

90-22-0105

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別:考察)

## 考察先進國家鐵路運輸 基本設施管理

出國人 服務機關:交通部運輸研究所  
職 稱:研究員  
姓 名:翁國和

出國地區:義大利  
出國期間:89年11月3日至11日  
報告日期:90年4月20日

H0/CO9001949

## 交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：考察先進國家鐵路運輸基本設施管理			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 90-22-0105	
主辦單位：運輸工程組 主管：曾志煌 計畫主持人：翁國和 聯絡電話：23496821 傳真號碼：25450427		研究期間 自 89 年 11 月 至 90 年 04 月	
關鍵詞：義大利羅馬及米蘭地區鐵路管理、智慧型運輸系統			
<p>摘要：</p> <p>本次考察選定以鐵路串連義大利羅馬及米蘭等重要城市為主之考察行程，實地體驗利用歐洲鐵路旅行之經驗，並配合 ITS 會議時間，順道前往 Turin 市之 ITS 會場，蒐集會議相關資料，參訪相關展示。報告為赴義大利考察鐵路設施管理時，觀察及蒐集所得的內容、綜合心得與對目前執行中相關計畫之檢討，供後續研究參考。</p>			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
90 年 4 月	70	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>限閱 <input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密          （解密【限】條件：<input type="checkbox"/>年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，  <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS  
 INSTITUTE OF TRANSPORTATION  
 MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: The development of the Railway Infrastructure management system in Italy			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 90-22-0105	
DIVISION:TRANSPORTATION PLANNING DIVISION DIVISION CHIEF: Tseng,James C.H. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Howard G.H Wung		PROJECT PERIOD FROM December 2000 TO April 2001	
KEY WORDS: Railway management in the areas of Rome and Milan, Intelligent transport Systems			
ABSTRACT: This report gathers some valuable informations about railway's management practices in Europe. These informations are collected mostly from both the investigation trip to Europe and the 7 <sup>th</sup> ITS Worth Congress held in Turin, Italy during November 2000. Some particular issue's developments and new technologies' applications are included such as railroad management policy about the separation of accounts for infrastructure and operation, positioning technique applied in train control, utilization of internet to enhance the efficiency of railway's cargo transport, ...etc. Hopefully, this report are practically helpful for the related organizations in Taiwan.			
DATE OF PUBLICATION April 2001	NUMBER OF PAGES 70	PRI CE 400	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

『考察先進國家鐵路運輸基本設施管理』報告

目 錄

圖 目 錄 .....	IV
表 目 錄 .....	V
壹、前言.....	1
貳、考察行程.....	3
參、歐洲鐵路特性.....	7
肆、義大利鐵路概況.....	19
伍、歐洲鐵路管理設施發展現況.....	29
陸、結論與建議.....	59

## 圖目錄

圖 1	歐洲主要鐵路公司的代表標誌.....	3
圖 2	米蘭火車站外觀雄偉.....	9
圖 3	車站內可以利用售票機直接訂位購票.....	10
圖 4	車站內有協助旅客購票訂位的服務中心.....	11
圖 5	歐洲之星列車頭等艙內座位寬敞舒適.....	12
圖 6	豪華國際列車浪漫且令人神往.....	17
圖 7	義大利鐵路網.....	21
圖 8	ETR 450 列車外觀.....	24
圖 9	ETR 460/480 列車外觀.....	25
圖 10	ETR 500 列車外觀.....	26
圖 11	ETR 500 列車內部.....	26
圖 12	GPS 及 GLONASS 示意 .....	31
圖 13	ETCS 中有關 GNSS 的內容.....	32
圖 14	轉撤處之停止點.....	34
圖 15	SATURNlight 的系統區塊組成圖.....	38
圖 16	SATURNlight 的程序.....	39
圖 17	使用離散地理資訊技術的網路數據.....	40
圖 18	STAUrnlight 的原型.....	40
圖 19	Railtrac 系統.....	44
圖 20	傳統的貨物與資訊流動方式 .....	45
圖 21	透過網際網路及 RailTrace 的資訊流動方式....	45
圖 22	行車路線配置圖.....	49
圖 23	各代理間的資訊流動.....	51
圖 24	系統組成.....	51
圖 25	Sisct 之組成.....	52
圖 26	Siscte 系統架構.....	53
圖 27	中央控制系統的即時列車資訊顯示.....	56
圖 28	鐵路交通報告格式.....	56

## 表 目 錄

表 1 赴義考察鐵路設施行程.....	5
表 2 歐陸重要城市間之距離與鐵路最短旅行時間.....	8
表 3 ITS 年會中與鐵路相關之論文.....	30

# 考察先進國家鐵路運輸基本設施管理

## 壹、前言

臺灣鐵路創建於清光緒十三年(西元 1887 年)，由當時巡撫劉銘傳督工興築，歷經日據時期、臺灣光復、政府撥遷來台等階段。隨時代不斷進步發展，臺鐵亦跟著不斷演進，如動力從蒸汽而柴電到電氣化，路線看護從人力而機械化，行車運轉從電器路牌閉塞臂號誌到電腦化自動號誌等。此外，為提昇服務品質，持續改進車廂座椅，充分展現其因應環境調整的企圖心。

台鐵曾經有過一段相當輝煌的歲月，在 60 年代十大建設之前，西部幹線鐵路是當時城際運輸的主要孔道，沒有其他運具可與之競爭，但是自從中山高速公路開闢完成之後，許多鐵路長途運輸的運量為公路客運所取代，因而使得鐵路局的營運逐漸走下坡，整體客、貨運量並未因國內經濟快速成長而躍昇，反而出現停滯與後退的現象，值得特別重視。

近年來由於中山高速公路壅塞情形嚴重，因此有部分長途客源回流台鐵高級列車，使得台鐵的營運勉強能維持正常，但是考量第二高速公路建設即將完工，中山高速公路亦在拓建之中，更有甚者，高速鐵路建設已經展開等影響因素，預期未來台鐵現有的發展空間又將受到壓縮，現階段若不仔細思考未來可能地出路，則數年之後將有可能步上沒落之途。

鐵路局已經體認到未來經營環境的險惡，目前積極以「BOT 方式」推動車站整體開發，加強軌道維護，分年更新重軌及石碴道床，改善鐵路行車保安設備，全面更新列車自動防護系統，完成環島 C T C 系統，改善站場聯鎖裝置設施，完成環島行車調度無線電話系統及光纖網路系統工程，汰換部份老舊之電力設備，擴大多角化經營，以提高供電可靠性，維持行車準點與安全，並廣泛利用台鐵現有資產及資源，提升其競爭力。若能適時的借鏡國外經驗，對於其未來發展將有幫助。

考量高速鐵路完工營運後之台鐵處境，其中台中以南的長途客運將被高速鐵路所取代，中短程的旅次又為公路客運所分食，因此未來發展定位可能在地區間通勤旅次、高速鐵路地接駁旅次、休閒的觀光旅次及貨運等方面。此外，由於資訊科技的快速進步，參與資訊業界的多角化經營，有助提升目前鐵路列車行車控制技術。因此本次考察將以先進國家鐵路在觀光旅次方面的服務、行車控制系統的發展趨勢、車路分離的相關經營理念、以及先進國家在提升鐵路貨運方面之構想，作為考察的重點。





## 貳、考察行程

歐洲鐵路網遍佈全歐洲，連接國與國、大小城市與鄉鎮，班次密集、快速、準時，服務有口皆碑。在歐洲無論要去的地方是大都市或小鄉鎮，搭乘火車可讓隨心所欲的深入了解歐洲風情，還可飽覽沿途優美風景。由於多數的車廂座位寬敞、舒適，因此鐵路運輸對於多數歐洲國間而言，都有相當的重要性，搭乘火車是外來的參訪者貼近當地人文與生活的最佳旅遊方式。

歐洲 25 個國家，除聯營火車票的 17 個國家外，還包括捷克、波蘭，保加利亞、南斯拉夫、克羅埃西亞、北愛爾蘭等國，透過鐵路對各大城市之間點對點的銜接，構成綿密的鐵路路網，其複雜程度遠高於台鐵的線性路網型態。多國多公司之經營方式，使得軌道以及相關營運技術研發競爭激烈，其中有許多重要觀念與新的方法值得借鏡，因此選擇考察鐵路管理設施地點時，歐陸是最佳的選擇之一。



圖 1 歐洲主要鐵路公司的代表標誌

由於 2000 年的智慧型運輸系統 (ITS) 會議選擇在義大利 Turin 市召開，本次考察因此選定以鐵路串連義大利羅馬及米蘭等重要城市為主之考察行程，實地體驗利用歐洲鐵路旅行之經驗，並配合 ITS 會議時間，順道前往 Turin 市之 ITS 會場，蒐集會議相關資料，參訪重要展示。至於其他鄰近國家如法國、荷蘭、奧地利等地，則受時間與經費之限制，無法一併納入此次考察中。

由於國內中華智慧型運輸系統協會出面整合組團，本次國內專程參加 ITS 世界會議之單位包括：交通部林司長、國道高速公路局、國道新建工程局、運輸研究所、鼎漢工程顧問公司、淡江大學董啓崇教授、交通大學等單位。



作者攝於 ITS 年會會場

本次考察行程搭乘長榮航空班機由曼谷轉機往奧地利之維也納轉機至羅馬，回程則由米蘭往荷蘭之阿姆斯特丹轉曼谷回桃園中正機場，其中進出國門行程及羅馬考察行程、Turin 會場參訪及最後一日米蘭之參訪行程，均配合我國 ITS 世界會議參訪團之行程，相關考察行程如表 1 所示。

**表 1 赴義考察鐵路設施行程**

日期		行程	紀要
89 年 11 月	03 日	台北->義大利	啓程
	04 日	ROMA	啓程
	05 日	ROMA	考察鐵路設施
	06 日	ROMA->FIRENZE	考察鐵路設施
	07 日	FIRENZE->VENEZIA	考察鐵路設施
	08 日	VENEZIA->MILANO	考察鐵路設施
	09 日	MILANO<->TORINO	考察鐵路設施
	10 日	MILANO->AMSTERDAM	回程
	11 日	AMSTERDAM->TAIPEI	回程



## 參、歐洲鐵路特性

考察行程中利用往來義大利城市間搭乘火車之經驗，彙整義大利鐵路或是所謂歐洲鐵路的特性，提供概略性地說明如下：

### 一、路網四通八達，往來快速便利

歐洲有較特殊之國際合營洲際鐵路，由於各國間城市距離短且火車班次密集，因此鐵路之競爭能力相較國內高出許多，從表 2 即可看出在極短時間內，可以很方便的利用鐵路從一個城市至另一個城市或從一個國家到另一個國家，每天有多種列車供選擇，包括快車、旅遊列車、日間列車、夜車及豪華列車等。

目前主要往來於歐洲國家之間的國際列車稱為歐洲城市(Eurocity-EC)列車，分有頭等及二等車廂提供高標準服務品質。而在許多國家，還有稱為城市間列車(Intercity-IC)的國內列車，也提供高標準服務品質。

在車輛系統方面，越來越多的高速火車行駛於歐洲各國，如法國的 TGV、德國的 ICE、芬蘭的 Pendolino S220、ETR 500 及義大利的 Eurostar Italia、西班牙的 AVE、瑞典的 X2000、以及跨國的 Thalys(法國、比利時、荷蘭、德國)、ETR/Cisalpino(瑞士、義大利)。這些火車的行駛最快速度可達每小時 300 公里。各列車亦都有頭等艙與二等艙之分。

表 2. 歐陸重要城市間之距離與鐵路最短旅行時間

起點	迄點	距離(km)	最短旅行時間
Amsterdam	Cologne	262	2 1/2 hours
Barcelona	Madrid	728	7 hours
Base	Vienna	961	10 1/2 hours
Brussels	Paris	336	1 1/2 hours
Frankfurt	Munich	423	3 hours
Lausanne	Paris	521	3 3/4 hours
Lisbon	Madrid	680	8 hours
Paris	Lyon	512	2 hours
Rome	Florence	316	2 hours
Stockholm	Gothenburg	456	3 1/4 hours
Vienna	Budapest	272	2 3/4 hours

## 二、車站設備完善，使用方便貼心

大部份的車站都設在市中心及所有公共運輸中心點，許多飯店就在車站附近。火車站服務設施包括：郵局、電話亭、電傳、電報局、理髮廳、美容院、書店、書報攤、禮品店、餐廳、銀行、外幣兌換中心、旅遊服務中心及飯店訂房中心等並提供計程車、巴士及地下鐵服務，因此您能非常便利地隨時往來車站。

多數車站都設置有時刻表海報或電腦看板，標示開車、抵達時間與月台號碼等。旅客可從海報背景顏色辨別這些時刻表，開車時刻表海報的背景顏色為黃色，而抵達時刻表則為白色。所有列車是從 0 時至 24 時按順序排列，快車班次是以紅色字體標示，一般列車則是以黑色字體標示，在時間的下一欄為重要中途停靠站名稱以及列車行駛軌道與月台號碼。大部份火車站是以電腦看板提供這些資料。



**圖 2 米蘭火車站外觀雄偉**

許多歐洲城市有一個以上火車站，每個火車站所前往的地方不同，因此在前往時應先確定車站是否正確。在抵達車站後，通常應先在看板或海報找尋火車班次，再尋找火車停靠之鐵軌號碼，確認開車時間與列車目的地。

歐洲大部份的車站都設有完善的資訊系統來克服語言障礙，圖形標誌為其中最重要的一部份。這些世界通用的圖形標誌和馬路標誌類似，可幫助了解車站提供的各種服務。大部份的車站提供自助式行李推車，您可以在車站入口或月台處找到推車。如果火車要隔幾個鐘頭才開，因而您想寄存行李時，可按照圖表所示將它寄存在投幣式寄物櫃內或行李寄放處。



圖 3 車站內可以利用售票機直接訂位購票





圖 4 車站內有協助旅客購票訂位的服務中心

### 三、列車服務多元、適合不同需求

一般高級列車座艙均有分等，其差異主要在於座位空間不同，頭等艙前後距離較寬敞、座位較大；二等艙前後距離較窄，座位較小。另外，有些特殊火車，部分班次頭等艙是裝設有廣角視野車窗的觀景車廂，而二等艙則為一般車窗。又如歐洲之星、西北列車等高速火車，頭等艙有含免費餐飲服務，二等艙則無。



圖 5 歐洲之星列車頭等艙內座位寬敞舒適

歐洲火車車廂的座位安排，基本上分為包廂與開放式兩種，如果已預訂座位，可憑訂位卡號碼入座。通常列車的第一節廂是開放不畫位的，因此若未事先訂位，則可提早到達車站，以便爭取其空位。座位的頭靠上端或包廂門上若是貼有寫明目的地之貼紙，則表示已經有人訂座。

在火車上，尤其跨國的國際列車、夜車或長途列車，每個車廂都設有行李放置空間，以便放置大件之行李廂，貴重物品與體積不大的隨身行李則可放座位下方或上方之置物架。原則上每位旅客可帶兩件大行李箱，以及能放進自己座位下方或頭頂置物櫃的隨身行李，若有多餘行李，可利用火車拖運服務，需另外付費。

許多歐洲城市(EC)列車都提供舒適的餐車，有些甚至設有吧台，其他長途列車設有自助餐車或可在吧台車廂或向火車上推車小販購買點心、三明治。食物、飲料或報紙應以當地貨幣購買，而在國際列車上，餐車服務人員通常只接受鄰近國家外國貨幣，同時只有某些鐵路公司接受信用卡。

持用歐洲聯營火車票時，您可在出發前或在歐洲各主要城市火車站以另加費用方式預訂臥鋪(Sleeper)、坐臥鋪(Couchette)或坐鋪(Sleeperette)。臥鋪為頭等車廂單人或雙人臥室，而二等艙則為雙人或三人臥室。所有臥室都設有一個梳洗台，盥洗室設在車廂尾端。坐臥鋪為開放式，附有枕頭與毛毯，需另付一些錢，可使您在夜間伸展手腳，但較無隱私性。在頭等艙中，每個車廂有四個坐臥兩用鋪；在二等車廂中，每個車廂設有六個坐臥兩用鋪；而在頭等及二等車廂坐臥兩用鋪內不分性別。

歐洲各鐵路局均以準時自豪，所以都儘可能的遵照行車時刻表行駛，因此火車途中靠站供乘客上下車的時間都非常短，經常只有二、三分鐘而已。並非每班火車都有告知下一站的播報系統，但月台的顯著處會標示站名。

#### 四、票種規定複雜，針對不同客源

歐洲鐵路銷售車票的種類相當多，除一般直接往返的車票外，還有套票、聯票、周遊票、青年票、兒童票、團體票、常客票（Frequent railers）、等。其中有許多是針對外來的觀光客給予特殊的促銷優惠，當地旅客只能以點對點方式單張分段購買且費用較高，旺季時甚至要排隊購買，很浪費時間。

歐洲聯營火車票及單國國鐵火車票若是針對外籍旅客設計的優惠票種，多限定於歐洲以外地區發售，車票的計價方式以天數計算，一天可不限次數及哩程，非常適合自助旅行者及商務客人。這類車票又分成連續票與彈性票等兩種性質，其中連續票從開始搭乘的第一天算起，須連續使用，例如買連續三天的火車票，若從七月一日開始使用，則此張票需在七月三號使用完畢。

彈性票則從火車站窗口蓋生效章後，依所購買的效期及天數在一定期間內任選日期搭乘，實際使用火車票搭乘火車的日期不一定要連續，例如購買的是八天內任選三天的火車票，於七月一日蓋生效章，則可於7/1~7/8 間任選 3 天使用票券搭乘火車，並在使用日第一次搭乘火車上車前，在票券日期欄上填寫當天日期即可。

一般火車票券自開票日起半年內有效，所有火車票不保證有座位，若未事先訂位，請找沒有標明「Reserved」的位子坐。購買票券上所列行駛路線，旅客可沿途上下，自由停留(但已事先預訂特定班次座位者，若於中途停靠站下車停留，則原訂班次後段座位視為放棄)。

在上火車前車票一定要先經車站蓋章，否則將會受罰。由於有許多不同天期的聯票，因此車票日期須戳蓋正式章，不可自己填寫，否則會使車票變成無效。但是如果持有的是 Eurail Flexipass，則在每次搭乘火車旅行時，應依順序自行以墨水筆填寫搭乘日期。未經車站蓋章的歐洲聯營火車票或 Eurail Flexipass 持用人未以墨水筆在日期欄填寫搭乘日期搭乘火車旅行時，將被視為以無效車票搭乘火車，旅客會受巨額罰款。聯營火車票如果遺失或被偷時，概不退還價款或補發。此外，歐洲聯營火車票不包含行李保險在內。

歐洲的火車站沒有火車站的剪票口，只要找到自己想搭乘的車次即可上車，車子開動後，在車上會有列車長來查票，原則上到下車前只會查一次票，但有時也會有 2 次以上的抽查。只要是所搭乘火車經過的國家，旅客即使不下車，甚至該列車只是路線行經該國但並不停靠任何車站，旅客仍必須具有該國有效簽證，同時所持火車票的使用範圍必需涵蓋該國家。列車穿越邊界前後，會有海關人員查驗每位旅客護照簽證等旅行文件。

火車票本身並不包括訂位在內，如果沒有事先訂位，上車時選座位上沒有「reserved」卡片的座位即可。但搭乘長程火車，過夜火車或旅遊旺季時，最好能事先購買訂位卡預訂坐位，以免計畫搭乘的班次客滿，必須等候下一班次而延誤行程。

訂位需另付訂位費，開立訂位卡，訂位費以直達路段為單位計價，若有轉車，則依轉車次數路段計算。歐洲聯營火車票及大部份的單國火車票只適用在往來城市與城市之間的火車，不能搭乘市區內大眾捷運系統如地鐵、電車、巴士等。若有事先訂位，旅客則需依所購訂位卡上所示的日期、班次、往來城市、座位號碼對號入座。

持有歐洲火車票在歐洲旅遊，不僅在票券有效國家與時間內可以不限次數搭乘國鐵火車，歐洲火車票其實還是一張「旅遊優惠證明」。許許多多歐洲著名的景觀列車、遊覽巴士、登山纜車、遊湖（河）輪船、跨海渡輪等等，都針對持有歐洲火車票的旅客，提供免費或折扣的優惠。額外優惠項目會因旅客所持歐洲火車票的票種而有所不同。

團體火車票所有同行團體票(包括二人、三人、四人或五人同行)，所有旅客必需全程同進同出，否則脫隊的人視同放棄，不可將車票拆開由原同行旅客分持分頭使用。已購買火車票，在國外時發現天數不夠不可以補差額增加原有票券效期天數，需另外購買當地有售的票種。



圖 6 豪華國際列車浪漫且令人神往





## 肆、義大利鐵路概況

義大利鐵路局(Ferrovie dello Stato)創始於 1839 年 10 月 3 日，在 1850 年義大利只有 2,000 公里的鐵路，但是至 1995 年已經達到 16000 公里的規模。該局的組織架構在 1992 年因歐盟 91/440、95/18 以及 95/19 的指導綱領，將有大幅度的變化，這些指導綱領引入自由競爭的準則重要內容如下：

1. 鐵路公司所有權自所營運的當地政府中行政獨立出來。
2. 為成本會計上的目的，可以允許設施與運輸管理分離，此即所謂之車路分離。
3. 鐵路公司需要平衡其成本支出。
4. 相關鐵路設施將保證接受國際鐵路協會所屬兩家以上鐵路公司進入營運。
5. 鐵路公司同時執行整合性的國際貨物運輸。

Ferrovie dello Stato 的車路尚未分離，目前是由義大利公共財政部所擁有，其與政府的關係是透過所有權租賃、建設合約以及公共服務合約來規範。政府部門發給 FS 有效期長達 70 年的執照，讓其能同時經營鐵路及海運，並可規劃及執行新的路線與廠站，政府同時是 FS 的股東，幫助部分非營利之建設與資金募集工作。

類似我國的國營企業，義大利鐵路局已瀕臨破產邊緣，其火車票價較歐聯標準為低。該局局長 Mr. Claudio Dematte 表示目前之價格僅佔其成本之三分之一，其餘三分之二由納稅人承擔，由於目前係獨佔事業，故其盈餘一年減少 40%。但是消費者組織則指責該局表示國營火車車廂很髒，服務差，不能與其他國家鐵路相比。

1999 年 11 月間，義大利十三大火車站之管理權轉由私人管理，包括義大利數大財團（Agnelli、Benetton、De Benedetti）和幾家外國公司（Ece-Otto、Versand、SNCF）共同合作。由於義大利公司的管理技術（Know-how）均由外國合資夥伴所操控，例如 CIR 依賴管理倫敦之 Heathrow 和 Gatwick 機場之英國機場管理局（British Airport Authority），目前其對義大利火車站之管理有興趣，Agnelli 則依賴英國公司 West Lb.。因此可以預期義大利火車站之管理亦將由外國公司所控制。

根據義大利運輸專家 Mr. Andrea Boitani 和 Mr. Marco Ponti 表示，義大利運輸系統之管理將由外國公司所瓜分，主要係因義大利公司缺乏管理與技術能力，無法使其面對競爭。另根據義大利 Forza Italia 黨之前運輸部主任 Mr. Claudio Scajola 表示，義大利在國內及國際上之政治極為軟弱無力，再加上其保護主義被受爭議，使其運輸業不得被外國所瓜分。



圖 7 義大利鐵路網

目前該局路網之路線總長為 16,030 公里，其中電化路段長 10,358 公里，未電化路段長 5,672 公里，機車頭 3,729 個，客車 10,951 節，員工 119,661 人。每年運送 461,0 百萬人次，計 49,500,0 百萬延人公里，平均旅次 104 公里，運送貨物 82.9 百萬噸。

該局路網中各路線之標準不一，其中有部分屬於高速鐵路之路線標準，有些則受限於地形，屬於傳統鐵路之標準，其列車會根據實際線形狀況選擇行駛速度，因此同為歐洲之星的列車，在某些路線行車速率與高速鐵路相同，有些路段則行車速度較慢，以本次考察搭乘歐洲之星由羅馬經佛羅倫斯至威尼斯為例，以佛羅倫斯為中點，前後兩段之里程相近，但後者之行車時間是前者之兩倍。

路網中屬於高速鐵路路線之設計參數如下：

#### 1. 第勒梯西瑪線

- 設計車速為 250 公里/小時。
- 平面線形最小半徑為 3000 公尺。
- 最高超高量為 125 公厘。
- 最大坡度為 7.5%。
- 軌道間距為 4 公尺。
- 軌面以上隧道淨面積 54 平方公尺。
- 供電系統為 3000 伏特直流電。

## 2. 其餘路線

- 設計車速為 300 公里/小時。
- 平面線形最小半徑為 5510 公尺。(特殊狀況為 3700 公尺)。
- 最高超高量為 105 公厘。
- 最大坡度：開放路線為 1.8%，隧道中為 1.5%。
- 軌道間距為 5 公尺。(特殊狀況可採 4.6 公尺)。
- 軌面以上隧道淨面積 76 平方公尺。
- 供電系統為 3000 伏特直流電。
- 軌道道床寬度為 13 公尺。

FS 所使用的列車種類極多，其中高速鐵路列車目前有三種型式在營運，茲說明如下：

### 1. ETR 450 列車

1988 年 3 月開始服役，列車最高車速 250 公里/小時，列車長度為 131.5 公尺及 285.1 公尺，列車滿載荷重為 528 噸，最大軸重 12.5 噸，可以拉九節車廂，其中頭等艙四節共 170 個座位，二等艙五節共 216 個座位，總共 386 個座位。路線涵蓋 La Spezia-Roma, Ancona-Milano, Perugia-Roma, Ancona-Roma, Potenza-Roma, Taranto-Roma, Reggio, Calabria-Roma, Vicenza-Roma 等。

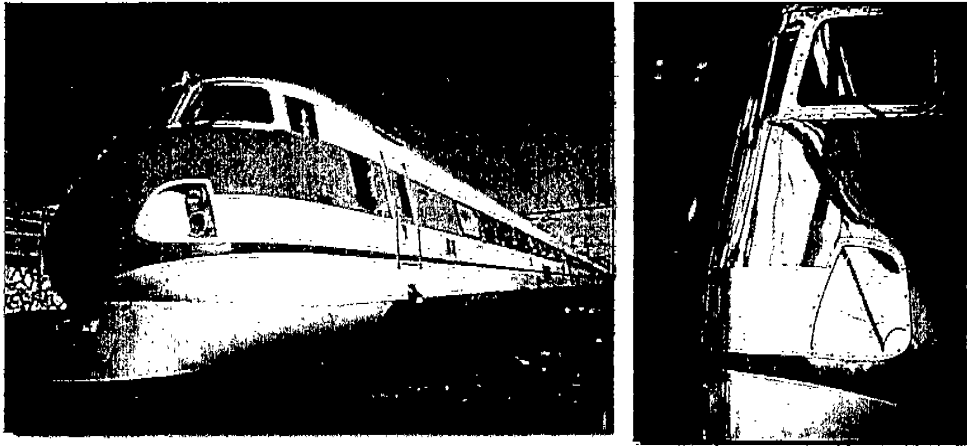


圖 8 ETR 450 列車外觀

## 2. ETR 460/480 列車

分別於 1995 年及 1997 年開始服役，列車最高車速 250 公里/小時，可以拉九節車廂，其中頭等艙三節共 139 個座位，二等艙五節共 341 個座位，總共 480 個座位，餐車 23 個座位。路線涵蓋 Torino-Roma, Savona-Roma, Bergamo-Roma, Bolzano-Roma, Lecce-Roma, Bari-Roma, Reggio Calabria-Roma, Venezia-Roma 等。



圖 9 ETR 460/480 列車外觀

### 3. ETR 500 列車

列車最高車速 300 公里/小時，計畫運行車速為 275 公里/小時；列車最大寬度為 2900 公厘(驅動車)，2845 公厘(中間車輛)，轉向架軸距為 3000 公厘，軸重 18 噸，採異步電壓機驅動。為新的柔性驅動機構，雙空心車軸，採 1400 伏特直流中間電壓、供電系統。

於 1996 年開始服役，可以拉十三節車廂，頭等艙有四節共 182 個座位，二等艙六節共 408 個座位，總共 590 個座位，餐車 30 個座位。路線涵蓋 Chiusi-Milano, Firenze-Napoli, Milano-Roma, Milano-Napoli, Bologna-Roma, Milano-Salerno, Milano-Venezia, Venezia-Roma 等。

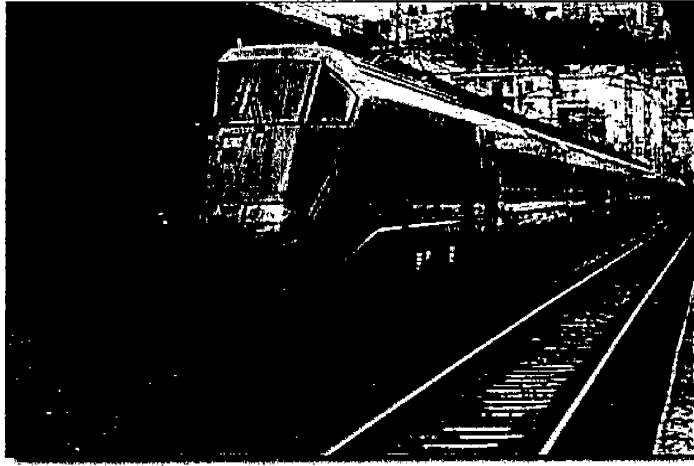


圖 10 ETR 500 列車外觀



圖 11 ETR 500 列車內部



基本上列車自動控制系統可以減少許多人為不必要的誤差，所以必須是絕對安全的系統，一旦設備有所故障時亦將導致極大的列車運轉影響。義大利 1971 年試用電子電碼電流的自動閉塞系統（地面設備）成效良好，故展開在高速鐵路上使用 STATIOCODE 電碼自動閉塞系統，在車上設備則採用九碼列車訊號和速度監督系統。

地面設備分為三顯示及二顯示電碼自動閉塞系統。三顯示電碼自動閉塞系統原則上與每閉塞區間內訊號機同處，可發送軌道空間訊息、顯示 2700 公尺內預示限制訊息、1350 公尺區段內的列車行車訊息、1350 公尺區段內道岔運行方向訊息等四種訊息；電碼頻率則為 1.25 Hz、2 Hz、3 Hz、4.5 Hz 4 種，載頻則為 50 Hz；此型系統多使用在主要幹線上。（如 MILANO-BOLOGNA 線）

二顯示電碼自動閉塞系統設備為每個閉塞區間設有一主訊號機，顯示紅、綠燈號；而在主訊號機前 1350 公尺處，又設有一預示訊號機，顯示黃、綠燈號；在預示訊號機前，又設有 4 段軌道電路輔助輸送列車運轉訊息。車上設備在自動閉塞區段，採用四碼列車訊號和九碼列車訊號兩種連續式列車訊號。

此型列車訊號主要由譯碼邏輯電路、氣動設備、警示閘柄、制動電源、顯示設備所組成，由安裝於列車導輪前接收線圈接收軌道電碼電流，在傳送至列車訊號設備。九碼列車訊號其電碼為 270 系列（共三碼，載頻 50 Hz 時，頻率為 4.5 Hz；載波為 178Hz 時，頻率為 2 Hz 及 1.25Hz）、180 系列（共二碼，載頻 50 Hz 時，頻率為 3 Hz；載波為 178Hz 時，頻率為 1.25Hz）、120 系列（共三碼，載頻 50 Hz 時，頻率為 2 Hz；載波為 178Hz 時，頻率為 3 Hz 及 1.25Hz）、75 系列（共一碼，載頻 50 Hz 時，頻率為 1.25Hz），AC 碼（意即無碼）。

四碼列車訊號其電碼僅為 270、180、7、120 及 AC 共五碼，九碼列車訊號分別給予不同列車行車速度，分別為 270\*\*（260Km/Hr）、270\*（230Km/Hr）、270（205Km/Hr）、180\*（155Km/Hr）、120\*\*（135Km/Hr）、120\*（105Km/Hr）、120（65Km/Hr）、75（50Km/Hr）。

列車自動控制系統（ATC）採用電碼自動閉塞系統，載頻為 50 Hz、75 Hz、83.3 Hz，訊號頻率為 1.5Hz、2 Hz、3 Hz、4 Hz、當加設一片電源輸出版，則可擴充至 1.6 Hz、2.45 Hz、3.7 Hz 三種頻率電碼。

列車自動控制系統將軌道電路輸送電碼電流由列車導輪前方的接收線圈接收，在傳送至電碼訊號濾波器，將干擾訊號濾除，經解調（頻）及放大後，藉由光電耦合器送至微型電腦譯碼，最後從輸出電路控制相對訊號類別顯示（決定實際列車車速、最大允許車速、制動選擇）。

## 伍、歐洲鐵路管理設施發展現況

本次考察利用第七屆智慧型運輸系統世界會議於義大利 Turin 市舉行的機會，順道前往蒐集資料，在會場中計有數篇與鐵路有關的論文，內容是探討有關行車定位控制、鐵路營運管理、平交道安全管理、鐵路貨運、收益管理等議題，茲將其作者及論文題目彙整如表 3。

另在會場展覽中則有 FEROVIE Dello Stato 公司展示整合性列車監控及追蹤系統 ( Integrated Train Monitoring and Tracking System,Sisct )，相當有參考價值。以下將就所發表論文與展覽之重點擇要說明如下：

### 一、以 GNSS 為基礎的先進定位系統在鐵路上之應用

GNSS 是全球導航衛星系統 ( Global Navigation Satellites System ) 之簡稱；屬於概括性的名詞，它包括了美國發展的 GPS ( Global Positioning System ) 和俄國發展的 GLONASS ( Global Navigation Satellites System )。GPS 衛星系統是美國國防部於 1973 年所設計發展的一個全球性，全天候 24 小時之三維空間即時定位系統。它可以提供無論是地面、海上、或空中的定位資訊。而 GLONASS 衛星系統則是俄國軍方於 1970 年代發展的類似於 GPS 原理和功能的定位系統。俄國發展的 GLONASS 衛星系統，相較於 GPS 系統，它的衛星群分佈在高緯度地區。

表 3 ITS 年會中與鐵路相關之論文

作者	題目	研究領域
Fraile, Jose M.	Advanced GNSS-Based Localisation System for Railway Applications	Navigation, GPS & Route Guidance
Matylis, Guido	A Market Based Mechanism for Railway Operation and Control	New Technology & Innovative Techniques
Moon, Young J.	System Simulation of a Dynamic Dilemma Zone for Train-Vehicle Collision Avoidance at Highway-Rail	Traffic & Network Management
Leviakangas, Pekka	Internet-based international rail freight monitoring - the RailTrace system	Railway Traffic & Network Management
Schroeder, Martin	New Revenue Management Strategies for Railway Network Provider	Railway Traffic & Network Management
Zhang, Dianye	Safety & Reliability Evaluation of Vision for Train drivers	Railway Traffic & Network Management
Colaço, Antonio	ERTMS - A Contribution to the Creation of Tomorrow's Railway	Rail Interoperability Deployment & Evaluation
Guigon, Marc	Can Intelligent Freight Trains Contribute to Significant Improvements in Service Quality and Efficiency...	Rail Interoperability Deployment & Evaluation
Stone, Bryan	Exchange of Operational Data for Border Crossing Freight Trains in Europe	Rail Interoperability Deployment & Evaluation

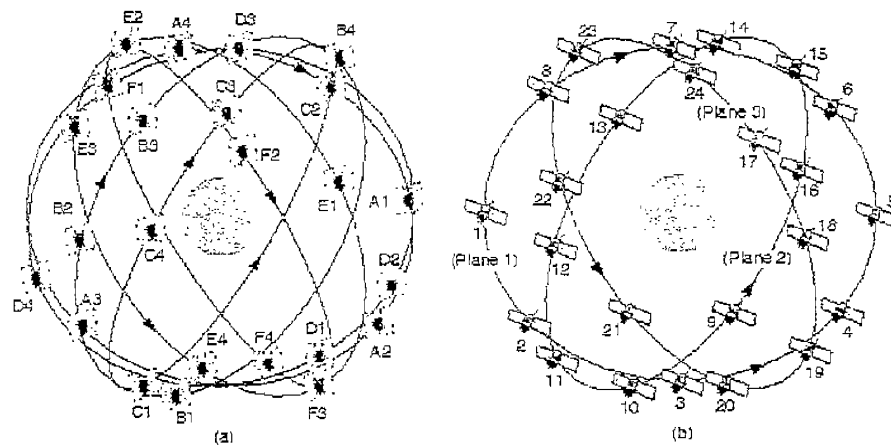


圖 12 GPS 及 GLONASS 示意

本論文在探討 GPS 是否能符合目前之需求以及路軌網路數據得發展趨勢。德國目前正在研究將以 GNSS 為基礎之定位系統應用在鐵路行車上，以大幅提高行車控制之效率。GNSS 技術很早即已經開始應用在車隊調派與運轉上，提供火車之實際位置，這類型應用時，通常 GPS 接收器均與通訊系統相連接，將火車實際位置報告給中央控制車站。

在大多數的應用上，標準的 GPS 已經擁有足夠的精度（有部分使用 DGPS），不需要特殊的裝備，GPS 位置報告及鐵路網路數據則是在鐵路車站內整合。

未來歐洲鐵路自動控制系統（European automatic train control system, ETCS）則使用 GNSS 偵測器，目前 ETCS 的設備正在部分列車上進行實驗，其鐵路列車定位系統由里程計（odometer）及信號標雷達

( beacon reader ) 等兩個部份所組成，並與中央電腦 ( 有人稱之為 European Vital Computer ) 管理，GNSS 偵測器有可能排除其他的偵測方式，成為 ETCS 的一部份。然而因為 ETCS 成本昂貴，未來多數的鐵路業者可能不會選用，使得以 GNSS 為基礎之定位系統正好可以填補 ETCS 與低階鐵路列車定位系統間之真空地帶。

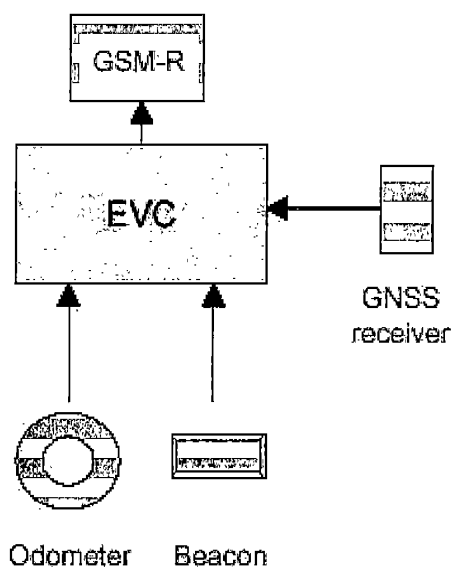


圖 13 ETCS 中有關 GNSS 的內容

Socratec 公司的 SATURN ( Satellite-based Autonomous Train Localisation System ) 是目前正在研發當中的以 GNSS 為基礎之鐵路列車定位系統，SATURN 著眼在提高其使用層面，並特別強調針對區域鐵路營運業者的需求，提供成本較為低廉的替代方案。

鐵路列車導航的績效可使用下列之技術因素來評量：

1. 信號的正確性。
2. 信號之整合性。
3. 信號之連續性。
4. 信號之可利用性。

現有的分析方法如 EGNOS/WAAS 及 Galileo 計畫等多來自於航空產業，由於是強調在空間中的信號，因此在天空中幾乎不會受到干擾，但是對於鐵路而言，情況就變得複雜許多，一般情形下，在衛星信號接收方面常會受到阻礙（不僅止於在隧道，一些建築物或自然障礙亦會產生影響），雖然汽車使用的導航系統亦會遭遇相同問題，但是鐵路在安全方面之考量要重要的多，相對的其困難度較高。

因此在相同之架構之下，只有少部分非重要性之信號可以使用，依據相關文獻記載，大範圍或區域性列車定位系統的使用經驗，其在各地點定位之可利用率分別只有 63% 及 79%，另外精確度方面之要求，在列車控制方面所需為 2 公尺以內之誤差，在時間方面則為 95% 以上之正確性。

此外，對於行車控制方面對於一些特殊的地點，需要仔細的檢核系統的效能，例如當使用 GNSS 偵測器進行自動列車控制時，在部分轉撤器的停等點，就需要較為精確的列車位置及時間資料，如圖 14 所示兩路線交會處的停等點，如果支線之列車超過停等點，將會危及直行的列車，造成碰撞，因此行車安全在此區域之限制非常嚴格，即使列車只超過停等點安全範圍數公分，都有可能造成嚴重的事故。

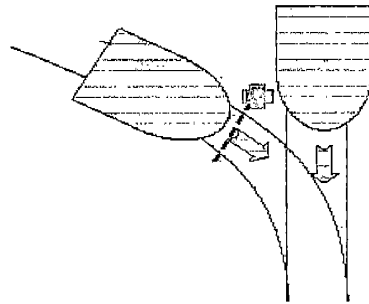


圖 14 轉撤處之停止點

因此以 GNSS 為基礎的列車定位控制系統，其所需之績效規格需要考量實際的鐵路環境，與使用者的環境情境相結合，目前沒有一體適用的方法。換言之，當考量以 GNSS 做為列車行車控制系統之基礎時，必須對整體行車環境進行詳細的分析，條列出整體路線之行車控制架構與相關設施運轉之需求，再針對特定問題點構思解決方案後加以組合，系統日後擴充時，亦將面臨相同的問題，並要經過同樣的處理程序。



GPS 只是以衛星為基礎的定位系統，可以用在列車運轉的定位作業上，這裡所謂之列車運轉是指列車中機車頭與其車廂之調度問題而言，但是在鐵路列車交通控制方面，面臨與航空業界相同之問題，那就是精確度低而且缺乏整合性。

在精確度方面，刪除應用上不可行的部分之後，可以將 GPS 之重點投注在與安全無關的項目之上。為了增加 GPS 之績效，EGNOS/WAAS 將提供區域性之輔助服務來提高其適用性，在未來 Galileo 將以其 Three-Carrier Resolution 大幅提高相對位置精確度到公分層級，且提供即時之資訊，使得列車控制更為精準，但是亦因此會增加許多的設配與經費。

要進行列車行車控制，必須要有相當完善的路軌數據資料，用來顯示列車正確位置或即時追蹤列車的軌跡，因此如何處理路軌網路數據是系統發展之重點之一。與車輛導航的情形類似，以 GNSS 為基礎的列車定位系統，能夠提供有用的製圖資訊，如果經過適當的格式轉換，根據「Map-Matching」的技術，可以發展出持續演算路軌網路數據之技術。

Socrate 致力於兩種型式的路軌網路數據，其中簡單式是根據網路的定性資料建立基本資料庫，整合離散點的地理資料，通常是以等間距的方式處理，如每隔 100 公尺設置一處，這種方式稱之為離散 (Discrete) 型式的數據資料。另一種是使用向量地圖型式 (Vector Maps) 數據資料，

如同汽車所使用的導航系統一樣，可以用連續性之方式，持續顯示列車的移動。以上兩種方式各有其優缺點，選用任何一種方式都會產生相當程度之影響。

離散式的資料庫，適合將以 GNSS 為基礎的定位資料，轉換為鐵路路線上的相對位置（通常以路軌上之里程數來定義），使得所需數據量為最小，因此複雜度亦較低。然而除了離散點之地理資料以外，無法提供其他之參考資料，因此無法持續追蹤列車行進的狀態，如果位置感應器為提供適當且正確的資訊時，會使得列車在通過轉轍點時的狀態掌握模糊不清，因而增加許多風險。這類的資料庫使用在列車調派上，非常有效率。

向量式資料庫因為包含路軌網路中較為詳細的資料，因此較為複雜，為使定位系統能使用「Map-Matching」的演算法，其包含軌道路線細項資料，如曲線的曲率、直線段的起點與終點等。向量式資料庫若要像汽車導航般的應用自如時，會有許多問題需要解決，例如：列車只有在轉轍點才能變換軌道，而且只能遵行固定方向行駛等。若將這些重要的限制條件納入 Map-Matching 模組中，將可增加系統的精確性與可靠度。向量式資料庫的缺點是其執行是相當繁雜，因而降低其實用性。

Socratec 正在發展兩種以 GNSS 為基礎的地區化列車管理系統，其中 SATURN 是使用向量路軌網路資料庫，著眼於行車控制相關的需求；SATURNlight 則是使用離散型態資料庫，俾提供整體網路之車隊位置資訊。以上兩種版本之硬體平台均使用工業用的 PC 構件，以確保在鐵路惡劣的行車環境下，保持長時期的有效性。

所有硬體構件必須維持 200,000 小時以上之平均有效使用時間，同時對於資料儲存環境所需對於溫度上之控制特別重視，放置在地區方面之偵測器是一個有 12 個頻道之 GPS 接收器。應用軟體部分在 QXN 運算系統下即時來執行。

有關兩種版本之運作方式簡要說明如下：

#### 1. SATURNlight

在此系統中，偵測器之 GNSS 位置資料與路軌網路之數據以圖 15 及圖 16 的方法整合，當列車通過特定地點之偵測器時，提供位置資訊可計算列車之軌跡，並可以往前推算可能之行進路線，將 GNSS 的地理數據資料，轉換成鐵路路往設施中之定位資料。

SATURNlight 之原型系統已在 2000 年 4 月由德國鐵路 (DB AG/FTZ) 公司在慕尼黑地區進行為期兩天之現地試驗，目前相關資料尚在分析當中，惟據初步資料顯示，約有 85% 的時間路軌追蹤資料正確無誤，另有 15% 的時間路軌追蹤可能有數個可能，因而存在有不確定的地方，當最後的評估完成之後，詳細結果將會儘快公開。

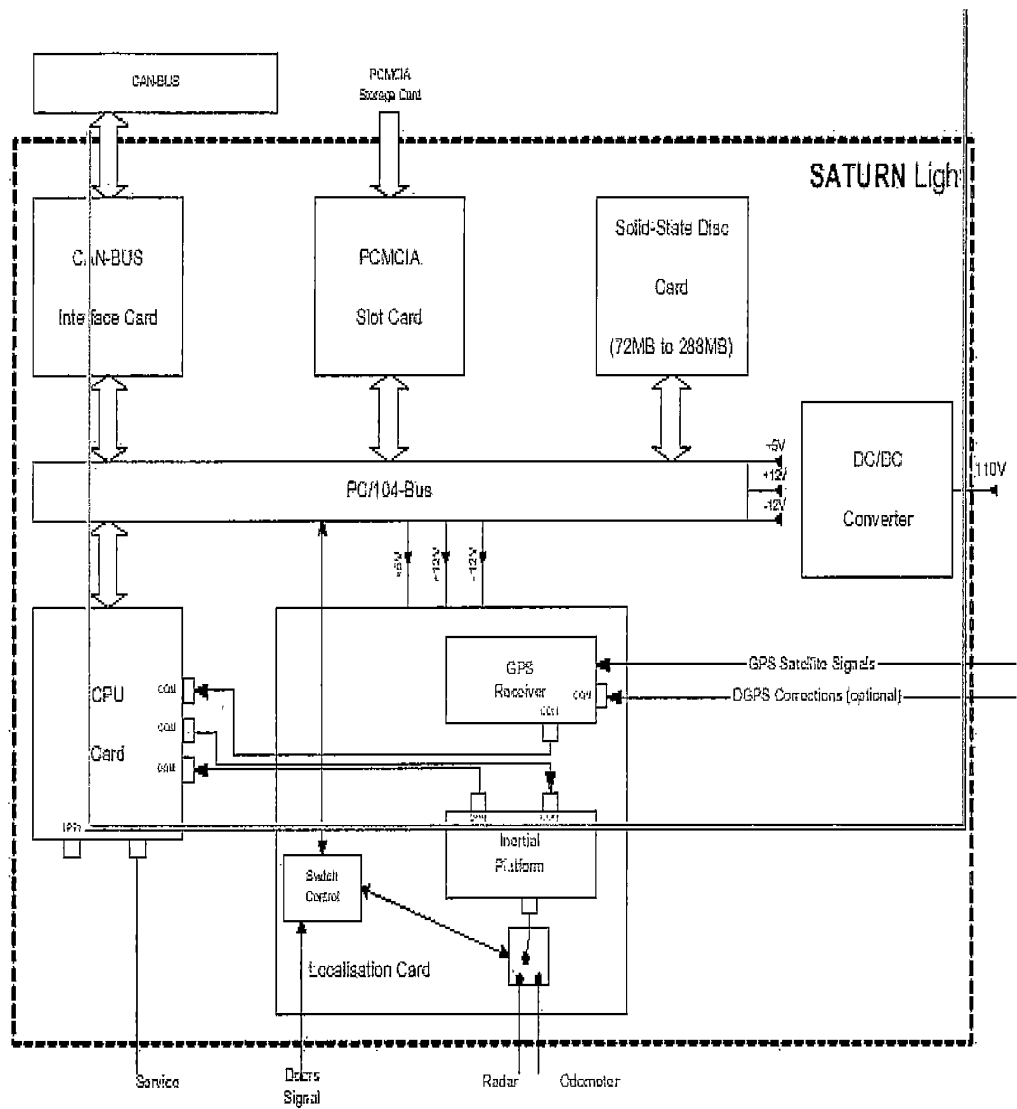


圖 15 SATURNlight 的系統區塊組成圖

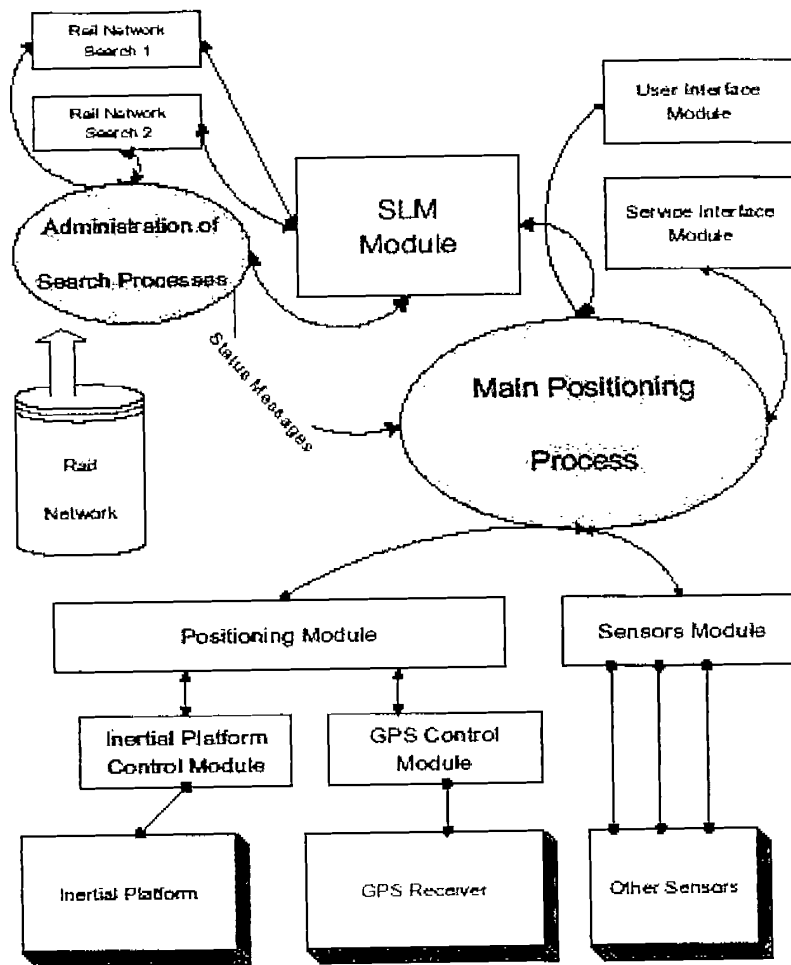


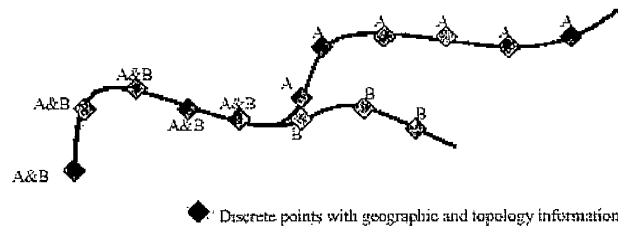
圖 16 SATURNlight 的程序

## 2. SATURN

本系統使用向量路軌網路資料庫，可以持續追蹤列車，達到最大的行車控制效能，在發展 SATURN 之前，研究單位已仔細分析列車在鐵路上之移動，並將如何以最佳方式探討各種限制狀況以及用最佳的方法整合 GNSS 技術的結果描繪出來。相關結果已應用在 SATRUN 之建構上。

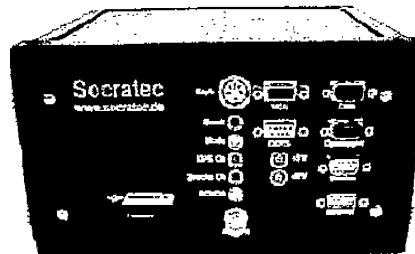
綜合來說，列車定位問題可以分成獨立的三個部分求解，分別是：

1. 界定列車行駛的軌道
2. 偵測在轉轍點後之軌道變換
3. 決定列車在軌道中的位置



**圖 17 使用離散地理資訊技術的網路數據**

這些問題都需要能成功使用 GNSS 的資料，並且要能維持極高程度的系統可靠性及穩健性。目前 SATURN 所需地軟體系統尚未開發完成，預期未來還需要相當程度的實地測試才可完成其系統之開發運作。



**圖 18 STAURNlight 的原型**

## 二、以網際網路為基礎的鐵路貨運監控--RailTrace 系統

鐵路貨運在世界各國的發展上，在面對後勤運籌鏈結時，均面臨許多問題，其中較為重要者包括：

1. 有大量不同屬性之承運者，特別是在複合運輸（Multi-Modal Transport）的情形。
2. 相同的運送資料需要重複繕打整理多次。
3. 在運籌鍊（Logistic Chain）尾端的顧客不滿意運送的速度與品質。

在問題背後所隱藏的重點包括：第一，沒有人認為應對尾端客戶之服務負責，此種情形在複合運輸中特別明顯，鐵路運輸很少提供及戶（Door-to-Door）的服務，因此除非由鐵路公司直接提供顧客完整的服務，否則鐵路與顧客間之關係相當遙遠，在業務爭取及因應環境變化進行必要調整時，都有與現實脫節之可能。

換言之，鐵路經營業長久以來均居於被動的地位，坐等顧客上門，若是顧客之需求超過鐵路所能提供之服務時，鐵路業者之競爭力將大幅降低。其次，因鐵路特性使得業者通常是其他運輸業者之下包，因而喪失主動力。第三，鐵路公司與承攬業者或運籌業者之間之聯繫與相互了解不佳。

由於顧客之運籌鍊結被視為其價值鍊 (Potter, 1985) 因此如何將鐵路運輸整合進入顧客之運籌鏈結，就成為鐵路貨運振衰起蔽的關鍵。當顧客尋求適當的運輸服務時，其所關切重點是簡單、迅速且價格合理，因此其希望有單一窗口來聯繫，隨時能了解貨物運送的進度，並對貨物運送品質有信心，預期其貨物之損壞率為最低。

鐵路運輸由於增加許多手續與界面，不但成本較高，時間較長，且貨物毀損的機率相對亦較大，鐵路所有的優勢只有運量較大，而長距離運輸時運費可能較為節省，因此如何發揮其優勢並克服其缺點，就成為鐵路貨運發展地重要課題。

以下將用一個簡單例子說明其中之複雜度：

● 陸運→船運→陸運

1. 由起點裝載貨物→2. 陸路運輸→3. 將貨物裝船→4. 海陸運輸→5. 船邊卸載→6. 陸路運輸→7. 運送至目的地。

● 陸運→鐵路→船運→鐵路→陸運

1. 由起點裝載貨物→2. 陸路運輸→3. 將貨物卸載→4. 火車裝載→5. 鐵路運輸→6. 卸載裝船→7. 海陸運輸→8. 船邊卸載→9. 鐵路運輸→10. 鐵路卸載→11. 卡車裝載→12. 陸路運輸→13. 運送至目的地。



假設由義大利米蘭 ( Milan ) 運送貨物至蘇俄的聖彼得堡 ( St. Petersburg )，貨物在米蘭裝載上貨車，經過瑞士到達德國的 Travemunde，橫越 Baltic 海到達芬蘭的 Turku，再由鐵路至聖彼得堡。這整個運籌鍊包含不同的營運者及其管理方式，具有下列之瓶頸或缺點：

1. 貨物承銷人直到貨物抵達聖彼得堡後才得到船運的資訊。
2. 顧客服務部門無法事前規劃其運作，因而使得資源之利用非最佳化。
3. 鐵路運送業者無法根據貨物之目的地及出貨時間進行路線及資源之最佳化安排。

德國在 1997 年開始推動所謂 railtrace 計畫，railtrace 是一個資訊系統用來整理、組合及散佈運送管理資訊，屬於 TEDIM ( Telematic in Foreign Trade Logistics and Delivery Management ) 大型電信計畫中的一部分，整個計畫目前正在發展測試當中。

Railtrace 的目標是從鐵路及鐵路與船運聯合提供者之銷售人員、相關公司之顧客等彙整而得，包括下列得需求：

1. 有效管理貨車容量。
2. 對顧客所需貨車狀況資料作快速回應。
3. 追蹤託運物品而非追蹤貨車。
4. 改善報告的誤差。
5. 將不同的系統整合成簡單的追蹤程序。
6. 改善運送過程中的控制作業。

因此計畫的目標為更新追蹤與監控系統包含下列要項：

1. 發展簡單易於使用之先進貨車及托運物之追蹤及監控系統。
2. 簡化顧客之提領程序。
3. 改善合作夥伴間之資訊交換。

railtrace 系統架構如圖 19 所示，可視為相當典型之網際網路深入使用範例，其中特定單位所產生得資訊可以由其他單位來分享。

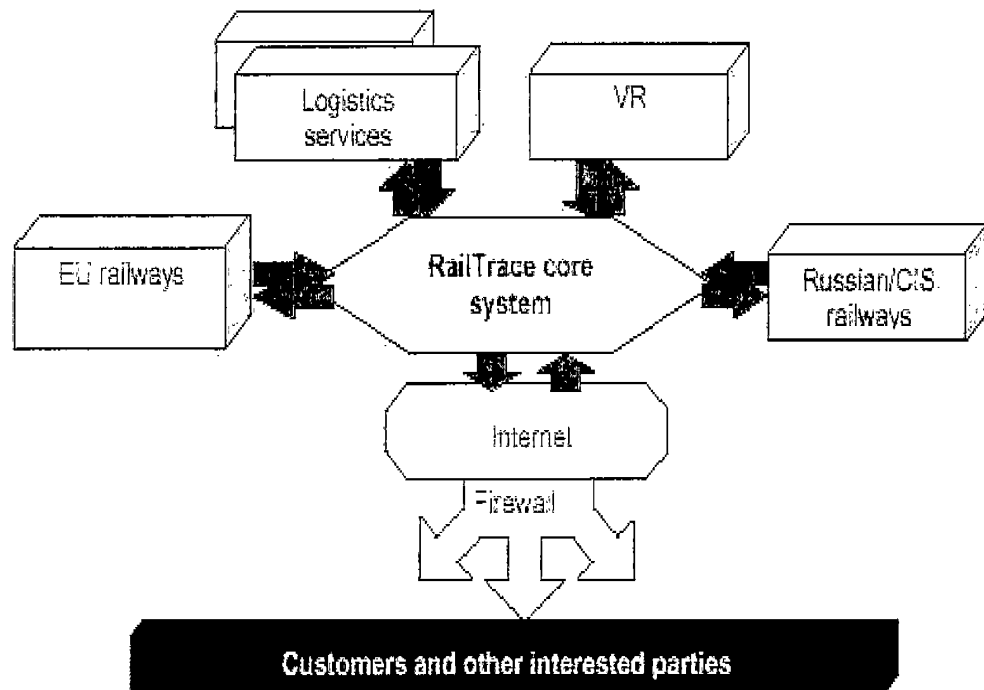


圖 19 railtrac 系統

在有無 railtrace 情況下，某一公司在資訊與貨物處理上的狀況如圖 20 及圖 21 所示，每一個在運籌鍊上得單位都可以離散方式由 railtrace 得到所托運貨物的更新資訊，若進一步整合 GPS 監控系統，則可以創造出完全即時的托運物品追蹤系統。

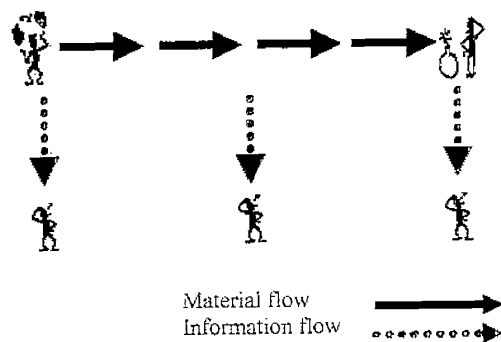


圖 20 傳統的貨物與資訊流動方式

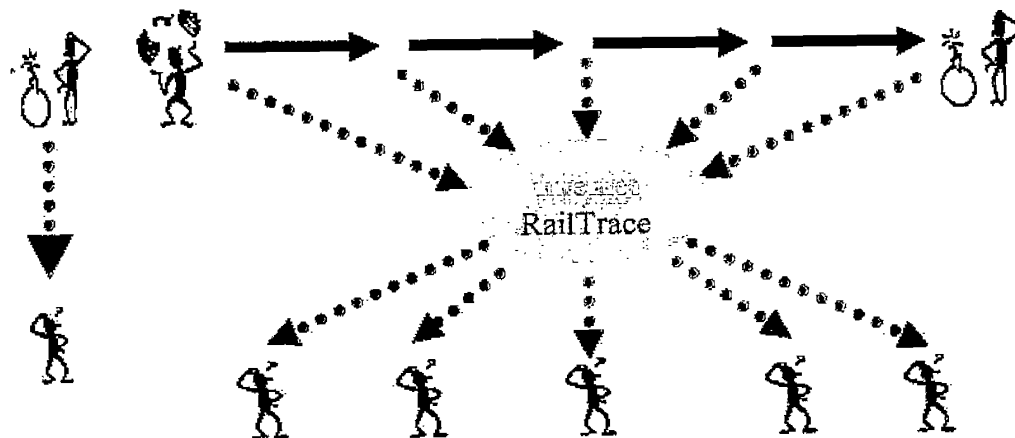


圖 21 透過網際網路及 RailTrace 的資訊流動方式

### 三、以市場為基礎的鐵路營運及控制機制

在未來以無線電為主之行車控制系統如 ERTMS/ETCS 等，可以提供列車實際移動的連續資訊，巨幅增加的資訊已經超過目前列車排程所需要評估的資料量。換言之，以無線電為基礎的營運管理方式，將使得針對環境即時改變營運狀況執行目標決策之可行性大為提高，改善有效評估手邊資訊的能力以及對所改變營運狀態的立即回應，使我們能夠縮短現存排班與列車控制間之差距。

鐵路交通有地理上與功能上的分布，子系統具有高度的自治性且通常鐵路交通亦有高度動態特性。代理導向技術 (Agent-oriented techniques, AOT) 能提供抽象的層級，用來分析、設計及執行大型且複雜的計畫。因此未來可能會有以動態配置鐵路設施使用權至多重代理機構的方式，來進行即時的鐵路營運控制，並在原有班表排程擾動情形下，利用競價機制重新分配鐵路使用權，為便於管理，相關列車與鐵路行車設施將模組化成各種代理機構。

一般可分成三種代理機構如下：

### 1. 鐵路路線代理

負責組合後續其他行車路線區段，構成完整鐵路路線，每一個行車路線區段定義為不同組成的鐵路路徑，為網路的一部分，具有營運及實體上得限制。

對列車而言，每一個行車路線區段包含班表排程的資訊，沿其路線有預期到達及離開特定點的時間。換言之，路線包含實體路徑及使用之時間帶，經營路線管理的單位，將其路線劃分成許多可供列車使用的時間帶，待價而沽。

### 2. 列車控制代理

掌握有列車物理性之參數資訊，當延誤或擾動產生之後，列車控制代理會重新訂定可行的班表並與其他代理聯繫，提供營運所需即時的解決方案。列車控制代理在組合路線區段時，在順序性的時間切割上，有不同的優先順序與偏好，其優先順序視其路線的使用型態而定（公用、貨運、延誤、準時），而偏好則視新的行車路線而定。

當列車控制代理計算出新的行車路線時，同時也會計算出其所需的價格，該價格視所需時間帶的數量而定，通常是所需各時間帶最高競價

的總和。每一時間帶有最低之價格，各代理也在追求其成本最小，若其不願出高價時，會等待下一個時間帶。

### 3. 鐵路路網代理

特別設計用以重新分配設施的使用權，管理整個競價協定，由競標者代為進行聯繫溝通，會較直接由列車控制代理進行溝通更為有效率，因此由網路代理來整合所有列車資訊，並分配至各列車控制代理。

其所使用的競標機制使用下列規則：

1. 列車控制代理只提出重新配置得計畫書。
2. 重新配置計畫書是按順序先後提出。
3. 只有被核准的計畫書才能完成鐵路行車路線的配置。
4. 每一個列車控制代理最少必須配置一個可行的行車路線。
5. 競標是公開的，因此所有列車控制代理手中都有其他代理競價的完整資訊。

相關過程有三個交涉程序如下：

1. 列車控制代理根據其班表得延誤計算到達其目的地的適當行車路線。
2. 於是列車控制代理提送高於目前鐵路行車路線之標價。
3. 比較現存其他列車控制代理的配置與新的配置，同時偵測其中之衝突。

所使用之演算法重點如下：

### 1. 搜尋適當的鐵路行車路線

為使得問題較容易了解，特以圖示方式說明問題的特性，在搜尋適合的行車路線配置時，會產生配置圖如圖 22，其中每一個節點代表一個鐵路路線區段，根節點以  $A(f, T)$  表示， $f$  為所配置鐵路路線區段之代號， $T$  為使用該區段之時間，對於每一個  $A$  都會有兩個子節點，分別代表列車順利進入下一個區段及可能停留在本區段等待下一個新的區段等兩種選擇，而最佳化問題則相當於圖形中搜尋最小成本路徑問題。

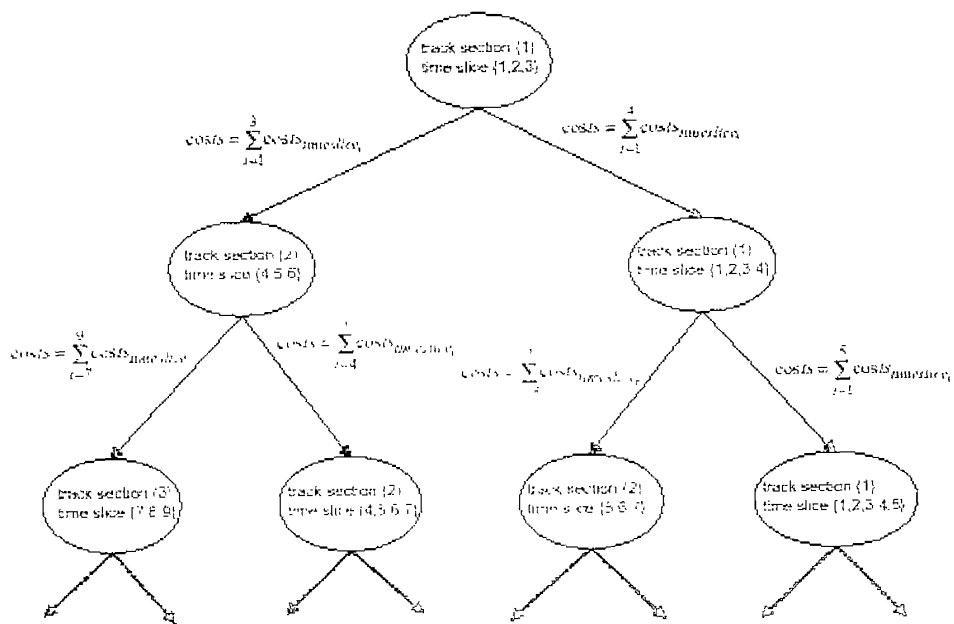


圖 22 行車路線配置圖

## 2. 競標鐵路行車路線

考量安全因素，每一個鐵路行車區段，每次最多只能容納一輛列車以避免碰撞。使用競標機制的用意是提高列車控制代理更有效使用路軌資源之誘因。如果某一系列車代理對於特定之行車路線區段有興趣，則其可能需要出高價才可取得，否則其將要等下一個時間帶，每一個列車代理均會努力縮減其鐵路時間班表及有誤差時間班表之差距。

競標協定是由網路代理所管理，網路代理需要儲存來自所有列車控制代理對於所有行車路線區段及所有時間帶所下的標單，如果同時沒有其他代理提出競標，則所有代理將同意其新方案之調整。當列車控制代理有延誤發生時，會有兩種情形發生，當無其他列車使用其原定路線時，新的標價協定自然產生，若是其他代理涉入則要開始進行競標程序，如果競價至所有代理均同意時，競價程序就結束。

對於列車控制代理而言，其所需之參數只有其為取得所需路線配置而願意付出得投資價格，一開始其需要由網路代理處得到所需路線及時間帶目前最高的競標價格，當網路代理回復之後，列車控制代理則根據其所選最小成本路徑來投標。圖 23 說明不同代理間的資訊交換。

在 Daimler Chrysler 研究計畫已經進行相關的示範計畫，分成三個部分，首先是鐵路營運得模擬，其次是班表及設施資訊共享的數據資料庫，最後則是特定鐵路路網各自獨立以代理為基礎得控制單元。目前整個構想還在研究發展階段，其中尚有許多問題需要未來進一步的研究。



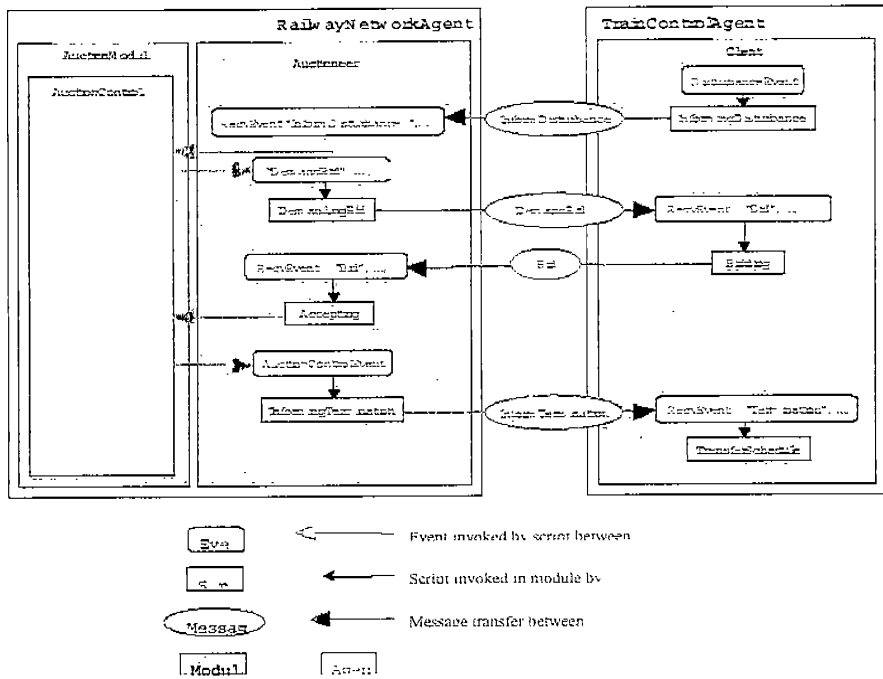


圖 23 各代理間的資訊流動

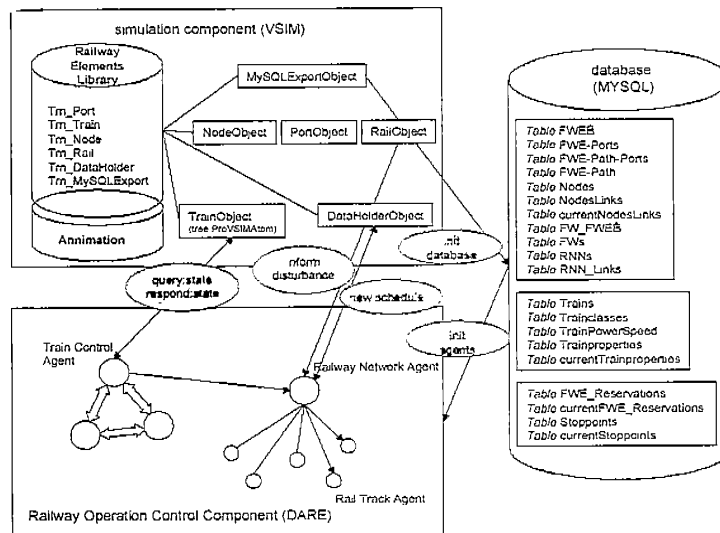


圖 24 系統組成

#### 四、整合性鐵路監控及追蹤系統

義大利鐵路局之建設部門發展及創造整合性鐵路監控及追蹤系統 (Sisct) 及相關的工具來管理及監控鐵路交通。

該系統可以拆解成數個子系統如下：

- 列車行進數據系統 (Train Data Processing System, Sed-t)
- 中央控制支援系統 (Central Controller Support System, Ssdc)
- 區域營運系統 (Reginal Operating System, Soc)
- 全國營運系統 (National Operating System, Sodg)
- 即時交通報告 (Rail Traffic Reporting, Riace)
- 即時數據傳輸 (Real-time Data Distribution, Mercurio)

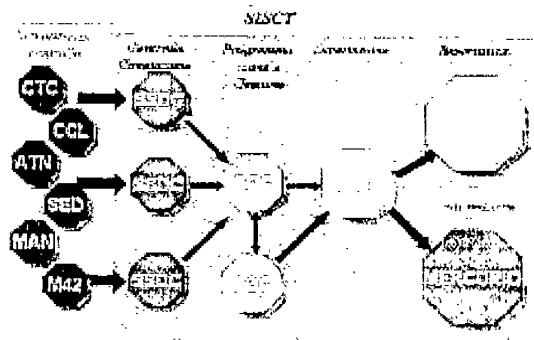


圖 25 Sisct 之組成

每個子系統在整個管理過程中具有特定的機能，茲說明如下：

#### 1. 列車行進數據系統 (Train Data Processing System, Sed-t)

本系統是以義大利鐵路往自 1970 年開始使用的列車編號通知系統 (Train Number Announcement system, Atn) 發展而成，由中央控制單元連接所有鐵路節點之車站所組成，各車站透過中央控制單元則連接至其他系統，例如在羅馬控制區域內，位於羅馬 Termini 火車站內之全國連鎖系統與區域移動數據行進系統、中央控制支援系統以及其他監視與監控系統整合在一起。主要功能是自動提供視覺化之界面來顯示列車經過車站之轉換時間，以及在各站間之資訊管理。

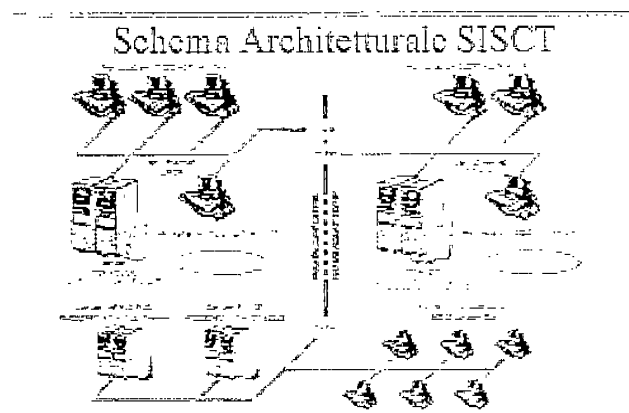


圖 26 Siste 系統架構

## 2. 中央控制支援系統 (Central Controller Support System, Ssdc)

本系統是屬於及時 (real time) 的管理工具，協助中央控制中心管理線性斷面上的鐵路交通。系統本身可以為控制者或行車調派者提供詳盡各列車的相關資訊 (列車定位功能)，繪出未來的路徑及時間 (預測功能)，對於要相互橫越或超越的列車提供行車安全上的建議 (管理選項機能)，俾使鐵路交通所受到的擾動為最小，確保各班次能依據既定的時間表行車。

系統依區段信號自動標定並報告列車的位置，提供行車控制者有關時空圖 (space-time diagram) 的資訊，告知任何時間交通的移動情形，通時還可以顯示下列資訊：

- 任何目前或未來即將調整的交通移動情形。
- 出現障礙的設備。
- 延遲的原因。
- 其他由鐵路運轉所產生的問題。

在網路中每一個系統目前有 152 個運轉點以通訊方式聯結至 Sict 較高階的區域運轉子系統中，以確保在列車運轉決策過程中所有構件正確的資訊流動。

### 3. 區域及全國營運系統

區域營運系統提供即時資訊給鐵路交通整合者，讓其能夠執行正常交通監視與異常交通管理的功能。本系統的基本功能是安排列車行車計畫，根據顧客或列車運轉者的需求或特殊事件之需要，更新列車排程，容許運務單位插入額外的列車班表，或是取消其已固定之班表，不只是客車交通會有擾動情形，貨運列車由於市場需求特性，其行車時點變動情形更是頻繁。

改變列車班表需要視許多因素而定，例如目前運行中之列車、建設管理（維護工作）、市場需求、以及運輸資源的可利用性（人員及車輛），這些資訊由低階的中央控制支援系統處獲得，經由系統自身具有之整合功能來管理，透過介面與其他外部系統來溝通。全國營運系統則可在總部的控制室中，對義大利鐵路局所屬網路與路線，進行全天 24 小時的監控。

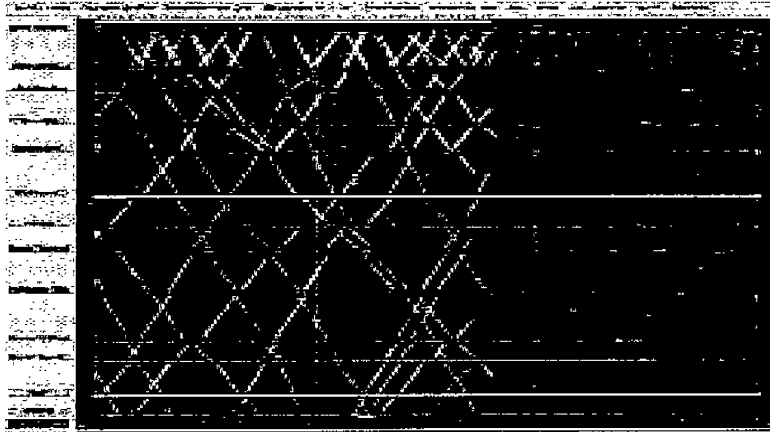


圖 27 中央控制系統的即時列車資訊顯示

#### 4. 即時交通報告

本系統是整合性鐵路監控及追蹤系統的子系統，目的是為統計及保存列車營運過程的相關歷程記錄，本系統同時也是設施管理中品質控制的工具，每個工作日終止時要進行資料的更新，因此可以作為追蹤服務品質，評量營運績效得參考。

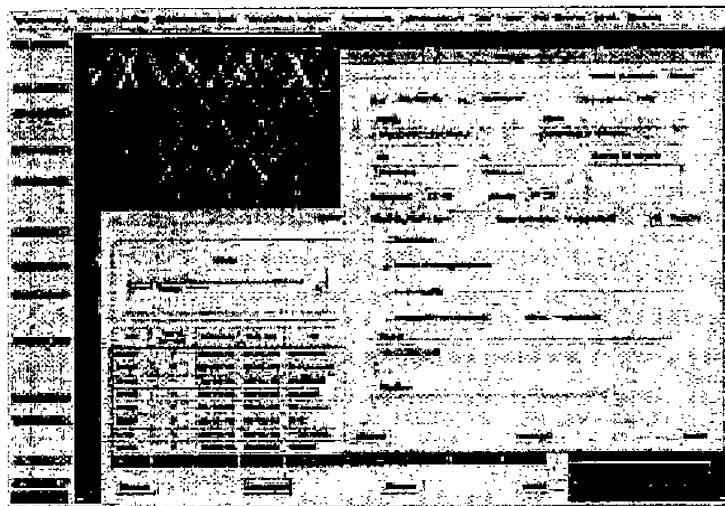


圖 28 鐵路交通報告格式

## 5. 即時數據傳輸

本系統是整合性鐵路監控及追蹤系統的終端部分，管理所有系統的資訊流動，使得其他客戶或是外部的系統可以進出系統，其功能類似於提供終端的顧客服務資訊。本系統是以 Windows NT 為伺服器，在網際網路環境上運作，其輸出成果連接至 Ferrovie dello stato's FI.RE. 之電信網路上，因此即時的列車資訊可以在全國甚至其他歐洲網路中流傳，其數據可以非常彈性的加以組合運用，例如以列車、顧客或地理分界進行分群或分類等，所有顧客所需之設備只是 PC 而已，而且不需要設置其他得應用軟體。





## 陸、結論與建議

### 一、結論

1. 火車屬於較低污染的交通工具，在環保意識抬頭高漲的今日，世界各國莫不積極開拓火車客源，不斷改善各種軟硬體設備，使搭火車成為舒適的享受。
2. 歐洲之高級列車快速舒適，其火車站的設備完善，相關指示標誌非常明確，站內還有旅遊服務中心 (Tourist Information)，火車站幾乎成為地區最熱鬧的市中心所在，旅館環繞其周圍且其附近觀光景點不少，促進旅遊觀光發展，在歐洲以鐵路作為旅遊的交通工具相當普遍，國內鐵路單位亦可效法推廣鐵路旅遊。
3. 歐洲是全世界鐵路網密度最高的地區，其高速鐵路發展快速，更是獨步全球，連義大利高速鐵路 (PENDOLING) 都有值得我們借鏡的地方。由義大利鐵路局之經營情況可以發現，高速鐵路路段之載客比重逐年增加，顯示傳統鐵路得競爭力較低，長途旅次的市場未來將逐漸為高速鐵路所取代。
4. 列車自動控制系統可以減少許多人為不必要的誤差，由於全球衛星定位系統與無線電通信技術的突飛猛進，使得列車管理技術面臨重大的

轉變，現階段利用 DNSS 技術來進行列車排程規劃與日常的調派已不成問題，有關行進間之列車控制系統亦在發展當中，未來充分利用先進技術之鐵路管理方法，將進一步提昇鐵路營運管理的效率。

5. 鐵路貨運因為需要多次運搬，因此在成本、時間、可及性以及貨物保全方面多無法與路運競爭，然而鐵路大運量與長距離低成本的特性，又使得鐵路獲得部分的營運空間，使得歐洲各國亦在致力於該善鐵路貨運得發展。鐵路貨運在與顧客及其他共同運送者間之連結不佳，顧客無法即時獲得運送中貨物的資訊，使其營運行銷居於劣勢，目前由於網際網路技術使得鐵路公司可以與其他合作業者及顧客供同分享資訊，因此發展以網際網路為基礎的貨物行銷管理方式，將成為近期内得重要發展趨勢。
6. 面對其他運具的競爭壓力，全球鐵路業者經營上普遍面臨困境，因此採車路分離方式，以先進得管理技術，提升鐵路之經營效率，為歐洲各國普遍採用的策略。未來鐵路管理將以市場為導向，鐵路設施分成許多區段由不同之業者維護管理，列車之營運又由其他的專業管理公司負責，列車營運者以競標方式向路線業者取得設施使用的時間帶，另有網路代理業者提供競標之機制，讓整體之運作更有效率，相關之概念或可引用至台鐵得經營管理上，有待進一步深入研究的價值。

7. 義大利鐵路局的整合性鐵路監控及追蹤系統已經可以提供即時的列車行進資訊，當班表遭遇到擾動或列車延誤時，可以進行即時之最佳化排程，重新調整班表使得延誤之負面效果降至最低，由於義大利鐵路網成網狀結構，其複雜度遠高於台鐵的線性路網結構，因此台鐵若發展相關之系統其困難度會較低。

## 二、建議

1. 台鐵目前正面臨經營轉型之關鍵，在規劃未來的發展方向時，除需要對於內外環境變遷有深入的體認之外，對於科技進步所產生之機會，尤其應該重視，目前國內對於許多鐵路經營的新觀念與新方法缺乏有系統的探討與介紹，可能因此失去許多改善鐵路效能之機會，故鐵路局及相關軌道運輸的單位，應該聯合起來進行相關資料蒐集整理以及各項必要的研究。
2. 考量台鐵未來之營運情勢，在西部幹線部分勢必規劃短程通勤與接駁轉乘的列車營運形態，俾與高速鐵路進行整合，因此必須擁有因應市場需求而能夠快速調整營運策略之規劃工具，以目前台鐵重新調動列車班表需要數個月的時間觀之，短期內台鐵若未積極引進最佳化技術來處理列車排程問題，未來之營運空間必將受到壓縮，所以營運管理技術得更新，應是台鐵現階段發展之重點。

3. 目前台鐵貨運業務以砂石、水泥原料等物資為主，具有低單價特性，因此獲益率甚低，無法成為營運主流。觀察目前歐洲各國的鐵路貨運發展趨勢，已經朝向善用網際網路科技方面努力，一改以往被動的地位，轉為主動承攬貨物的角色定位，由於台鐵具有許多地理位置優異的場站與倉庫，再加上充沛的人力資源，若是能結合現代科技，往物流倉儲業發展，利用密集的鐵路班次，兼營高附加價值的快遞業務，或是利用環島光纖網路與電子商務結合，未來之發展必定會較目前為佳。
  
4. 車路分離是台鐵民營化的重點之一，當市場開放之後，未來可能會有許多小型的列車營運業者產生，因此如何讓現有設施的使用效率為最佳、如何訂定合理且正面的路軌管理機制、未來如何讓列車經營者能有獲利的空間等，均是現階段應該深入考量的課題，建議相關單位在提出車路分離的構想的同時，應該投入適當研究人力與資源，對車路分離實際執行時所遭遇的重要課題，進行深入之研究，俾增加相關方案的可行性。