

# HRC 高铁信息化解决方案

## 摘要

国家“十一五”规划了“四纵四横”铁路快速客运通道，预计到 2014 年我国 250km/h 等级以上高铁里程将达到 2.8 万公里，列车最高时速可达 380km/h。列车速度的大幅提升造成旅客通信质量大幅下降，行车安全问题也难以解决。针对此问题，华为公司认真研究高速移动场景下移动通信特点，提出 HRC (High-Speed Railway Communication) 端到端解决方案，通过系列化关键技术彻底解决高铁车地通信问题，并支持共建共享，大幅降低运营商 CAPEX。

## 1 高铁建设浪潮中的信息化挑战

随着中国经济飞速发展，中国高速铁路建设一日千里，走在世界前列。2009 年底中国铁路营业里程已达到 8.6 万公里，位居世界第二；2012 年，形成“四纵四横”高速铁路快速客运网络和三条城际快铁，共 36 条高速铁路线，总里程达到 1.6 万公里。预计到 2014 年，我国 250km/h 等级以上高铁里程将达到 2.8 万公里。

大规模的高铁建设及建成运营，给人们的生活工作带来便捷的同时也为高铁信息化服务提出了更高的要求：

高铁主要的目标客户是商务出行或者旅游出行，商务旅客需要随时随地与生意伙伴交流和沟通，而旅游出行的乘客对车厢内娱乐服务有着强烈的兴趣，这些需求的满足，将能大大提升高铁的竞争力和品牌价值。

高速运行的列车安全性需求极为突出，迫切需要提供有力的手段能够在地面上对列车的运行状态和车厢内情况进行实施监控。而目前高铁通信现状远远不能满足这些需求。

“在高铁车厢里，经常能听到旅客大声“喊”电话的声音，原来是手机信号若隐若现，难怪通话时断时续。有的旅客在列车高速行驶时无法正常通话，干脆趁列车在中途停站时拨打手机，还提醒亲友：“火车停不了几分钟，车一开信号就弱了，所以说得快点！”而一些旅客携带的笔记本电脑也根本无法运用无线上网功能，就连最先进的 3G 技术也不能上网”。这是高铁旅客对高铁通信的切身感受——基本的语音通话问题都难以解决！

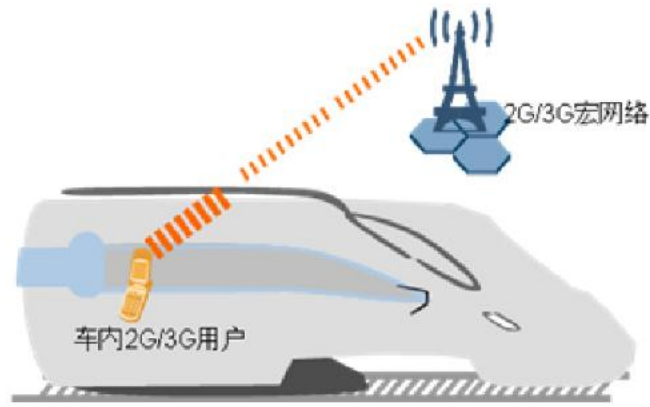
因此，随着列车速度的提高，为车地之间提供稳定、宽带及可靠地通信服务已成为一个亟待解决的问题摆在我们面前。

## 2 高铁通信的难题

究其原因，主要有以下几点：

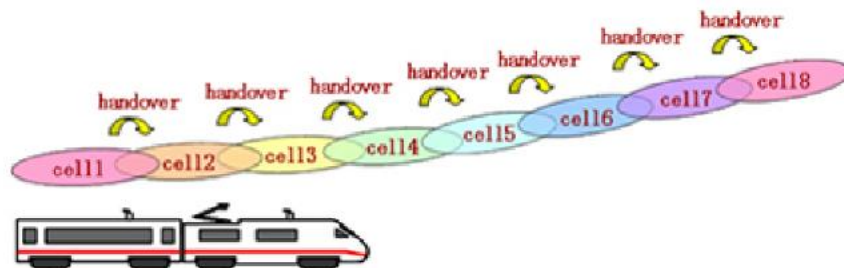
### 1) 车体穿透损耗大

高铁列车采用全封闭式车体结构，且部分车型采用金属镀膜玻璃，车体穿透损耗高达 24dB 以上，为了克服车体穿透损耗，要求室外的信号发射机功率增强，要求更高的基站接收机灵敏度或者要求用户终端 (UE) 的发射信号增强。



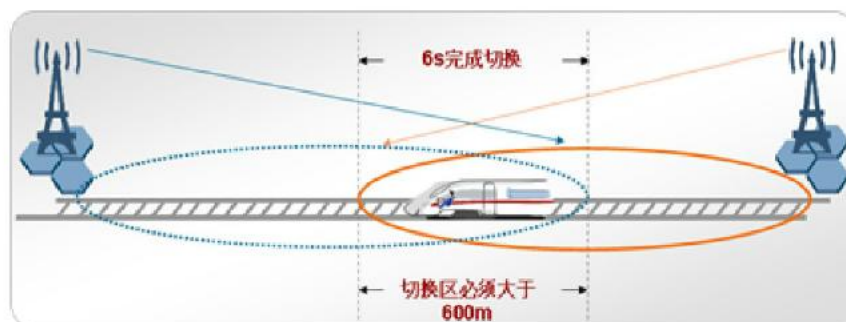
## 2) 高速带来频繁的切换

超过 250 km/h 的时速将使列车内用户在非常短的时间内穿过多个信号小区，容易引起信令风暴，导致掉话。



## 3) 重叠区难以满足切换和重选的需求

手机在不同基站间切换至少需要 6 s，而全速行速的高铁列车通过两个基站切换区时间要经常小于 6 s，手机基本往往无法正常完成切换，易引起掉话。

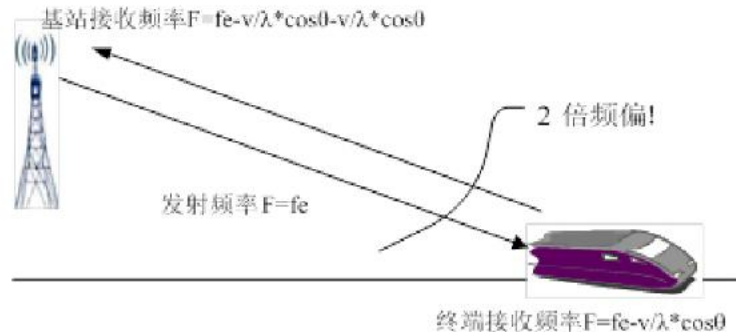


## 4) 高速带来的多普勒效应难以克服

目前移动通信终端的载波频率均采用跟踪下行空口频率机制，运动中，终端会带着 2 倍的瞬时多普勒频偏发射信号；

经过基站时，上下行信号会产生强烈变化；

在切换区域，下行信号多普勒频偏突变；  
由多径引起多普勒扩展，使得接收信号畸变。



### 3 现有网络覆盖方案能解决高铁通信问题吗？

#### 1) 普通公网覆盖高铁难以兼顾普通低速场景及高速场景

普通公网组网不会单独考虑高速场景的覆盖，通常与其他场景合为一体统一地由室外宏蜂窝大网提供覆盖，无法兼顾高铁这种特殊场景（车体损耗大、频繁的小区切换、重叠区的设计、强烈的多普勒频移）的网络覆盖，因此高铁必须使用专网覆盖才可能有较好的覆盖效果。

#### 2) 专网覆盖困难重重

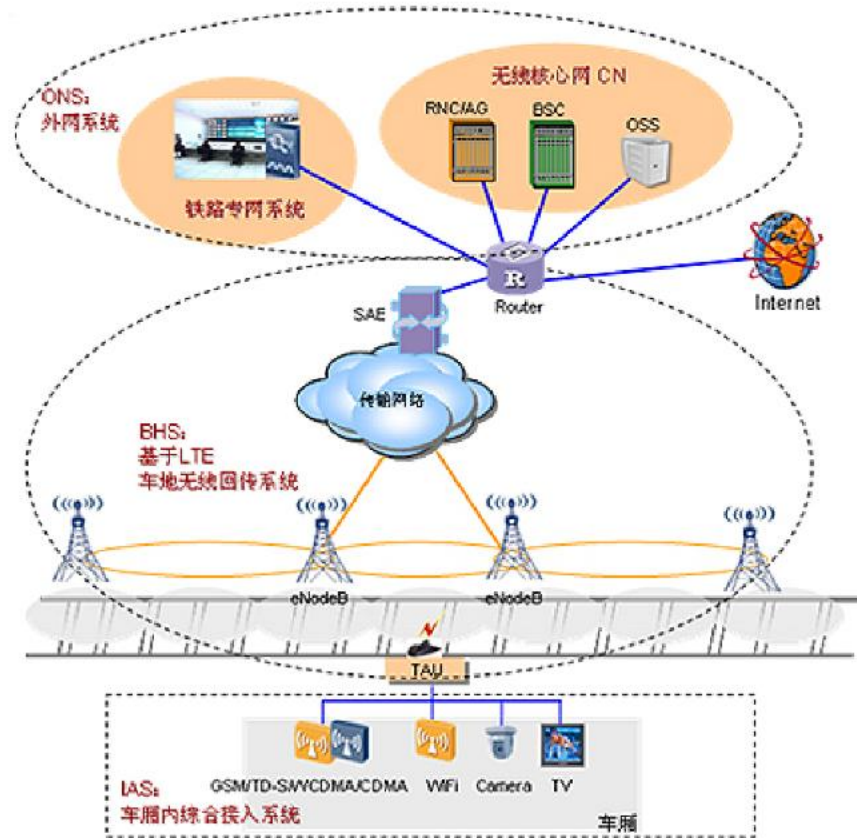
网络规划困难：为了保证高速列车中用户的网络信号接受质量，抵御车厢的穿透损耗，基站间距需要尽可能缩短；而另一方面，为满足切换的需要以及减少切换及小区重选的次数，基站间又要保持尽量长的距离，进退两难。

群切换和多普勒频移问题仍然无法解决：车厢内用户仍然通过车厢外基站接入，车厢外密集的专网覆盖导致了更为严重的群切换问题；同时，旅客终端无法应用先进的算法以应对复杂多普勒频移场景。

巨额的经济成本是运营商不能承受之重：使用专网覆盖，为保证覆盖质量，2G 网络站间距一般 1~1.5km，3G 网络一般为 500~800m。2014 年中国将建设造成的高铁 2.8 万公里，据此计算，完全使用专网覆盖高铁，三家运营商六张网(每家运营商 2G、3G 网络各一张)总共需要 20~25 万台基站，而具有全球最大 GSM 网络的中国移动的基站总数也不过 40 万台，随着后续高铁的继续建设，所需基站数量还将持续攀升。

### 4 高铁宽带通信不是梦—HRC 端到端解决方案

为了经济、高效的解决高铁通信问题，华为公司基于业界最为先进的 LTE 技术，为高铁量身定做了 HRC 端到端解决方案。



### 1) HRC 的基本构成

HRC 端到端系统主要由 IAS, BHS, ONS 三个子系统构成, 各个系统的功能如下:

a) IAS (Inside Access System) 车内接入系统: 主要由车厢内综合接入系统组成, 车厢内综合接入系统整合了多制式基站、视频监控, 电视转播, Wifi 及宽带接入功能, 能够支持 GSM/EDGE/TD-SCDMA/LTE/Wi-Fi 等各种无线接入方式和提供车厢内各种信息化服务功能。

b) BHS (Backhaul System) 回传系统: 主要由 HRC 车载台 TAU (Train Access Unit) 和 HRC 基站及 SAE 构成, 完成车地之间的无线高速宽带回传。车载基站的 Abis, Iub 口数据通过此 BHS 系统与地面的控制器系统建立双向高速宽带连接, 此外, BHS 还为行车安全及其它旅客信息化服务提供车地间的宽带接入功能。

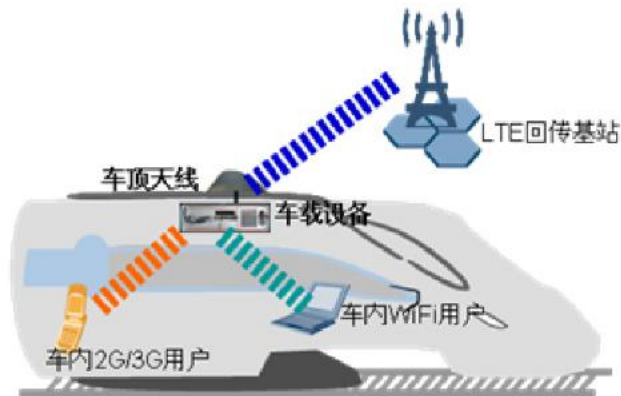
c) ONS (Outside Network System) 外网处理系统: 包括各接入制式的基站控制器、计费, 网管以及铁路地面客服系统; 通过该系统可完成对整个 HRC 系统的管理、运营和监控。

通过 HRC 系统提供高铁覆盖, 路轨旁由普通专网覆盖的 6 张网络减少到一套 HRC 基站, 各运营商通过车厢内的综合接入系统提供车厢内的接入服务, 共建共享, 大幅节省 CAPEX。

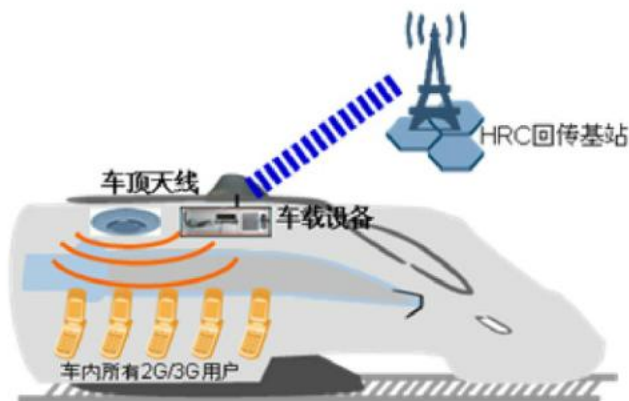
### 2) HRC 针对高铁覆盖特点, 应用系列化关键技术, 彻底解决高铁信息化难题

克服车体损耗: 车地回传使用目前业界最先进的 LTE 技术, HRC 车载台天线部署在车厢外顶端; 在车厢内, 车载台汇聚、分发车载 2G/3G 基站设备的 Abis, Iub 接口数据; 高铁旅客通过车厢内综合接入设备接入 2G/3G

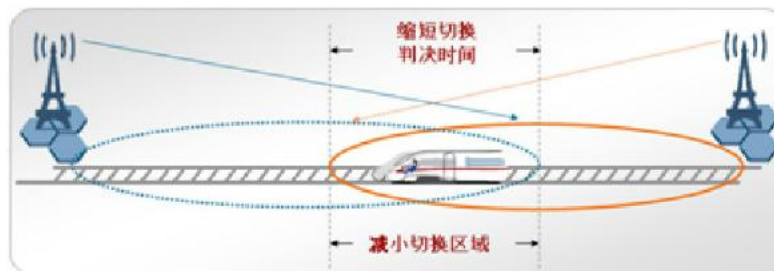
网络，无车体损耗问题。



消除频繁的群切换问题：高铁旅客进入车厢后，即通过车厢内 2G/3G 网络接入，在列车运行过程中，2G/3G 没有小区间切换问题，更不存在群移动导致的信令风暴问题。

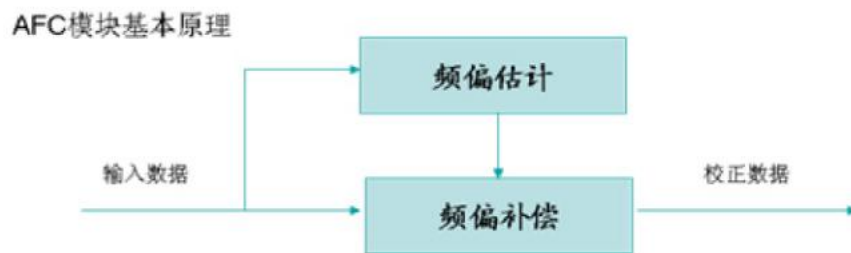


解决重叠区对切换和重选的需求：LTE 扁平化的网络架构和精简的信令流程，保证切换可在几百毫秒内完成，远小于 GSM 的 5~6S，大大降低切换区设计难度。



克服多普勒效应：应用了经 430Km/h 磁悬浮验证的华为特有的 F-AFC 算法、快速切换算法，消除高速对列车

的多普勒效应。



F-AFC 功能通过频偏估计模块估计频偏，将估计出的频偏对输入的数据进行频偏补偿，达到纠正多普勒频偏的效果。对于 HRC 车载台 TAU 来说，其基于华为第四代基站平台开发，更易于应用更先进的频偏纠正算法。

通过 F-AFC 功能纠偏后的系统的高阶解调能力大幅提升，接近无多普勒频移的解调能力。

HRC 系统通系列化关键技术的应用，能为运行在 350km/h~500km/h 的列车提供稳定的 30Mbps 以上的接入速率，峰值可达 70Mbps，同时，还能为各类车载业务提供完善的端到端 QoS 保证，从此高速列车信息孤岛的时代一去不复返。

3) HRC 为高铁列车带来丰富的业务体验

### 贴地的飞行速度，普通宏网络的接入体验

乘客通过车厢内的综合接入终端接入 2G/3G 网络，HRC 网络为车厢内用户屏蔽一切高速问题，乘客在飞驰的高铁车厢内享受“贴地的飞行速度，普通宏网络的接入体验”。

### 保护高铁列车的安全运行

综合接入设备提供车厢内实时监控功能，处于高铁监控大厅中的工作人员，可实时监控任何一列运行高铁列车中任何一节车厢内人员的一举一动，将一切安全隐患防患于未然。

HRC 系统还可为 GSM-R 提供高可靠性的传输备份通道，在路轨 GSM-R 系统故障时，车内仍然可正常开展 GSM-R 相关业务。

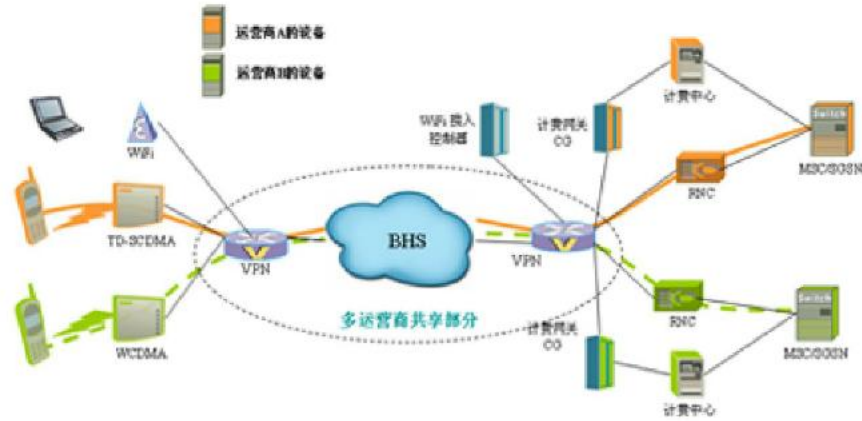
### 丰富的业务体验

HRC 系统通过部署在车厢内的综合接入设备，提供 Wifi 上网，实时电视等功能，让高铁的旅行高效又充满乐趣。

HRC 系统不但解决了高铁旅客的基本的语音通话问题，还为高铁运行的安全性提供的有力保障，同时提供丰富的业务体验，提升高铁品牌价值。

4) 共建共享，为运营商节省巨额投资

当前高铁专网覆盖方案都面临着相同问题：不同的轨旁系统相应的需要建设不同的覆盖设备，不同运营商的无线系统不能共建共享。HRC 系统节省路轨机房、铁塔和传输资源等建设费用的支出。



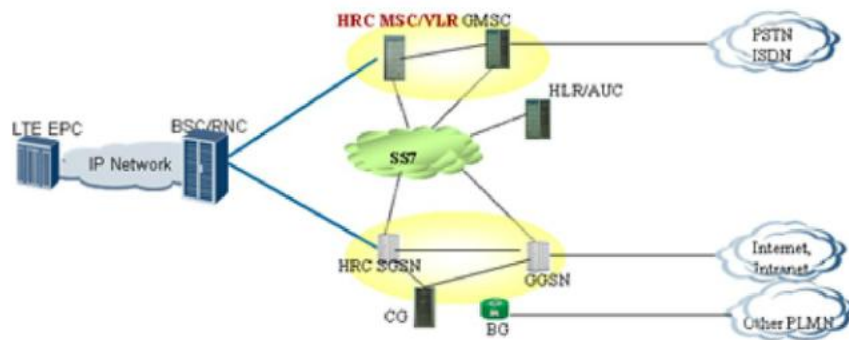
路轨沿线只需部署一套 HRC 网络，提供车地间无线回传通路  
 各运营商通过租用不同的 VPN 通道来解决 Abis 口和 Iub 口的传输问题  
 车厢内用户不会感知高速移动，具有和传统宏网络相同的业务体验  
 车到地的 HRC 网络可作为铁路系统的专网系统，也可由运营商承建

### 5) 灵活的运营管理

HRC 系统具有独立的带宽控制及多种计费功能，便于各类业务的可运营、可管理。

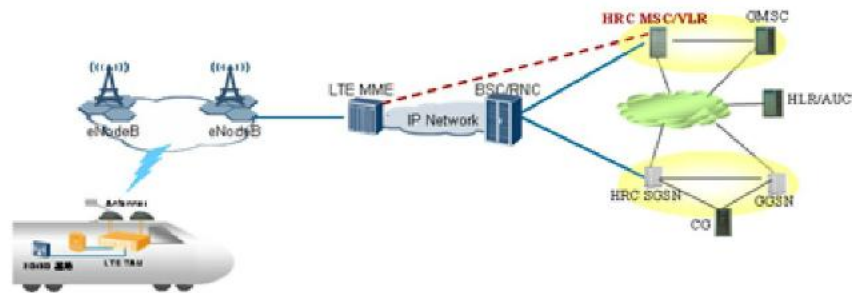
### 高铁独立计费模式

用户从宏网络到高铁列车上定义为漫游，用户在高铁列车上的 CS 和 PS 业务按照独立统一费率进行计费。



### 基于行政位置区的计费模式

符合现有用户使用习惯，不感知网络的变化，符合用户习惯。



多种计费功能和灵活带宽管理功能有助于运营商灵活的在车厢内开展各类业务。

#### 6) 符合 GSM-R 向 LTE-R 的演进方向

目前国际铁路联盟（UIC）已经着手讨论 GSM-R 的演进，并且确定了 GSM 体制向 LTE 过渡的基本演进策略和步骤。基于 LTE 开发的 HRC 高铁宽带无线通信系统天然地具备承载 GSM-R 业务的能力，符合 GSM-R 向 LTE-R 的演进方向。

### 5 HRC 系统展望

HRC 系统为高铁提供了端到端的信息化解决方案，通过此系统，不但能彻底解决高铁旅客的语音通信问题，而且有助于提升行车安全性，满足旅客的多种信息化服务需求，提升高铁品牌价值。

更为重要的是，HRC 系统设计从一开始就融入了共建共享的思想，在提供各种信息化服务的同时，通过精心设计的网络架构，大幅降低了运营商的建网成本，是运营商解决目前高铁覆盖问题的极佳选择。

基于 HRC 的良好的架构设计和优异的性能，HRC 系统还可为民航飞机、城市轨道交通等高速交通工具提供信息化服务，为立体交通运营提供全方位专网通信保障。