as long as possible (always active in case of SSB equipped with two mobile terminals, with known radio fading zones in case of single radio).

L'avere inoltre a disposizione una rete GSM-R ha permesso una specificazione dell'utilizzo del Radio Infill per il Livello 1 con l'obiettivo di mantenere il controllo sul DMI anche per un sistema discontinuo come il Livello 1 ETCS (eventuali chiusure indebite del segnale a valle sono così tempestivamente riportate al treno). Tale opportunità ha richiesto una definizione flessibile, in funzione dell'effettiva necessità, dei parametri di controllo del canale radio per l'infill, utilizzando i timer di sezione della Movement Authority di cui ETCS dispone, come mostrato in fig. 13.

In tal modo la MA inviata in anticipo al treno rispetto al successivo Punto Informativo di segnale costituito da boe, ha il medesimo contenuto informativo di quest'ultimo, ed in aggiunta le informazioni sui timer di ogni sezione e il numero telefonico del successivo dispositivo di Radio Infill Unit collegato ad ogni encoder, da chiamare da parte del treno. Questo per mantenere il più possibile un collegamento radio attivo (sempre attivo in caso di SSB dotato di due terminali mobili, con delle zone di buco radio note in caso di singola radio).

## 6. SCMT ed ETCS L1

Se l'obiettivo finale è quello di migrare verso l'ETCS come volontà comune europea sia per l'AV che per il convenzionale, è naturale chiedersi perché sia stato introdotto l'SCMT e non direttamente l'ETCS, ad esempio di Livello 1. Sebbene le funzionalità siano molto simili e

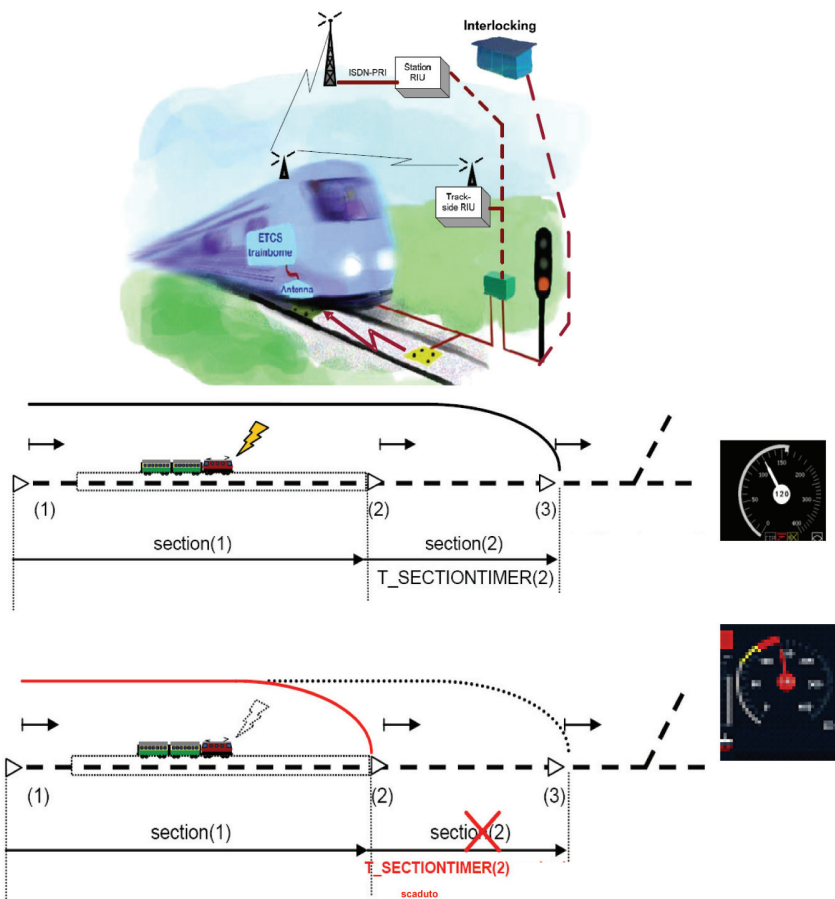


Fig. 13 - Gestione dei Timer di sezione per MA inviata via Radio. Accorciamento End of Authority in caso di mancanza dell'utilizzo dell'informazione via radio in un certo tempo. *Management of the Section Timers for the MA transmitted via radio. Reduction of the End of Authority in case the information transmitted via radio is not used within a defined time.*

## 6. SCMT and ETCS L1

If the final aim is the transition to the ETCS system according to the European programs both for High Speed and for conventional lines, it would be normal to wonder why SCMT has been introduced without adopting directly the ETCS system, for instance Level 1 ETCS. Although their functionalities are quite similar and the hardware is the same, there are different technical and historical reasons that can justify this choice, as hereby illustrated:

1. the first reason is connected to the fact that in 1998, period during which there was a strong will to carry out a national railway safety plan by introducing the

l'Hardware il medesimo, ci sono diverse ragioni tecniche e storiche legate a tale scelta, di seguito illustrate:

1. il primo motivo è stato la mancanza nel 1998, periodo nel quale era forte la volontà di realizzare un piano nazionale di sicurezza attraverso l'introduzione di sistemi ATP/ATC sulla rete ferroviaria e sul Materiale Rotabile ammessovi a circolare di una schematizzazione ufficiale a livello Europeo nelle specifiche UNISIG vigenti SRS 2.0.0 in merito a tutte le categorie treno e di una parametrizzazione delle curve di frenatura per i rotabili. Tali dati sintetizzati ad esempio nella PGOS a livello nazionale sono essenziali per costruire i dati di terra e di bordo di un ATP/ATC completo per tutte le fasce di treno e linee del territorio nazionale. A livello di ERA è stata solo di recente avviata la fase finale di definizione delle Categorie dei treni (Train categories) e delle Curve di frenatura (Braking Curves) che entreranno a far parte dei requisiti delle SRS UNISIG 3.0.0 entro il prossimo anno;
2. il secondo motivo è stato la necessità di integrare a livello funzionale il blocco automatico a correnti codificate (RSC), con il sistema discontinuo (RSDD) nell'SCMT, permettendo di realizzare su linee codificate un ATP continuo;
3. il terzo è stato quello di voler minimizzare gli impatti regolamentari realizzando un ATP che mantenesse il più possibile inalterate le modalità di guida vigenti non introducendo così il segnalamento in cabina (Cab Signalling) ma realizzando un ATP con il doppio controllo del PdC, che continua a guidare guardando i segnali luminosi e rispettando il regolamento segnali e le disposizioni di servizio, e del sistema automatico pronto ad intervenire in caso di errore del macchinista;
4. il quarto punto è l'utilizzo per un sistema discontinuo come l'ETCS Livello 1 del Cab Signalling, cioè la ripetizione sul display di guida della velocità consentita, delle distanze dai punti protetti e delle condizioni della linea. Tale rappresentazione in cabina di guida non è stata accettata da RFI in sistemi discontinui in presenza di rappresentazioni di informazioni liberatorie. Quindi mentre l'ETCS L1 prevede il Cab Signalling da specifica, l'SCMT ne è privo. Questo perché in assenza di sistemi di infill, cioè di aggiornamento sicuro e anticipato dell'informazione prima del successivo punto informativo, un'informazione liberatoria presentata in macchina sul DMI resterebbe tale anche in caso di aspetto del successivo segnale che diventasse nel frattempo più restrittivo (cosa che non si verifica con un sistema continuo come l'ETCS Livello 2 perché ogni aggiornamento sulle condizioni di via è immediatamente presentato e gestito dal SSB). Per ovviare a questa deficienza l'applicazione dell'ETCS L1 in Italia prevede l'utilizzo dell'infill via radio con il controllo in sicurezza dell'informazione così inviata.

Il sistema SCMT, che ha avuto ragioni di massima priorità di introduzione nel sistema ferroviario italiano, è comunque compatibile con l'ETCS utilizzando il medesimo

ATP/ATC systems both on the railway network and on the Rolling Stock authorized to run the network, there was not at European level, in the UNISIG SRS 2.0.0 in force, an official schematization concerning all train types and there was not as well a parameterization of the rolling stock braking curves. These data, summarized for instance in the national PGOS, are essential to build ground and onboard data of a complete ATP/ATC system for all train categories and line types of the Italian railway network. The final phase of definition of the Train Categories and the Braking Curves is recently begun; within the next year these categories and these curves will become part of the SRS UNISIG 3.0.0 requirements;

2. the second reason is the necessity to integrate at functional level the coded current automatic block (RSC) with the discontinuous system (RSDD) in the SCMT, thus allowing to carry out a continuous ATP on coded lines;
3. the third reason is the intention to minimize the regulatory impacts, carrying out an ATP system that keeps unchanged as much as possible the driving modalities in force without introducing the Cab Signalling but carrying out an ATP system with the control of the PdC-Driving Personnel (that keep on driving while visually controlling the light signals and respecting the signal regulation and the service instructions) and the control of the automatic system that is ready to intervene in case of mistake of the driver;
4. the fourth reason is the utilization of the Cab Signalling for a discontinuous system such as Level 1 ETCS, that is the repetition on the driving display of permitted speed, distances from protected points and line conditions. This representation in the driving cab has not been accepted by RFI for discontinuous systems with representation of releasing information. Therefore while ETCS L1 specifications include the Cab Signalling, the SCMT doesn't include it. This is due to the fact that in case of absence of the infill system, that provides a safe and anticipated information update before the next informative point, a releasing command transmitted to the Cab DMI would remain unchanged even though the aspect of the next signal changed in the meantime into a more restrictive aspect (this inconvenience cannot happen with a continuous system such as Level 2 ETCS because every updating concerning track condition is quickly transmitted to the SSB and managed by it).

SCMT, that has taken advantage of the highest priority of implementation in the Italian Railway system, is however compatible with ETCS using the same hardware (eurobalise and encoder) and the same telegram, where the SCMT informative content is allocated in the part of the telegram that is dedicated to national data (packet 44), while leaving the remaining part of the telegram for L2 ETCS use (see inter-connections areas between High

mo hardware (eurobalise ed encoder) ed il medesimo telegramma in cui il contenuto informativo di SCMT è allocato nella parte dedicata ad informazioni nazionali (pacchetto 44), lasciando libera la rimanente parte del telegramma per uso ETCS L2 (vedi zone di interconnessione fra AV e linee tradizionali) o per sovrapporre il Livello 1 all'SCMT.

## 7. SSC

L'SSC è un sistema di ausilio alla condotta, che verifica continuamente la coerenza dell'operato del Personale di Condotta con quanto richiesto dagli impianti di sicurezza. Il progetto del sistema SSC è nato per dare una veloce ed economica risposta alle esigenze di sicurezza delle linee a scarso o modesto traffico principalmente delle linee non elettrificate di RFI. Ha avuto un processo incrementale in termini di sviluppo funzionale e certificativo ed una prima specificazione dei requisiti definita Base Line 1 che, in seguito ad aggiornamenti (upgrade) funzionali, è stata successivamente ridefinita Base Line 1 plus. Al fine di elevare ulteriormente il livello di sicurezza complessivo del sistema, è stata sviluppata la Base Line 2 (BL2) delle specifiche, definendo un telegramma più esteso in grado di trasmettere le informazioni aggiuntive necessarie per soddisfare nuovi requisiti funzionali. Per assicurare la protezione della marcia del treno indipendentemente dalla tipologia del Sotto Sistema di Terra (SSC o SCMT) e rendere il mezzo "anfibo", RFI ha definito, per il solo Sotto Sistema di Bordo, un'ulteriore specificazione, denominata Base Line 3.

Il sistema SSC, come l'SCMT e l'ETCS, è composto da un Sotto Sistema di Terra e da un Sotto Sistema di Bordo.

Il Sotto Sistema di Terra è costituito essenzialmente da un *encoder* e da un *transponder* che, insieme, formano un Punto Informativo (PI). L'*encoder* si interfaccia con il segnale luminoso in modo da prelevarne l'aspetto e l'alimentazione necessaria al suo funzionamento e a quello del *transponder*. L'*encoder* codifica opportunamente l'aspetto del segnale luminoso prelevato ed invia, tramite un'interfaccia seriale, i telegrammi informativi al *transponder*, che è un dispositivo semipassivo che deve essere energizzato dal Sotto Sistema di Bordo affinché possa trasmettere il telegramma informativo associato all'aspetto del segnale luminoso. Il Sotto Sistema di Terra ha il compito di trasmettere al treno, tramite il *transponder*, una serie di informazioni, tra cui:

- l'aspetto dei segnali luminosi fissi;
- i limiti imposti dalla velocità di rango e dal grado di frenatura della linea;
- i rallentamenti e le riduzioni di velocità;
- ulteriori dati necessari per la sicurezza del sistema.

Il Sotto Sistema di Bordo è costituito da un computer che elabora sia le informazioni acquisite dai *transponder*

Speed lines and traditional lines) or for overlapping Level 1 ETCS to SCMT.

## 7. Driving Support System (SSC)

SSC is a system for driving assistance that continuously verifies the coherence of Driving Personnel actions and behavior with safety installation prescriptions. The SSC system has been designed to give a quick and economical answer to the safety necessities of low traffic lines, mainly the non electrified lines of the RFI network. Its functional and certification process has been incremental and a first requirement specification named "Base Line 1" has been later reviewed with the name "Base Line 1 plus" following to functional upgrading. In order to further increase the overall safety level of the system a new revision of the specification, named Base Line 2 (BL2), has been developed, defining a longer telegram that is able to transmit the additional data which are necessary for new functional requirements.

In order to guarantee the train running protection independently from the typology of the Ground Sub-System (SSC or SCMT) and in order to make the rolling stock "amphibian", RFI has defined a further specification, named Base Line 3, for the sole On-Board Sub-System. SSC system, as SCMT and ETCS, is composed of a Ground Sub-System and an On-Board Sub-System.

Ground Sub-System is essentially composed of an *encoder* and a *transponder* that, together, form an Informative Point (IP). The *encoder* interfaces with the relevant light signal in order to acquire its aspect and the necessary supply for its operation and for *transponder* operation. The *encoder* does properly codify the acquired aspect of the light signal and transmits, by means of a serial interface, the informative telegrams to a *transponder*, a semi-passive device that needs to be energized by the On-Board Sub-System in order to be able to transmit the informative telegram that is associated to the aspect of the light signal. The Ground Sub-System is in charge to transmit on-board the train, by means of the *transponder*, a series of data, among which:

- the aspect of the fixed light signals;
- the speed limits imposed by the rank and the braking grade of the line;
- the speed slackening and speed reduction data;
- further data necessary for the system safety.

The On-Board Sub-System is composed of a computer that processes both the data received by the transponders and the actions carried out by the Driving Personnel (PdC). Data transmission from the Ground Sub-System to the On-Board Sub-System is a discontinuous transmission and is based on a microwave radio technology. When the train transits over an Informative Point, the On-Board Sub-System energizes the *transponder* by means of the re-



sia le operazioni effettuate dal Personale di Condotta. Il trasferimento delle informazioni dal Sotto Sistema di Terra al Sotto Sistema di Bordo avviene in maniera discontinua ed è basato su una tecnologia radio a microonde. Quando il rotabile transita in asse ad un Punto Informativo, il Sotto Sistema di Bordo, tramite le antenne dei receiver, energizza il *transponder* con una portante a frequenza di 5,8 Giga Hertz. Il *transponder* modula questa portante con il telegramma informativo che gli è stato inviato dall'*encoder* e la ritrasmette modulata al Sotto Sistema di Bordo del treno. Sui Punti Informativi sono previsti due tipi di *transponder* in funzione della frequenza di modulazione intermedia:

- 10,7 Mega Hertz (denominata frequenza F1);
- 13 Mega Hertz (denominata frequenza F2).

I *transponder* a frequenza di modulazione intermedia F1 vengono installati sui segnali posti a sinistra rispetto al senso di marcia del treno (segnali a vela tonda), mentre i *transponder* a frequenza di modulazione intermedia F2 vengono installati sui segnali posati a destra (segnali a vela quadrata). Il Sotto Sistema di Terra è costituito anche da Punti Informativi Data Tag, composti unicamente da un *transponder* e da un alimentatore che può prelevare l'energia da una batteria con pannello solare. Il Data TAG, versione semplificata di Punto Informativo, invia al Sotto Sistema di Bordo un telegramma fisso predefinito. Il Punto Informativo Data TAG viene utilizzato per riattivare o ricalibrare la catena degli appuntamenti e, in alcuni casi, per ridefinire la direzione di validità delle informazioni trasmesse dai successivi Punti Informativi, in funzione del senso di marcia del treno.

Il Sotto Sistema di Bordo dell'SSC è costituito da un elaboratore digitale interfacciato con:

- una coppia di *receiver* per ciascuna cabina, installati sulle fiancate di sinistra e di destra, e funzionanti alle due diverse frequenze di demodulazione intermedia F1 e F2;
- la piastra pneumatica per l'attivazione della frenatura di emergenza;
- i sistemi di diagnostica;
- i generatori tachimetrici necessari al calcolo delle informazioni di spazio e di velocità;
- il quadro di distribuzione dell'alimentazione.

Il Cruscotto del Sotto Sistema di Bordo è composto dalle seguenti parti:

- un pulsante luminoso SSC, che si accende a luce blu alla lettura del primo Punto Informativo di segnale, che serve per escludere la funzionalità dell'SSC nel caso di guasto al Sotto Sistema di Terra;
- un pulsante di colore giallo CSR (Conferma Segnalazione Restrittiva) che deve essere azionato dal Personale di Condotta prima della lettura di un Punto Informativo di segnale con aspetto restrittivo;

ceiver antennas with a carrier at 5.8 Giga Hertz. The *transponder* modulates this carrier with the informative telegram that has received by the encoder and transmits it in a modulate form to the On-Board Sub-System. The Informative Points can be equipped with two type of *transponder* according to the intermediate modulation frequency:

- 10,7 Mega Hertz (named frequency F1);
- 13 Mega Hertz (named frequency F2).

*Transponders* with intermediate modulation frequency F1 are installed by the signals that are on the left side with respect to the direction of traffic (round back-ground signals) while *transponders* with intermediate modulation frequency F2 are installed by the signals on the right side (square background signals).

Ground Sub-System includes Data Tag Informative Points too; they are composed of a *transponder* and a power supply that can be supplied by a solar-energy panel. The Data Tag, a simplified version of the Informative Point, transmits to the On-Board Sub-System a pre-set fixed telegram. Data Tag Informative Point is used to reactivate or recalibrate the appointment chain and, in some cases, to redefine the validity direction of the data transmitted by the next Informative Points according to the running direction of the train.

The On-Board Sub-System of the SSC is composed of a digital processor interfaced with:

- a couple of *receiver* for each cab, installed on its left and right sides and operating at the two different intermediate demodulation frequencies F1 and F2;
- the pneumatic push-button for the activation of the emergency braking;
- diagnostic systems;
- tachometric generators, necessary for the calculation of position and speed data;
- the supply distribution board.

The On-Board Sub-System instrument panel is composed of the following parts:

- a light push-button SSC that switches on with a blue light when the first Signal Informative Point is red; its function is to exclude the SSC functionality in case of fault in the Ground Subsystem;
- a yellow push-button CSR (Conferma Segnalazione Restrittiva – Restrictive Signal Confirmation) that has to be driven by the PdC (Driving Personnel) before reading a signal Informative Point with restrictive aspect;
- a light push-button RF (Riarma Freno - Brake Release) that flashes with a white light when the emergency braking is driven and is switched on with a fixed white light when the brakes are releasable;
- a two position switch: MAN/SR and TRAIN, to activate



# ...un'altra Freccia al nostro arco!

## A.V. Milano-Bologna.

14 dicembre 2008, inaugurata la nuova tratta  
per l'Alta Velocità Milano-Bologna.

Un nuovo passo verso il futuro e l'evoluzione della  
mobilità in Italia. Un successo che coinvolge anche  
Telefin che ha realizzato il Sistema Telefonico Integrato  
presso la sala PCS di Bologna con interfacciamento  
al sistema SCC.



Filovia.it - 01/09



**Telefin** S.p.A.  
TELECOMUNICARE CON PASSIONE

[www.telefin.it](http://www.telefin.it)

Via Albere, 87/A - 37138 Verona - Italia

Tel. +39 045 8100404 - Fax +39 045 8107630

e-mail: [info@telefin.it](mailto:info@telefin.it)



- un pulsante luminoso RF (Riarmo Freno) che lampeggia a luce bianca quando viene comandata la frenatura di emergenza, mentre si accende a luce bianca fissa quando la frenatura diventa riarmabile;
- un commutatore a due posizioni: MAN/SR e TRENO, per attivare la modalità operativa "Manovra" o la funzione "Supero Rosso";
- una lampada a luce rossa "manovra/supero rosso" e una lampada a luce bianca "treno".

La frenatura di emergenza si verifica nei seguenti casi:

- mancato riconoscimento dell'aspetto restrittivo dei segnali luminosi;
- intervento del train trip;
- mancata lettura di Punti Informativi in appuntamento;
- indebita attivazione della funzione CSR;
- superamento del tetto alla velocità di rilascio;

ed è riarmabile solo a treno fermo, tramite il tasto RF.

Il tetto alla velocità di rilascio è di 30 km/h e viene imposto dal Sotto Sistema di Bordo circa 200 metri prima di un segnale luminoso disposto a via impedita.

Il Sistema di Supporto alla Condotta, SSC, al pari del Sistema di Controllo Marcia Treni SCMT, interviene automaticamente qualora non vengano rispettati i vincoli imposti trasmessi dal Sotto Sistema di Terra e risponde in maniera precisa ed efficace alle esigenze della sicurezza ferroviaria.

A seguito dei ritorni dal campo e dell'attività di Analisi del Rischio il SSB dell'SSC è evoluto alla versione denominata Base Line 1 Plus (BL1+) che si caratterizza, conservando lo stesso telegramma adottato per BL1, per un incremento delle funzionalità:

- protezione rispetto ai segnali con controllo di velocità derivato da SCMT;
- gestione rallentamenti e binari tronchi;
- protezione contro indebiti movimenti del treno (mediante azione su pulsante riconoscimento atto partenza);
- gestione velocità di linea e grado di frenatura mediante posa di PI di tipo fisso lungo linea (utilizzati anche per finalità di ricalibrazione odometrica).

Le differenze architetturali rispetto al SSB dell'SSC BL1 consistono in:

- Indipendenza dal dispositivo VACMA.
- Introduzione del pulsante riconoscimento atto partenza.
- Introduzione del dispositivo di anti-icing sulle antenne per impedire la formazione di ghiaccio/neve che ostacolano la comunicazione a microonde.

Il SSB dell'SSC BL1+ mantiene lo stesso elaboratore digitale e la stessa interfaccia verso il Personale di Condotta del SSB dell'SC BL1 e, non permettendo la introdu-

the modality "Operation (Manovra)" or the function "Supero Rosso (Red signal Pass)";

- a red light lamp "operation/red signal pass" and a white light lamp "train".

Emergency braking is automatically driven in the following cases:

- restrictive aspect of the light signals not recognized;
- train trip intervention;
- Informative Points not read when required;
- undue activation of the CSR function;
- exceeding of the release speed limit;

and it can be released, by means of the RF button, only with the train in standstill condition.

The release speed limit is 30 km/h and is set by the On-board Subsystem about 200 meters before a light signal at danger.

The Driving Support System (SSC), as the Train Running Control System (SCMT), does automatically intervene when the constraints transmitted by the Ground Subsystem are not respected. It matches in a precise and efficient way the railway safety necessities.

Following to field returns and to Risk Analysis activities the SSB of the SSC system has evolved to the new release named Base Line 1 Plus (BL1+) that, maintaining the same telegram adopted for BL1, is characterized by the addition of the following functionalities:

- Protection with respect to signals with speed control derived by SCMT;
- Speed restriction and dead-end track management
- protection against undue movements of the train (by acting on the start recognition push-button);
- Management of line speed and braking grade by laying fixed IP along the railway line (also used for odometer recalibration)

The architectural differences with respect to the SSB of the SSC BL1 are as follows:

- Independence of the VACMA device.
- Introduction of the starting recognition push-button
- Installation of a specific device on the antennas in order to prevent ice/snow formation that could compromise the microwave communication.

The SSB of the SSC BL1+ has the same digital processor and the same interface with the Driving Personnel as the SSB of the SC BL1. It doesn't allow the introduction of train data and is therefore applicable only to fixed formation rolling stock.

According to the equipping strategies of the RFI railway lines that include:

- SST SCMT on electrified lines (about 12.000 km);



zione dei dati treno, risulta pertanto applicabile solo su materiale rotabile a composizione bloccata.

In relazione alle strategie di attrezzaggio delle linee RFI, che prevedono:

- SST SCMT su linee elettrificate (circa 12.000 km);
- SST SSC su linee non elettrificate (circa 4.800 km) con estensione a tratti di linea elettrificati, già muniti di SCMT, di origine/termine servizi che si svolgono con mezzi diesel prevalentemente sulle linee non elettrificate;

è stata sviluppata la Base Line 3 del SSB dell'SSC (SSB SSC BL3) dotata di tutte le funzionalità SSC e delle funzioni SCMT inclusa la Ripetizione Segnali in macchina. Scopo della *base line* BL3 di bordo è quello di rendere possibile, ad un treno attrezzato con un'apparecchiatura BL3, di circolare protetto sia su un Sotto Sistema di Terra SCMT sia su un Sotto Sistema di Terra SSC. Il cruscotto del Sotto Sistema di Bordo BL3 con tecnologia LCD tipo ETCS, permette la visualizzazione delle informazioni e l'interazione con il Personale di Condotta, previste sia dal sistema SCMT che dal sistema SSC, in relazione all'attrezzaggio della linea. Il SSB dell'SSC BL3 è configurabile in due diverse architetture:

- architettura "A" (SSC Stand Alone);
- architettura "C" (SSC e SCMT funzionalmente integrati).

Le funzionalità del SSC BL 1 + potranno essere aumentate (ad esempio gestione appuntamento fra punti informativi, migliore granularità distanze, rinforzo captazione terra-bordo, etc) attraverso la definizione di un telegramma più esteso.

Attraverso la disponibilità delle funzioni SCMT e delle antenne BTM ed RSC è possibile pensare l'utilizzo di infill via binario e di informazioni via balise anche sul sotto sistema di terra SSC. Tale possibilità permetterà l'attrezzaggio di un sottosistema di terra SSC anch'esso denominato BL2.

## 8. Integrazione e interoperabilità

Consolidare e ottimizzare il processo di gestione e manutenzione dell'investimento tecnologico effettuato può essere considerato uno degli immediati obiettivi di RFI e delle Imprese Ferroviarie. Partendo dai sistemi di distanziamento elettromeccanici, elettrici ed elettronici come il BEM, BA, BAcc integrati o interconnessi con gli apparati di stazione ACE, ACEI, ACC è stata sovrapposta ed integrata con diversi livelli funzionali o tecnologici la tecnologia SCMT, SSC ed ETCS per raggiungere in primo luogo il livello di sicurezza richiesto dalle direttive Ministeriali o per adeguamento alle Direttive e Decisioni degli Organi Comunitari Europei. Nel caso delle linee AV si è scelta l'applicazione del solo ETCS Livello 2 senza altri sistemi di fall-back, con l'integrazione tecnologica con le linee storiche. La parallela introduzione di tre nuovi sistemi ATP/ATC nel sistema ferroviario italiano ha quindi richiesto particolare attenzione nella loro mutua integrazione ed interoperabilità con i sistemi preesistenti.

- SST SSC on non electrified lines (about 4.800 km) with extension to electrified line sections, already equipped with SCMT, being origin/end of railway runs that are carried out mainly on non-electrified lines with diesel rolling stock;

the Base Line 3 of the SSC SSB (SSB SSC BL3) has been developed and endowed with all SSC functionalities and SCMT functions including Signal Repetition on the locomotive. Aim of the Onboard Base Line BL3 is to make it possible that a train equipped with BL3 runs protected both on an SCMT Ground Subsystem and on an SSC Ground Subsystem. The instrument panel of the BL3 Onboard Subsystem with LCD technology, ETCS type, allows data visualization and the interaction with the PdC (Driving Personnel) as in the SCMT and SSC systems, according to line equipping. The SSB of the SSC BL3 can be configured according to two different architectures:

- architecture "A" (SSC Stand Alone);
- architecture "C" (SSC and SCMT functionally integrated).

SSC BL 1 + functionalities could be increased (e.g. managing appointments between informative points, better distance granularity, reinforcement of ground-train communication, etc.) by defining a longer telegram.

Being available the SCMT functions and the BTM and RSC antennas, it would be possible to use via-track infill and via-balise data even for the SCC ground subsystem. This possibility will allow to implement a SCC ground subsystem named BL2.

## 8. Integration and Interoperability

Consolidation and optimization of the process of management and maintenance of the specific technological investment can be considered one of the early aims of both RFI and Railway companies in general. Starting from electromechanical, electrical and electronics train spacing systems such as BEM, BA, Bacc, integrated with or interconnected to the interlocking systems (ACE, ACEI, ACC), the SCMT, SSC and ETCS technology have been overlapped and integrated with different functional and technological levels in order to reach the safety level required by Minister Directives or to match with Directives and Decisions issued by European Communities Authorities. In the case of High Speed Lines the sole Level 2 ETCS has been chosen and implemented with technological integration with traditional lines and without other fall-back systems. The contemporary introduction of three new ATP/ATC systems in the Italian Railway Network has required a particular attention for their reciprocal integration and interoperability with the existing systems. The integration between ATP/ATC systems with existing systems can be exclusively technological or both technological and functional. For instance the integration between SCMT and RSC is both technological and functional while the in-



L'integrazione fra i sistemi ATP/ATC con i sistemi preesistenti può essere solo tecnologica o anche funzionale. Tecnologica e funzionale lo è ad esempio nel caso di SCMT con RSC mentre è solo tecnologica nei casi di SCMT e di Livello 1 o Livello 2 ETCS per la parte del Sotto Sistema di Terra. A livello di Sotto Sistema di Bordo dove è richiesta la massima interoperabilità fra le linee con diversi attrezzaggi di sistemi ATP/ATC, l'integrazione è ormai sia tecnologica che funzionale. Lo scenario di attrezzaggio di terra riportato in fig. 5 - realizzazione di linee con SSC (4.800 km), SCMT (12.000km) e di ETCS (al momento 600 km di Livello 2, che arriveranno a circa 3.500 km con il completamento del progetto AV e con la sovrapposizione all'SCMT (Livello 1) per i corridoi interoperabili) - ha richiesto degli SSB interoperabili a livello nazionale ed internazionale. L'interoperabilità è stata realizzata fra SCMT ed SSC nonché tra SCMT ed ETCS principalmente su quei materiali rotabili utilizzabili sulle relazioni commerciali che interessavano linee con attrezzaggi differenti. I sottosistemi di bordo dell'ETCS e del SCMT sono stati integrati realizzando un STM interno all'EVC (con attualmente un DMI separato) per consentire nelle zone di sovrapposizione dei sottosistemi di terra, la transizione senza arrestare il treno o creare soggezioni alla marcia. Analogamente, come già visto, è stata realizzata un'integrazione fra SSC ed SCMT (SSB BL3), che consente la transizione fra i due sistemi. Tale architettura di SSB è stata realizzata, anche a seguito delle esperienze maturate nello sviluppo di SCMT, ETCS ed SSC, con il minimo delle ridondanze, al fine di abbatterne i costi e quindi con un unico DMI (SCMT e SSC) a LCD. Nelle zone di transizione, i sistemi SSC-SCMT e SCMT-ETCS, realizzano delle integrazioni tecnologiche, per la parte di terra, e tecnologico-funzionali per quella di bordo. In tabella 4 è mostrata una matrice di interoperabilità dei sistemi ETCS, SCMT, SSC in considerazione delle integrazioni realizzate sul SSB.

In considerazione della parallela introduzione dei sistemi SCMT, SSC, ETCS e della loro stratificazione su sistemi preesistenti o come nel caso dell'ETCS Livello 1 in sovrapposizione all'SCMT, sono state identificate delle integrazioni solo tecnologiche o sia tecnologiche che funzionali. In tabella 5 sono illustrate le possibili integrazioni tecnologiche o tecnologiche e funzionali fra i Sottosistemi di terra per ETCS, SCMT, RSC ed SSC.

Le tecnologie introdotte sono state fornite e sviluppate da diversi fornitori per accelerare le realizzazioni. La tabella 6 illustra la sintesi dei fornitori per le diverse tecnologie e loro architetture attualmente omologate.

Come illustrato, l'introduzione dei sistemi tecnologici di protezione e controllo della marcia del treno su tutta la rete RFI ha comportato l'interfacciamento con i sistemi ed apparecchiature preesistenti come segnali, apparati di stazione e impianti di linea. Il futuro ammodernamento degli impianti esistenti può dare l'opportunità di ottimizzazioni tecnologiche da perseguire nell'ottica dell'integrazione per la riduzione dei costi di manutenzione e di gestione. Ad esempio gli encoder di stazione potranno essere integrati negli ACC attraverso i controllori di ente per

integrazione between SCMT and ground sub-system of Level 1 ETCS and Level 2 ETCS is exclusively technological. For the on-board sub-system is required the highest interoperability level between lines with different ATP/ATC systems and therefore integration is both technological and functional. The ground equipping scenery illustrated in figure 5 - lines equipped with SSC (4.800 km), SCMT (12.000 km) and ETCS (at present 600 km of Level 2 ETCS that will reach about 3.500 km with the completion of the High Speed project and with ETCS overlapping to SCMT (Level 1) for interoperable corridors) - has required an interoperable SSB both at national level and international level.

The interoperability between SCMT and SSC and between SCMT and ETCS has been mainly carried out on the rolling stocks that can be used for commercial connections interesting railway lines with different equipping. ETCS and SCMT on-board sub-systems have been integrated by installing an STM inside the EVC (at present with a separated DMI) in order to allow the sub-system transition, in the overlapping zones of the ground sub-systems, without stopping the train or imposing running limitations.

In the same way it has been implemented, as before mentioned, an integration between SSC and SCMT (SSB BL3) making it possible the transition between the two systems.

This SSB architecture has been designed and implemented with the minimum redundancy (that is with a single LCD DMI (SCMT and SSC)), taking into consideration the experiences gained in the SCMT, ETCS and SSC system development and aiming to reduce overall costs.

In the transition zones, SSC-SCMT and SCMT-ETCS systems implement technological integrations for the ground sub-system and technological-functional integrations for the on-board sub-system (implemented on SSB).

Table 4 shows an interoperability matrix for ETCS, SCMT and SSC systems, considering the integrations that have been implemented on SSB.

Considering the contemporary implementation of the SCMT, SSC and ETCS systems and their stratification on pre-existing systems or their overlap to existing system (as in the case of the ETCS Level 1 and SCMT), some technological or functional-technological integration solutions have been detected. Table 5 illustrates the possible technological or functional-technological integration solutions between ground subsystems for ETCS, SCMT, RSC and SSC.

The introduced technologies have been designed and developed by different suppliers in order to accelerate the relevant implementations. Table 6 illustrates the different suppliers of the various technologies and the architectures that are presently homologated.

As before illustrated, the introduction of train control and train protection technological systems all over the

INTEROPERABILITÀ FRA I SOTTOSISTEMI DI TERRA  
E DI BORDO PER SCMT, SSC, ETCS. *INTEROPERABILITY BETWEEN  
GROUND AND ON-BOARD SCMT, SSC, ETCS SYSTEMS*

SSB \ SST	ETCS	SCMT (RSC e RSDD)	SSC BL1+	SSC BL2
ETCS con STM SCMT	SI	SI	NO	NO
SCMT	NO (*)	SI	NO	NO
SSC BL 3	NO (*)	SI	SI	SI(**)
SSC BL 1+	NO	NO	SI	SI(**)
SSC BL 2	NO	NO	SI	SI

(\*) Predisposizione per Interoperabilità futura con aggiunta di moduli HW/SW. *Predisposition for future Interoperability with addition of HW/SW modules.*

(\*\*) In fase di sviluppo. *Under development.*

boa SCMT/ETCS o trasponder SSC. Oppure l'introduzione dei segnali luminosi a LED potrebbe dare l'opportunità di una loro integrazione con gli encoder da segnale SCMT/SSC in modo da avere un unico dispositivo in sicurezza per l'attivazione delle luci tipiche dei segnali luminosi e la generazione dei telegrammi e segnali digitali di SCMT/SSC corrispondenti. Ciò permetterebbe una pre-configurazione dei telegrammi direttamente coerenti con le luci di segnale ed inviati ai dispositivi boa/transponder. In fig. 14 è illustrato schematicamente quanto detto.

Altra integrazione è stata realizzata fra l'ETCS Livello 2, l'ACC Multistazione e l'SCC. Al posto centrale AV di Bologna per le tratte di linea AV Milano-Bologna e Bologna-Firenze è stata realizzata un'integrazione a livello di Quadro luminoso in sicurezza ad uso dei DCO, riportando in un unico display le rappresentazioni della linea relative a:

- ACC multistazione (per la Gestione della Via);
- RBC (per la gestione del distanziamento treni ETCS Livello 2 e delle condizioni di infrastruttura per cambio fase e per rallentamenti);
- SCC (per la gestione numero treno).

La fig. 15 mostra una panoramica del Posto centrale con la postazione DCO, che ha la possibilità di avere due tratte AV sotto controllo (entro dicembre 2009) con display per ogni tratta affiancati su un unico pulpito (possibile estensione fino a Roma nell'ipotesi di applicare ETCS Livello 2 alla DD Firenze-Roma).

## 9. Curve di frenatura e Driver Machine Interface per SCMT ed ETCS

La sintesi dei dati provenienti dal SST e di quelli caratteristici del SSB si concretizza nel calcolo del profilo dinamico della velocità e l'attuazione delle diverse tipologie delle curve di frenatura del treno a seconda della sua velocità istantanea rispetto ai vincoli di linea e circolazione. Il risultato è evidenziato nel DMI ETCS con l'indicazione delle variazioni di velocità ricevute da terra e rielaborate dal SSB e con le tipologie di frenatura (in Italia sono utilizzate quelle

TABELLA 4  
TABLE 4

RFI network has required the interfacing of the new systems with the existing equipment such as signals, station interlocking apparatus and line equipment.

Future modernization of the existing installations can represent an opportunity for technological optimizations in the view of an integration process aiming to reduce maintenance and operating costs. For instance it will be possible to integrate station encoders in the ACC by means of field controllers for SCMT/ETCS balise or SSC transponder. Moreover the introduction of LED light signals could make it possible their integration with SCMT/SSC signal encoders in order to have a single safe device for the light signals activation and the generation of the corresponding SCMT/SSC telegrams and digital signals. This would allow a pre-con-

TABELLA 5  
TABLE 5

INTEGRAZIONE TECNOLOGICA (X) O TECNOLOGICA E FUNZIONALE (O) FRA SOTTOSISTEMI DI TERRA DI SCMT, SSC, ETCS. *TECHNOLOGICAL INTEGRATION (X) OR TECHNOLOGICAL AND FUNCTIONAL INTEGRATION (O) BETWEEN GROUND SCMT, SSC, ETCS SYSTEMS*

SST	ETCS	SCMT	RSC	SSC
ETCS	-	x	x	NA
SCMT	x	-	o	x(*) - o (**)
RSC	x	o	-	x(*) - o (**)
SSC	NA	x(*)	x(**)	-

(\*) In caso di doppio attrezzaggio SSC ed SCMT con unico encoder da segnale con uscita per eurobalise e transponder. *In case of contemporary implementation of SSC and SCMT systems with a single signal encoder and output for eurobalise and transponder.*

(\*\*) In caso di utilizzo anche di infill o eurobalise SCMT su Sotto Sistema di Terra SSC con SSB SSC BL3. *In case of infill or SCMT eurobalise on SSC Ground Sub-System with SSB SSC BL3.*

figuration of the telegrams to be sent to balise/transponder devices, being directly coherent with signal lights. Figure 14 illustrates it in a schematic way.

Another technological integration has been carried out between Level 2 ETCS, Multi-station ACC and SCC. This integration has been carried out at safe visual panel level, for DCO use, in the HS Central Control Post of Bologna for the management of the two HS sections Milano-Bologna and Bologna-Firenze; the integration has allowed to show on a single display the line representations regarding:

- multi-station ACC (for Traffic Management);
- RBC (for managing level 2 ETCS train spacing and infrastructure conditions for phase-exchange and for train speed slackening);
- SCC (for train number management).

Figure 15 shows a view of the Central Control Post

TABELLA 6  
TABLE 6

FORNITORI DI PRODOTTI E SOTTOSISTEMI DI TERRA E  
DI BORDO PER SCMT, SSC ED ETCS GROUND AND ON-BOARD PRODUCT AND  
SUBSYSTEM SUPPLIERS FOR SCMT, SSC AND ETCS SYSTEMS

	Sotto Sistema di Terra ATP/ATC ATP/ATC ground subsystem			Sotto Sistema di Bordo ATP/ATC ATP/ATC on-board subsystem		
	SCMT	SSC	ETCS L2	SCMT	SSC	ETCS L2
Alstom	x(0)		x	x	x	x
ASF	x(0)		x	x	x	x
Bombardier	x (0)			x(4)		
ECM	x (2)	x(1)		x	x	
Mermec	x(2)	x(1)		x	x	
Gets	x(1)	x(1)		x	x	
Selta	x(1)					
Site	x(3)					

(0) Encoder da cabina; (1) Encoder da segnale; (2) Encoder da segnale e cabina, (3) Solo realizzazione SST (prodotti omologati di altri fornitori); (4) Alimentazione esterna al segnale. (0) Cab encoder; (1) Signal encoder; (2) Signal and cab encoder; (3) Only SST (products homologated by other suppliers) (4) External supply to the signal.

di servizio ed emergenza) che sono mostrate attraverso la filosofia dei colori adottata dallo standard ETCS, come avviso di variazione di velocità e distanza dal punto di variazione, indicazione di superamento del tetto di velocità fino al limite dell'allerta o warning, poi l'eventuale intervento della frenatura di servizio e, dopo il superamento di 15 km/h del tetto l'intervento, della frenatura di emergenza, che è riarmabile solo a treno fermo e che garantisce l'arresto entro il punto pericoloso (Danger Point). La fig. 16 illustra quanto detto. In alcune amministrazioni ferroviarie come le Ferrovie Federali Svizzere (SBB), si è stabilito di non utilizzare la frenatura di servizio (nel caso di impiego del-

l'improvvisazione) con rispetto a linea e traffico constraints. The result is showed in the DMI ETCS with the indication of speed variations received from ground and processed by SSB and with braking typologies (in Italy service and emergency typologies are used) that are showed, by means of the color philosophy adopted by ETCS standard, as speed variation warning and distance from the variation point, indication of the exceeding of the speed ceiling till warning or alert limit, and then the possible intervention of service braking and, after exceeding the speed ceiling of 15 km/h, the intervention of the emergency braking that can be released only with the

with the DCO desk that has the possibility to control two HS railway sections (within December 2009) with the two displays relevant to the two sections located side by side on a single pulpit (possible extension till Rome in case of application of Level 2 ETCS to Florence-Rome Direttissima line.

# 9. Braking curves and Driver Machine Interface for SCMT and ETCS

The synthesis of data coming from SST and characteristic SSB data materializes in the calculation of the dynamic speed profile and in the actuation of different braking curve typologies of the train according to its in-

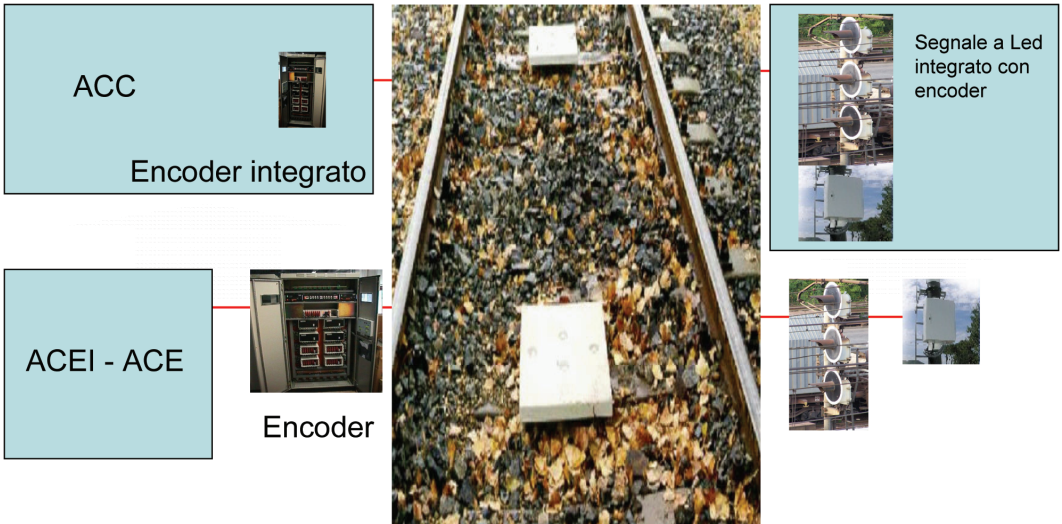


Fig. 14 - Integrazioni sul Sotto Sistema di Terra realizzate e possibili fra componenti ATC/ATP e del segnalamento. Integrations on the Ground Subsystem between ATC/ATP and signalling components – Possible and carried out integration solutions

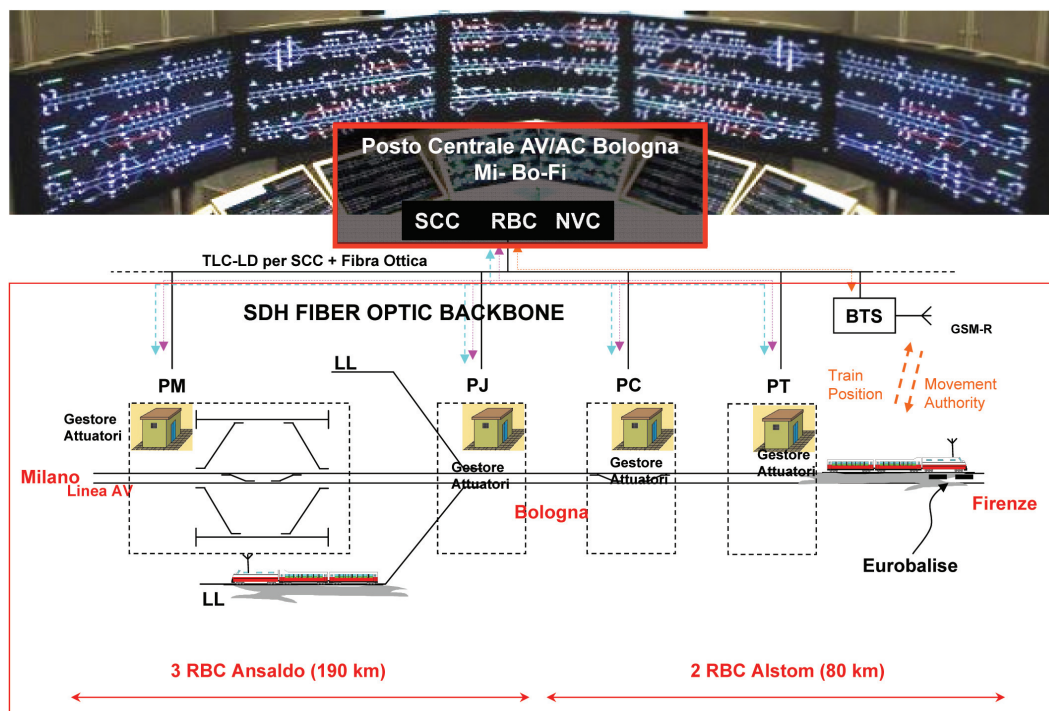


Fig. 15 - Posto centrale AV di Bologna con due tratte AV ed un Quadro Luminoso su unico pulpito. Bologna HS Central Control Post with two HS lines and a Visual Control Panel on a single pulpit.

l'ETCS in modalità Limited Supervision (LS)), per aumentare la capacità delle linee, non consentendo però margini di errore sul superamento dei tetti di velocità da parte del PdC (ogni errore porta alla frenatura di emergenza fino al fermo treno). L'utilizzo della frenatura di servizio, che in pratica "avvisa frenando" il PdC dopo il superamento dell'intervallo di avvertimento (range di warning), consente un recupero della marcia nei limiti permessi senza arresto. Il suo non utilizzo per aumentare la capacità, rende operativa la successiva curva di emergenza (mediamente 15 km/h al di sopra) che garantisce l'arresto prima del punto protetto, ma non consente errori di suo superamento portando all'arresto il treno in caso di errore. Si può far riferimento alle curve di frenatura mostrate per ETCS nella figura 16 con le indicazioni dei relativi range ammessi per ogni tipologia di curva di frenatura. La differenza di velocità fra l'intervento delle curve di allerta e di emergenza è di 5 km/h in SCMT e di 15 km/h in ETCS, coerentemente con la filosofia ATC di evidenziare tutto su DMI rispetto al principio ATP di SCMT di non dare informazioni.

L'impiego di materiale omogeneo in ambito AV con ottime caratteristiche frenanti ha consentito in ETCS Livello 2 di utilizzare, con una curva di frenatura più restrittiva di SCMT, una delle quattro categorie treno disponibili

train in standstill condition, ensuring the its stop before the Danger point.

Fig.16 illustrates what above described. In some Railway National companies such as SBB (Swiss Railways) it has been decided not to use the emergency braking (in case of ETCS utilization in Limited Supervision (LS) modality), in order to increase the line capacity without permitting the Driving Personnel (PdC) any error margin in the exceeding of the speed ceiling (each error brings to emergency braking till train stopping). The utilization of the service braking, that practically advises the PdC "while braking" after the range of warning is come through, allows to recover train running within the permitted limits without train stopping. In case the service braking is not used the next emergency curve (on average 15 km/h above service braking) becomes active thus ensuring the train stops before the protected point; however the emergency curve doesn't allow any exceeding error and stops the train in case of error.

It is possible to refer to the braking curves showed for ETCS in Figure 16 with the indications of the relevant permitted ranges for each braking curve typology. The speed difference between the intervention of the alert and the emergency curves is 5 km/h in SCMT and 15 km/h in



(Basic) e range di warning (3 km/h) per la frenatura di servizio e poi range per l'intervento della curva di Emergenza di 15 km/h (nelle applicazioni fatte finora in Italia è stata inserita per 1.500 metri a monte di ogni segnale virtuale chiuso - End of Authority - una limitazione di velocità a 90 km/h). Nel caso del DMI dell'SCMT, sul tachimetro analogico sono riportate l'indicazione della velocità di allerta (range fisso di 3 km/h) con luce blu lampeggiante e quella della velocità di emergenza (tolleranza 2 km/h) con luce rossa e avviso acustico (come indicato in fig. 9). Tali soglie sono uguali per tutte le categorie dei treni, al contrario di ETCS che permette flessibilità nelle soglie e range per differenti caratteristiche frenanti dei treni (in fase di definizione presso l'ERA con le SRS 3.0.0).

In fig. 17 sono riportate le curve ETCS con i margini di intervento (variabili fra warning ed emergenza) e le zone di Velocità di Tetto (Ceiling Speed) e di Curva di Frenatura (Target Speed).

## 10. Linee Alta Velocità e Nodi AV ad Alta Capacità

E' possibile conseguire la massimizzazione della capacità dell'infrastruttura ferroviaria utilizzando sistemi che permettono un'alta densità di treni con basso di stanziamento ("headway"). La possibilità di realizzare un collegamento omogeneo a livello di segnalamento fra le tratte ad Alta Velocità è allo studio e consentirebbe di estenderlo fino agli stazionamenti delle stazioni di testa interessate (Torino P.N, Milano Centrale, Firenze SMN, Roma Termini e Napoli Centrale) unendo le stazioni passanti come Bologna e in futuro Roma Tiburtina.

Ciò porterà la sovrapposizione dell'ETCS Livello 2 sui sistemi esistenti (SCMT/RSC o ACEI o ACC) in quei binari passanti o di stazionamento delle stazioni dedicati all'AV. Oltre a minimizzare gli impatti tecnico funzionali e manutentivi dovuti alla complessa gestione terra/bordo di transizioni SCMT verso ETCS Livello 2 e viceversa (ogni relazione Napoli-Milano ne prevede sei, anche per le relazioni non stop Milano-Roma o Napoli), tale implementazione presenta i seguenti vantaggi:

- Automatic Train Control continuo con Cab Signalling;

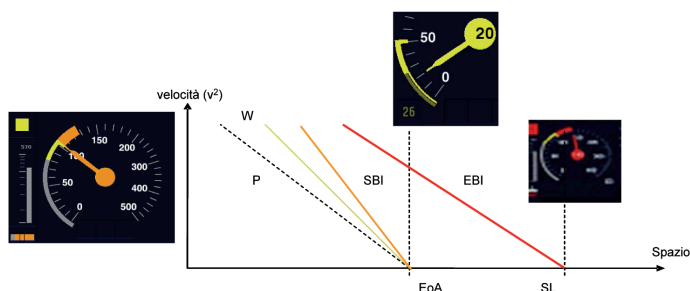


Fig. 16 - Curve di frenatura e aspetti del DMI per ETCS. *Braking profiles and aspects of DMI for ETCS.*

ETCS, coherently with ATC philosophy to show all data on DMI while SCMT ATP philosophy is not giving information.

The utilization, for high speed lines, of homogeneous rolling stock with optimum braking characteristics has allowed to use in Level 2 ETCS, with a braking curve more restrictive than SCMT one, one of the four available train categories (Basic) and a warning range (3 km/h) for service braking and a range of 15 km/h for the intervention of the emergency braking curve (in the applications implemented in Italy till now a speed limitation of 90 km/h has been inserted for the 1.500 meters preceding each closed virtual signal - End of Authority). In the case of DMI of SCMT, the indication of the alert speeds (fixed range of 3km/h) with blue flashing lights and the indication of the emergency speed (tolerance of 2 km/h) with red light and acoustic warning (as in fig.9) are represented on the digital tachometer. These thresholds are the same for all train categories; on the contrary ETCS allows flexible thresholds and ranges for different train braking characteristics (under definition by ERA with SRS 3.0.0.).

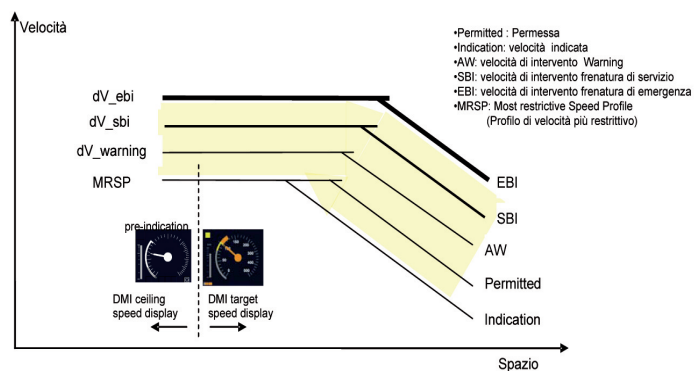


Fig. 17 - Curve di frenatura ETCS e margini con zona di Ceiling e Target speed e indicazioni del DMI. *ETCS Braking curves and margins with Ceiling zone and target speed and DMI indications.*

- profilo statico di velocità che massimizza la velocità permessa dall'infrastruttura senza vincoli da segnalamento. Risparmio tempi "entra-esce" con innalzamento velocità media (es.: *guadagno in velocità fra segnale di protezione e punta scambi*);
- omogeneizzazione ETCS L2 su Entra-Esci nei nodi con riduzione dei tempi entra-esce;
- velocità di rilascio calcolata a bordo;
- flessibilità nella definizione della lunghezza delle sezioni di Blocco Radio e di segnali virtuali: capacità massimizzata;
- possibilità di traffico misto SCMT/RSC e ETCS L2;
- punto decisionale (Treno ok per ETCS) possibile in stazione;
- riduzione tempi per cambio banco con la modalità ETCS *Sleeping* per la macchina di coda.

In fig. 18 è illustrato il possibile "Passante Italia AV ETCS Livello 2".

Come esempio di quanto detto, sull'attuale attraversamento del Nodo di Bologna, gestendo con RBC il tratto di Linea Tradizionale compreso tra Bologna S. Ruffillo e Bologna S. Viola, il SSB rimane in L2 con possibilità del PdC di vedere visualizzata istante per istante la velocità massima ammessa per il treno e in tal modo è possibile ottimizzare la condotta e quindi anche i tempi di percorrenza: il PdC guida mantenendo sempre una velocità prossima al limite massimo consentito. Il profilo statico trasmesso da RBC per gli itinerari devianti può prevedere la riduzione di velocità non più a partire dal segnale di protezione, ma a partire dalla punta scambi. Con un sistema ATC si ha un controllo continuo della marcia e quindi si possono evitare i perditempo dovuti alla velocità ridotta tra segnale di protezione e punta scambi. Tra Bologna S. Ruffillo e Bologna S. Viola la gestione ottimale (riduzione

In fig. 17 ETCS curves with intervention margins (margins are variable according to warning and emergency) and the Ceiling Speed and Target Speed zones are showed.

## 10. High Speed Lines and High Speed – High Capacity Nodes

It is possible to achieve the maximization of the railway infrastructure capacity by using systems that allow a high train density with low train spacing. The possibility to carry out a homogeneous connection between all high speed line sections (at signaling level) is under consideration. It would also be possible to extend it to the dead-end stations interested (Torino P.N, Milano Centrale, Firenze SMN, Roma Termini and Napoli Centrale) joining the passing-by stations as Bologna and future Roma Tiburtina.

This will imply the overlap of the level 2 ETCS to the existing systems (SCMT/RSC or ACEI or ACC) in the passing-by or station tracks that are dedicated to the High Speed operation. This implementation allows to minimize the technical-functional and maintenance impacts deriving from the complex ground/train management of SCMT transitions to ETCS Level 2 and vice versa (each Naples-Milan connection includes six of these transitions, even for the non-stop connections); this implementation is moreover characterized by the following advantages:

- Continuous Automatic Train Control with Cab Signalling;
- Static speed profile maximizing the speed that is allowed by the infrastructure without signalling constraints. Reduced "enter-exit" times with increase of the average speed (eg: speed increase between protection signal and point of switch tongue)
- ETCS L2 homogenization on railway nodes "Enter-Exit" with reduction of "enter-exit" times;

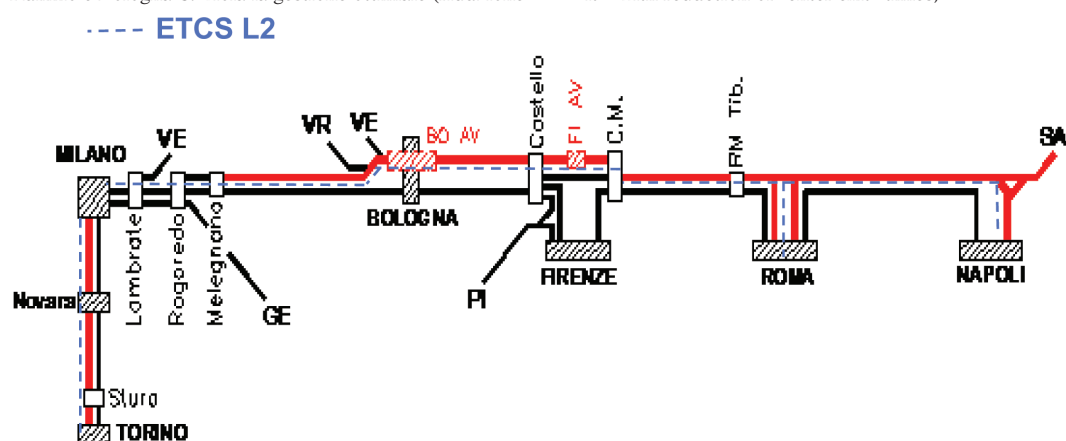


Fig. 18 - Possibile passante AV Italia con ETCS Livello 2. Possible Italian HS passing-by with Level 2 ETCS.

di velocità sulla punta scambi e visualizzazione con controindice della velocità massima ammessa) degli itinerari devianti interessati può portare ad un guadagno di tempo dell'attraversamento dei treni AV di 5 minuti.

## 11. Capacità della linea con ETCS

La capacità della linea è e sarà sempre più in futuro l'elemento da valorizzare e ottimizzare per la crescente domanda di mobilità sia a livello metropolitano che su collegamenti entro i 500 km. I sistemi ATC continui come l'ETCS sfruttano le capacità frenanti dei treni come elemento chiave per il loro distanziamento. Da sottolineare come l'ETCS Livello 2 con sezioni ottimizzate (ad esempio più corte in prossimità di stazioni o nodi) raggiunga valori elevati. Un'ottimizzazione delle sezioni del Blocco Radio ad esempio in approccio ai nodi AV consentirà di gestire i picchi di capacità richiesta. L'ETCS L2, come già accennato, permette la massimizzazione dell'utilizzo del profilo statico della linea e la gestione della velocità di rilascio calcolata a bordo, che in situazioni di apparati di stazione complessi, con liberazione elastica degli itinerari, ne massimizza l'utilizzo.

In fig. 19 è illustrato il risultato di uno studio, condotto da [R5] per varie tipologie di linee, della capacità offerta dai vari livelli ETCS (Livello LS, Livello 1 senza e con infill, Livello 2 con ottimizzazione e senza delle sezioni, Livello 3). I calcoli effettuati nello studio in [R5] sintetizzati in fig. 19, esprimono il fatto che il perditempo eliminato da un infill continuo, il controindice per la velocità a bordo per la gestione dei perditempo su aspetti restrittivi, la lunghezza delle sezioni ottimizzate alla tipologia dei treni e alla vicinanza a stazioni e fermate, rendono l'ETCS L2 o il Livello 3 i migliori sistemi per l'incremento della potenzialità a parità di infrastruttura.

L'ETCS è un sistema che nei principi ispiratori delle direttive Europee, tradotti nelle Specifiche Tecniche di Interoperabilità dei sistemi di controllo e comando per le reti AV e convenzionale, prevede una migrazione dai sistemi di segnalamento esistenti anche attraverso la sovrapposizione ad essi, realizzando un'integrazione tecnologica, sfruttandone le informazioni e condizioni principali e permettendo così la circolazione sia di materiale rotabile con segnalamento tradizionale a bordo che con ETCS. Tale integrazione tecnologica è più semplice in caso di apparati di stazione elettronici e di blocco automatico di tipo innovativo concentrato. In alternativa, si potrebbero utilizzare gli Encoder SCMT che, interfacciati agli armadi delle garitte di blocco, ne preleverebbero le richieste condizioni, che sarebbero, poi, inviate in fibra ottica verso un concentratore e da qui verso l'RBC.

Un esempio di possibile applicazione, qui esposta solo al fine esemplificativo, può essere l'utilizzo dell'ETCS Livello 2 in sovrapposizione dell'esistente SCMT ed RSC a sezioni corte (450 m) nel Passante di Milano. Oggi l'obiettivo è quello di avere un treno ogni 3 minuti nelle ore di

- release speed computed on-board;
- flexibility in the definition of both the virtual signals and the length of Radio Block sections: maximized capacity;
- possibility of SCMT/RSC and ETCS L2 mixed traffic;
- possibility to have a decision point within the stations (Train ok for ETCS);
- reduction of the times for driving-desk change with ETCS Sleeping modality for the rear motor unit.

Figure 18 illustrates the possible "Italian Level 2 ETCS High Speed Passing-by"

As an example, on the existing crossing of the Bologna railway node, being the traditional line section between Bologna S.Ruffillo and Bologna S. Viola operated with RBC, the SSB remains in L2 with possibility for PdC to have represented instant by instant, on the visual control panel, the maximum permitted speed for the train under consideration; it is then possible to optimize the train driving and the running times: PdC drives the train maintaining always its speed close to the maximum permitted limit.

The static profile transmitted by RBC for the indirect routes can set the speed reduction starting from the point of switch tongue and no longer from the protection signal. The ATC system allows a continuous train running control and it is then possible to eliminate the time wastes due to speed reduction between protection signal and point of switch tongue. Between Bologna S.Ruffillo and Bologna S.Viola the optimum management of the interested indirect routes (speed reduction on the point of the switch tongue and visualization with counter-indicator of the maximum permitted speed) can lead to a time saving of 5 minutes for the High Speed train crossing.

## 11. Line capacity with ETCS

Line capacity is presently and will be more and more in the future the element to emphasize and optimize for the increasing mobility demand both at urban level and for connection within 500 km. Continuous ATC systems such as ETCS exploit train braking capacities as key element for train spacing. Level 2 ETCS system with optimized sections (for instance shorter sections close to railway stations and junctions) allows to achieve high capacity values.

The optimization of the Radio Block sections will allow, for instance, to managing the required capacity peaks while approaching the railway nodes. ETCS L2, as above mentioned, allows the optimum utilization of the line static profile and the management of the release speed calculated onboard, that maximizes its utilization in case of complex station interlocking apparatus with sectional release route locking.

RAILWAY  
AUTOMATION  
ENGINEERING

www.spil.it



**SPII**

TALENTO TECNOLOGICO IN EVOLUZIONE  
*Technological skill in evolution*

PIRELLA GÖTTSCHE LOWE

## **ISOTRACK: strumentazione per il materiale rotabile**

ISOTRACK, la divisione trasporti di Isoil Industria S.p.A., dispone di una vasta gamma di strumentazione per risolvere qualsiasi problema di misura e controllo. La nostra gamma di prodotti comprende:

- Pick up, Generatori e Sensori di velocità, Sensori Radar, Indicatori di velocità, MMI, MFD, Incident Recorder, Pressostati e Termostati, Indicatori di livello e livellostati, Fotosensori e interruttori di sicurezza.



Isothermic Swiss Oil Meter sono marchi di proprietà Isoil

**ISOIL**  
INDUSTRIA

**Le soluzioni che contano**

Isoil Industria spa - Italy  
20092 Cinisello Balsamo (MI)  
27, via F.lli Gracchi  
Tel. +39 02 66027.1  
Fax +39 02 6123202  
E-mail: vendite@isoil.it  
Web: www.isoil.com





punta con una velocità massima di 60 km/h e tale obiettivo è raggiungibile solo in caso di assenza di perturbazione del traffico. Ciò è dovuto principalmente alla mancanza di Cab Signalling a disposizione per regolare la marcia del treno a basse velocità verso segnali disposti al doppio giallo con codice 75 a bordo e alla necessità della liberazione di una parte di ricoprimento della sezione a valle. La fig. 20 illustra la gestione di approccio ad un segnale con aspetto restrittivo.

Per scendere ad un distanziamento inferiore ai 3 minuti è necessario un ATC con Cab Signalling. Questo oltre a massimizzare la velocità rispetto al profilo statico della

Figure 19 shows the results of a research study, carried out by [R5] for different line typologies, regarding the capacity offered by different ETCS levels (LS Level, Level 1 with or without infill, Level 2 with or without block section optimization, Level 3).

Calculations carried out in the research study in [R5] and summarized in fig.19, allows to state that the time-waste eliminated by a continuous infill, the on-board speed counter-indicator for time-waste management on restrictive aspects, the length of the sections optimized according to train typologies and to their proximity to stations and stops, make L2 ETCS and Level 3 the best systems for capacity increase of a given infrastructure.

ETCS is a system that, according to the inspiring principles of the European Directives, transformed in the Technical Specifications for Interoperability of command and control systems for High Speed and traditional networks, aims to transform the existing signaling systems and in some cases to overlap to the existing systems, carrying out a technological integration and using main conditions and data of the existing systems in order to allow both on-board traditional signaling rolling stock running and on-board ETCS rolling stock running.

This technological integration is simpler in case of digital interlocking and concentrated and innovative automatic block. Alternatively it could be possible to utilize SCMT encoders that, interfacing with block cabin racks, would acquire the required conditions and would transmit them, via optical fiber, to an hub and then to the RBC.

An example of possible application can be the utilization of the Level 2 ETCS overlapped to the existing short section

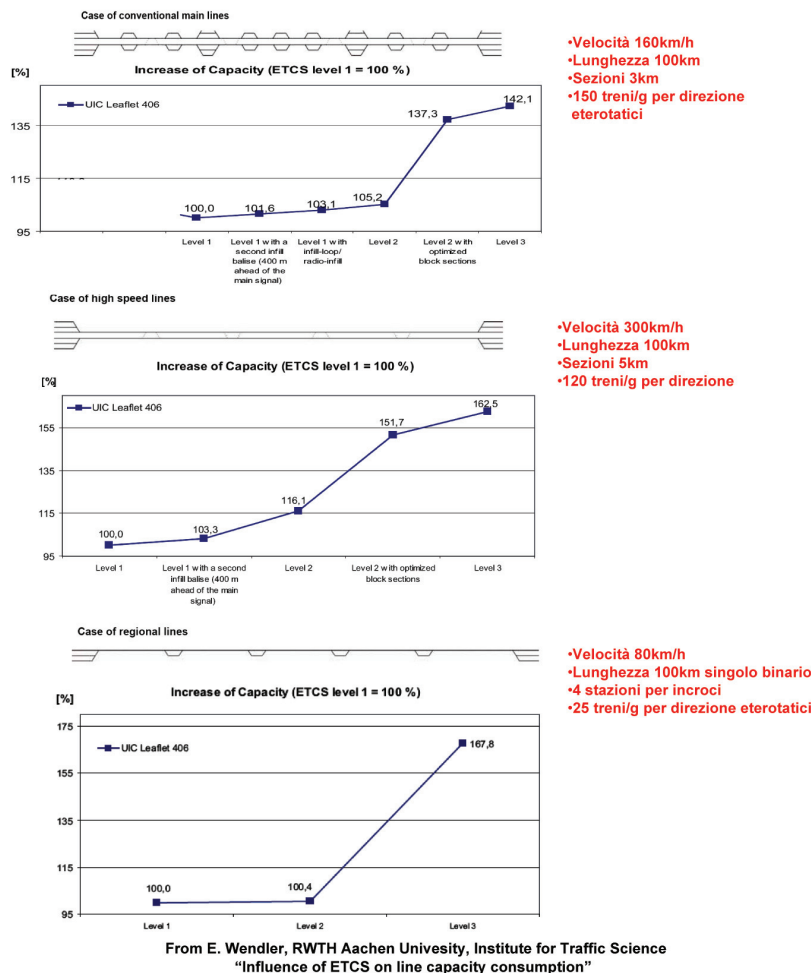
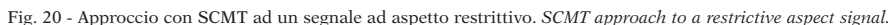


Fig. 19 - Confronto fra le capacità offerte dai Livelli ETCS in diverse tipologie di linee e modelli di esercizio (studio in [R5]). Comparison between line capacities of the different ETCS Levels in different line typologies and operation models (research in [R5]).



(450 m) SCMT and RSC systems in the Milan Passing-by. Present aim is to have a train-headway of 3 minutes in the rush hours with a maximum speed of 60 km/h and this aim can be reached only in case of absence of traffic troubles. This is mainly owed to the absence of the Cab Signalling for running regulation at low speed while approaching double yellow signal with 75 on-board code and to the necessity of releasing a part of the overlap of the next section. Figure 20 illustrates the management of the approach to a signal with restrictive aspects.

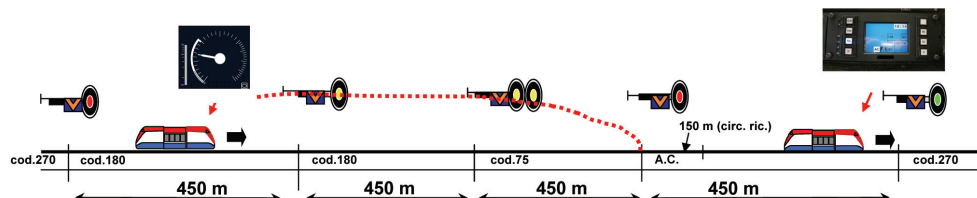
To achieve a train-headway lower than 3 minutes it is necessary an ATC with Cab Signalling. It maximizes the speed with respect to the line static profile and minimizes the time wastes (D parameter in the formula of [R6][R7]). The utilization of the same existing sections and the overlap of Level 2 ETCS (it can be implemented only in particular stations and in high traffic density sections, traffic bottle necks) to trains with good braking capacities (e.g.:  $1,8 \text{ m/s}^2$ ) makes it possible to reach a real headway of 120 seconds for a maximum speed of 60 km/h.

This can be carried out maintaining the aspect of the existing light signals unmodified; these signals would be coincident with the signals of the Radio Block sections. This would allow a mixed traffic of SCMT and Level 2 ETCS trains. In the rush hours, train fleets equipped with SSB ETCS could run the line while in the other hours the railway line could be run by trains equipped with SCMT standing alone. A further capacity increase can be achieved by adding more Radio Block sections (of which the length is just greater than the maximum train length) that can be seen exclusively by Level 2 ETCS system, or for instance by adding more block sections of the concentrated wheel counting block. In this architecture it would be necessary, for the sole SSB ETCS trains, to give a different aspect to the light signals. Figure 21 illustrates the two above described cases.

L'infill è una funzionalità che permette di anticipare l'informazione di valle (ad esempio del successivo punto informativo) verso il treno.

INGEGNERIA FERROVIARIA

## ✓ a) Stesse Sezioni per flotte SCMT ed ETCS



## ✓ b) Aumento Sezioni per flotte ETCS (lunghezza minima pari al treno più corto)

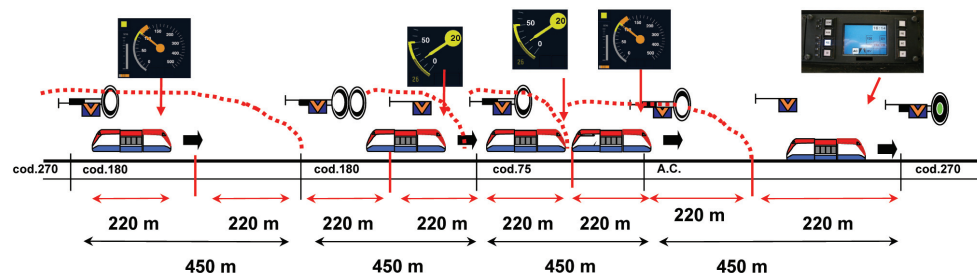


Fig. 21 - ETCS Livello 2 sovrapposto al SCMT/RSC. Caso a) Semplice sovrapposizione con traduzione codici Bacc in Movement Authority. Caso b) Sovrapposizione con aumento con microsezioni e macrosezioni per gestione flotte ETCS ed SCMT. Level 2 ETCS overlapped to SCMT/RSC. Case a) Simple overlapping with conversion of Bacc codes in Movement Authorities. Case b) Overlapping with micro and macro-sections for ETCS and SCMT fleet management.

L'utilizzo dell'infrastruttura radio consentirebbe una riduzione dei costi di installazione e posa dei cavi ed inoltre renderebbe disponibile la funzione sull'intera sezione fra due punti informativi da segnale. Si apre anche la possibilità, tramite questa applicazione, di utilizzare la funzione infill per aumentare la velocità di treni con almeno una percentuale di massa frenata del 105% e in corretto tracciato (ad es. fino a 200 km/h se le condizioni dell'infrastruttura lo permettono), inviando al treno le informazioni del segnale a valle del segnale di avviso per un'estesa di almeno 2500 m dal segnale di protezione. Il controllo del segnale radio sarebbe fatto attraverso la verifica temporale dell'effettiva utilizzazione della informazione ricevuta via radio (analogamente al time-section timer del Livello 1 con Radio Infill). Ciò permetterebbe, attraverso una configurazione della unità di Radio Infill del Sotto Sistema di Terra, una flessibile parametrizzazione del controllo dell'informazione radio, che sarebbe non con un parametro fisso, come avviene nel Livello 2 ETCS a bordo treno (parametro di 7 secondi), ma con valori differenti inviati da terra al treno a seconda della zona dove l'infill radio è utilizzato; cioè al di sotto dei 10 secondi in prossimità dei segnali luminosi o dei segnali di protezione propria dei passaggi a livello, e al di sotto dei 30 secondi in al-

## 12. Radio Infill for SCMT and SSC

The infill is a functionality that allows to transmit in advance to the train the next piece of information (for instance the piece of information of the next informative point).

A possible utilization of the infill function for SCMT and even for SSC is under investigation; it should use GSM-R radio (or even GSM radio in case of roaming) and it would allow, as the track infill with 420 code and 178 Hz frequency, to transmit in advance the running release and to manage the possible undue reclosing of the next signals.

The utilization of the radio infrastructure would allow a reduction in cable laying and installation costs and would even make this function available on the whole section between two signal informative points. Moreover this application could make it possible the utilization of the infill function to increase the running speed of trains having a brake weight of minimum 105% and for straight alignment running (e.g. up to 200 km/h in case the infrastructure conditions allow it), transmitting to the train the specific data of the signal that follows the warning signal for an extension of minimum 2500 m from the protection signal. The radio signal control would be carried out by means of time

tre zone. Questo permette di avere al contempo un efficace controllo di sicurezza e una disponibilità del segnale radio non eccessivamente alta. In caso di utilizzo dell'infill radio per l'innalzamento della velocità di linea in corretto tracciato ogni eventuale perdita del contatto radio farebbe riportare il controllo della velocità a quello previsto senza infill, in tempo gestibile dal Personale di Condotto a seguito di allarmi acustici e visivi di allerta. In fig. 22 è illustrato lo schema di principio per l'utilizzo del Radio Infill con Unità Radio Infill (Radio Infill Unit - RIU) interfacciati agli encoder SCMT. Nel caso della funzione di infill per l'aumento della velocità la chiamata verso un PI di segnale si stabilisce solo per aspetti di verde e viene ordinata da due PI di segnale a monte al verde con uno dei Mobile Terminal. La disconnessione di una chiamata avviene sulla captazione del PI che invia l'infill. In caso di impossibilità di instaurazione o mantenimento della chiamata non si accende la doppia freccia di infill 200 sul DMI SCMT con ritorno del tetto di velocità massima della linea a 150 km/h.

### 13. Utilizzo del controindicatore di velocità in SCMT

Per migliorare la capacità delle linee nel caso di impiego dei sistemi SCMT è allo studio la possibilità di evidenziare sul DMI l'indicazione relativa della velocità consentita. Tale possibilità sarebbe realizzabile in modo discontinuo essendo ammissibile, data la discontinuità del SCMT, solo in caso di informazione ricevuta a bordo non liberatoria (zona di Target Speed) e solo in zona di inizio frenatura per qualsiasi rallentamento intrapreso dal treno.

verifica della reale utilizzazione dei dati ricevuti via radio (similmente al timer di sezione di Livello 1 con Radio Infill). Questo permetterebbe, attraverso una specifica configurazione dell'unità Radio Infill del Sottosistema Terrestre, una flessibile parametrizzazione del controllo dei dati radio; questa parametrizzazione dovrebbe essere con un parametro fisso come avviene per il Livello 2 ETCS (7° parametro), con valori diversi trasmessi da terra al treno in relazione alle zone in cui viene utilizzato l'infill; che sono valori inferiori a 10 secondi nelle vicinanze dei segnali o nei punti di attraversamento dei segnali e valori inferiori a 30 secondi nelle altre zone. Questo consente di ottenere un efficiente controllo di sicurezza e allo stesso tempo una non eccessiva disponibilità del segnale radio. In caso di utilizzo del radio infill per l'aumento della velocità in rettilineo, ogni eventuale perdita del segnale radio riporterebbe il controllo della velocità al controllo senza infill, in un tempo che può essere gestito dal PdC (Personale di Condotto) seguendo allarmi acustici e visuali.

Figure 22 illustra uno schema di principio per l'utilizzo dell'infill radio con le Unità Radio Infill (RIU) interfacciate agli encoder SCMT.

In caso di utilizzo della funzione di infill per l'aumento della velocità, la chiamata verso un PI (Punto Informativo) è stabilita solo per aspetti di verde e viene ordinata, con un Mobile Terminal, da due PI di segnale precedenti l'aspetto di segnale verde. La disconnessione della chiamata avviene alla ricezione del PI che trasmette l'infill. In caso di impossibilità di stabilire o mantenere la chiamata, la doppia freccia di infill 200 sul DMI SCMT non si accende, con il conseguente ritorno del tetto di velocità massima della linea a 150 km/h.

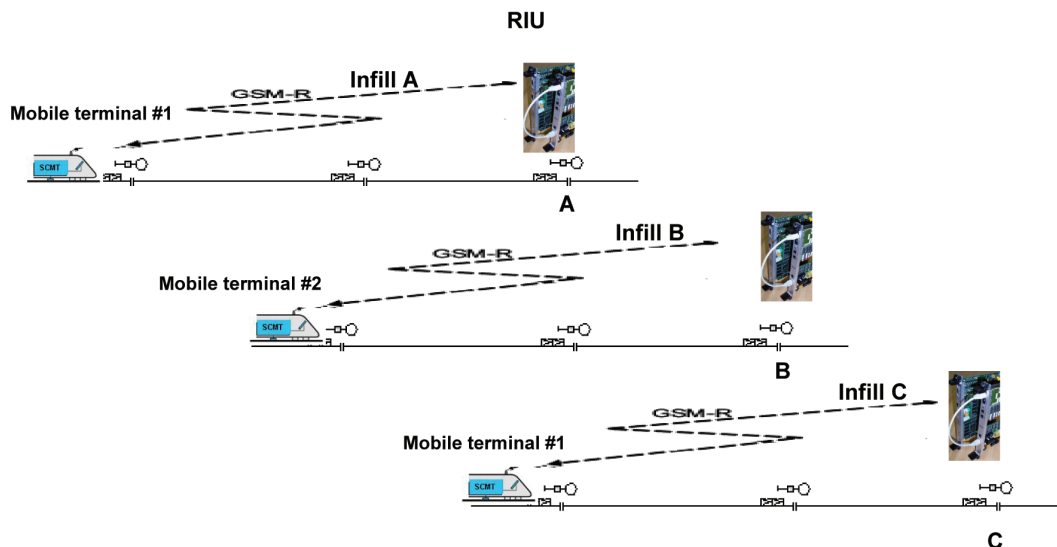


Fig. 22 - Schema sul principio di funzionamento dell'infill radio per SCMT per consentire l'innalzamento velocità su corretto tracciato. *Functional principle scheme of SCMT radio infill for speed increase on straight alignment.*



Lo spegnimento del controindice avverrebbe non appena ricevuta una informazione liberatoria o ricevuta un'informazione di discontinuità non restrittiva del profilo statico di velocità.

Con questa soluzione si elimina l'Hazard (pericolo) e relativo rischio associato alla possibile chiusura di un segnale a valle quando è ancora presente in macchina un'informazione liberatoria. La visualizzazione del controindice, con la funzionalità delle curve di allerta ed emergenza, dà un'utile assistenza alla guida per il PdC nei casi di approccio ai segnali con aspetto restrittivo migliorando così la qualità di marcia. L'utilizzo del display a LCD, sviluppato nell'architettura SSC BL3 anche per l'uso SCMT, potrebbe consentire un'applicazione immediata. In fig. 23 è illustrato il principio sopra descritto.

#### 14. Automatic Train Supervision: regolatore della marcia treni con Cab Signalling

L'utilizzo di sistemi ATC con cab signaling offre la possibilità di una guida strumentale al PdC; l'indicazione però della velocità massima consentita non tiene conto delle condizioni di traffico della linea, provocando delle possibili situazioni di "tira e molla" ad elastico che può generare un inutile dispendio energetico, usura dei treni e abbassamento della qualità di marcia per il PdC e per i passeggeri. A tal fine è allo studio di fattibilità un sistema di regolazione della marcia che supervisionando in automatico le condizioni dinamiche dei treni acquisite dal sistema ETCS ed SCC AV offrirebbe al PdC via GSM-R (sul display cab - Radio) un messaggio con la velocità consigliata che potrebbe essere ovviamente solo inferiore a quella permessa.

#### 13. Utilization of the speed counter-indicator in SCMT

It is under consideration the possibility to represent on the DMI the indication of the permitted speed with the aim to improve the line capacity in case of utilization of the SCMT system. This possibility could be carried out in a discontinuous way, being SCMT discontinuous, only in case that piece of information received onboard is not a releasing one (Target Speed zone) and only in the braking starting zone for every train slackening.

The counter-indicator would be switched off as soon as a releasing piece of information is received or when is received a non-restrictive discontinuous piece of information concerning static speed profile.

This solution allows to eliminate the Hazard and the relevant risk connected to the possible closing of a subsequent signal when it still present onboard a releasing piece of information.

The counter-indicator visualization, with the functionalities of the alert and emergency curves, represents a useful assistance for the PdC driving in the cases of approach to signal with restrictive aspect, thus improving the running quality.

The utilization of LCD display, developed in the SSC BL3 architecture even for the SCMT use, could allow and immediate application. Figure 23 illustrates the above described principle.

#### 14. Automatic Train Supervision: train running regulation with Cab Signalling

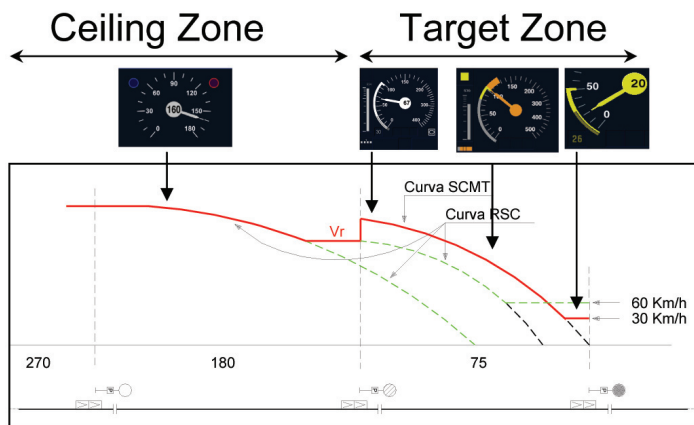


Fig. 23 - Utilizzo del controindice di velocità e distanza di target solo per aspetti restrittivi sul DMI SCMT. Utilization of the speed counter-indicator and target distance only for restrictive aspect on DMI SCMT.

The utilization of the ATC systems with cab signaling offers to the Driving Personnel (PdC) the possibility of an instrument driving; anyway the indication of the maximum permitted speed doesn't take into account the traffic condition of the line and can therefore create "push and pull" and elastic situations and consequent energy waste, train wear and a reduction of the running quality for PdC and passengers. In this regard the feasibility of a running regulation system is under study; this system would supervise automatically the dynamic train conditions that have been acquired by the ETCS and HS SCC systems and would transmit to the Driving Personnel, via GSM-R, a message with the suggested speed that is obviously lower than the permitted speed.

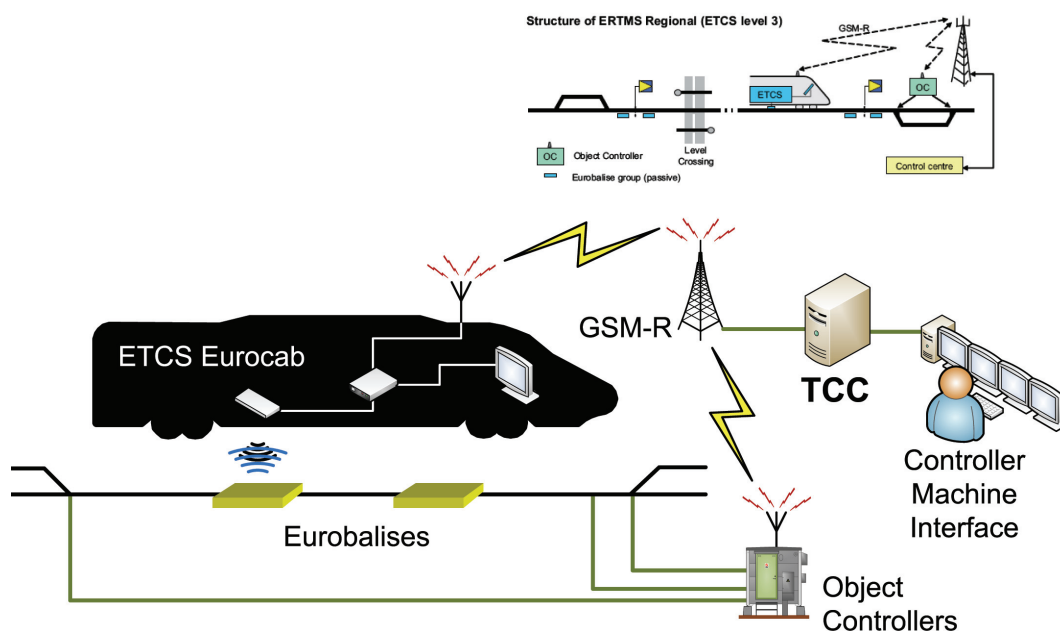


Fig. 24 - Architettura di principio ERTMS regional. *Principle architecture of regional ERTMS.*

### 15. ERTMS Regional per le linee complementari e a scarso traffico

Le linee a scarso traffico che hanno una difficile situazione di sostenibilità economica non solo in Italia, potrebbero beneficiare di soluzioni tecnologiche che riducono i costi in termini di investimento e di gestione. L'introduzione prevista del GSM-R su scala nazionale sulla rete RFI, potrà costituire l'ossatura (backbone) necessaria per la implementazione di sistemi con Blocco Radio concentrato come l'ERTMS Regional. L'ERTMS Regional si basa su ETCS Livello 3, prevedendo un'architettura concentrata dei sistemi CTC, Radio Block Center, Apparato Centrale Computerizzato per stazioni e linea in un'unica postazione Hardware per un'intera linea (fino a 200 km). Anche gli enti di piazzale come i deviatori sarebbero comandati e controllati da remoto via radio eliminando i cavi di collegamento. In fig. 24 è illustrata un'architettura di principio.

Tale soluzione permetterebbe in caso di rinnovo completo degli impianti di segnalamento (ACE o ACEI, Blocco etc.) di una linea, un notevole risparmio di dispositivi, eliminando quasi del tutto quelli in linea, riducendo così i costi di manutenzione e di gestione della linea stessa. Essa darebbe inoltre la possibilità, con treni a composizione bloccata, di avere il blocco mobile sulla linea con un notevole aumento di potenzialità. Il costo sarebbe molto contenuto sia per l'attrezzaggio di terra che per quello di bordo. Tale investimento del sistema di segnalamento a bordo treno an-

### 15. Regional ERTMS for low traffic secondary lines

Low traffic lines that are characterized by a difficult economic sustainability situation, not only in Italy, could benefit of technological solutions that reduce investment and operating costs. The national scale introduction of GSM-R system on RFI network will represent the necessary backbone for the implementation of concentrated Radio Block systems such as Regional ERTMS.

Regional ERTMS is based on Level 3 ETCS and on a specific architecture of CTC system, Radio Block Center, Digital Interlocking Apparatus for stations and lines that concentrates these systems in a single hardware desk managing the whole line (up to 200 km). Outdoor equipment such as switch points would be remote controlled via radio thus eliminating the connection cables. Figure 24 illustrates a system architecture.

This solution would allow, in case of complete renewal of signalling installations (ACE or ACEI, block, etc.) of a railway line, a consistent equipment save, eliminating most of line equipment thus reducing line maintenance and operating costs. Moreover this solution would make it possible, with fixed formation trains, to implement the mobile block on the railway line with a consequent increase of capacity. Cost would be very small both for ground equipment and for on-board equipment. This investment regarding on-board signalling system would per-

## SCIENZA E TECNICA

rebbe perfettamente ad integrarsi, anche in termini di economie di scala, con il possibile rinnovo del Materiale Rotabile spesso ormai vetusto su tali linee, costituendo una minima parte dell'investimento complessivo.

fectly integrate, in terms of scale economy too, with the possible renewal of rolling stock that is often obsolete for these lines, representing a minimum part of the overall investment.

Acronimi			
ACC	Apparato Centrale Computerizzato <i>Digital Interlocking Apparatus</i>	EVC FIS GSM-R	<i>European Vital Computer</i> <i>Functional Interface Specification</i> <i>Global System for Mobile Communication - Railways</i>
ACE	Apparato Centrale Elettrico a leve individuali <i>Electric interlocking apparatus with individual levers</i>	IS	Impianto di Segnalamento <i>Signalling Installations</i>
ACEI	Apparato Centrale Elettrico a pulsanti di Itinerari <i>Route-buttons electric interlocking apparatus</i>	KVB	Sistema di protezione treno francese discontinuo <i>France discontinuous protection system</i>
ATC	<i>Automatic Train Control</i>	L1	Livello 1 ETCS
ATO	<i>Automatic Train Operation</i>	L2	Livello 2 ETCS
ATP	<i>Automatic Train Protection</i>	L3	Livello 3 ETCS
ATS	<i>Automatic Train Supervision</i>	LZB	Sistema ATC continuo tedesco <i>German Continuous ATC system</i>
AW	Avviso acustico <i>Audible Warning</i>	MA	<i>Movement Authority</i>
Bacc	Blocco automatico a correnti codificate <i>Automatic coded current block</i>	MRSP	Profilo di velocità più restrittivo <i>Most Restrictive Speed Profile</i>
BL	<i>Base Line</i>	NA	Non Applicabile
BTM	<i>Balise Transmission Module</i>	NOI	Nulla Osta Installazione <i>Installation authorization</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>	NOME	Nulla Osta Messa in Esercizio <i>Operation Authorization</i>
CR	<i>Change Request</i>	NVC	Nucleo Vitale Centrale <i>Central Vital Computer</i>
CRC	Controllo Ridondanza Ciclica <i>Cyclic Redundancy Control</i>	PdC	Personale di Condotta <i>Driving Personnel</i>
CTC	<i>Centralized Traffic Control</i>	PR	Position Report
D	Perditempo (Incluso incarrozzamento passeggeri) <i>Time wastes (including passenger train boarding)</i>	PZB	Sistema di protezione treno discontinuo tedesco <i>German discontinuous train protection</i>
DIS	Registratore eventi treno <i>Driver Information System</i>	RBC	<i>Radio Block Center</i>
DMI	<i>Driver Machine Interface</i>	RSC	Ripetizione Segnali Continua <i>Continuous Signal Repetition</i>
EBI	Intervento frenatura di emergenza <i>Emergency Brake Intervention (Curve)</i>	RSDD	Ripetizione Segnali Discontinua Digitale <i>Digital Discontinuous Signal Repetition</i>
ERA	<i>European Railway Agency</i>	RTB	Rilevamento Temperatura Boccole <i>Axle Box Temperature Detection</i>
ERTMS	<i>European Rail Traffic Management System</i>	SBI	Intervento frenatura di servizio <i>Service Brake Intervention (Curve)</i>
ETCS	<i>European Train Control System</i>		
ETML	<i>European Traffic Management Layer</i>		

SCMT	Sistema Controllo Marcia Treno <i>Train Running Control System</i>		<i>Technical Specifications for Interoperability</i>
SSB	Sottosistema di Bordo <i>Onboard Subsystem</i>	STM	Specifiche Tecniche di Interoperabilità <i>Specific Transmission Module</i>
SSC	Sistema di Supporto alla Condotta <i>Driving Support System</i>	TVM	<i>Transmission Voie Machine</i>
SST	Sottosistema di Terra <i>Ground Subsystem</i>	VACMA	Vigilanza Automatica e Controllo del Mantenimento dell'Attenzione <i>Automatic Supervision and Control of the Attention-Maintaining</i>
STI	Specifiche Tecniche di Interoperabilità		

### BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] F. SENESI, E. MARZILLI: "ETCS: Sviluppo e messa in esercizio in Italia", 2007 Ed. CIFI.
- [2] F. SENESI, R. MALANGONE, A. PICCOLO, V. GALDI: "Utilizzo di linguaggi formali per l'analisi e la valutazione delle specifiche di test del sistema ERTMS della rete italiana ad alta velocità", Ingegneria ferroviaria dicembre 2006.
- [3] F. SENESI, G. MASSI: "II Sotto Sistema di Terra del SCMT: il percorso dallo sviluppo all'attivazione", Ingegneria ferroviaria aprile 2005.
- [4] F. SENESI, G. PETACCIA, R. MALANGONE: "Utilizzo della distanza obiettivo come seconda catena di appuntamento nella logica del SCMT", Ingegneria ferroviaria settembre 2006.
- [5] E. WENDLER: "Influence of ETCS on line capacity consumption", RWTH Aachen University, Institute for Traffic Science.
- [6] P. GENOVESI, C. RONZINO: "Flussi e Capacità delle linee ferroviarie a doppio binario", Ingegneria ferroviaria luglio-ago-  
sto 2006.
- [7] C. RONZINO: "Un'ipotesi di classificazione funzionale delle linee ferroviarie convenzionali a doppio binario", CIFI – La  
Tecnica Professionale settembre 2008.

Nei siti internet di RFI, dell'UITC, della Comunità Europea, dell'ERA e dell'Agenzia Nazionale per la Sicurezza Ferroviaria (ANSF), è disponibile la documentazione ufficiale di riferimento (Specificazione funzionale e tecnica, Direttive, etc.) e materiale descrittivo ed informativo sull'argomento trattato.

### Sommaire

SYSTÈMES DE PROTECTION ET DE CONTRÔLE DE LA MARCHE DES TRAINS (ETCS, SCMT, SSC): APPLICATIONS ET DÉVELOPPEMENTS POUR LE RÉSEAU FERROVIAIRE NATIONAL ITALIEN

Cet article présente une synthèse du développement et de la réalisation des systèmes automatiques de protection et de contrôle de la marche du train SCMT (Système Contrôle Marche Train), ETCS (European Train Control) et SSC (Système Support Conduite), qui ont été introduits récemment en parallèle sur les différentes lignes du réseau ferroviaire national italien et sur le matériel roulant autorisé à y circuler. Le contexte international et national de référence, qui a vu et déterminé l'introduction de tels systèmes, est indiqué. De ces systèmes, on met en évidence les principales caractéristiques, particularités et applications, intégration et interopérabilité ainsi que les études en cours auprès du réseau ferroviaire italien pour les développements futurs possibles, dont sont esquissés les aspects les plus significatifs.

### Inhaltsübersicht

INTEGRIERTE ZUGÜBERWACHUNGS- UND LEITSYSTEME (ETCS, SCMT, SSC). STAND UND ENTWICKLUNGEN BEI ITALIENISCHEN BAHNEN

Es werden Kürzlich die Entwicklung und Instandsetzung der Sicherheits- und Zugüberwachungssystemen SCMT, ETCS und SSC auf italienischen Bahnen und Fahrzeugen dargestellt. Kurzfassung der internationalen Rahmenbedingungen die die Entscheidungen für solche Lösungen bewirkt haben; es werden besonders Merkmalen und Beziehungen mit Interoperabilität verdeutlicht. Weitere Überlegungen werden bei italienischen Bahnen darüber geführt und die mögliche Entwicklungen und deren Hauptmerkmalen beschrieben werden.