

出國報告（出國類別：考察）

無線電通訊應用於鐵道列車行駛之 相關技術、測試程序及標準

服務機關：交通部鐵路改建工程局

姓名職稱：組長 楊振忠

簡派工程司 蘇水波

派赴國家：英國、奧地利

出國期間：民國 104 年 10 月 13 日至 104 年 10 月 22 日

報告日期：民國 104 年 12 月

行政院及所屬各機關公務出國報告提要

頁數:45頁含附件:是否

報告名稱：無線電通訊應用於鐵道列車行駛之相關技術、測試程序及標準

主辦機關：交通部鐵路改建工程局

聯絡人/電話：蘇水波/(02)89691900轉2280

出國人員/服務機關/單位/職稱/電話：

楊振忠/交通部鐵路改建工程局/機電組/組長/(02)89691900轉2251

蘇水波/交通部鐵路改建工程局/機電組/簡派工程司/(02)89691900轉2280

連絡電話：(02)89691900轉2280

出國類別：考察

出國期間：民國104年10月13日至104年10月22日

出國地區：歐洲(英國、奧地利)

報告日期：民國104年12月




分類號目：H1/交通建設

關鍵字：LTE-R、TETRA、GSM-R

內容摘要： 拜網路通訊技術創新之賜，電子通信產品研發及世代更替如此快速，加上環境變遷，無線通訊用於軌道運輸事業上運用需求更加普遍、多元與增加營運效益；藉由本次參訪探究國外先進技術發展，以增進對未來趨勢之掌控。

本次拜訪無線通訊廠商 Motorola，瞭解 TETRA 系統最新發展趨勢、LTE-R 研發情形及應用；考察倫敦地鐵，瞭解 TETRA 系統因應各條路線營運路線啟用時間不同之系統整合過程、現況及維護保養管理機制等等。另拜訪無線通訊廠商 Kapsch，瞭解 GSM-R 系統最新發展趨勢、LTE-R 研發情形及應用；考察 ÖBB，瞭解 GSM-R 系統使用現況、研發應用及維護保養管理機制等等。本次參訪成果對於鐵道防災應用、營運階段生命週期成本及新技術應用有相當助益。

出國報告審核表

出國報告名稱：無線電通訊應用於鐵道列車行駛之相關技術、測試程序及標準			
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位	
楊振忠	組長	交通部鐵路改建工程局	
出國類別	<input checked="" type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)		
出國期間：104年10月13日至104年10月22日		報告繳交日期：104年12月11日	
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」)	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7.送上級機關參考	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	(3) 其他 登錄本局網站"政府資訊公開專區"提供閱覽	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：_____	
出國人簽章(2人以上，得以1人為代表)		計畫主辦機關 審核人	一級單位主管簽章 機關首長或其授權人員簽章
			

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

目錄

目錄.....	IV
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
壹、 目的.....	1
貳、 行程概要.....	1
參、 參訪過程.....	2
一、 無線通訊廠商 Motorola.....	2
(一)TETRA 發展趨勢.....	3
(二)無線電系統整合案例.....	4
(三)TETRA 與 LTE 結合之發展.....	6
二、 倫敦地鐵.....	11
(一)現況介紹.....	11
(二)倫敦地鐵車站特色.....	12
(三)倫敦地鐵車站設施.....	13
(四)倫敦地鐵車站無線電通訊系統.....	18
三、 無線通訊廠商 Kapsch.....	22
(一)現行 GSM-R 技術.....	22
(二)GSM-R 未來發展性.....	30
四、 ÖBB.....	
(一)現況介紹.....	32
(二) ÖBB 組織.....	33
(三) ÖBB 系統架構.....	35
五、 新一代鐵路無線發展技術.....	37
六、 LTE-R 技術.....	39
肆、 心得.....	42
伍、 建議事項.....	44
陸、 參考文獻.....	46
附件一、考察無線通訊廠商 Motorola 簡報資料摘錄.....	47
附件二、考察無線通訊廠商 Motorola 簡報資料摘錄.....	53
附件三、考察無線通訊廠商 Kapsch 簡報資料摘錄.....	57
附件四、考察 ÖBB 簡報資料摘錄.....	62

表目錄

表 2-1 無線電通訊應用於鐵道列車歐洲參訪行程表.....	2
表 3-1 倫敦地鐵各路線基本資料.....	12
表 3-2 奧地利主要車種分類表.....	33

圖目錄

圖 3-1 數據傳輸調變方式與頻寬速率示意圖.....	3
圖 3-2 TETRA 發展趨勢圖[1].....	4
圖 3-3 倫敦地鐵系統整合簡介[1].....	5
圖 3-4 倫敦地鐵無線電整合示意圖[1].....	5
圖 3-5 LTE 與 TETRA 結合示意圖(1/2).....	7
圖 3-6 LTE 與 TETRA 結合示意圖(2/2).....	7
圖 3-7 另建立一通訊平台示意圖(1/3).....	8
圖 3-8 另建立一通訊平台示意圖(2/3).....	8
圖 3-9 另建立一通訊平台示意圖(3/3).....	9
圖 3-10 參訪 Motorola 照片.....	10
圖 3-11 倫敦地鐵路線示意圖.....	11
圖 3-12 國王十字車站視覺環境.....	14
圖 3-13 垃圾箱設計.....	15
圖 3-14 新建車站內 CCTV 設置情形.....	16
圖 3-15 車站內 CCTV 設置情形.....	17
圖 3-16 參訪解說.....	18
圖 3-17 參訪照片.....	19
圖 3-18 參訪照片.....	20
圖 3-19 參訪控制中心照片.....	21
圖 3-20 GSM-R 系統使用年限[2].....	22
圖 3-21 GSM-R 無線通訊架構示意圖.....	23
圖 3-22 GSM-R 無線通訊架構示意圖.....	23
圖 3-23 歐洲 GSM 頻率分布[3].....	24
圖 3-24 GSM-R 網路架構示意圖.....	25
圖 3-25 GSM-R 網路架構示意圖.....	26
圖 3-26 先進通話功能架構示意圖[2].....	27
圖 3-27 語音群組呼叫示意圖.....	28
圖 3-28 位置定址示意圖.....	29
圖 3-29 參訪照片.....	31
圖 3-30 車站運轉情形.....	32
圖 3-31 參訪大樓.....	34
圖 3-32 ÖBB 部門架構.....	34
圖 3-33 控制中心示意圖.....	35
圖 3-34 參訪照片.....	36
圖 3-35 新一代鐵路用無線發展時程規劃[2].....	38
圖 3-36 LTE 性能指標[4].....	40

圖 3-37 LTE-R 架構示意圖[6].....	41
圖 3-38 GSM-R 與 LTE-R 技術參數比較[7].....	41

壹、 目的

拜網路通訊技術創新之賜，如日常所用之手機從 2G 升級到 3G，並由 3G 進步到 4G 系統，每一期演進約僅 10 年，可見通訊系統進步之迅速。而目前 4G 系統將研發提升至 5G，亦以 10 年為考慮目標。電子通信產品研發及世代更替如此快速，加上環境快速變遷，隨著無線通訊的普及與發展，無線通訊用於軌道運輸事業上運用需求更加普遍、多元與增加營運效益；為提升鐵道運轉效能及強化行車安全，參考先進國家無線通訊應用於鐵道列車行駛系統之科技，作為日後規劃設計參考。因歐洲等先進國家無線通訊系統運用於鐵道列車運轉十分先進純熟，考量無線通訊迅速發展，希望藉由觀摩、探究國外先進技術以增進對未來趨勢之掌控，為此特赴歐洲考察實際案例。

貳、 行程概要

本次鐵路無線電應用歐洲參訪行程，係經由台灣世曦工程股份有限公司協助聯繫相關單位，參訪人員包含鐵工局楊振忠組長、蘇水波簡派工程師與台灣世曦陳彥均副理參加。參訪日期由 104 年 10 月 13 日至 10 月 22 日，參訪地點包含英國與奧地利兩國，參訪對象主要為歐洲國際知名無線通訊廠商 Motorola、Kapsch、倫敦地鐵與 ÖBB 國鐵等單位，並就相關技術交流考察，整體參訪行程內容如表 2-1 所示。

表 2-1 無線電通訊應用於鐵道列車歐洲參訪行程表

日期	星期	參訪考察事項
10 月 13 日	星期二	起程(臺北-倫敦)
10 月 14 日	星期三	參訪 Motorola
10 月 15 日	星期四	參訪 Motorola
10 月 16 日	星期五	考察倫敦地鐵無線電系統
10 月 17 日	星期六	資料整理
10 月 18 日	星期日	倫敦搭機前往維也納
10 月 19 日	星期一	參訪 Kapsch
10 月 20 日	星期二	參訪 Kapsch 考察 ÖBB(Austrian Railway) (公假自費)
10 月 21 日	星期三	回程(維也納-台北) (公假自費)
10 月 22 日	星期四	回程(維也納-台北) (公假自費)

參、參訪過程

目前歐洲鐵路無線電通訊系統應用於鐵道列車，主要以 TETRA (Terrestrial Trunked Radio)及 GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway)兩大系統為主，而目前台鐵無線電運用於行車調度無線電話使用 TETRA 系統。本次參訪對象包含 TETRA、GSM-R 國際知名無線通訊廠商 Motorola、Kapsch 及營運單位倫敦地鐵與 ÖBB 國鐵等單位。

一、無線通訊廠商 Motorola

Motorola 為 TETRA 系統知名廠商，2000 年至今已供應超過 830 套 TETRA 系統使用，其中鐵道系統超過 100 套系統合約，於國內如臺鐵及高

鐵行車調度無線電話系統，亦採用 Motorola 之 TETRA 系統，參訪概要資料請參閱附件 1。

TETRA 系統以語音及資料傳輸為主，現況使用而言，尚可滿足現階段營運需求，但對越來越嚴苛營運環境而言，多元化功能實屬未來發展趨勢。

(一)TETRA 發展趨勢

TETRA 為 1995 年由歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）公佈第一個標準版本，於 1997 年建立第一個實際應用系統，1999 年 TETRA Association 轄下之技術委員會（Technical Committee-TC）開始研擬新一代加強版 TETRA 標準以改善延伸距離和採用較新語音編碼技術(Voice Code)並提供高速資料傳輸服務(TETRA Enhance Data Service, TEDS)，並於 2005 年由 ETSI 發佈為 TETRA Release 2 標準，其標準之數據傳輸可向下相容於 TETRA 1，可依電波涵蓋範圍、傳輸容量，選用頻道頻寬含 25、50、100 或 150 kHz 等，而每一頻道之數據傳輸速率將有助調變，最高速率可達 11 Kbits/sec~538Kbits/sec，其頻寬及調變方式之數據傳輸速率如圖 3-1 所示。另 TETRA 發展趨勢，如圖 3-2 所示。

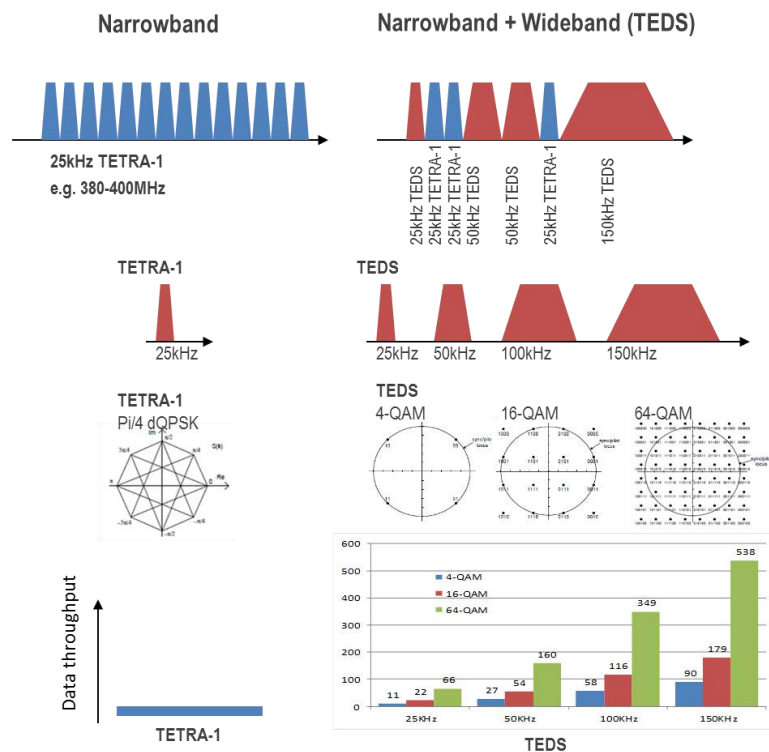


圖 3-1 數據傳輸調變方式與頻寬速率示意圖

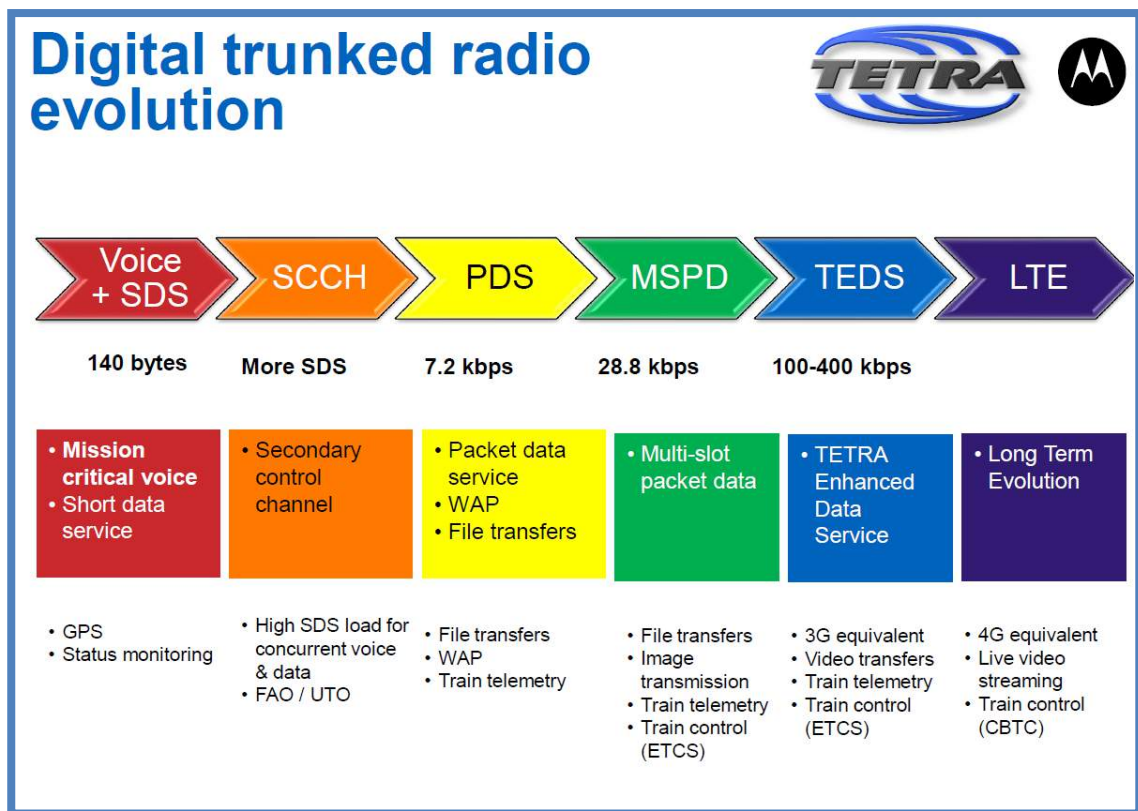


圖 3-2 TETRA 發展趨勢圖[1]

(二)無線電系統整合案例

倫敦的地鐵營運已超過 150 年，是世界上歷史最久也是最繁忙的地鐵系統之一，由於各條營運路線啟用時間不同，無線電系統採用廠牌型號即未必相同，雖同由倫敦地鐵公司經營，但當時無線通訊系統並未整合，不利營運及安全管理，遂推動各條線系統整合，採用民間融資提案制度 PFI(Private Finance Initiative)，時間為期 20 年，使用 TETRA 系統，由中央統一管理，主要作業項目包含：整合 11 營運路線無線電系統，含蓋 5 zones，1400 車上臺、290 個基地臺、200 以上操作臺、纜線長度達 740 km 及後續維護保養工作等，參訪概要資料請參閱附件 2。而警消無線電系統，對於鐵路系統救災相當重要，特別是地下車站及長隧道尤為重要，但目前該系統乃獨立設置未與營運單位整合，請參考圖 3-3、3-4 所示[1]。

What is Connect?

A PFI* project to manage and replace all radio and transmission services on the London Underground for a 20 year period

* Private Finance Initiative

System facts

- 5 zones
- 11 Lines
- 290 base sites
- 200+ consoles
- 10000+ Portable Users
- 1400 train mobiles
- 740 km radiating cable

圖 3-3 倫敦地鐵系統整合簡介[1]

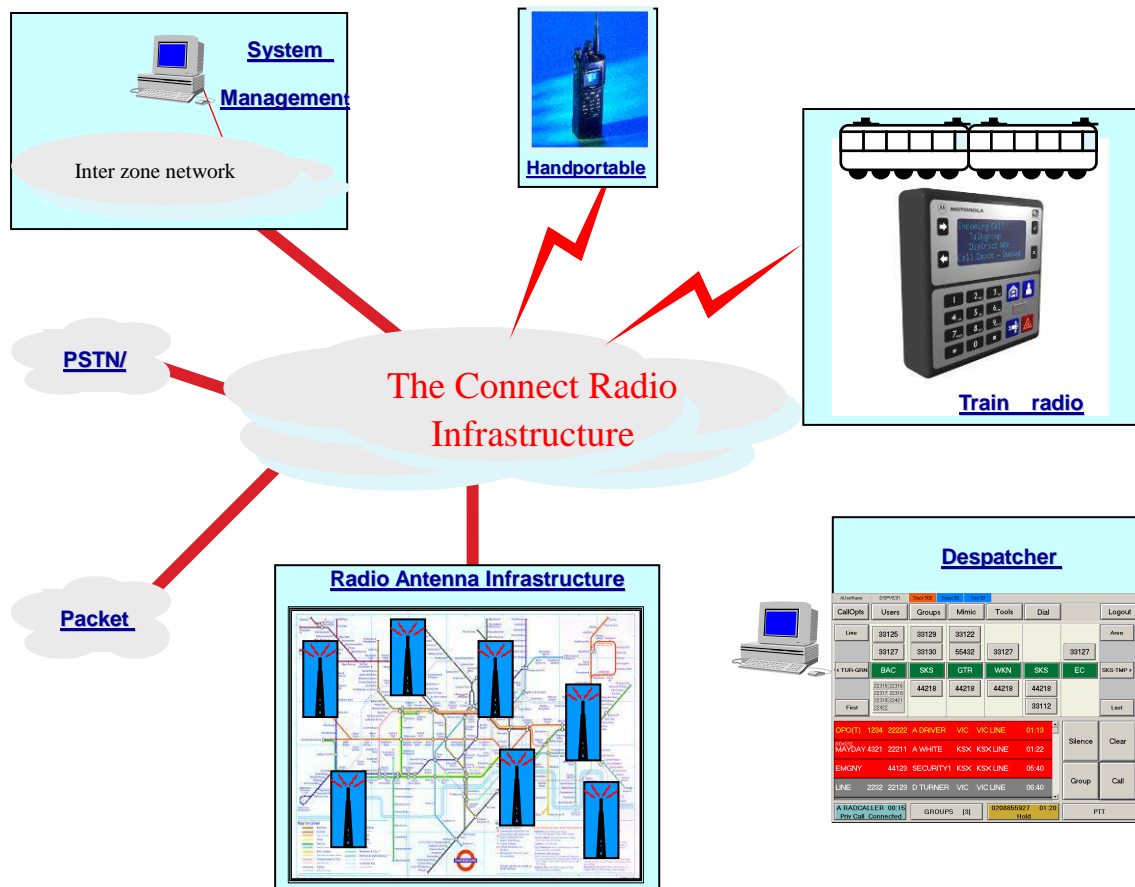


圖 3-4 倫敦地鐵無線電整合示意圖[1]

(三)TETRA 與 LTE 結合之發展

傳統以 TDMA(Time Division Multiple Access)分時多工存取機制為主的 TETRA 系統，網路頻段為使用在 380~400MHz、410~430MHz、450~470MHz 與 800MHz 等頻段，頻寬僅為 25KHz。然隨著資訊技術發展與讓指揮者可以更能掌握現場狀況，未來無論警消等公共安全領域的指揮調度已無法滿足於簡單的語音通信。若能利用專用寬頻網路傳輸監看現場資訊，以便及時瞭解現場狀況(如巡邏盤查、抓捕行動等)，將使指揮者做出最合理、最有效的指揮調度。因此對於速度要快、品質要好(better)，可靠度高(reliable)、安全性高(secure)之需求更加殷切。故大頻寬、高速率之 LTE 如 PS-LTE (Public Safety- Long Term Evolution)發展運用於公共保護和救災中應屬即將採用是趨勢。

一般民眾使用之公共網路，通常已能滿足一般商業需求；而公共安全或鐵路等特殊環境使用之無線通訊系統，平時除提供即時資訊外，另須特別處理相關資訊安全問題外，如當發生嚴重自然災害、突發重大事件發生時，所有資訊大量傳送，往往造成網路阻塞，甚至癱瘓；唯有使用專用之通訊網路，方可保證在關鍵時刻能供指揮官提供隨時暢通、可靠、安全無虞的通訊網路通道。

然在寬頻專用無線網路建置中，現階段鐵路系統需特別考量原 TETRA 系統與新設系統之相連，使其系統互聯，即 LTE(Long Term Evolution)系統和 TETRA 系統互相開放介面給對方，當呼叫時，LTE 側的呼叫指令通過系統間的介面發送到 TETRA 系統，使在同群組裡但是屬於不同體制的終端可以進入同群組通話；或終端互聯，即採用一個控制單元，同時連接 LTE 系統終端和 TETRA 系統終端，當 LTE 系統呼叫時，通過閘道進行呼叫轉接。雖 LTE-R 規範尚未公告，然無論何種方式，如何妥適規劃音與資料傳送，應有其必要性。

目前最新發展模式與設備需如何配合並存，如終端設備開發、多模式基地台與網路核心處理等，如圖 3-5 與 3-6 所示[1]。另除專用網路外，若有必要讓其他管理者可以參與這網路平台中，可以將公共網路納入整合，

如圖 3-7~3-9 所示[1]，參訪 Motorola 照片詳如圖 3-10。

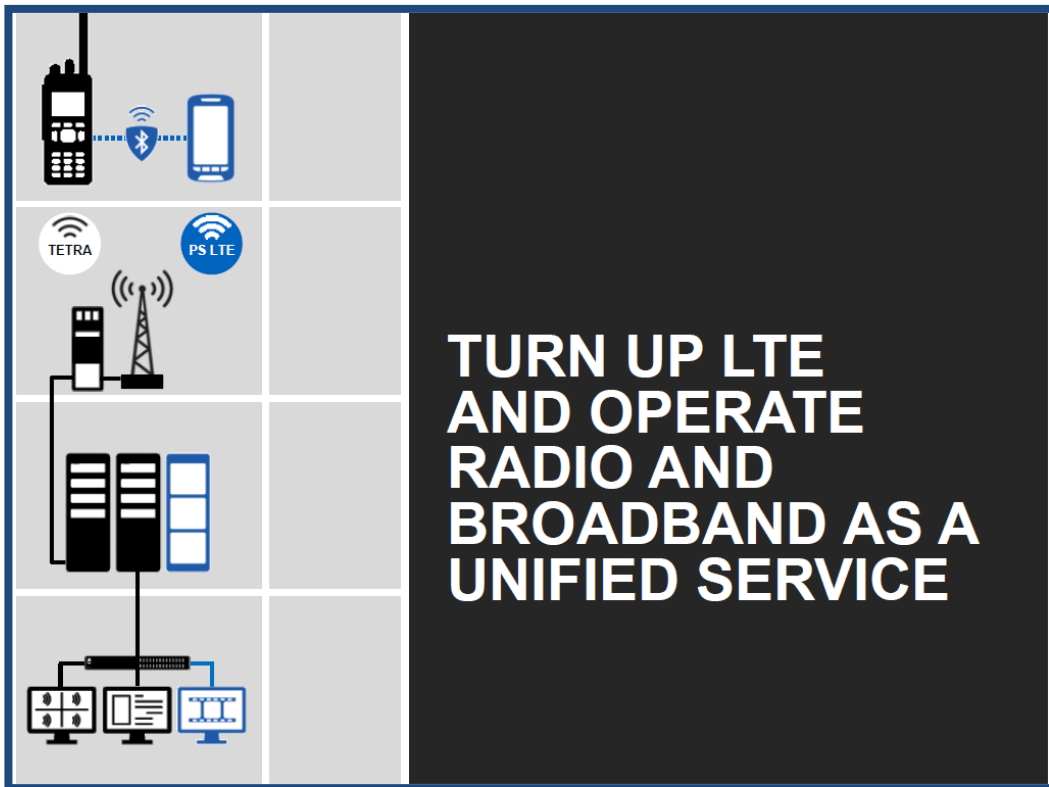


圖 3-5 LTE 與 TETRA 結合示意圖(1/2)

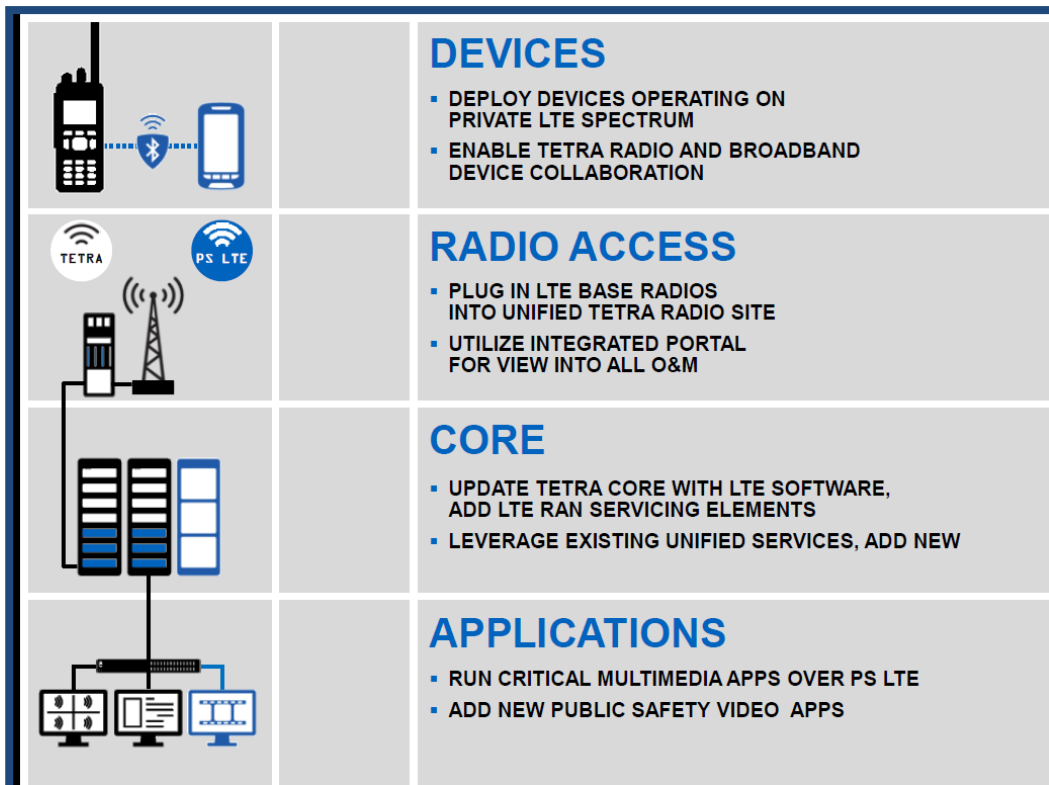


圖 3-6 LTE 與 TETRA 結合示意圖(2/2)

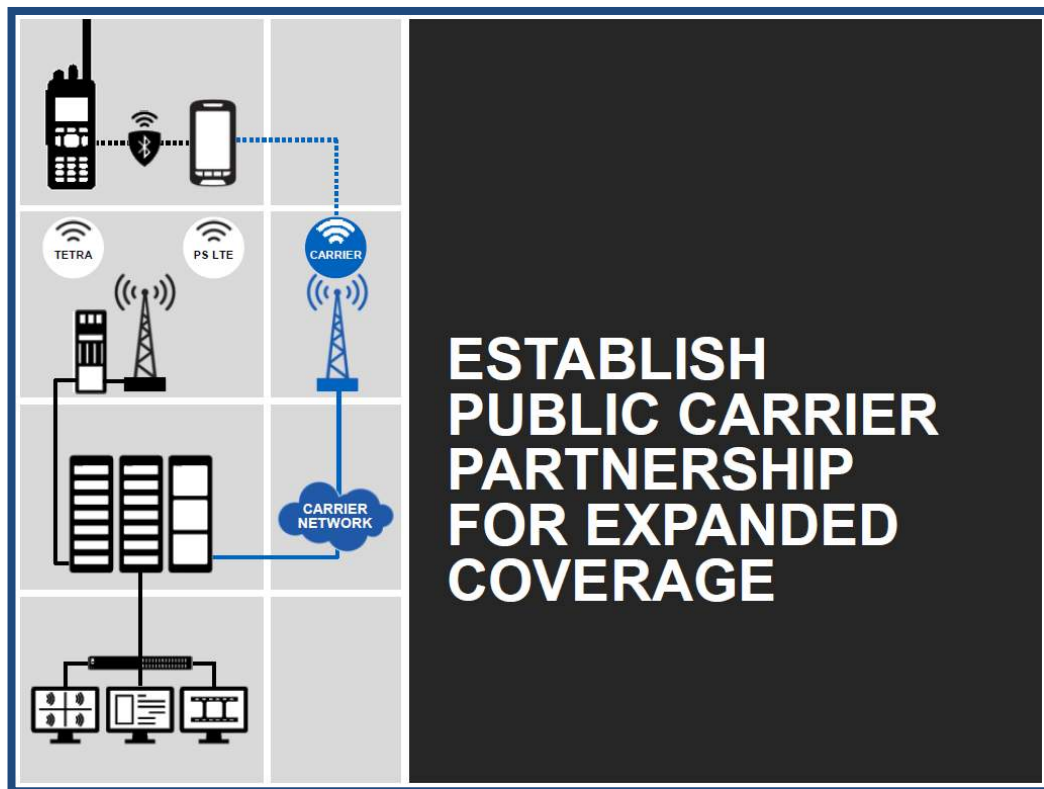


圖 3-7 另建立一通訊平台示意圖(1/3)

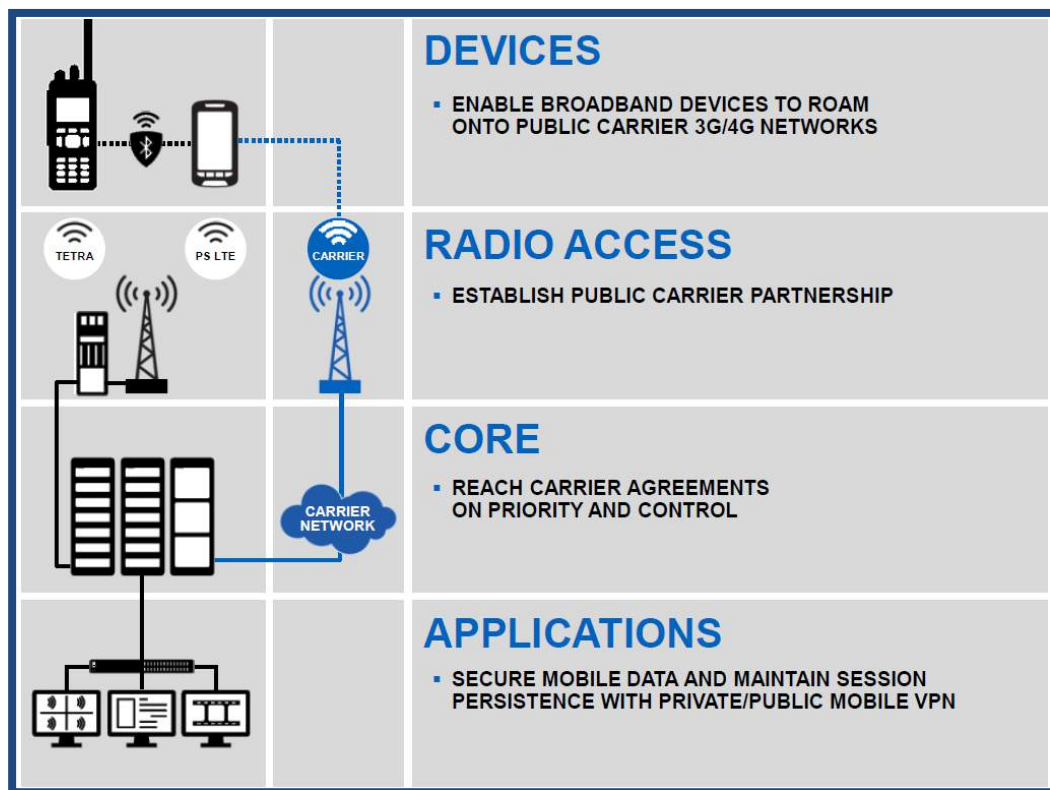


圖 3-8 另建立一通訊平台示意圖(2/3)

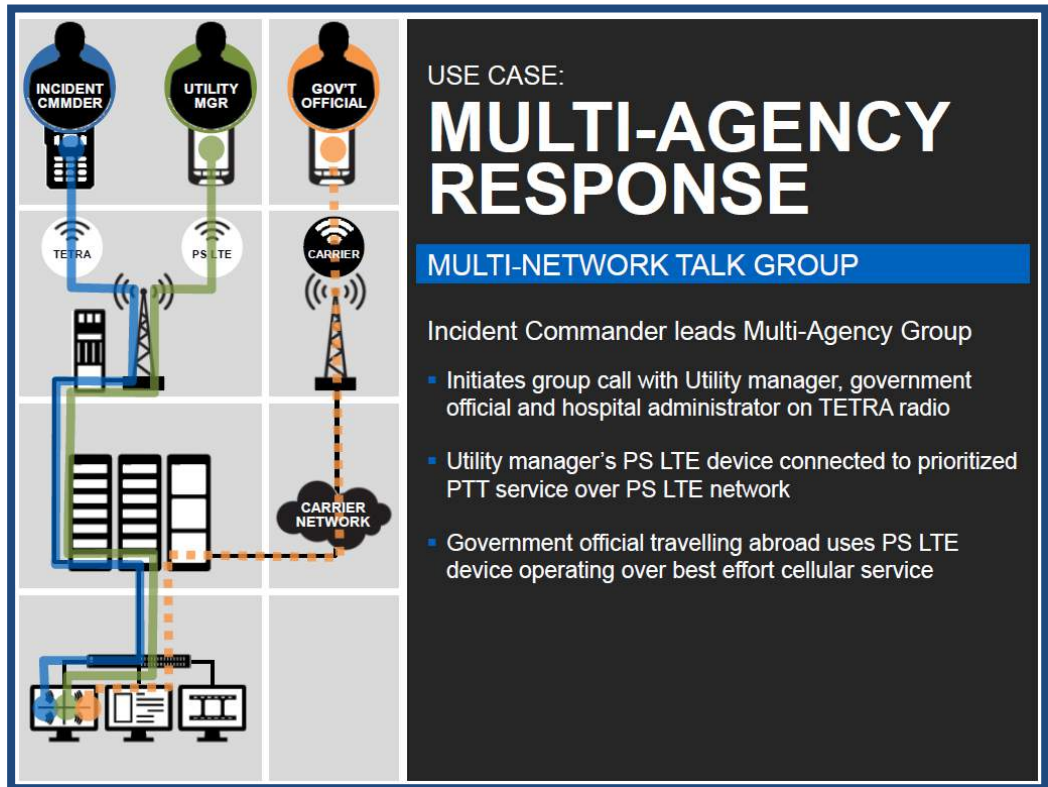


圖 3-9 另建立一通訊平台示意圖(3/3)



Motorola 總部



Motorola 總部



技術研討



技術研討



實驗室參訪



實驗室參訪

圖 3-10 參訪 Motorola 照片

表 3-1 倫敦地鐵各路線基本資料

路線名稱	路線色	車站數	開通年份
Central Line 中央線	紅	49	1900
Bakerloo Line 貝克盧線	棕	25	1906
Circle Line 環狀線	黃	35	1884
District Line 區域線	綠	60	1868
Hammersmith & City Line 漢默史密斯及城市線	粉紅	29	1863
Jubilee Line 朱比利線	灰	27	1979
Metropolitan Line 大都會線	紫	34	1863
Northern Line 北方線	黑	50	1890
Piccadilly Line 皮卡第里線	深藍	53	1906
Victoria Line 維多利亞線	藍	16	1969
Waterloo & City Line 滑鐵盧及城市線	淺藍	2	1898

(二)倫敦地鐵車站特色

倫敦地鐵又稱為 Tube，其意為列車行駛於地下隧道時如身處於管子內通行。倫敦人而言，地鐵似乎已經成為生活上的一部份，並且於街道上處處可見利用地鐵發揮創意，如將地鐵圖印在杯子上、印在鑰匙鏈上，印在 T 恤上，印在雨傘上，印在書包上等。惟倫敦地下鐵罷工屬正常狀況，需至倫敦交通局的 Service Update 網站查看班次是否正常服務方可對行程安排較有保障。

雖倫敦是世界重要旅遊觀光地區，無線網路(Wi-Fi)於地鐵路線上，目前僅地鐵月台層有提供服務，隧道內並無提供；月台與隧道內均無法收到

行動通訊訊號，即表示月台或隧道內一般手機均無法通話使用，經詢問倫敦地鐵工作人員，其表示目前通訊業者甚多，如果要整合所有訊號所需費成本過多，且困難度相當高，因此目前並無整合的規劃。另因為氣候關係，倫敦的地下鐵車箱內沒有冷氣，且地鐵內是容許進食的，列車內之環境舒適度稍低，而車箱內與台北、高雄捷運相較，其清潔程度略有差異。

(三)倫敦地鐵車站設施

倫敦地鐵發生最大的火災是 1987 年 11 月 18 日，地點在倫敦最大地鐵站國王十字車站的大火，國王十字車站火災發生後近 20 年間，倫敦地鐵沒有發生重大安全事故。然而，2005 年 7 月 7 日，恐怖分子用炸彈襲擊了倫敦地鐵，導致 50 多人死亡和數百人受傷。這是倫敦地鐵歷史上傷亡最慘重的事件，故倫敦地鐵安全再次受到英國政府和公眾的關心，在預防恐怖襲擊和災難救援兩方面，更為加強。

本次參訪國王十字車站，其設施新穎，可以感受到車站的視覺環境感覺很舒適；多採用間接照明與直接照明混搭之設計，如圖 3-12 所示，將建築物相關結構洗鍊出來，配合自然採光，使環境不至於太過於明亮，而又有設計美感。



照明與建築整體配置



直接照明



自然採光 1



自然採光 2



自然採光與間接照明 1



自然採光與間接照明 2

圖 3-12 國王十字車站視覺環境

另其公共區域所使用垃圾桶均採用透明垃圾袋的垃圾箱，據瞭解其係為防止恐怖分子放置爆炸物或危險物品，有利危機時刻迅速清除及人員安全疏散，如圖 3-13 所示。



透明垃圾袋 1



透明垃圾袋 2

圖 3-13 垃圾箱設計

倫敦地鐵裏，尤其新設車站閉路電視監控設備可謂無處不在，其設置密度相當高，能見度亦甚為明顯，主要設置於主要出入口、車站內之各角落、月台等處，如照片 3-14、3-15 所示。經初步研判，強化防災兩方面，倫敦地鐵新設車站之閉路電視系統應具有智慧型模式之功能，例如一個人在同一個地方站立的時間過久，或者某個包裹被長時間留在地鐵車佔內無人認領時可以特別警示通知管理人員。



出入口 1



出入口 2



車站內 1



車站內 2



車站角落 1



車站角落 2

圖 3-14 新建車站內 CCTV 設置情形



至月台層 1



至月台層 2



售票區 1



售票區 2



月台層 1



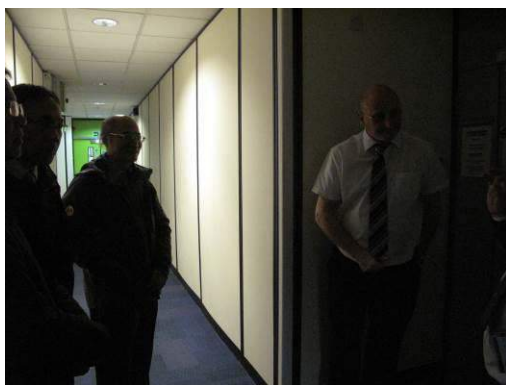
進站區

圖 3-15 車站內 CCTV 設置情形

(四)倫敦地鐵車站無線電通訊系統

本項參訪感謝倫敦地鐵公司安排、協助與解說，讓本次參訪順利成行，更加了解目前倫敦地鐵相關系統架構，請參閱圖 3-16。

目前倫敦地鐵行車調度無線電採用 TETRA 系統，依管轄區域共劃分為 5 處 MSO (Main System Operate)。行程首先參訪大都會線(Metropolitan Line)，本路線原新建甚早，故其控制中心，仍採用傳統馬賽克盤方式顯示，其語音與號誌分別由各自控制桌來控制。語音控制台除語音呼叫外尚須負責監看月台監視器，以利緊急狀況處理。其呼叫方式可以群呼與個別呼叫駕駛員方式聯繫。再經了解警察與消防無線電系統於倫敦地鐵仍屬獨立之控制體系，並無與行車調度無線電合併，請參閱圖 3-17。



倫敦地鐵人員現場解說



倫敦地鐵人員現場解說

圖 3-16 參訪解說



行車調度與監視控制台



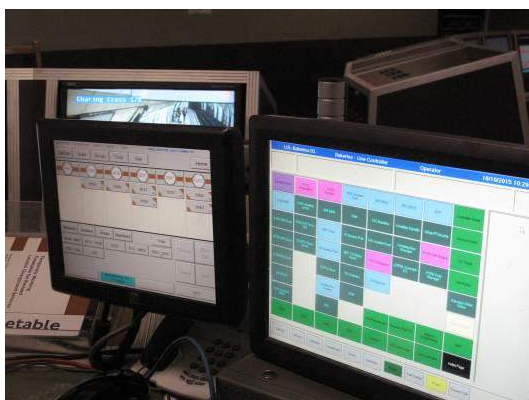
號誌控制台



馬賽克顯示板 1



馬賽克顯示板 2



行車調度與監視控制台控制電腦 1



行車調度與監視控制台控制電腦 2

圖 3-17 參訪照片

另一處則為較新之控制室為環狀線(Circle Line) 控制中心，其控制方式相同，惟其控制範圍更廣。因倫敦地鐵有許多車站經過很多線之列車，如路線交會站或路線併行站(台灣目前僅有交會站並無併行車站)，當經過這些車站時其控制權將由指定之控制中心；該控制權限由相關單位先行規劃後，個別依權責執行，請參閱圖 3-18。



行車調度與監視控制台 1



行車調度與監視控制台 2

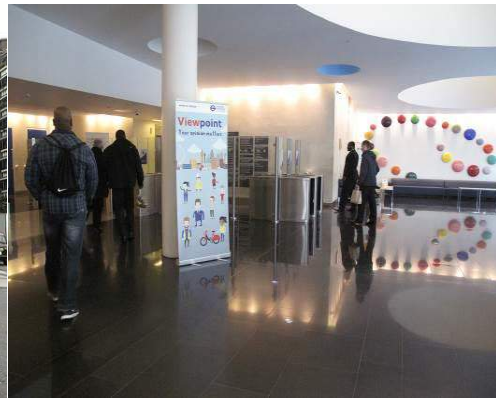
圖 3-18 參訪照片

最後再至倫敦交通局所建置之主要控制中心參觀，其建置於另一大樓內，管制相當嚴格，事先須提供護照等資料登記後方可進入。該控制中心管理人員並非倫敦運輸局人員，而由 THALES 公司人員代管，這樣營運管理方式在歐洲似乎趨勢，由原建置或專業團隊管理，可以節省人事費用，更可以由原設計或建置團隊操作更有效率，請參閱圖 3-19。

倫敦其他 5 處 MSO 之相關訊號均引接至本控制中心，人員可以統一監控處理。該控制中心尚須處理各地監視系統之相關訊息與所有地鐵網中發生的重大事件，包括出軌、軌道斷裂、有人臥軌、地鐵列車故障、軌道進水等等問題。在參訪過程中，剛好遇到月台有物品掉落之情況，其立即由主要控制人員接管，下達指揮處理。



主控制中心大樓



主控制中心一樓管制口



控制中心內部一隅



控制中心控制台

圖 3-19 參訪控制中心照片

三、無線通訊廠商 Kapsch

Kapsch 為無線通訊 GSM-R 系統知名廠商，GSM-R 系統以語音及資料傳輸為主，目前供應 23 國家使用 GSM-R 系統，通訊網路達 78,000 公里，其中 ETCS level 2 共 16 專案，高速線 8 個專案，參訪概要資料請參閱附件 3，而 GSM-R 系統屬 2G 系統，一直有停產於疑慮，擔心影響後續維修工作，但由於 UIC 對於 LTE-R 規範至今尚未公告，進度已有延後趨勢，Kapsch 提供之資料顯示，今(2015)年 9 月 UIC 將該系統供應時間延後至 2030 年，請參閱圖 3-20[2]。

The image is a presentation slide titled "GSM-R Technology lifecycle by Industry Group" with the Kapsch logo in the top right corner. A central black box contains the text "GSM-R Industry Group supports GSM-R at least until 2030." Below this, two yellow circular icons with information symbols precede the text: "On 9 Sept. 2015 this statement was formally issued to UIC, DG Move, ERA and UNISIG." and "Support at least till 2030 includes". A bulleted list follows: "Maintenance of GSM-R systems hardware/software", "Lifecycle management", "Support of CCS TSI / EIRENE requirements", "Migration towards IP", and "Mitigation of interferences". On the right side, there is a logo for "gsm-r INDUSTRY GROUP" featuring a blue hexagonal shape and a vertical bar.

圖 3-20 GSM-R 系統使用年限[2]

(一)現行 GSM-R 技術

ETCS Level 2 必須與號誌聯鎖系統介接，以無線閉塞中心(RBC)透過號誌聯鎖系統收集號誌機、軌道電路、計軸器、轉轍器及列車進路等資訊，計算取得線路特性（如坡度、線路固定限速）、運轉條件（列車班距）和其他系統的情況（如軌道佔用資訊、聯鎖進路狀態等）後向列車傳送速度－距離監控所需要的移動授權(MA)，從而替號誌系統中的道旁信號。再透過 GSM-R 系統連續傳送有關限速、線路坡度、線路適應性和軌道條件等資訊至列車。有關 GSM-R 無線通訊架構圖，與列車上訊號傳遞之架構如

圖 3-21 所示，ETCS L2 與 BTS 裝設位置如圖 3-22 所示。

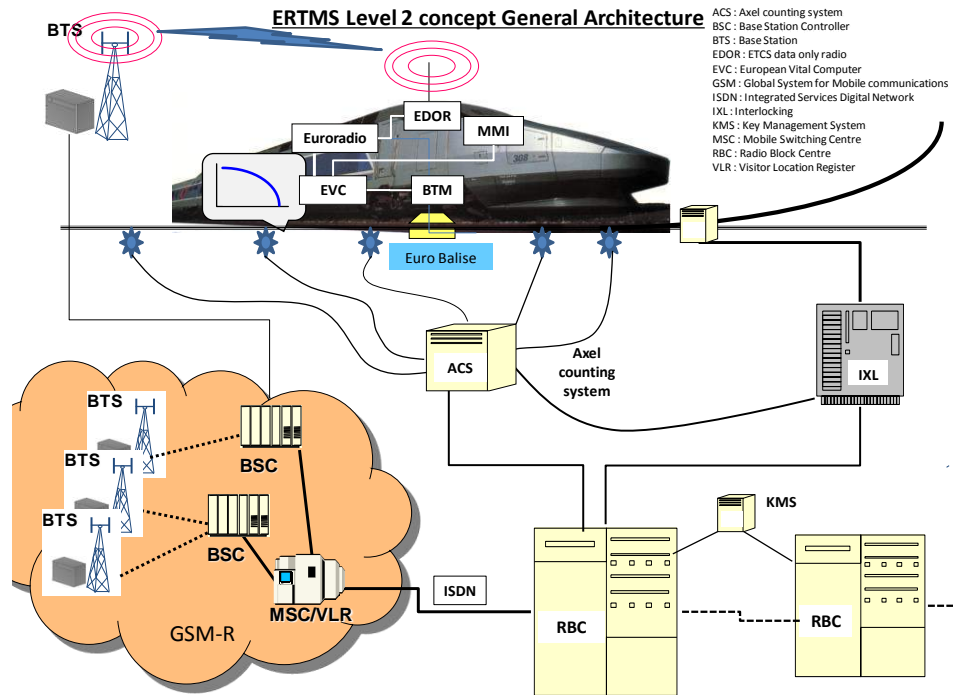


圖 3-21 GSM-R 無線通訊架構示意圖

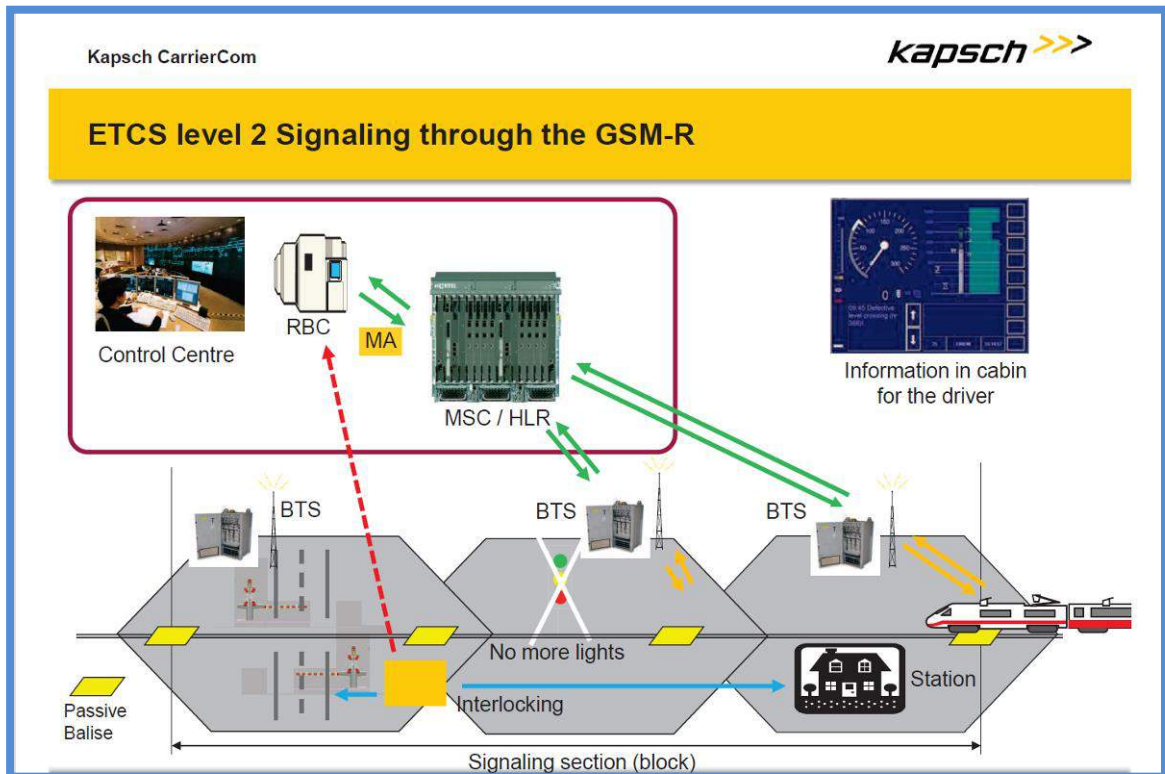


圖 3-22 GSM-R 無線通訊架構示意圖

GSM-R 全稱為 Global System of Mobile Communication for Railways，即全球鐵路移動通訊系統，係由成熟的公共無線通訊網路 GSM 技術發展而來，增加了調度通信功能以及適合高速環境下工作條件，為鐵路(Railway)專用的通信網路。GSM-R 可以覆蓋地面設備和車載設備，為它們提供連續的、雙向的資訊（包括資料和語音）傳輸通道。其可作業於上行頻段 876 MHz 至 915 MHz，及下行頻段 921 MHz 至 960 MHz。歐洲 GSM-R 無線電通訊之標準頻率於 2002 年 7 月 5 日由歐洲共同體(EC)決定為上行鏈路為 876-880 MHz；下行鏈路為 921-925 MHz 頻段，為由 19 對(上行-下行) 4MHz 頻寬通道間隔 200KHz 頻率所組成，此為歐洲預留的 GSM 延伸頻帶，如圖 3-23 所示[3]。中國大陸使用工作頻率為 900MHz，移動終端發送的頻段為 885-889MHz，而基地台發送的頻段 930-934MHz。澳洲則採用 1800MHz，頻寬則為 15MHz，上行鏈路為 1710-1785 MHz；下行鏈路為 1805-1880 MHz 頻段[3]

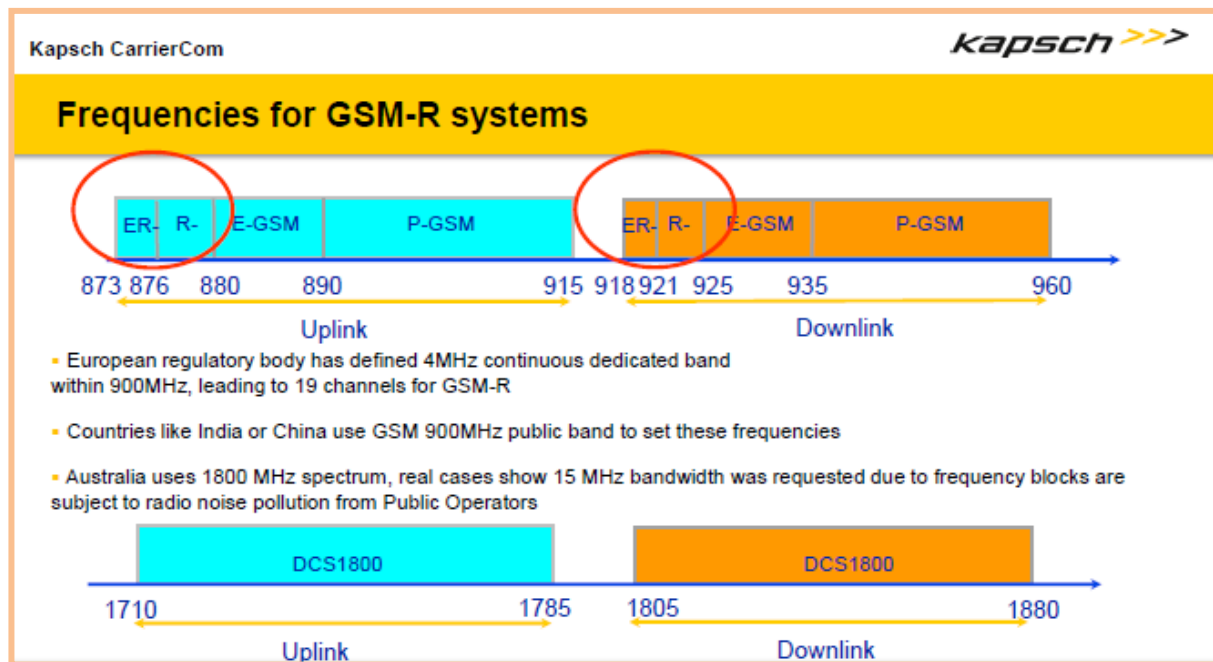


圖 3-23 歐洲 GSM 頻率分布[3]

GSM-R 地面移動系統是由若干功能實體組成，與基地台保持 5-10km 的範圍內時，依然可滿足最高時速 500km 的通信及列車控制需求。這些功能實體的功能集合就是能夠為用戶提供所有的基本功能及補充功能，並對

用戶的資料進行移動性的操作、管理。

其由核心網絡(Network and Switching Subsystem, NSS)、基地台子系統(Base Station Subsystem, BSS)、操作與維護子系統(Operation and Management Subsystem, OSS)三部分組成。即任何地面的移動系統經與固定網路相連接，完成移動用戶和移動用戶之間及移動用戶與固定用戶之間的通訊。其架構原則示意如圖 3-24[2]與 3-25 所示。

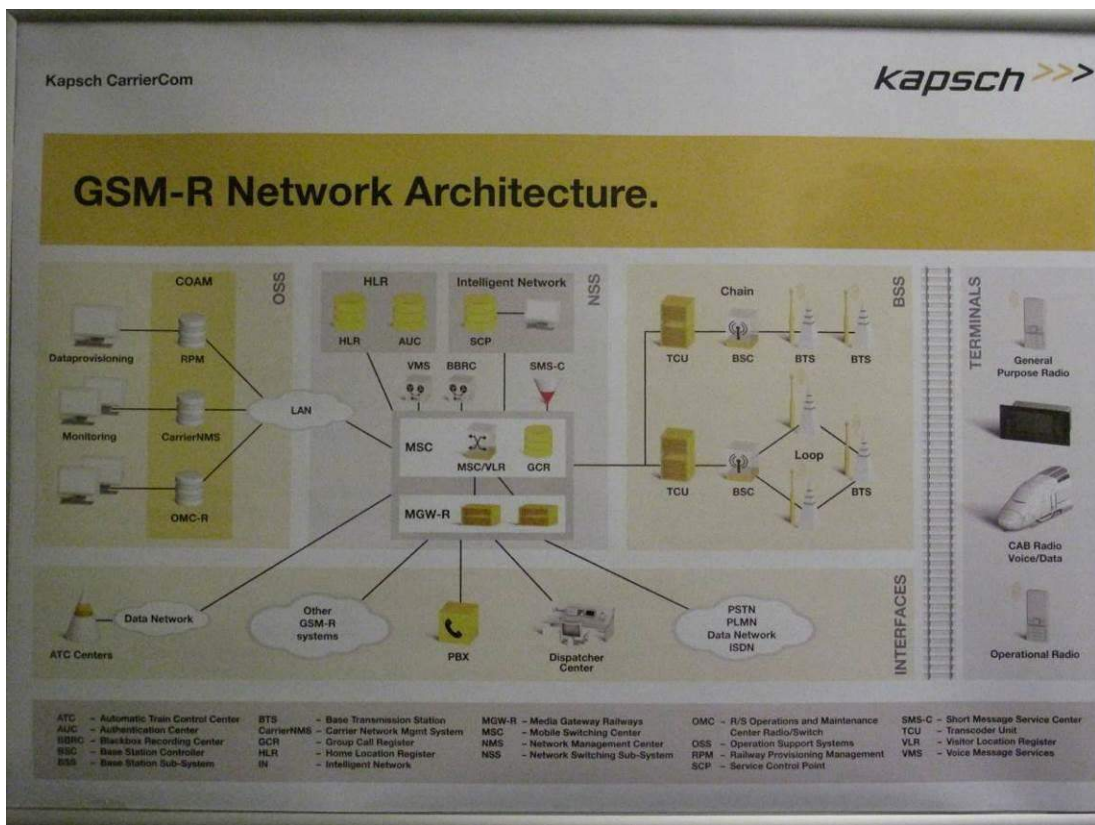


圖 3-24 GSM-R 網路架構示意圖

GSM-R Architecture principle

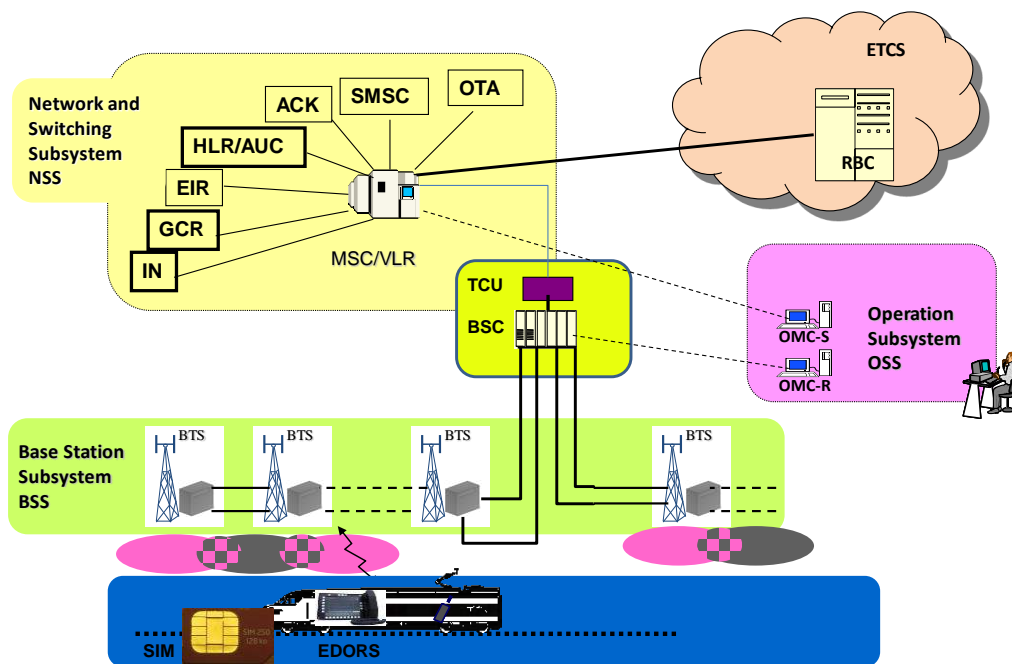


圖 3-25 GSM-R 網路架構示意圖

另 GSM-R 發展之初國際鐵路聯盟(UIC)推動歐洲整合性無線電強化網路(European Integrated Radio Enhanced Network, EIRENE)，邀集專家，共同定義新科技使用的功能與技術規格，將行動通訊現在及未來的需求納入考量。EIRENE 評估 GSM 在鐵路系統的使用及歐洲電信標準化協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)所提出標準的完整性後決定採用 GSM 系統，主要原因是該技術於市場上技術成熟且系統穩定。但由於 GSM 最初並非為鐵路運輸系統所設計的技术或規格，還是得將某些新增的功能加以定義及標準化，包括先進通話功能(Advanced Speech Call Items, ASCI)與鐵路所需的特定功能等，如圖 3-26 所示[2]。先進通話功能之相關說明，如下所述。

EIRENE GSM-R Services

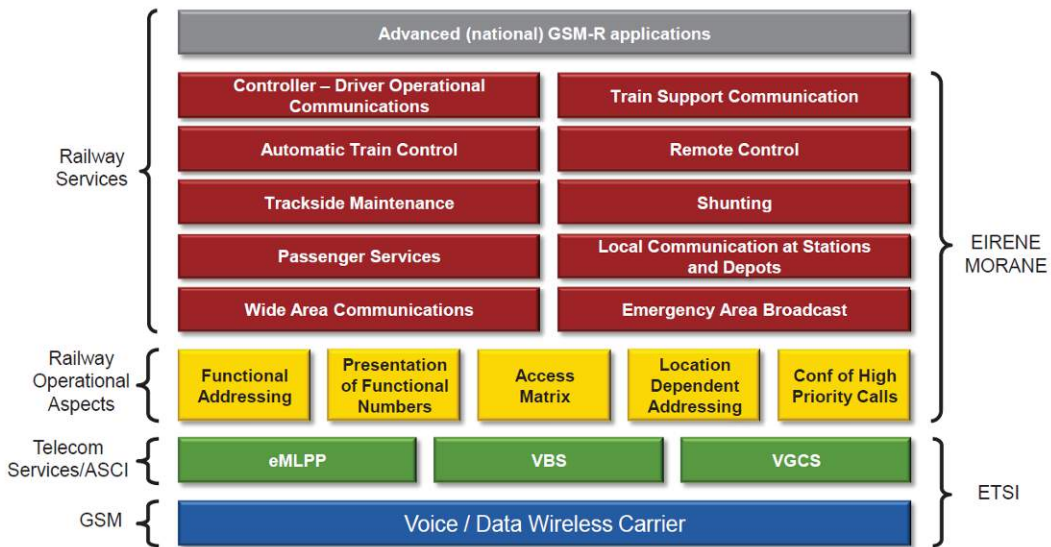


圖 3-26 先進通話功能架構示意圖[2]

該先進通話功能，可提供各種高級語音呼叫服務。如語音群組呼叫服務(Voice Group Call Service, VGCS)及語音廣播服務(Voice Broadcast Service, VBS)與增強多優先順序與強拆(Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption, eMLPP)，支援控制中心與駕駛員間及駕駛員與駕駛員間的通訊。

語音群組呼叫服務（Voice Group Call Service, VGCS）係指固定或移動用戶撥打群組的 ID，可與區域內的小組成員進行通訊服務。而且該組內所有成員均可以通過同一通道進行接聽；而且該小組所有成員也可以通過按鍵講話方式發出請求通話申請，系統會依據先申請先服務原則建立上行鏈路為申請使用者提供通話服務，如圖 3-27 所示[2]。

語音廣播服務（Voice Broadcast Service, VBS）係為指定區域內發佈廣播消息或緊急呼叫，區域定義及選擇可進行動態設定，更具有靈活性。

增強多優先順序與強拆（Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption, eMLPP），如 VGCS、VBS、點對點呼叫與列車自動控制及鐵路通訊

緊急呼叫等列車通信應用，都需要通訊網路處於任何狀況下都能迅速成功呼叫。如果一個無線通訊網路發生通道擁塞，系統會立即停止對低優先權的通訊服務，並迅速建立高優先權的通訊連接。

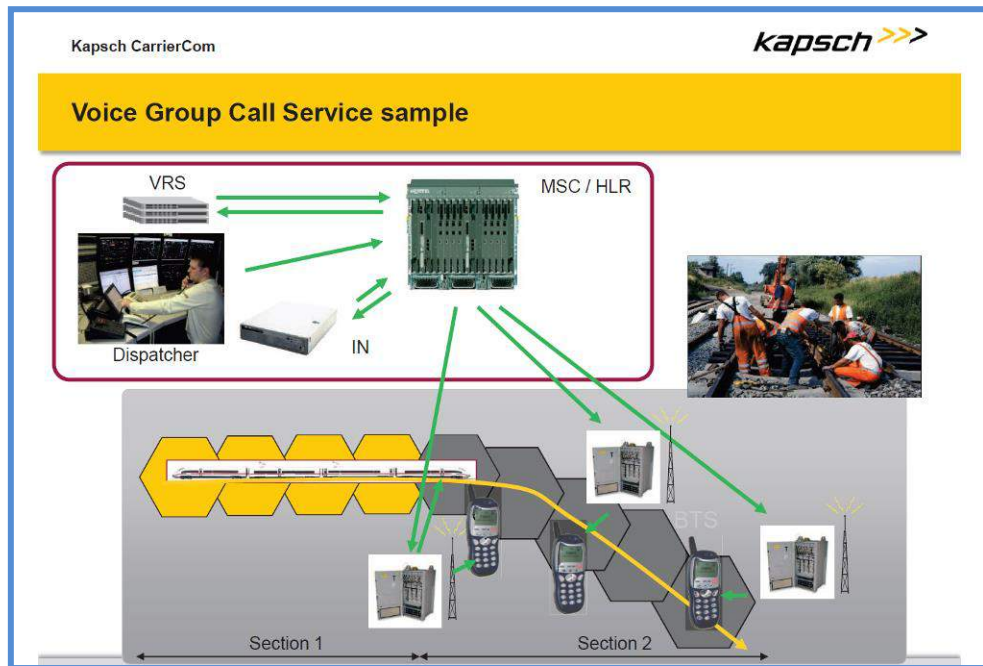


圖 3-27 語音群組呼叫示意圖

另鐵路運轉功能，包含功能定址(Function Addressing)、位置定址(Location Dependent Addressing)、功能號碼呈現(Presentation of Functional Numbers)、接入矩陣(Access Matrix)、位置定址(Location Dependent Addressing)、高優先呼叫確認(Confirmation of High Priority Calls)。

其各功能定義說明如下：

功能定址(Functional Addressing)與功能號碼呈現：便於固定或移動用戶呼叫運行中列車上的移動用戶的一種方式，其特點係針對功能號碼區分區別不同呼叫源，而不是根據呼叫源呼叫的終端進行定址服務。這種根據編制功能號碼的功能定址保證了呼叫源的功能號碼與呼叫方終端間彼此獨立。在這一過程中功能號碼的作用獨一無二，是將呼叫源根據其業務功能排列優先順序和編號，編號可以是永久也可以是臨時的，隨著功能號碼的註冊和註銷不斷排序編制。其定址邏輯是多樣的，可以業務特性、位置、優先順序等定址，基於位置的定址把呼叫源發起的用於預定功能，基於位置排序編制，定址系統根據呼叫源的呼叫連接到與所處位置相關的目地址

路由，該功能實現了列車司機呼叫不同空間位置的調度員或車站值班員，定址系統根據列車司機當前空間位置，定址特定的不同空間位置的調度員或車站值班員。

接入矩陣(Access Matrix)：讓呼叫端與接收端接通與否之判斷。

位置定址(Location Dependent Addressing)：便於列車上移動用戶呼叫地面固定用戶的一種方式；可藉由列車上發出之訊號來判斷列車位置，如圖 3-28 所示[2]。

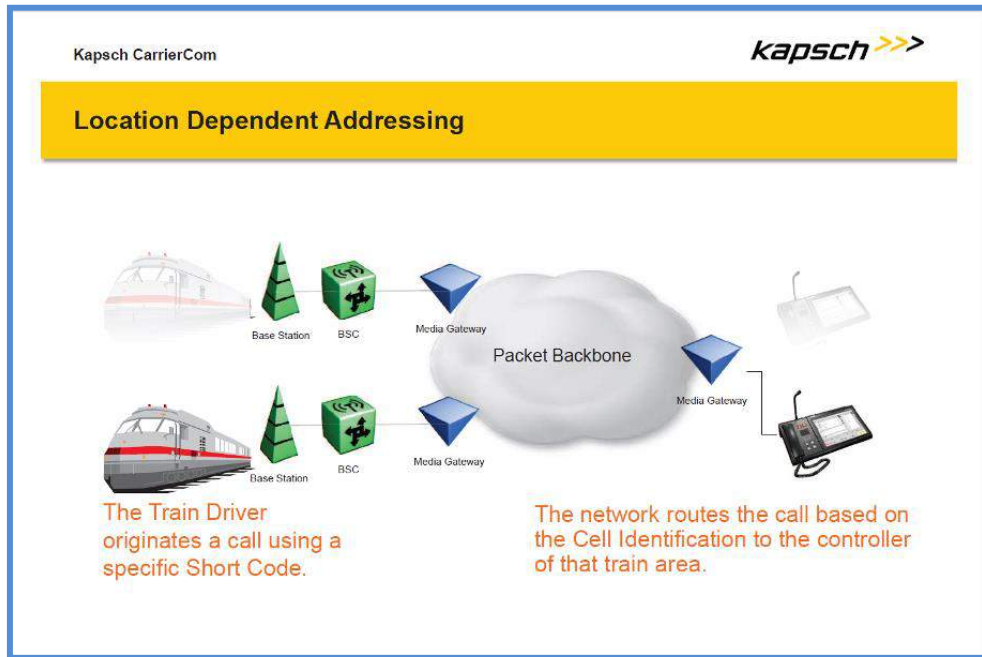


圖 3-28 位置定址示意圖

高優先呼叫確認 (Confirmation of High Priority Calls)：利用 Acknowledgement Center 判斷自動確認語音廣播與語音群組呼叫之優先權。

再者鐵路運用包含行控中心與駕駛員 (Controller-Driver Communication)，及駕駛員與駕駛員間通話(Driver-Driver Communication)。Automatic Train Control 即傳送列車位置訊號與 MA 訊號至行控中心。Train Control 即提供行控中心與列車間之雙向訊號供相關測試與維修之用。Emergency area broadcast 緊急廣播之通訊，shunting 即調車間通訊。Trackside Maintenance Communication，Wide Area Communication 即利用 GSM-R 技術為鐵路設施的維護人員提供業務聯絡通信，並可以根據鐵路維護人員職能以及所在場所確定他們的所在位置。Train Support Communication，

Communication at station and Depot, Passenger Service 即提供旅客服務包括為旅客提供列車動態資訊、線上售票服務等，能隨時為旅客提供列車的動態位置以及列車時刻資料，利用 GSM-R 技術的售票機可為旅客提供遠端售票服務。

另可以提供列車故障診斷：如果列車行駛中發生故障，則診斷資料及結果將通過 GSM-R 立即傳輸到最近的維修中心，以便維修中心能夠及時做好列車故障維修準備。貨運資訊跟蹤服務通過安裝一個帶有 GPS 接收器的 GSM 模組，可精確追蹤該貨車或集貨箱的位置，並將所追蹤到的資訊資料發送給客戶，使客戶能及時掌握貨物運輸資訊情況等功能式機車信號的傳輸、無線列調、區間列車人員通信等功能。

簡言之，現階段 GSM-R 系統基本上可以滿足鐵路運輸資訊業務的列車同步操作控制系統的資訊傳輸，列車控制系統的資訊傳輸，調度通信、無線車次號資訊、CTC 調度命令的傳送，列車尾部風壓資訊傳送，列車綜合監測資訊傳送，列車運行安全監測系統(TDCS)資訊傳送，旅客移動資訊服務系統的資訊傳送，大型編組場車站綜合移動資訊服務系統的資訊傳送，以及區間移動通信與公務移動通信的功能，參訪 Kapsch 照片詳如圖 3-28。

(二)GSM-R 未來發展性

國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)研究，發現未來的高速鐵路移動通信系統需要提供超過 200 種信息服務。現有的 GSM-R 網路即使補充 GPRS 網路後，業務承載能力雖得到一定程度提升，仍有頻譜效率低、QoS 不完善、非全 IP 化系統結構使與其他網路銜接不順暢等問題。且因頻寬不足，圖像和多媒體資訊將無法經由 GSM-R 網路傳送。GSM-R 系統向鐵路下一代移動通訊系統演進已是大勢所趨[6]。然在新一代無線通訊確定前，GSM-R Group 同意將相關支援延長至 2030 年，並且增加其相關功能，如軟硬體維護、生命週期的管理、IP 化、降低干擾影響等，如圖 3-20 所示，使得 GSM-R 系統能預留未來發展機制，有利於下一代無線發展技術的接續。



參訪合影



各階段產品演進



參訪解說



參訪合影



參訪地點



參訪解說

圖 3-29 參訪照片

四、ÖBB

(一)現況介紹

奧地利鐵路系統目前有兩家鐵路公司，一為奧地利聯邦鐵路（Österreichische Bundesbahnen, ÖBB），又稱為奧地利國鐵，其歷史可溯及至覆蓋奧地利全境併兼管列支敦斯登鐵路的國家鐵路公司。另一為 Westbahn，屬於私鐵，該私鐵目前只行駛於維也納與薩爾斯堡之間，班次較少，與國鐵共用軌道，惟需另外購票。

奧地利主要城市多集中於一條線形上，藉由橫貫東西各大城市間之鐵路(高速鐵路、中長程國際快速、長程夜車、中長程城際快速)，搭配區域快車(Regional Express)、區域列車(Regional)與 S-Bahn 鐵道發展出目前的鐵道交通網。

奧地利國鐵於 2008 年發表最新車種高鐵 Railjet，時速高達 230 公里的列車，搭配皮製座椅與免費 Wi-Fi，是許多商旅人士的交通首選。現搭乘高鐵 Railjet 只需短短 4.5 小時就輕鬆走過瑞士、Innsbruck 與維也納。

奧地利與鄰近的德國、瑞士擁有共通的語言與文化背景，在鐵道系統的研發上有著相似的车種分類，其主要類型彙整如表 3-2 所示。



車站內一偶



車站內一偶

圖 3-30 車站運轉情形

表 3-2 奧地利主要車種分類表

車種	簡述
Railjet	超高速特快車 Railjet 奧地利國營高鐵，以奧地利境內為中心延伸到歐陸鄰國，目前主要路線有德國慕尼黑(Munich)橫跨奧地利，往東延伸到匈牙利布達佩斯(Budapest)、也有維也納(Vienna)往南翻越阿爾卑斯山脈前往義大利威尼斯(Venice)的路線。車上裝潢較高級，裝有 Wi-Fi。
EC	EuroCity 奧地利國際列車僅次於 Railjet 的特快車，主要行駛奧地利各大城市及鄰近國家如瑞士、德國的城市之間，適合穿梭於長距離城市間
EuroNight	EuroNight 奧地利歐洲夜車行駛於奧地利鄰近國家，如德國、瑞士、義大利及波蘭
IC	InterCity 城際列車行駛於奧地利境內各大城市之間的特快車，班次較多。
REX	Regional Express 區域快車行駛於奧地利各地中程距離，停靠站較多，車廂數較少。
R	Regional Zug 區域慢車停站數最多，車廂數最少的區間接駁車，方便居民通勤或是到郊區走走的選擇。
S-Bahn	Suburban train 都市近郊電車以大都市為中心，與地下鐵、公車、巴士、路面電車形成一個都市交通網，行駛於都市周邊近郊地區。

(二) ÖBB 組織

ÖBB 分為三個主要子公司，奧地利國鐵客運股份公司 (ÖBB-Personenverkehr AG)，負責長途及短途客運業務。奧地利鐵路貨運股份公司 (Rail Cargo Austria AG)，負責貨物運輸及物流。奧地利國鐵建設股份公司 (ÖBB Infrastruktur AG)，負責行車路線的編配、鐵路路網的維護保養，以及基礎設施的規劃、設計和施工，ÖBB 部門架構詳如圖 3-32。

(三) ÖBB 系統架構

奧地利國鐵路電力系統採用 AC 15kV 16.7Hz，經 110kV 50Hz 變頻與降壓後供應列車電力系統使用。

ÖBB 號誌系統採用 ETCS-Level2 之系統架構，分別由 SIEMENS 和 THALIS 所建置，其機房設置於 ÖBB 總部，採分開獨立控制方式。除於總部內設置主要控制中心，另於全國其他各處設置四個控制中心，當發生任何故障時由各站自行處理，相關訊息統一發送回 ÖBB 總部之控制中心。列車控制也採相同控制邏輯，雖可以看到列車營運狀況，但當有任何故障時，仍以各管轄之控制中心處理。總部之控制中心，以實用為主，各自有各自控制桌，請參閱圖 3-33。

經與 ÖBB 相關人員詢問相關號誌整合問題，其目前為集中式的電子連鎖號誌系統，各管轄範圍間系統並無備援。若有新站擴充，因採用 ETCS-Level2 統一規格，目前歐洲五家(Bombardier, Ansaldo STS, THALES, SIEMENS, Alstom)採用 ETCS 規格的廠商均可參與投標，因規格統一所以沒有整合問題。若依我國內鐵路系統 EI 多採用為日韓設備，若欲與未來 ETCS 整合，界面整合難度較高。

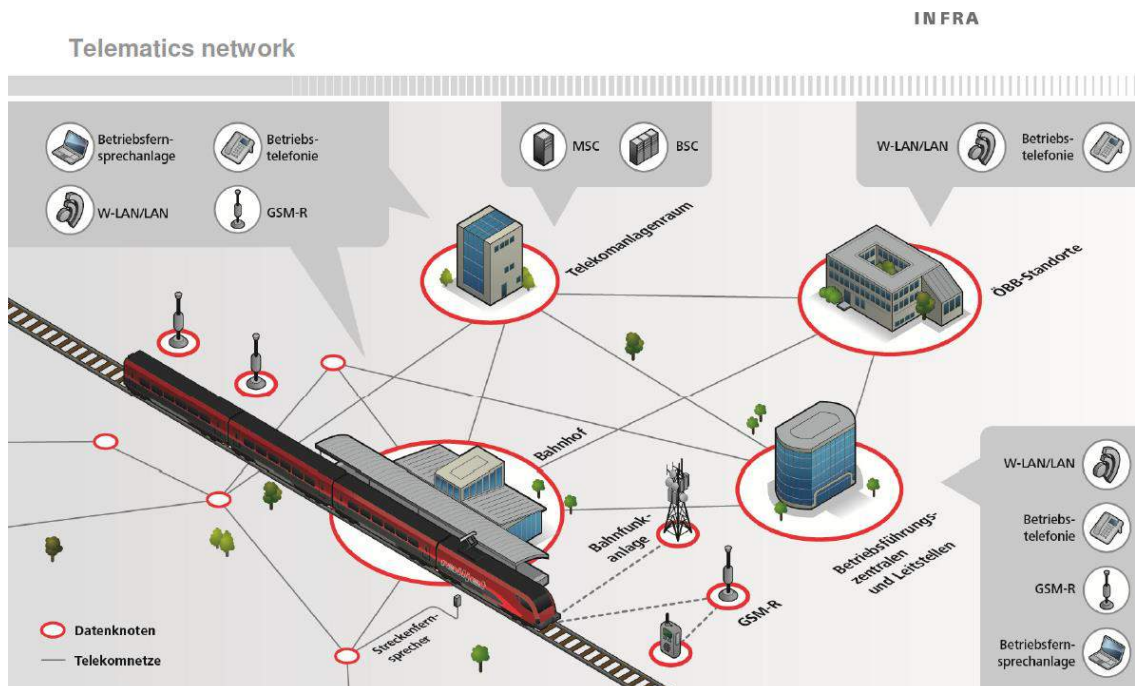


圖 3-33 控制中心示意圖

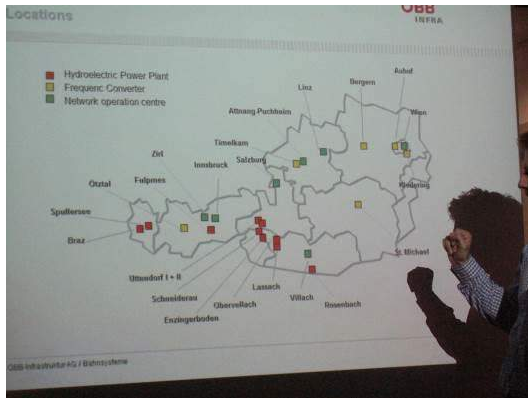
另 ÖBB 亦已於高速鐵路進行 E2E-Tests on ETCS Level 2 Lines 技術研發及實驗工作，但其實驗測試結果未臻理想，有些問題尚待突破，參訪資料概要請參閱附件 4。



ÖBB 內部一隅



Mr.Christian Brief



參訪簡報



參訪簡報

圖 3-34 參訪照片

五、新一代鐵路無線發展技術

1997 年 ITU 給出 3GPP 標準定義，關於 4G 無線蜂巢式系統的討論即已開始。其中，基於 3GPP 在 Rev8 中發佈 LTE 第一個版本，作為首個應用 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) 技術，LTE 系統需要在下行峰值速率上取得高達 300 Mbps 的重大飛躍。然而，LTE Rev8 和 Rev9 都沒能滿足 ITU 對 4G 系統提出的 IMT-Advanced 需求，直到經過一系列演進發展生成的 Rev10 版 (也被稱為 LTE-Advanced)，才被看做真正的 4G 系統。Rev10 於 2011 年 3 月份完成，之後的 Rev11 負責對 LTE - A 中規範的基本技術進行增強，Rev12 的標準化工作起始於 2011 年 10 月，並在 2014 年 6 月份凍結。3GPP 組織的會議上對增強型技術以及新技術進行了充分討論，雖然還未得到清晰的結論，但是，Rev12 版需要解決的關鍵技術已經明確。其中，需要增強的技術包括：增強型 CoMP (Inter-Site CoMP)，增強型載波聚合 (Multistreamcarrier Aggregation) 以及增強型的 MIMO 系統 (Full-Dimension MIMO)。將要引進的新技術則包括：用於廣域移動網路中的機對機通信的 MTC (Machine-Type Communication)，用於實現用戶間的直接互聯 (無需通過移動網路) 的 D2D (Device to Device Communication)。Rev13 標準化起始於 2013 年 3 月，並將在 2014 年 9 月實施該版本第一階段的凍結。Rev13 仍然是對 LTE - A 的技術進行增強型定義與規範，預計在之後的 Rev14 和 Rev15 將定義新的接入技術。目前來看，這些版本都可歸屬於 B4G 技術，雖然對 B4G 技術本身還不能給出精確的定義，然而已發佈的版本的確已指明了技術及其系統發展的方向與資源要求。4G 標準的版本仍在商討議定過程中，承載著 B4G 系統未來的 5G 概念已經進入人們的視線。5G 概念的提出最早可追溯至 2000s 的中後期，並從 2012 年開始受到通信業界的高度關注。關於 5G 的技術研究，其可能增加的新概念和新課題尚未明確，然而可以肯定的是，5G 是面向 2020s 需求的技術，ITU 已積極開展面向 2020 年技術趨勢、頻譜需求分析和社會願景等方面的研究工作，以對 5G 形成一個基本的全球共識。其相關歷程詳圖 3-35 所示[2]。

另依 UIC 對未來鐵路無線通訊系統規劃，要採 LTE-R 或 5G 或有更新

的無線通訊技術，需等到 2017 年間方可確認。雖然各通訊及號誌廠商均積極推動下一代無線系統架構，然要取得相關共識勢必尚有一段路要走。

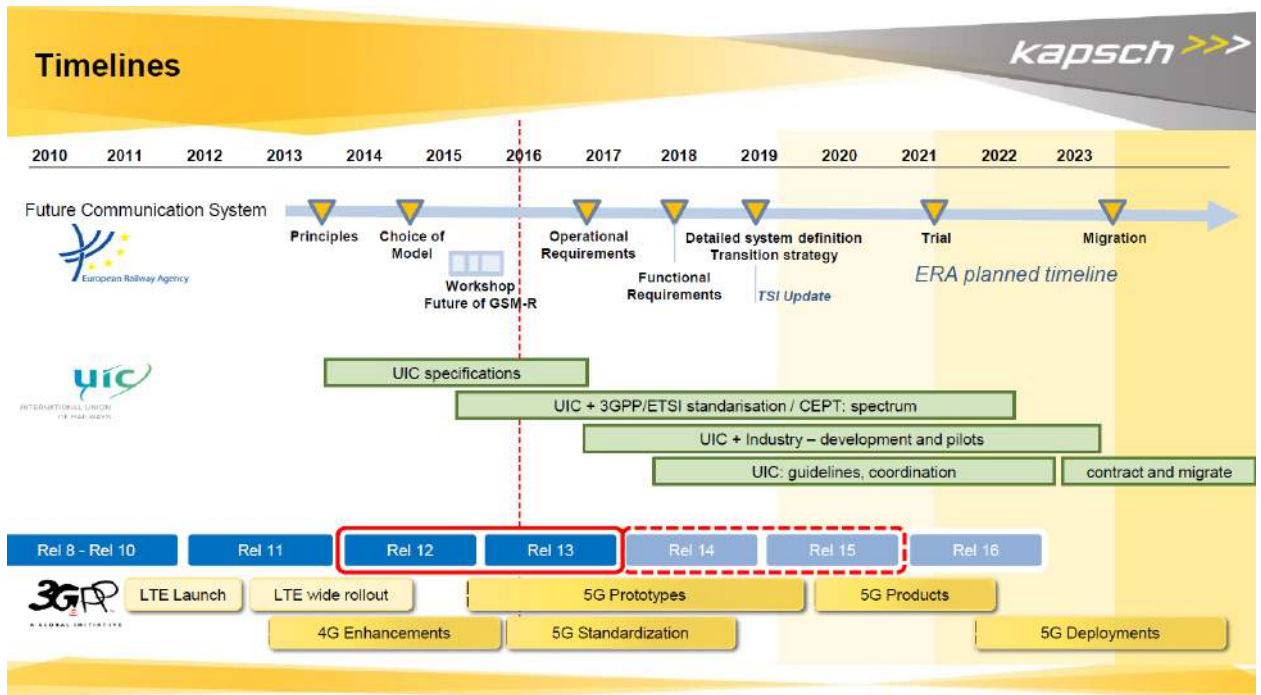


圖 3-35 新一代鐵路用無線發展時程規劃[2]

六、LTE-R 技術

LTE (Long Term Evolution) 是第三代合作夥伴計畫 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) 最新定義之無線傳輸系統技術，其目標便是透過不斷地改進無線存取技術的規格，搭配系統架構演進 (System Architecture Evolution, SAE) 所定義之新一代全 IP 核心網路架構，來提供更好的傳輸效能。

透過 LTE，電信業者可用來提高無線網路的傳輸容量和傳輸速率，以支援更強大的服務和互動視訊等新型多媒體應用，進而滿足未來的無線通訊需求。LTE 標準分為分頻多工 (Frequency Division Duplexing, FDD, 簡稱 FD-LTD) 和分時多工 (Time Division Duplexing, TDD, 簡稱 TD-LTE) 兩種，其中 FD-LTE 主要是 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 系統的演進方向，而 TD-LTE 是 TD-SCDMA(Time Division - Synchronous Code Division Multiple Access)系統的演進方向。目前兩種 LTE 制式均已在全球建設商用網路，推出商用服務。

另 2010 年 12 月召開的第七屆世界高速鐵路大會上，UIC 明確指出 3G 技術不適用於鐵路，高鐵通信將跨越 3G，直接發展「準 4G」技術[4]。根據 UIC 提出的 LTE-R(Long Term Evolution - Railway)發展步驟於 2014 年 9 月份開始進行 Release 12(R12)的工作，而 R12 是 LTE-R 網路建設的重要環節，主要是對 R11 標準化作進一步開發和實體研究。因 LTE-R 具有高頻率使用率、高傳輸速率、高安全性、高品質服務及低延遲等特性，很多國外主流運營商表態會跟進趨勢 LTE-R。雖目前通訊標準尚未決定，進度稍有延後趨勢，然其不失為後續技術發展重要選項之一。

LTE-R 不同於 GSM-R 的通信技術核心，其網路結構採用全 IP 設計，所有業務都是採用 IP 封包交換完成的，從而減少系統延遲性，提升系統整體性能。控制平面之時間遲延，從空閒模式到啟動模式，小於 100 ms；從休眠模式到啟動模式，小於 50 ms。用戶平面內部單向傳輸最小時間遲延低於 5 ms。

LTE 系統支援 1.25、2.5、5、10、15MHz 和 20MHz 頻寬(有些文獻對支援之頻寬說法略有差異)，同時支持在成對和非成對頻段上部署。頻寬需求

至少為 15MHz(TDD)、上下行各 6 MHz(FDD)。

在頻譜效率方面，調變方式採用 OFDM 技術，下行 20M 頻譜頻寬內，峰值速率為 100 Mb/s，頻譜效率達到 5 bit/s/Hz。上行 20M 頻譜頻寬內，峰值速率為 50 Mb/s，頻譜效率達到 2.5 bit/s/Hz。若採用多輸入多輸出(MIMO)技術，速率更可成倍增長。抗干擾方面，由於採用 OFDM 技術，在實現高頻譜效率的同時，易於實現對多徑干擾的抑制。同時，小區間干擾消除(ICI)技術的應用使干擾信號變為有用信號，可提升增益。LTE-R 系統要求在低速(0~15 km/h)系統性能很好，在較高速(15~120 km/h)能實現較好性能，其尚能支援 350 km/h，甚至 500 km/h 時速下的通訊[5]，已趨近未來 5G 通訊要求。相關性能指標，如圖 3-36 所示。

項目	標準
峰值速率	上行：50 Mb/s (上行 20M 頻譜頻寬)。 下行：100 Mb/s (下行 20M 頻譜頻寬)。
移動性	最高 500 km/h 時速下的通訊，低速(0~15km/h)系統性能很好。
控制平面之時間遲延	空閒模式到啟動模式，小於 100 ms，用戶平面時間遲延低於 5 ms。
控制面容量	大於每小區 200 用戶(5MHz 頻寬)。
覆蓋面積(小區尺寸)	半徑 5~100 km，30 km 以後性能會慢慢下降。
頻譜配置頻寬	1.25、2.5、5、10、15MHz 和 20MHz 頻寬。

圖 3-36 LTE 性能指標[4]

在寬頻移動通信技術 LTE-R 中，網路整體結構被極大簡化，其架構如圖 3-37 所示。它由核心網 EPC (Evolved Packet Core) 和無線網域 E-UTRAN 兩部分構成。其中核心網 EPC 包括了移動性管理實體 (Mobility Management Entity, MME)、服務閘道 (Serving Gateway, S-GW) 和分區數據閘道 (Packet Data Network Gateway, P-GW) 使不同的無線系統都可以連接到 EPC 上。

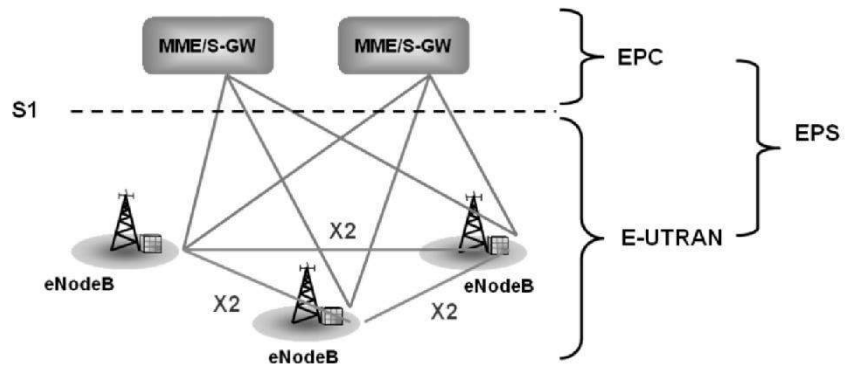


圖 3-36 LTE-R 架構示意圖[6]

另有關 GSM-R 與 LTE-R 技術參數比較，如圖 3-38 所示。LTE 通訊技術於使用過程具有更高頻寬，相較於 GSM-R 其擁有更高的智慧化程度，能夠為鐵路乘客提供多種多樣的多媒體服務，應為鐵路通訊發展趨勢之一。

項目	GSM-R	LTE-R
接取技術	TDMA	OFDM
頻寬/ Hz	200k	1.25、2.5、5、10、15MHz 和 20MHz
調變技術	GMSK,8PSK	QPSK,16QAM,64QAM
服務速率	CSD2.4/4.8/9.6 kb/s GPRS/EDGE384 kb/s	100 Mb/s
TTI/ms	20	1
頻譜利用率	0.2	2
頻譜範圍	GSM-R876~975M GSM1800	700,GSM900,GSM1800, 2.3G,2.6G

圖 3-37 GSM-R 與 LTE-R 技術參數比較[7]

然無論後續何種無線通訊的演進，就其演進過程中，應要考慮其接續性，初期因採用 GSM-R 系統和新型通訊技術系統並行，GSM-R 仍應負責傳遞和列車運行安全緊密相關的列車控制，後者則負責非安全資料相關的功能；後期，隨著新型技術在建置與營運經驗的日益豐富，越來越多的功能會轉由該新型技術網路承擔，直到最後全部業務都切換到新型技術網路。也因此相信 GSM-R 發展技術採用全 IP 化，應是為未來布局之方向之一。

肆、心得

本次歐洲無線通訊系統於鐵道之各項考察，安全無虞之無線電系統為必備條件，多元化功能為未來發展趨勢，以下為參訪心得：

一、本次參訪可以瞭解下一代鐵道無線通訊發展，目前很多單位均積極參與，不可否認，其中中國大陸非常積極推動 LTE-R 之相關規範與測試，約 6 年前一般研究人員，研讀相關研究報告時，中國大陸所發表資料不太喜歡納入參考，主要其內容品質參差不齊，但最近幾年其已大幅改善，至今很多技術資料已納入參考及工程應用，如最近大陸高鐵及核電廠整合高科技產品整體輸出至國外，可見其人才培育及研發之積極態度，不得不另人佩服，對國內而言，應是一項嚴重警訊，當更積極努力迎頭趕上。

二、歐洲鐵路系統很多國家係相連接在一起，雖然各自有其發展特色，但對歐洲國家而言，他們也深信，經過研訂後規範一定是最為安全及符合營運需求，所以其所有系統架構，採較一致性的發展構想，將有助於系統整合。

三、本次考察之營運單位倫敦地鐵及奧地利國鐵，其無線電通訊系統或其他系統機電乃以原建置廠商進行後續維護管理為主，避免維護不良造成對系統性能降低或零件停產缺料情形，影響服務品質與營運安全，值得我們參考學習。

四、警、消無線電通訊系統與鐵路系統整合問題，可以發現如果採 ETCS 系統之國家，語音與號誌系統都依循規範執行，有利營運整合。警察與消防系統之無線電則另外獨立採如 TETRA 或其他系統，以目前英國倫敦地鐵之行車調度採用 TETRA 系統，其與警察與消防系統亦使用相同系統，但尚未進行整合，難免有降低救災效能。

五、雖 LTE-R 該部分技術發展仍需待後續 UIC 會議確定後才屬定稿，然 LTE 其技術發展可應用與 TETRA 或 GSM-R 系統進行相關整合，強化服務功能，應可從小部分效益較高或安全性提升部分進行試辦，例如緊急事件發生時，可讓有需要支援的單位或權責長官，可以透過一般智慧型手機，直接進行無線電手機群組連繫，可及時協助處理，將損失降至最低。

伍、 建議事項

一、 國內臺北捷運於 103 年 5 月 21 日板南線發生隨機殺人事件，造成 4 死 24 輕重傷之慘劇，如事件發生在三鐵共構車站，其影響程度恐更加劇。共構車站雖訂有共同防護計畫，但如何強化在第一時間接獲訊息後即同步通報共同防護，以便各單位提高警覺、加強安全防護工作及保障旅運安全，是一項重要課題。若能接獲通報第一時間即可透過無線電 TETRA 手機同步通知共構車站甚至消防單位，將可提高防護強度及增加避難時間，將災難減緩降低，因此，短期目標建議交通部可先協調整合共構車站無線電通訊系統同步通報機制及進行緊急廣播之可行性，中程目標研議將消防及相關單位一併納入同步通報機制之可能性。

二、目前國內鐵道機電系統，科技日新月異，產品一直處於更新狀態，營運單位常面臨系統啟用一段時間後，部分產品零件因型號更新後即停產，特別是電子類產品，而營運階段設備維護保養工作一段時間即採公開招標重新招商，維護保養廠商可能一直更換，除系統較不熟悉外，若得標廠商不易取得相關維修零件，該系統故障時易發生待料停擺現象，或營運單位需付額外費用進行系統更新，對營運單位而言，常常是很大負擔及增加營運風險。若能於工程招標階段，考慮生命周期所需成本及營運安全，並於招標內容包含工程施工及接續維護保養工作一起辦理招標，維護保養費用建議由營運單位鐵路局編列，明訂機電工程完工後施工廠商須全責維護保養該系統，甚至代操作 10 年至 15 年。而得標廠商考慮後續長時間需投入大量之維護成本，會更用心施工及整合及維持工程品質，有利保障營運安全及節省後續維保費用。

三、環境快速變遷，隨著鐵路無線通訊的發展與效益，雖為 UIC 尚未正式公告 LTE-R 之相關規範，然 LTE 技術發展應可優先試辦應用與 TETRA 系統進行相關整合，加強服務功能，以強化鐵道運轉效能及行車安全，建議可從小部份效能較高進行提升試辦，例如緊急事件發生時，可讓有需要支援的單位或權責長官，無論人在家裡或外出，可輕易透過一般智慧型手機

直接與 TETRA 系統群組連繫相通，協助處理或指揮相關事宜。後續南迴鐵路電氣化施工路段，因受限整體環境，民間業者手機通訊品質不良問題，亦可透過類似方式進行局部改善，補強通訊連繫之不足。

陸、 參考文獻

- [1] 2015 年 10 月，Motorola，簡報資料。
- [2] 2015 年 10 月，Kapch，簡報資料。
- [3] 2015 年 10 月，ÖBB，簡報資料。
- [4] 2013 年 8 月第 10 卷第 4 期，王海龍，LTE 技術在鐵路應用的可行性研究,鐵路通信信號工程技術。
- [5] 2012 年 08 月，夏云琦，鐵路無線通信技術向 LTE-R 的演進,中國鐵路。
- [6] 2014 年第 2 期，卜愛琴，鐵路下一代移動通信技術 LTE-R 應用的探討，信息通信。
- [7] 2011 年，章建軍，從 GSM-R 向 LTE-R 演進，鐵路技術創新。
- [8] 2015 年 07 月 14 日，2020 年- 5G 的全球化? 2015 年 10 月網站。
- [9] 103 年 1 月 22 日，行政院 5G 發展產業策略會議，台灣 5G 發展願景，行政院科技會報。
- [10] 103 年 1 月 22 日，行政院 5G 發展產業策略會議，5G 產業技術發展深耕與環境建置，行政院科技會報。
- [11] 2015 年 10 月，<https://tfl.gov.uk/maps/track/tube>。
- [12] 2014 年第 3 期，李鵬，LTE-R 技術應用研究，自動化與儀器儀表。
- [13] 2015 年 10 月，維基百科網站。
- [14] 2015 年 10 月，<http://www.wienerlinien.at/eportal2/>。

附件一、考察無線通訊廠商 Motorola 簡報資料摘錄

Microsoft PowerPoint window: 附件1.pptx - Microsoft PowerPoint

Slide 1/15 | "2_Custom Design" | 中文 (台灣)

Reliable and stable TETRA infrastructure

WORLD'S LARGEST TETRA SUPPLIER

SINCE 2000...

- WE'VE SUPPLIED TETRA SYSTEMS TO OVER 120 COUNTRIES
- OVER 830 TETRA SYSTEMS SHIPPED WORLDWIDE
- 30 NATIONWIDE SYSTEMS
- OVER 100 METRO TETRA CONTRACTS
- OVER 1,200 MSO & 26K BASE STATIONS SHIPPED
- OVER 2.4 MILLION TETRA RADIOS SHIPPED




Microsoft PowerPoint window: 附件1.pptx - Microsoft PowerPoint


Slide 2/15 | "2_Custom Design" | 中文 (台灣)

Motorola Dimetra IP

- Easy Interface to external equipment – comply with industrial standard
 - Value adding solutions from the applications software community are integrated smoothly and cost effectively

All IP Network Architecture:

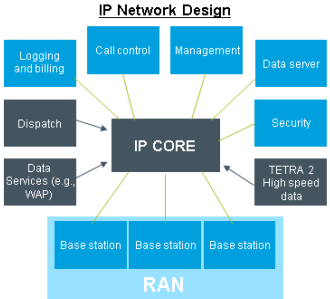
- Solutions from small local to full nationwide
- Scalable for both voice and data
- In built resilience
- Highly secure
- Future proof
- Fast nationwide call set-up



EN50128 – SIL Level 1

Complete Core Network Solution:

IP Network Design



Slide 2

Microsoft PowerPoint - 附件1.pptx

TETRA evolution

Voice + SDS	SCCH	PDS	MSPD	TEDS
140 bytes	More SDS	7.2 kbps	28.8 kbps	100-400 kbps
<ul style="list-style-type: none"> Mission critical voice Short data service 	<ul style="list-style-type: none"> Secondary control channel 	<ul style="list-style-type: none"> Packet data service WAP File transfers 	<ul style="list-style-type: none"> Multi-slot packet data 	<ul style="list-style-type: none"> TETRA Enhanced Data Service
<ul style="list-style-type: none"> GPS Status monitoring 	<ul style="list-style-type: none"> High SDS load for concurrent voice & data FAO / UTO 	<ul style="list-style-type: none"> File transfers WAP Train telemetry 	<ul style="list-style-type: none"> File transfers Image transmission Train telemetry Train control (ETCS) 	<ul style="list-style-type: none"> 3G equivalent Video transfers Train telemetry Train control (ETCS)

Slide 3

Microsoft PowerPoint - 附件1.pptx

Microsoft PowerPoint - 附件1.pptx

Data sub-system

HP DL380 G8 - SDR, PDR, RNG

Cell processing sub-system, Configuration & Network Management sub-system, Secure sub-system, Transport Network sub-system, Dispatch sub-system, **Data sub-system**, Interconnect sub-system

Short Data Router (SDR)

- SDR supports the Short Data Transport Service by enabling routing of short data messages within the system based on TETRA Short Subscriber Identities (SSIs and GSSIs).

Packet Data Router (PDR)

- PDR provides the communication with external IP networks using the PDS. The PDR also tracks mobility of the subscribers.
- Packet Data Gateway acts as the equivalent to the SGSN

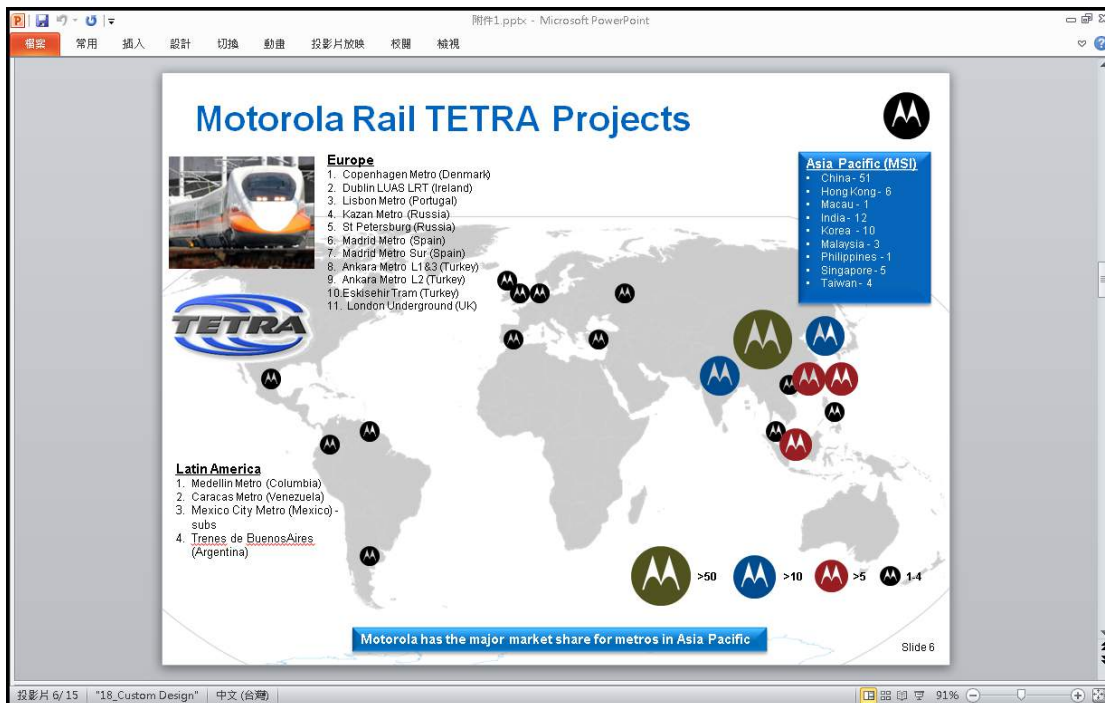
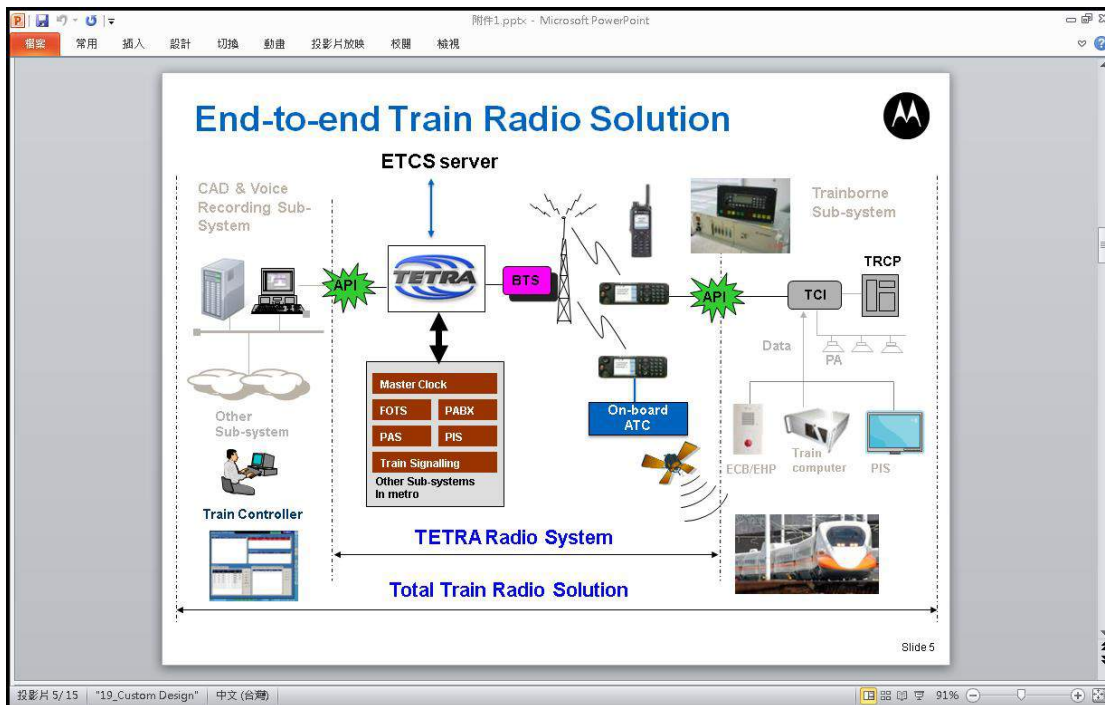
Radio Network Gateway (RNG)

- RNG handles the TETRA advance link communication with the Mobile Stations (MSs)

Gateway GPRS Support Node (GGSN)



- GGSN interfaces the Packet Data Service to external networks

Microsoft PowerPoint - 附件1.pptx



Microsoft PowerPoint window: 附件1.pptx - Microsoft PowerPoint

London Underground, UK

London Underground

- Oldest Metro in the world (1863)
- 12 lines
- 408 km track
- 275 stations
- 700 trains
- 3,000,000 passenger journeys/day


System:

- 5 Motorola Dimetra IP switches
- 290 Base Stations and RF distribution system (combiners, repeaters, 740 km radiating cable)
- Over 1,500 Mobiles + 7,000 Portables
- Trackside Beacon System
- Voice and Data logging systems

One system covering 12 lines

Used for

- Voice Communication between Train drivers; line controllers; signaling operators; depot staff; dispatcher; station staff; maintenance
- Alarms/Status
- Text messaging to train drivers
- E-train automatic train monitoring system



Slide 7

Projection bar: 投影片 7/15 | "18_Custom Design" | 中文 (台灣) | 91%

Microsoft PowerPoint window: 附件1.pptx - Microsoft PowerPoint

TRA

TAIWAN RAILWAY ADMINISTRATION

General statistics:

- 1,100 km of track
- 201 train stations
- 372 locomotives
- 12 depots/workshops
- 127 tunnels totaling 160 km



PROJECT BRIEF

- Train Dispatch Radio System
- Prime MDSL, end user TRA, consultant CECI
- Apr'03 ~ Aug'06

PROJECT SCOPE, DELIVERABLES

- 2-Zone Dimetra System;
- 149 Repeaters;
- CAD System with 39 Consoles dispatchers;
- 97 Desktops;
- 1130 Locomotive Mobiles;
- 5500 Portable radios;
- DVRS; Interface to PABX



Projection bar: 投影片 8/15 | "2_Custom Design" | 中文 (台灣) | 91%

Microsoft PowerPoint window: 附件1.pptx - Microsoft PowerPoint

Taiwan High Speed Rail (THSR)

- **1 Central Train Control (TaoYuan)**
 - 10 positions
- **6 Depot/Maintenance/Workshop Stations**
- **345 km of track**
 - Taipei to Kaohsiung
- **Train Speed at 350km/h**
- **11 train stations**
 - 8 current and 3 future
- **Due to the hilly terrain in the northern region, and underground tracks, approximately 120km of track will be covered by leaky cable.**
- **Solution:**
 - MSO
 - 28 EBTS sites
 - Customised Computer Aided Dispatch (CAD)
 - Customised Train-borne equipment
 - 30 passenger trains and 20 Maintenance trains
 - LCX for Tunnels (62km), 11 stations & 5 depots
 - LCX for Fire-fighting radio in tunnels and underground stations
 - 322 Portable radios
 - Training Center Equipment
 - 18 Outdoor shelters, 28 Monopole/towers

Bottom status bar: 投影片 9/15 | "2_Custom Design" | 中文 (台灣) | 91%

Microsoft PowerPoint window: 附件1.pptx - Microsoft PowerPoint

IP based network for long haul train solutions

Safety critical functions are provided by train application

```

graph LR
    subgraph Fixed_application [Fixed application]
        direction TB
        F1[Functionality layer]
        F2[Safety layer]
    end
    subgraph Fixed_network [Fixed network]
        direction TB
        FN1[API]
        FN2[Control]
    end
    subgraph Mobile_radio [Mobile radio]
        direction TB
        MR1[Control]
        MR2[API]
    end
    subgraph Train_application [Train application]
        direction TB
        T1[Safety layer]
        T2[Functionality layer]
    end
    Fixed_network <--> |GSM-R / GPRS / TETRA / 3G / 4G Network| Mobile_radio
    Mobile_radio <--> |RF Path| Train_application
  
```

Slide 12

Bottom status bar: 投影片 12/15 | "2_Custom Design" | 中文 (台灣) | 91%

Microsoft PowerPoint window showing Slide 13. The slide title is "TETRA contracts for train control" and it lists five examples of TETRA-based train control systems.

TETRA contracts for train control

1. Wuppertal transport agency WSW Mobil - Alstom providing Atlas 400 ETCS Level 2+ equivalent signaling for Schwebbahn suspension monorail (over TETRA)
2. Kazakhstan Railways - ETCS 2 over TETRA. Train control supplier is Bombardier
3. Roy Hill mines, Western Australia – Ansaldo providing Train control over TETRA
4. Fenoco, Columbia – ITCS (GE's ETCS L3 equivalent) over TETRA.
5. Packet Data Mode for ETCS

Slide 13

Microsoft PowerPoint window showing Slide 14. The slide title is "Summary" and it lists six key points about TETRA's use in railways.

Summary

- TETRA is widely used by railways
- TETRA is superior for mission critical voice
- TETRA packet data can be used to support ETCS
- Motorola's Dimetra IP meets railway standards
- ETCS L2 over TETRA in a number of projects
- UIC will use Packet Data (GPRS) for high density areas e.g. within the cities → TETRA PDS = GPRS

Slide 14

What is Connect?

A PFI* project to manage and replace all radio and transmission services on the London Underground for a 20 year period

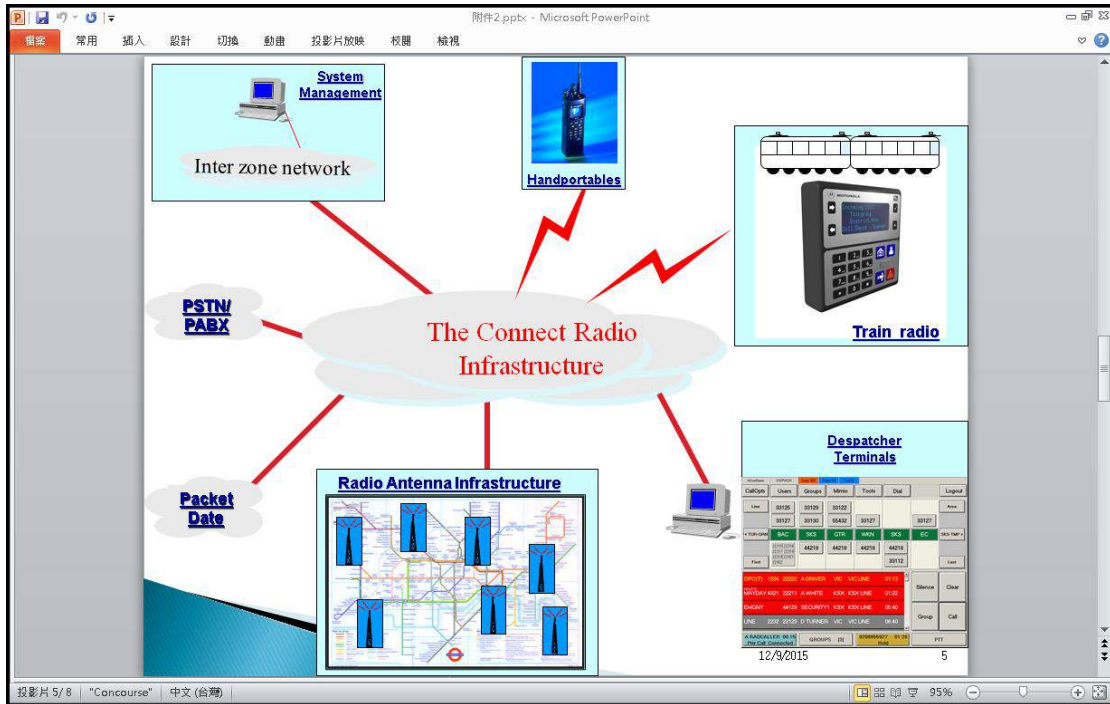
* Private Finance Initiative

This is a screenshot of a Microsoft PowerPoint presentation. The slide has a white background with a blue and black decorative graphic at the bottom left. The text is centered. The PowerPoint interface is visible, including the ribbon at the top and the status bar at the bottom.

System facts

- 11 Lines
- 5 zones
- 290 base sites
- 200+ consoles
- 10000+ Portable Users
- 1400 train mobiles
- 740 km radiating cable

This is a screenshot of a Microsoft PowerPoint presentation. The slide has a white background with a blue and black decorative graphic at the bottom left. The text is centered. The PowerPoint interface is visible, including the ribbon at the top and the status bar at the bottom.



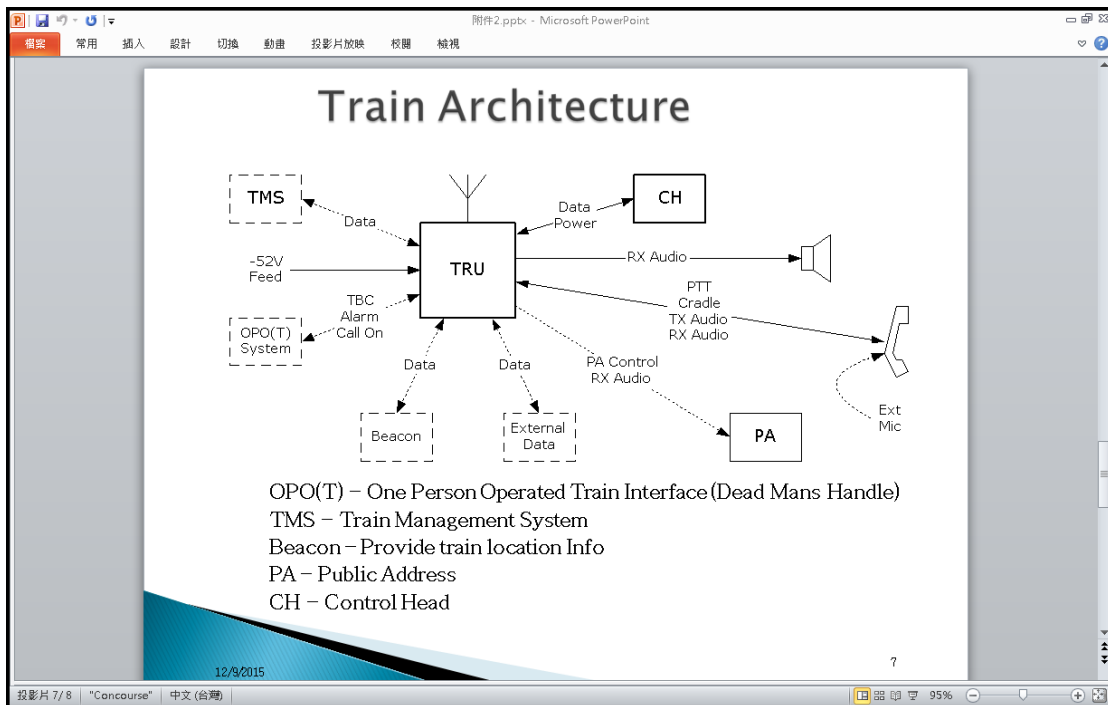
Microsoft PowerPoint - 附件2.pptx

Connect Special Elements

Dispatch Terminal Interface:

Line	Users	Groups	Mimic	Tools	Dial	Logout
33125	33126	33127	33128	33129	33130	33131
33127	33130	55432	33127		33127	
← TUR-GRN BAC SKS GTR WKN SKS EC SKS-TMP →						
33116/33116	44216	44216	44216	44216	44216	
33117/33118					33112	
33118/34411						
33122						
OPORT 1234 22222 A DRIVER VIC VIC LINE 01:13						
MAYDAY 4321 22211 A WHITE KSK KSK LINE 01:22						
EMGRY 44123 SECURITY1 KSK KSK LINE 05:40						
LINE 2232 22123 D TURNER VIC VIC LINE 06:40						
A RADCALLER: 80116 Priv Call Connected						
GROUPS [8] 8028855927 01:28 Hold						

12/9/2015



- ## Data Logger & Voice Logger
- ▶ **Data Logger**
 - ◊ Records all SDTS messages
 - MS to MS
 - MS to Dispatcher
 - Dispatcher to MS
 - ◊ Play back available at remote terminals
 - ◊ Data can be exported for off site investigation
 - ▶ **Voice Logger**
 - ◊ Records all Voice traffic via the EBTS's
 - ◊ Records status message traffic
 - ◊ Playback available at remote terminal
 - ◊ Voice can be exported for site investigation
- 12/9/2015

附件三、考察無線通訊廠商 Kapsch 簡報資料摘錄

附件3.pdf - Adobe Reader
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

開啟 105% 7 / 18 工具 填寫和簽署 注釋

Kapsch CarrierCom *kapsch >>>*

Railways.

Our solutions

- GSM-R Networks
- Terminals & Cab Radios
- Transmission
- Applications
- Wagon tracker

Our core competencies

- Railway-dedicated products and solutions
- Unique railway communication knowledge
- Pioneering lead in technological evolution
- Representation in all relevant standardization bodies
- End-to-end integration
- Plan – Build – Maintain – Operate

Success stories

Kapsch CarrierCom is the world-market leading manufacturer and turn-key supplier of GSM-R solutions and is currently deploying nation-wide GSM-R network infrastructure for the largest GSM-R networks in the world, including those of Deutsche Bahn, Germany, RFF/Synerail, France and Network Rail, United Kingdom to support mission-critical communications on conventional and high-speed lines.

78,000

Kilometres access network

23

Countries with GSM-R by Kapsch

16

Projects ETCS level 2

08

Projects high speed lines

19.10.2015 | Company Presentation 8

附件3.pdf - Adobe Reader
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

開啟 105% 9 / 18 工具 填寫和簽署 注釋

2014/2015 – GSM-R Market Watch and Facts *kapsch >>>*

Impressive Leadership in CEE
Hungary, Slovakia, Slovenia, ...

China Acceleration
8 new contracts
More than 25% market share

MEA Breakthrough
Bids in Saudi, Oman, UAE, Qatar, ...

New market engagement for Cab Radio
Turkey, Saudi Arabia

Reinforced IP Core R4 Leadership
France, Germany, CEE

GSM-R portfolio evolution to IP
Contracts signed

Railway Market Facts



附件3.pdf - Adobe Reader
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

開啟 10 / 18 100%

工具 填寫和簽署 注釋

2015 – Our GSM-R Worldwide Market Presence

kapsch

Algeria Romania Ireland
Austria Italy
Bulgaria Lithuania
China Poland
Czech Republic Slovenske železnice
Eurotunnel refer telecom
France SYNERAIL Portugal
Germany DBI NETZE Spain
India SAR vussloh
Saudi Arabia Finland EAU Hungary Turkey
United Kingdom

78 000+ km of tracks awarded and footprint in 23 countries

附件3.pdf - Adobe Reader
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

開啟 11 / 18 100%

工具 填寫和簽署 注釋

2015 – Our R4 Deployments: The Proof of Experience.

kapsch

Austria	LIVE R4	ETCS L2	High Speed
Algeria	R4 in validation	ETCS L2	
Bulgaria	LIVE R4	ETCS L2	
Czech Republic	LIVE R4	ETCS L2	
United Kingdom	LIVE R4	ETCS L2	
Ireland	R4 in validation		
Poland	R4 in validation	ETCS L2	
Germany	R4 in deployment	ETCS L2	High Speed
Lithuania	LIVE R4		
France	R4 in deployment	ETCS L2	High Speed
Saudi Arabia	R4 in deployment	ETCS L2	High Speed
Slovenia	R4 in deployment	ETCS L2	High Speed
Hungary	R4 in deployment	ETCS L2	
Slovakia	R4 in deployment	ETCS L2	

Kapsch CarrierCom
The sole supplier with live & full GSM-R R4 networks, some combined with ETCS L2

附件3.pdf - Adobe Reader
 檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)
 開啟 12 / 18 100% 工具 填寫和簽署 注釋

2015 – Project deployment excerpt : Haramain HSL

kapsch >>>

- A first for the Region : First High speed line of MEA , full ERTMS Level 2 at an operating speed of 350Km/h
- A compilation of extreme and unique challenges :
 - Extreme environmental challenges : Heat, Sea, Humidity, Sand, ..
 - Very high speed
 - Fully ERTMS Level 2
 - Specific context : Haramain environment
 - Extreme level of security as per Transport of Pilgrims
- A complete project : from Construction to Operation & Maintenance during 12 years





المؤسسة العامة للسكك الحديدية
Saudi Railways Organization

indra

附件3.pdf - Adobe Reader
 檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)
 開啟 13 / 18 100% 工具 填寫和簽署 注釋

Our involvement in Industry Group committed to Railways

kapsch >>>



- Commitment to long-term support of GSM-R, 2030+
- Creating global awareness for GSM-R
- Continuing the development of EIRENE standards
- Ensuring interoperable systems for seamless integration - Regular activities to develop/ update GSM-R technology in line with TSI updates

The 9 GSM-R Industry Group members & Key suppliers


GSM-R infrastructure	GSM-R mobile terminals		GSM-R fixed dispatchers
kapsch >>>	kapsch >>>	ALSTOM	FREQUENTIS
Nokia Siemens Networks	SIEMENS	funkwerk	WENZEL ELECTRONIC SYSTEMS
	SIERRA WIRELESS	SELEX ELSAG	

附件3.pdf - Adobe Reader
 檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)
 開啟 14 / 18 105% 工具 填寫和簽署 注釋

GSM-R Technology lifecycle by Industry Group kapsch >>>

GSM-R Industry Group supports GSM-R at least until 2030.

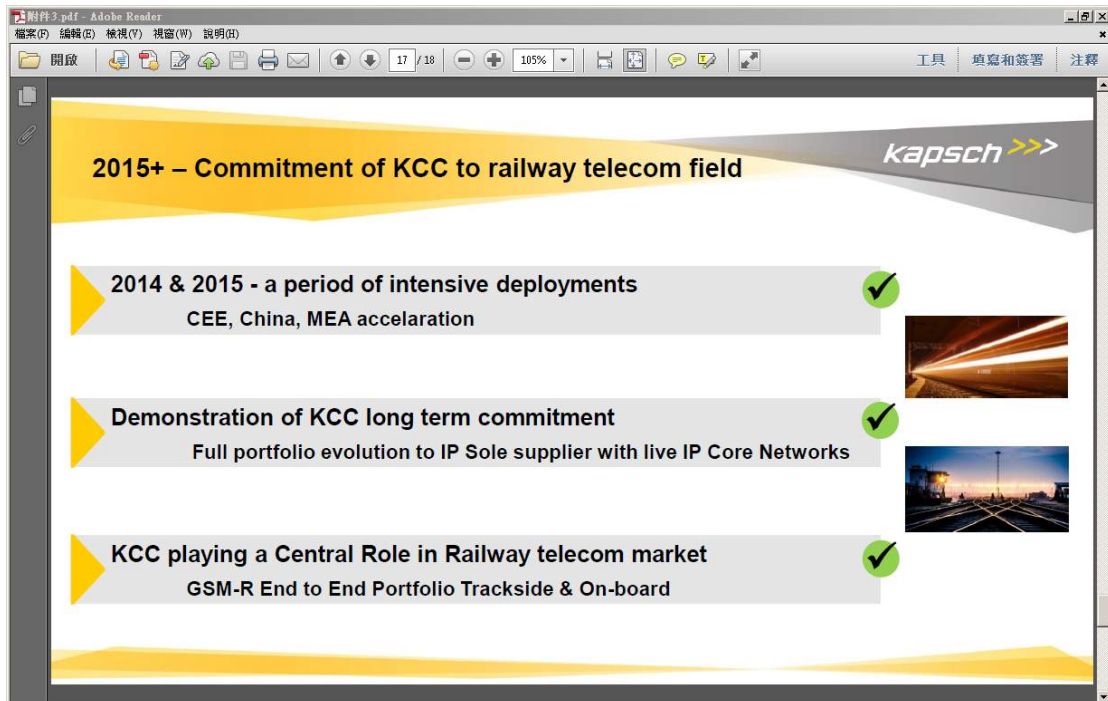
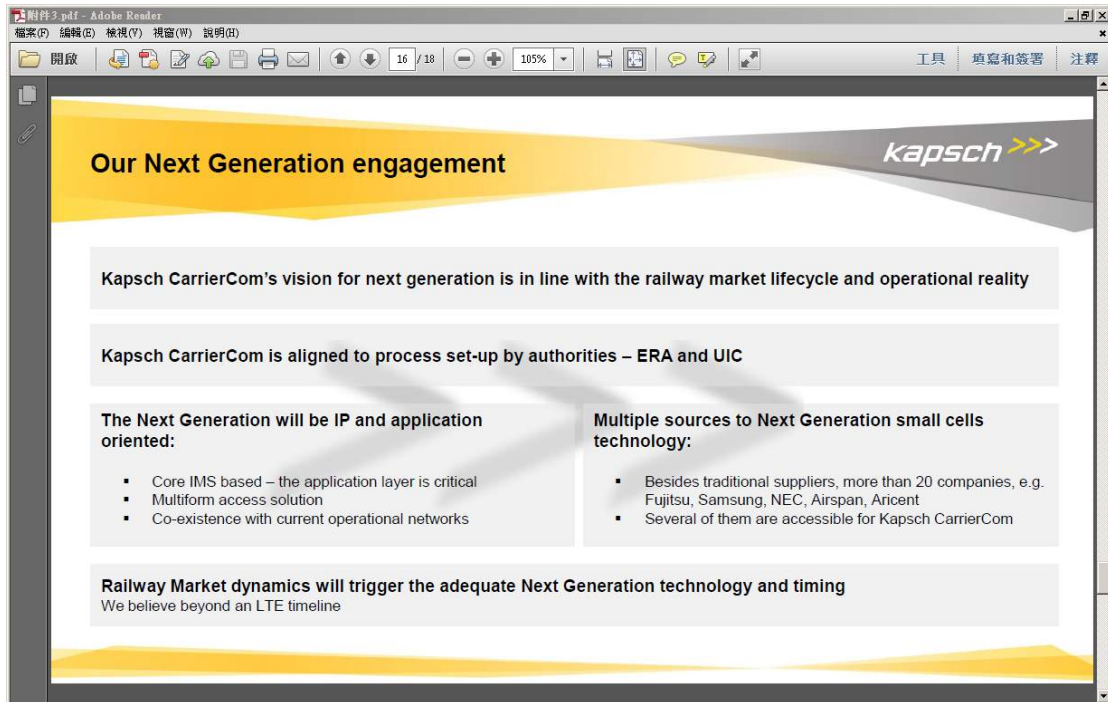
- i On 9 Sept. 2015 this statement was formally issued to UIC, DG Move, ERA and UNISIG.
- i Support at least till 2030 includes
 - Maintenance of GSM-R systems hardware/software
 - Lifecycle management
 - Support of CCS TSI / EIRENE requirements
 - Migration towards IP
 - Mitigation of interferences



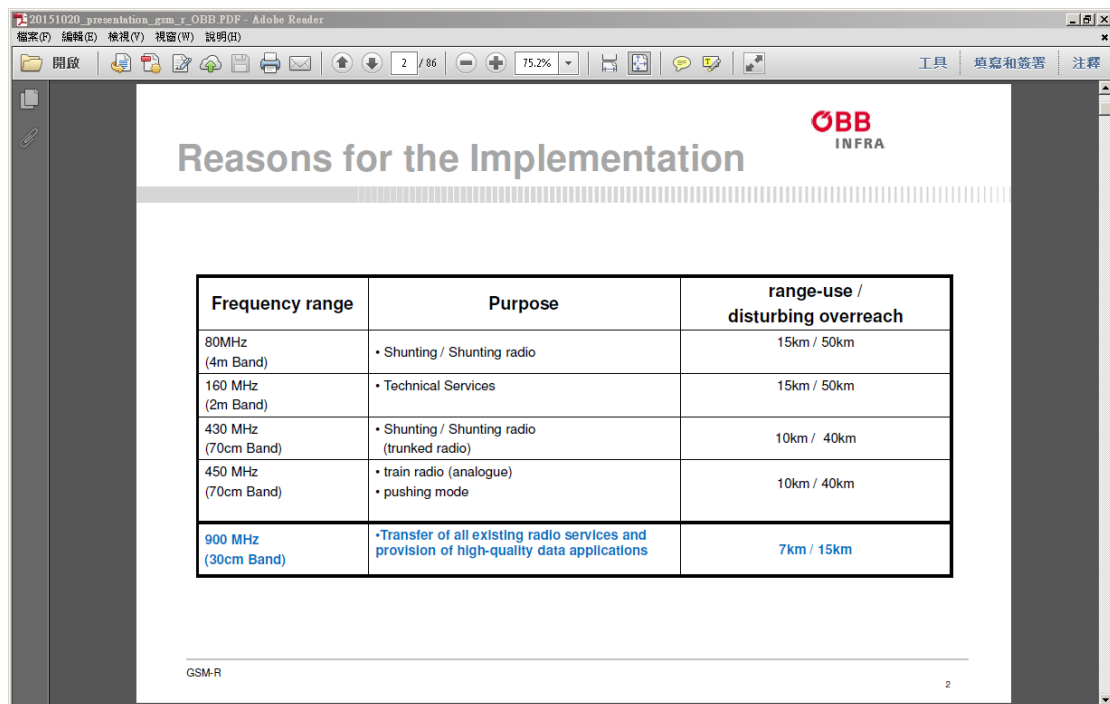
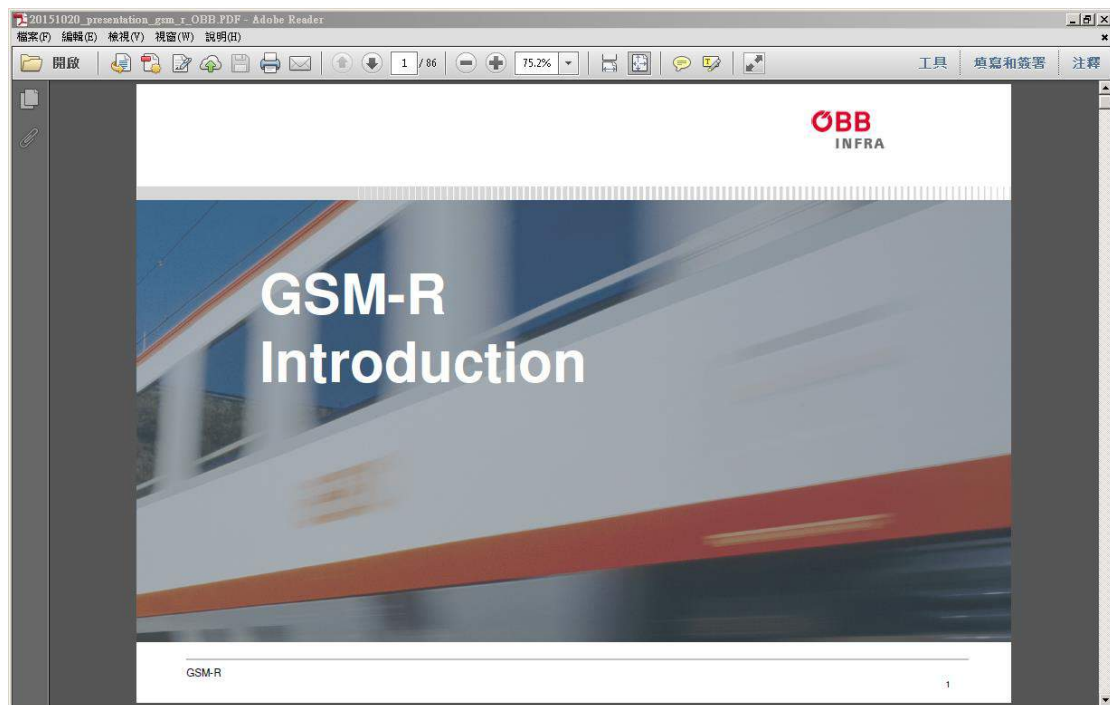
附件3.pdf - Adobe Reader
 檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)
 開啟 15 / 18 105% 工具 填寫和簽署 注釋

Our continued commitment to railways kapsch >>>

- i **Kapsch CarrierCom contributes to the Shift2Rail initiative**
IP 2 Advanced Traffic Management & Control Systems
- i **Kapsch CarrierCom continues to contribute to ETSI TC-RT, 3GPP GERAN, ERTMS Users Group**
Improved radio receivers, SIP Usage for FTS, GPRS requirements for ETCS, SMS for functional addressing, BSS I/O over IP
- i **China Next Generation Committee**
Kapsch is invited by the CRC authority to step in
- i **GSM-R certification according to EU directives (CCS TSI)**
Successfully performed in Poland, Ireland, Hungary
- i **GSM-R compatibility with Nokia**
IOT testing was successfully completed for the latest portfolios



附件四、考察 ÖBB 簡報資料摘錄



20151020_presentation_gsm_r_OBB.PDF - Adobe Reader

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

開啟 75.2%

工具 填寫和簽署 注釋

GSM-R Project scope

ÖBB
INFRA

- Implementation of a Pilot line
- Implementation of GSM-R on the core network
- Replacement of the analogue track to train radio system
- Implementation of international roaming and interconnection
- Realisation of availability like provided in the analogue track to train radio system
- Realisation of QoS like provided in the analogue track to train radio system
- Provision of already existing functionalities
- Provision of additional functionalities as far as possible

GSM-R

4

20151020_presentation_gsm_r_OBB.PDF - Adobe Reader

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

開啟 75.2%

工具 填寫和簽署 注釋

Road Map GSM-R

ÖBB
INFRA

Legend:

- GSM-R sections in use
- GSM-R sections planned
- ETCS L2 sections in use

21.07.2015

Funktechnik/Herunter 9

20151020_presentation_gsm_r_OBB.PDF - Adobe Reader

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

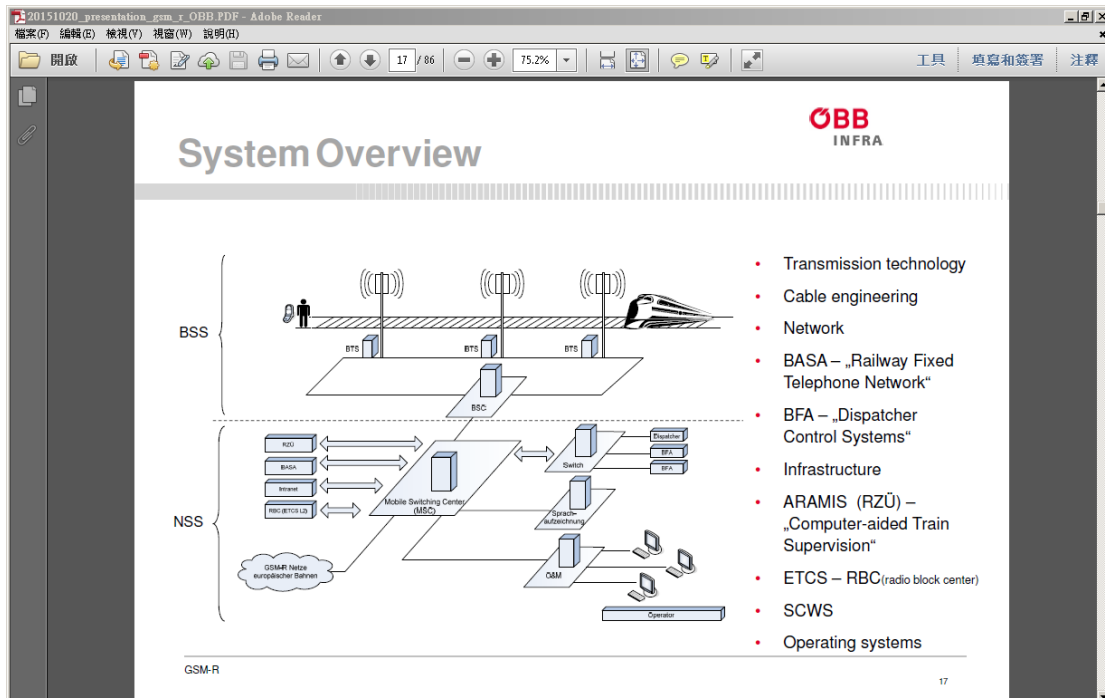
開啟 75.2%

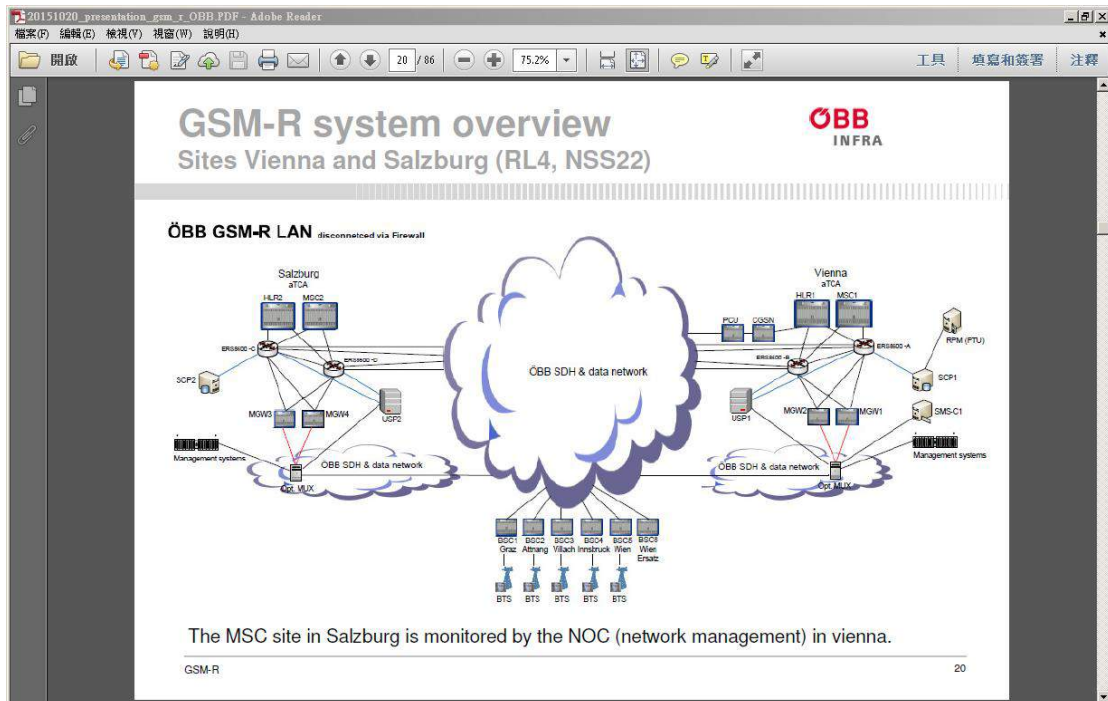
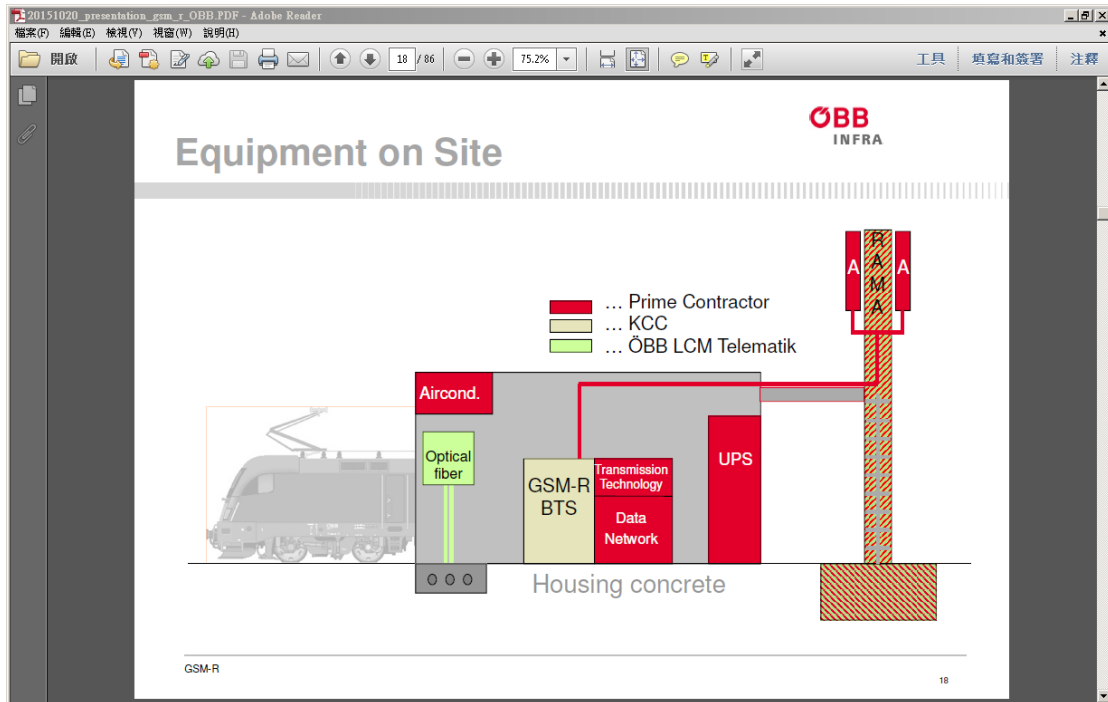
工具 填寫和簽署 注釋

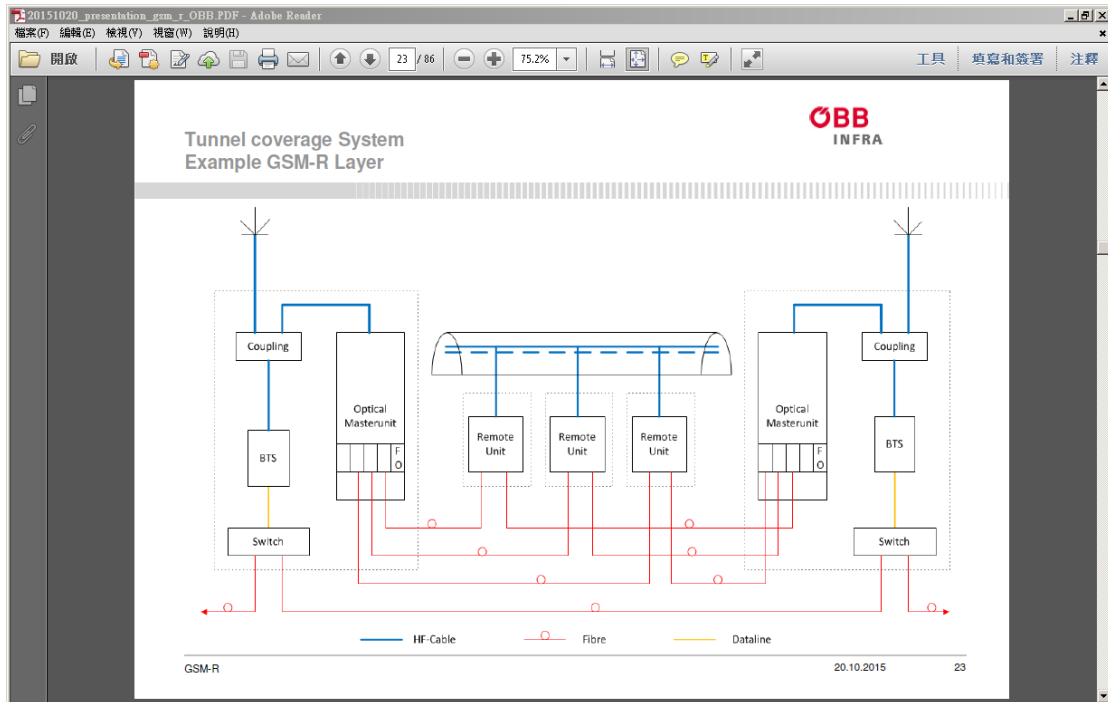
GSM-R Status

Total Railway Network (km)	4.865	
	Voice	ETCS
Network Planned (km)	3.500	~ 300
Network Constructed (km)	~ 3.260	-
Network Ready for Service (km)	-	-
Network in Operation (km)	~3.260	~ 283
Coverage level (95% probability, dBm) related to EIRENE SRS not design (50%) value	-95	-92
Start of Planning	2006	2008
Start of Implementation	2007	2009
Network in Operation	2008	2012
End of Implementation	2021	tbd
End of migration	2021	

GSM-R 12







20151020_presentation_gsm_r_OBB.PDF - Adobe Reader

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 視窗(W) 說明(H)

75.2%

29 / 86

工具 填寫和簽署 注釋

Fixed Dispatcher network concept

Functionality:

- PtP Calls
- REC
- VGCS
- VBS
- SMS

GSM-R 29

20151020_presentation_gsm_r_OBB.PDF - Adobe Reader

ERTMS (European Rail Traffic Management System)

ERTMS consists of two subsystems:

- ETCS (European Train Control System)
- GSM-R

ETCS is a digital radio-based signal and train protection system. Based on ETCS the speed as well as the direction of the train are controlled. The driver is given both the authorization to move and the information equivalent to the signal data on his display inside the cab.

GSM-R

35 / 86

75.2%

35

20151020_presentation_gsm_r_OBB.PDF - Adobe Reader

Maintenance Concept

- maintenance agreement with Kapsch
- clarification of responsibilities
- classification of malfunctions
 - complete breakdown - (critical)
 - serious interferences - (major)
 - minor interferences - (minor)
- distinction of impacts of malfunction
 - NSS
 - BSS
 - OAM

GSM-R

64 / 86

75.2%

64