



西南交通大学
Southwest Jiaotong University

高铁GSM-R系统及其技术演进

GSM-R System and the Long Term Evolution

方旭明 教授

九里校区地址：四川省成都市二环路北一段111号 邮编：610031

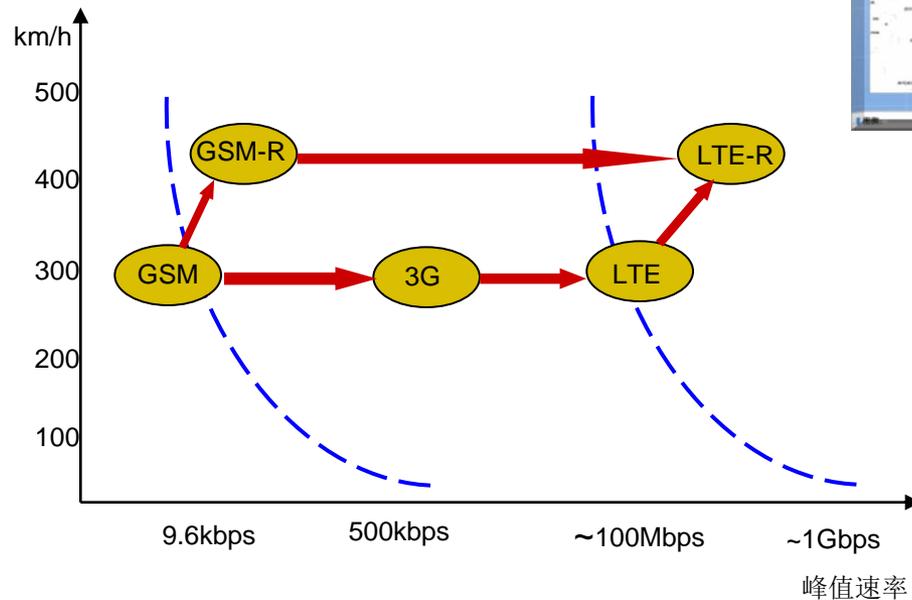
主要内容

- ◆ 高速铁路无线通信系统概况
- ◆ GSM-R系统概述
- ◆ GSM-R系统的业务
- ◆ GSM-R系统结构与功能
- ◆ GPRS系统的应用
- ◆ LTE-R -- GSM-R系统的长期演进

高速铁路无线通信系统概况

中国高铁的发展

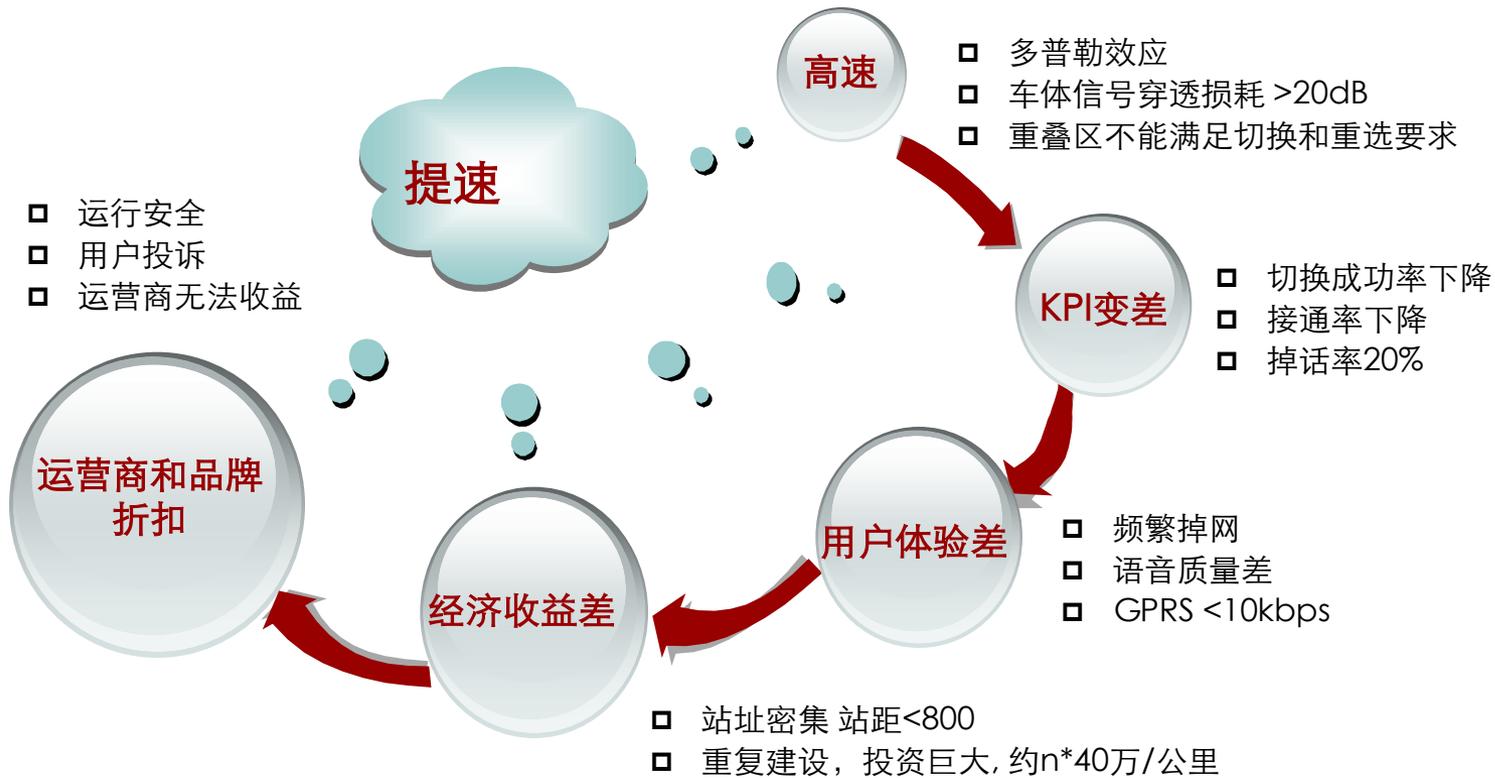
- 《综合交通网中长期发展规划》：到2020年，我国铁路运营里程达到12万公里，高速铁路总规模达1.8万公里。现高铁已超7千公里
- 高铁对中国经济格局将会产生深远影响



信息化的铁路建设

- GSM-R是高铁通信系统的关键技术之一
- 国际铁路联盟组织(UIC)宣布LTE-R (LTE for Railway)作为GSM-R下一代演进技术
- LTE将会成为构建信息化铁路建设的必选技术

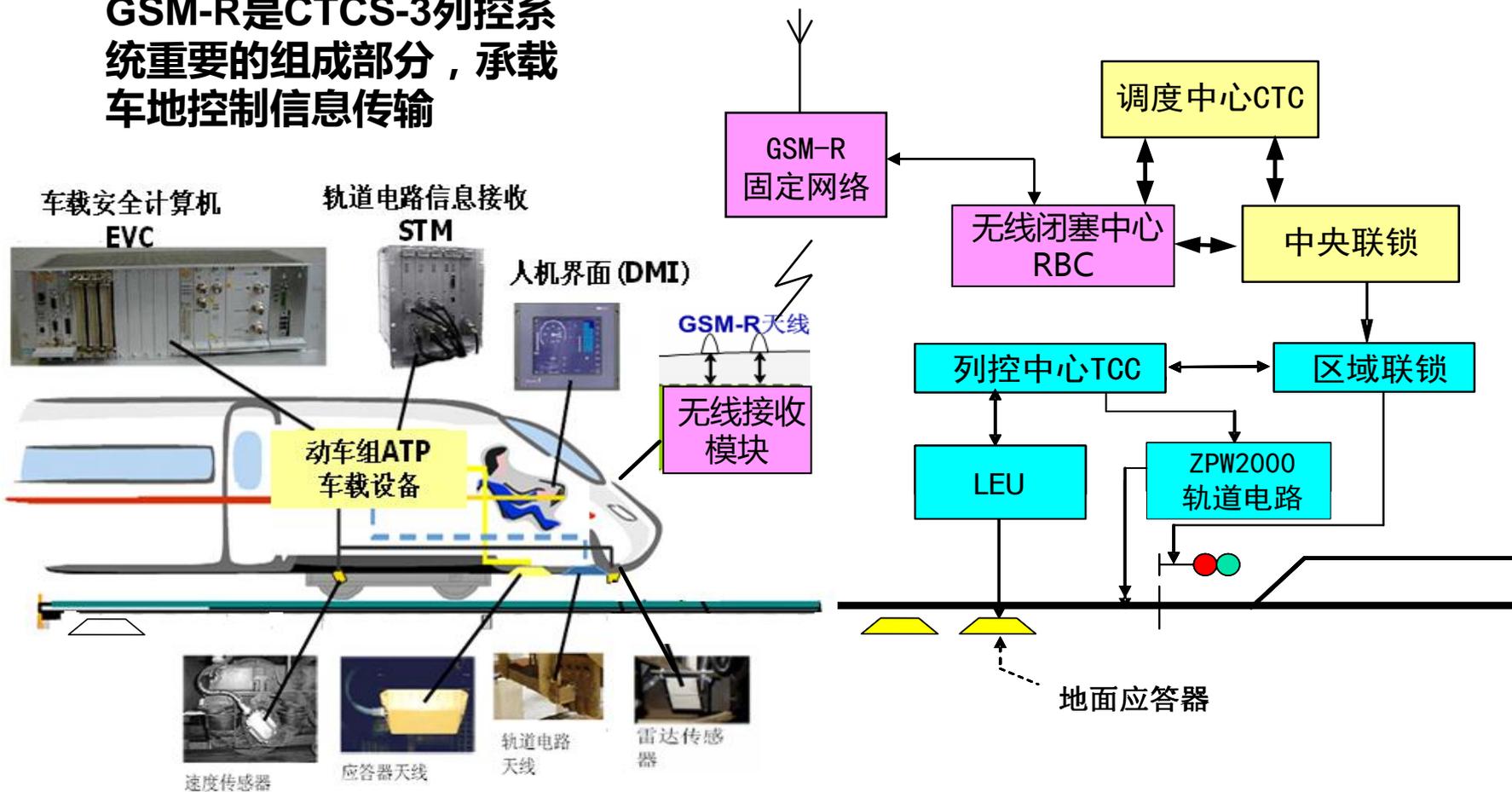
高速铁路无线通信系统概况



如何解决高移动性带来的无线通信系统的性能下降, 提供一种创新的, 经济的, 优良性能的高移动宽带通信技术是目前和未来的一项重要挑战。

高速铁路无线通信系统概况

高铁关键技术之一：
GSM-R是CTCS-3列控系统重要的组成部分，承载车地控制信息传输



GSM-R系统概述

基本业务：ASCI

1993年，为满足铁路需求，ETSI在GSM Phase 2+标准中引入了ASCI为GSM-R系统提供基本业务，包括：

优先级业务(eMLPP)

语音广播呼叫业务(VBS)

语音组呼业务(VGCS)

规范：EIRENE

该规范规定的GSM-R特性包括：

功能寻址

功能号表示

基于位置路由

接入矩阵

铁路紧急呼叫

系统平台：GSM

ASCI: 先进语音呼叫功能
EIRENE: 欧洲综合铁路无线增强网络

GSM-R = GSM + ASCI + EIRENE

- GSM-R即GSM for Railways，专门为满足铁路应用而开发的数字移动通信系统，主要负责在车地之间传送列控信息。

GSM-R建设的必要性

● 综合统一的平台

- GSM-R之前，不同的应用场景，如调车、维护、列控等，都采用不同的通信系统，这种通信模式给各通信系统的维护、互通带来了巨大障碍
- GSM-R统一了通信系统平台，解决了维护、互通问题，提高了铁路运输安全性

● 国际互连互通

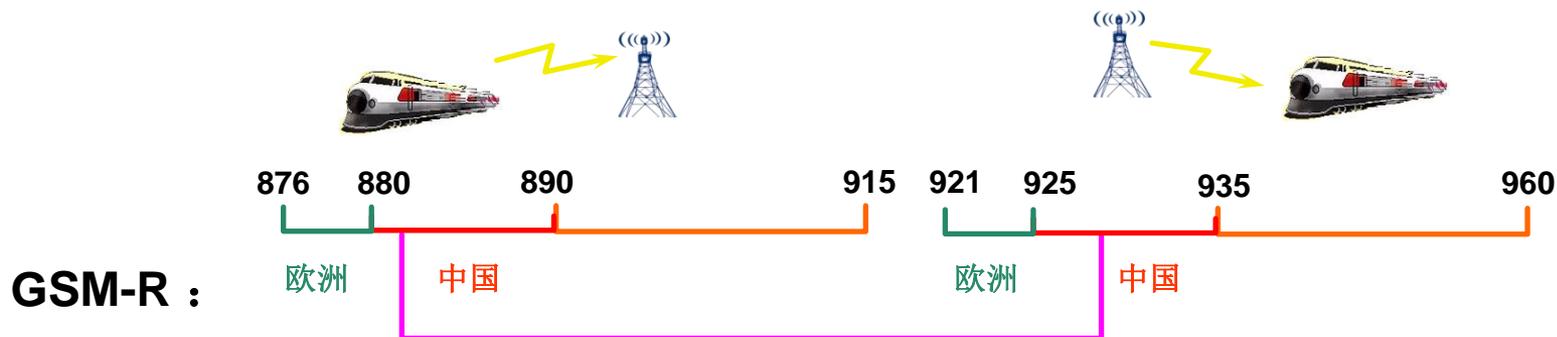
- 各国之间均采用统一的铁路通信平台GSM-R，为国际互连互通提供了可能，也为系统控制和用户操作等提供了方便

● 全球范围内的广泛应用

- GSM-R是ETCS、CTCS-3目前列控数据承载平台

GSM-R系统频率资源

- GSM-R系统采用了FDMA、TDMA混合方式
- 欧洲GSM-R频率：采用R-GSM前4M频段876-880MHz
- 中国GSM-R频率：采用E-GSM中的4M频段885-889MHz，同时这段频率和中国移动共同使用，铁路沿线2 - 6公里范围内由中国铁路使用，铁路沿线2 - 6公里范围以外由中国移动使用

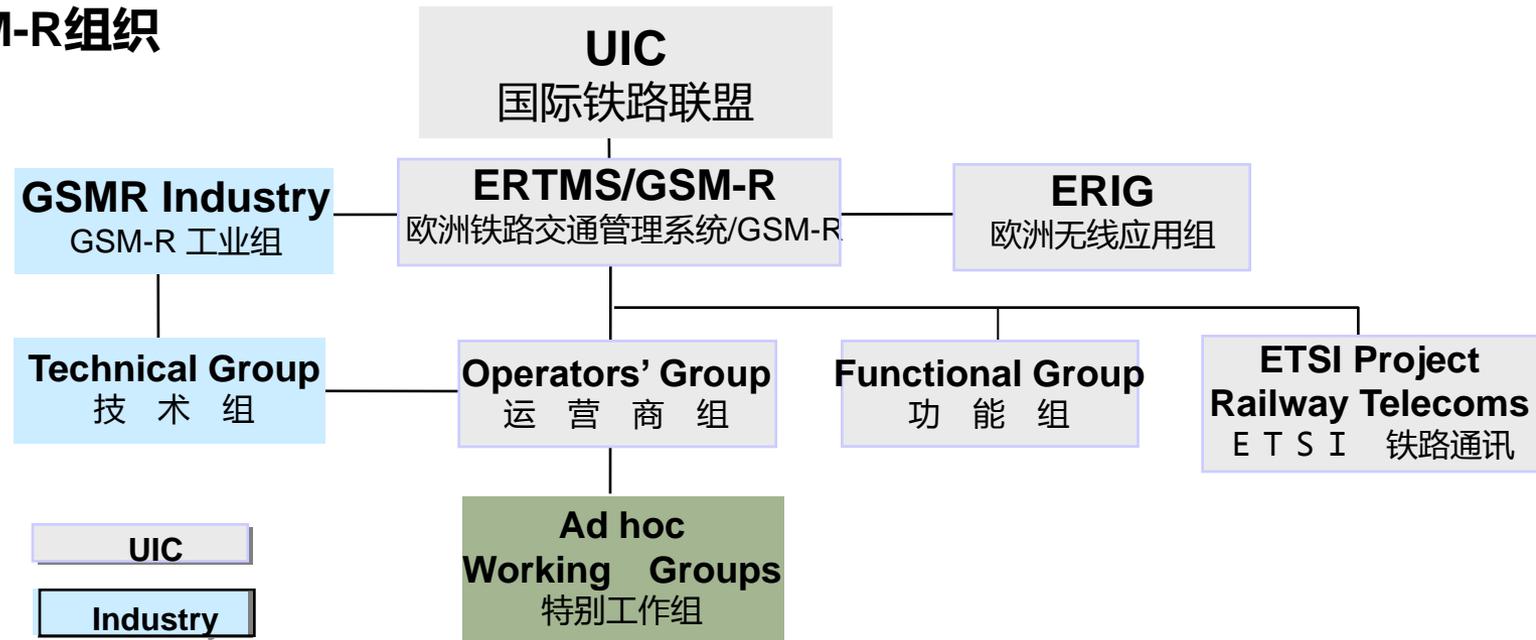


双工距离：45 MHz

信道间隔：200kHz

GSM-R标准组织与规范：欧洲

GSM-R组织



GSM-R规范

- ETSI: European Telecommunications Standard Institute, 欧洲电信标准化协会
- 功能规范: EIRENE, Functional Requirements Specification V7.0
- 系统规范: EIRENE, System Requirements Specification V15.0
- 测试规范: MORANE, Mobile radio for Railway Networks in Europe

GSM-R标准：中国

● 中国铁路GSM-R标准制定—中国特色

- 中国铁路运输指挥作业方式、移动通信业务需求部分情况不同于欧洲，需要在欧洲规范的基础上制定中国标准
- 为网络规划、建设和运维管理提供技术依据，确保网络完整、统一和安全可靠，提高服务质量、合理地利用频谱、码号等资源
- 为各厂家平等接入提供可循的技术依据，为网络设备质量认证和监督提供依据

● 中国铁路技术标准和规范，共40项

- 综合类：《GSM-R数字移动通信名词术语》1项
- 系统类：《GSM-R数字移动通信网技术体制》5项
- 工程类：《GSM-R数字移动通信系统工程设计规范》4项
- 设备类：《GSM-R数字移动通信网设备技术规范》6项
- 应用业务类：《GSM-R数字移动通信应用技术条件》9项
- 设备测试类：《GSM-R数字移动通信网设备测试规范》6项
- 接口技术要求及测试类：《GSM-R数字移动通信网接口技术要求及测试规范》9项

GSM-R与GSM的关系

	GSM	GSM-R
运营商的不同	Vodafone , 中国移动等	到2004年4月, 已经有32条欧洲铁路选择了GSM-R, 目前, 在全球范围内, GSM-R的商业活动已在几十个国家展开, 包括中国铁道部等
用户的不同	普通人	仅机车控制人员(调度员、列车员、机车司机等)
运营方式的不同	盈利为主	非盈利, 主要考虑可靠性、安全性及整个铁路的运营效率
终端的不同	普通手机	特别定制手机
频段的的不同	中国: 885-889M 欧洲: 876-880M	876-880MHz 885-889MHz

GSM-R系统的业务

语音类应用

列车调度通信
编组站调车通信
货运调度通信
牵引变电调度通信
施工养护通信
站场调度通信
道口调度通信
应急语音通信

数据类应用

列车控制
多机车牵引
调车机车信号和监控信息传送
调度命令传送、车次号传送
列尾信息传送
旅客信息服务

GSM-R
应用

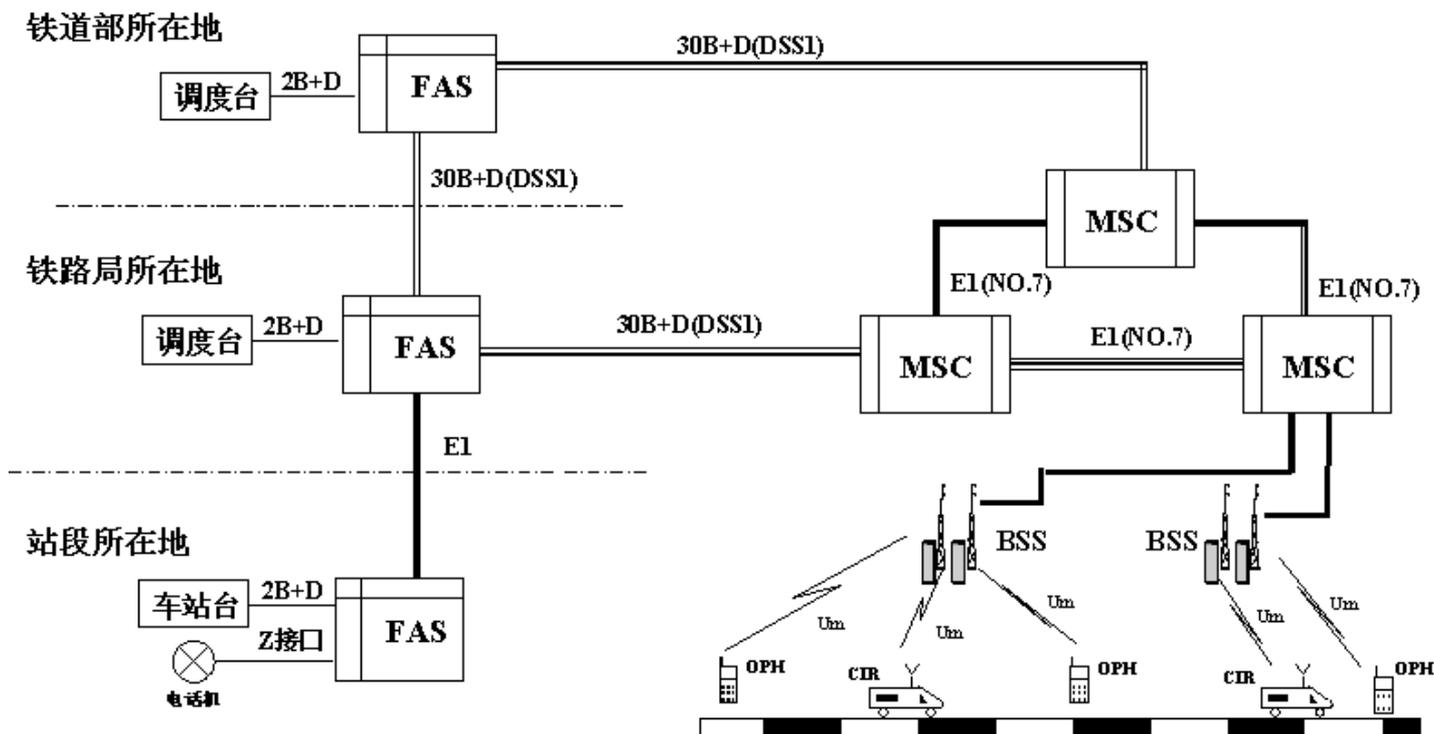
功能寻址 功能号码显示 接入矩阵 位置寻址 铁路紧急呼叫

优先级eMLPP 广播VBS 组呼VGCS CSD GPRS

标准GSM业务

GSM-R
基本业务

GSM-R系统的用户



主要用户

- 列调：调度员、车站值班员、助理值班员、机车司机、运转车长、机务调度、巡道人员、道口等
- 货调：货运调度员、中间站货运室值班员、货运员、其他人员
- 电调：调度员、变电所值班员、车站值班员、接触网工区值班员、开闭所值班员等
- 站场：站场集中电话、驼峰调车电话、平面调车电话、货运电话、列检电话、车号电话、商检电话等
-

语音类业务：组呼VGCS

- **组呼定义**

- 一定区域范围内，多个用户点对多点的半双工语音通信

- **组呼特点**

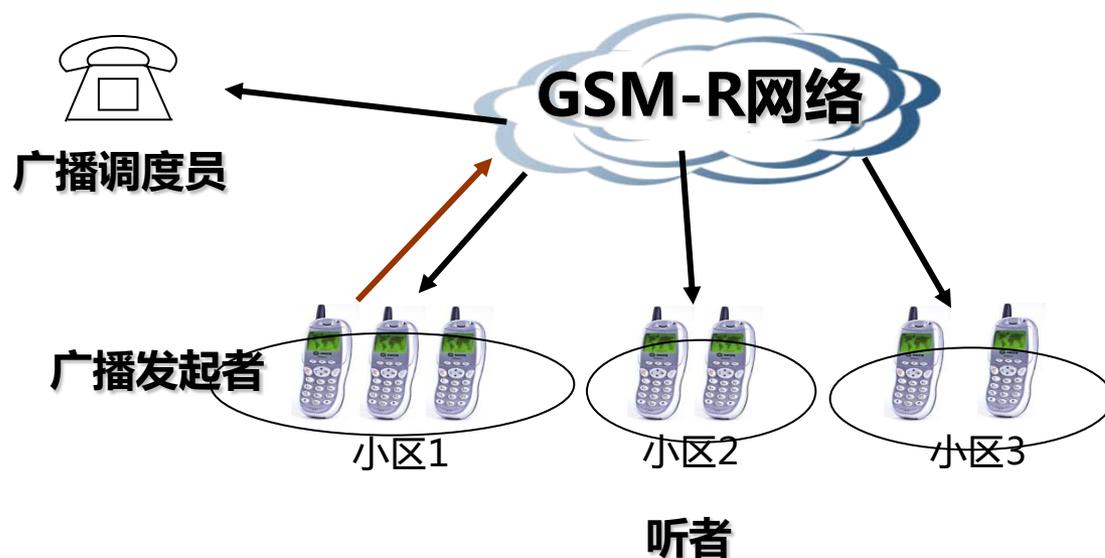
- 同一个小区内所有组成员共享一个组呼信道
- 一个用户可以同时接入多个组呼，并且可选择在多个组呼中切换
- 组呼通信采用下行共享，上行竞争的机制，同时只能有一个组成员说话
- 调度员在组呼中以双工方式加入通话，可以随时说话

- **单信道发起组呼**

- 组呼发起时，小区组呼发起者和所有组成员共用一个组呼信道

语音类业务：广播呼VBS

- 广播定义
 - 一定区域内多个用户点对多点的单工语音通信
- 广播要素
 - 广播发起者，听者，调度员，广播区域
- 广播特点
 - 同一个小区所有广播用户共享一个信道
 - 只有广播发起者可以说话，其他任何成员只能作为听者，包括调度员在内



语音类业务：增强多级优先和抢占业务 eMLPP

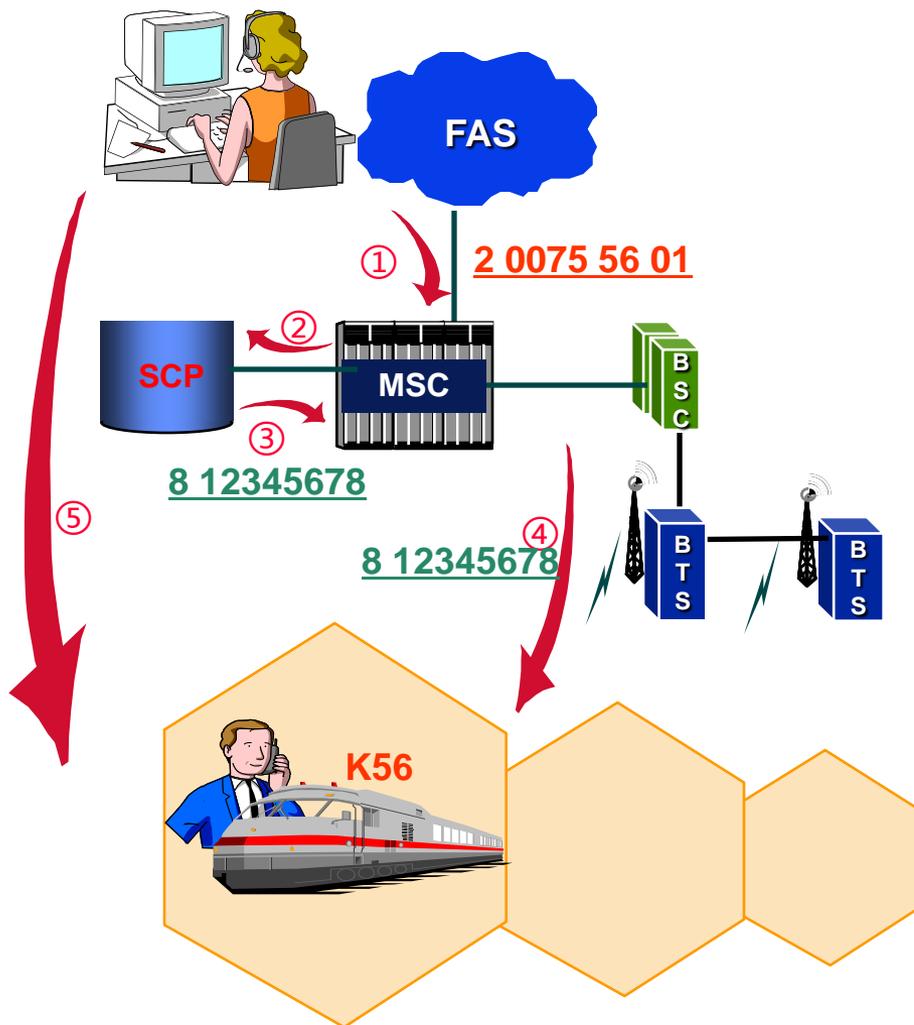
- **eMLPP优先级分配原则**
 - eMLPP优先级共分为7级：从高到低依次为A、B、0、1、2、3、4，其中A、B两级为网络预留，不给用户使用
- **eMLPP优先级签约**
 - 用户优先级通过网络签约
 - 用户发起呼叫时可自己选择优先级发起呼叫，但是不能超过网络签约的最高优先级
 - 组呼优先级统一以网络配置优先级为准
- **呼叫强占**
 - 在低优先级用户通话过程中，高优先级呼叫可强占低优先级呼叫的用户
- **资源强占**
 - 在系统资源(包括无线资源，中继资源)不足时，高优先级呼叫强占低优先级呼叫的资源

铁路基本业务：功能寻址

- 功能号码用来表示一个工作岗位而不是一个用户的用户号码。例如，当前在岗的人员通过将自己的MSISDN登记到该功能号码上，建立起功能号码和真实用户之间的绑定。调度台通过呼叫功能号码对当前在岗的真实用户进行调度和指挥。
- 例如，列车K56在运行过程中机车可能会更换，在机车更换过程中需要注册或注销列车司机功能号对应的机车司机MSISDN号码，以便可以依据列车K56司机功能号码呼叫到正在为列车K56服务的机车司机。假设K56次列车的司机的功能号码是2-0075 56-01，其它用户只要拨打2-007556-01，无论现在K56次列车的司机是谁，他的MSISDN是什么，都可以呼叫到K56列车的司机。（K的ASCII码：75）

铁路基本业务：功能寻址

调度台



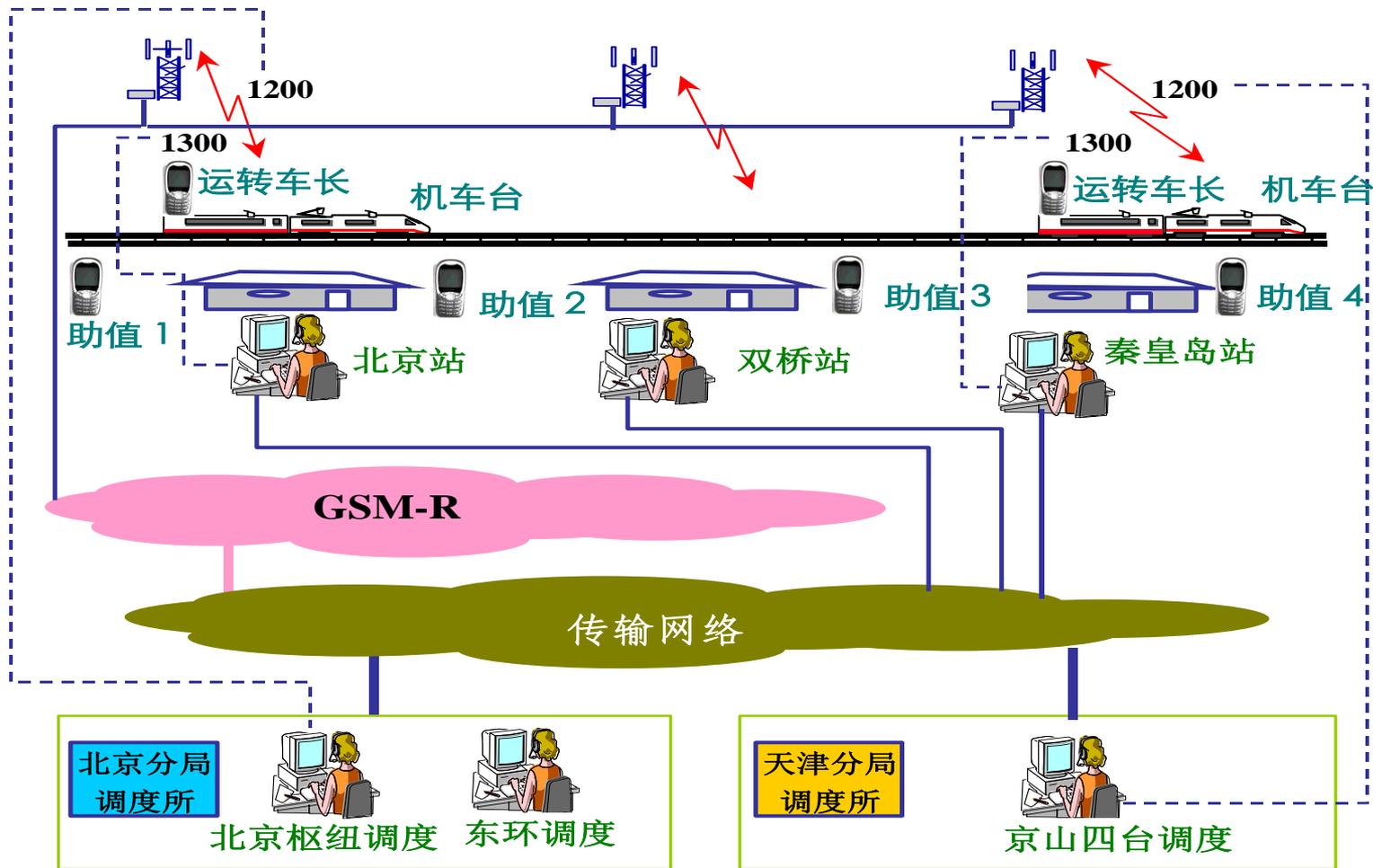
具体实现过程

1. 调度员以车次号功能号呼叫K56次司机，发起呼叫号码为200755601的呼叫
2. MSC将号码200755601发给SCP进行分析
3. SCP对200755601分析后将K56次机车综合无线通信设备的MSISDN号码发给MSC
4. MSC以MSISDN号码发起针对K56次司机的呼叫
5. 调度员与K56次机车司机进行通话
6. 也可用机车号功能号呼叫K56次司机(牵引机车为SS8-00055：号码为32120005501)

铁路基本业务：基于位置路由

- 由于铁路线一般都比较长，调度员对于铁路调度指挥都是分段管理。这样对运行中的列车司机造成一定的困难：司机往往不清楚自己在哪个调度区段中，因此出现了紧急情况不知道该和哪个调度员进行通信联系。
- **基于位置的路由业务解决方案**：在整个铁路系统中，给调度员统一分配一个短号码，如1300。司机无论在铁路的哪个区域，都只要拨打1300就可以呼叫到当前区域的调度员，而不需知道自己在哪里、调度员的真正个人号码。

铁路基本业务：基于位置路由

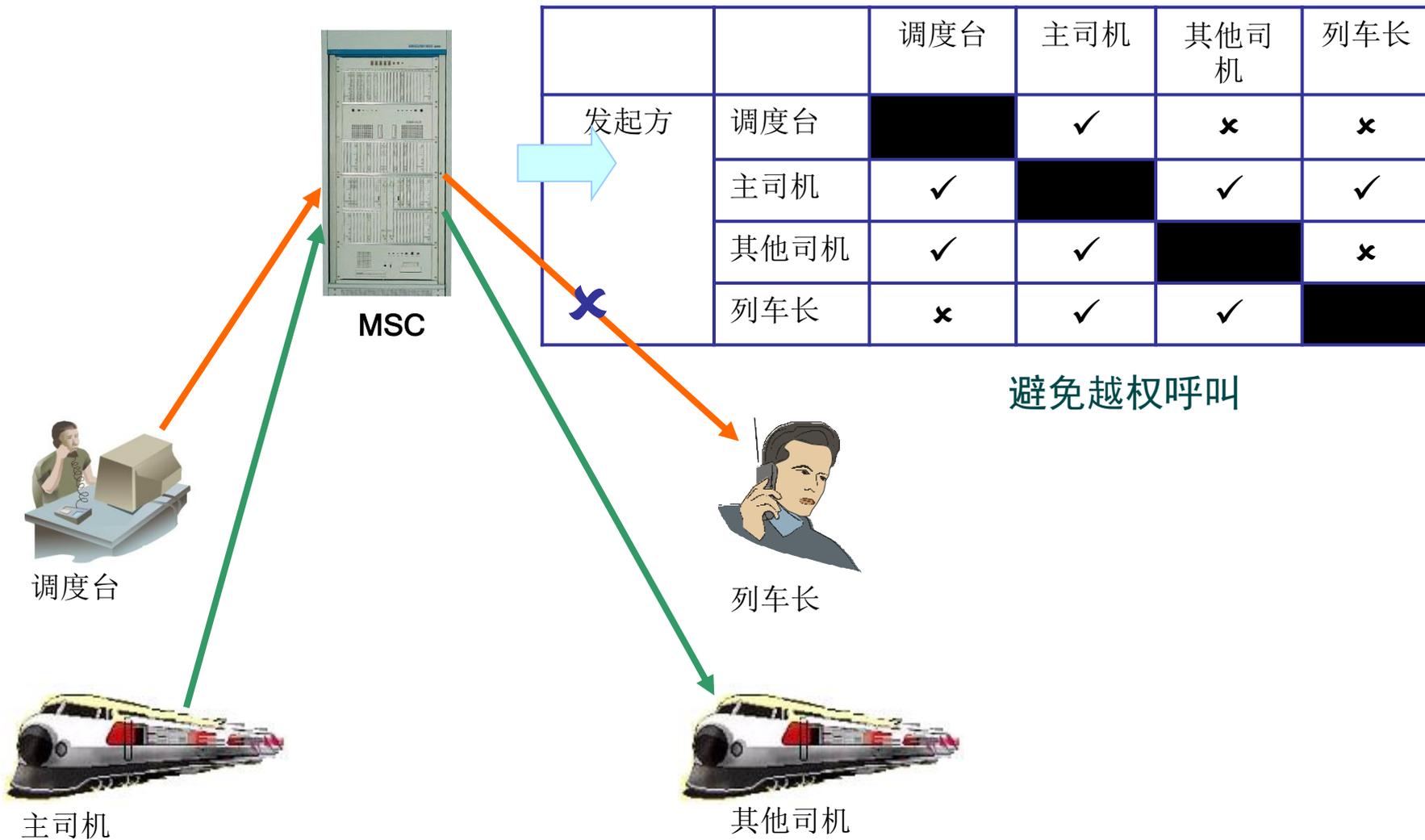


基于位置的寻址示例

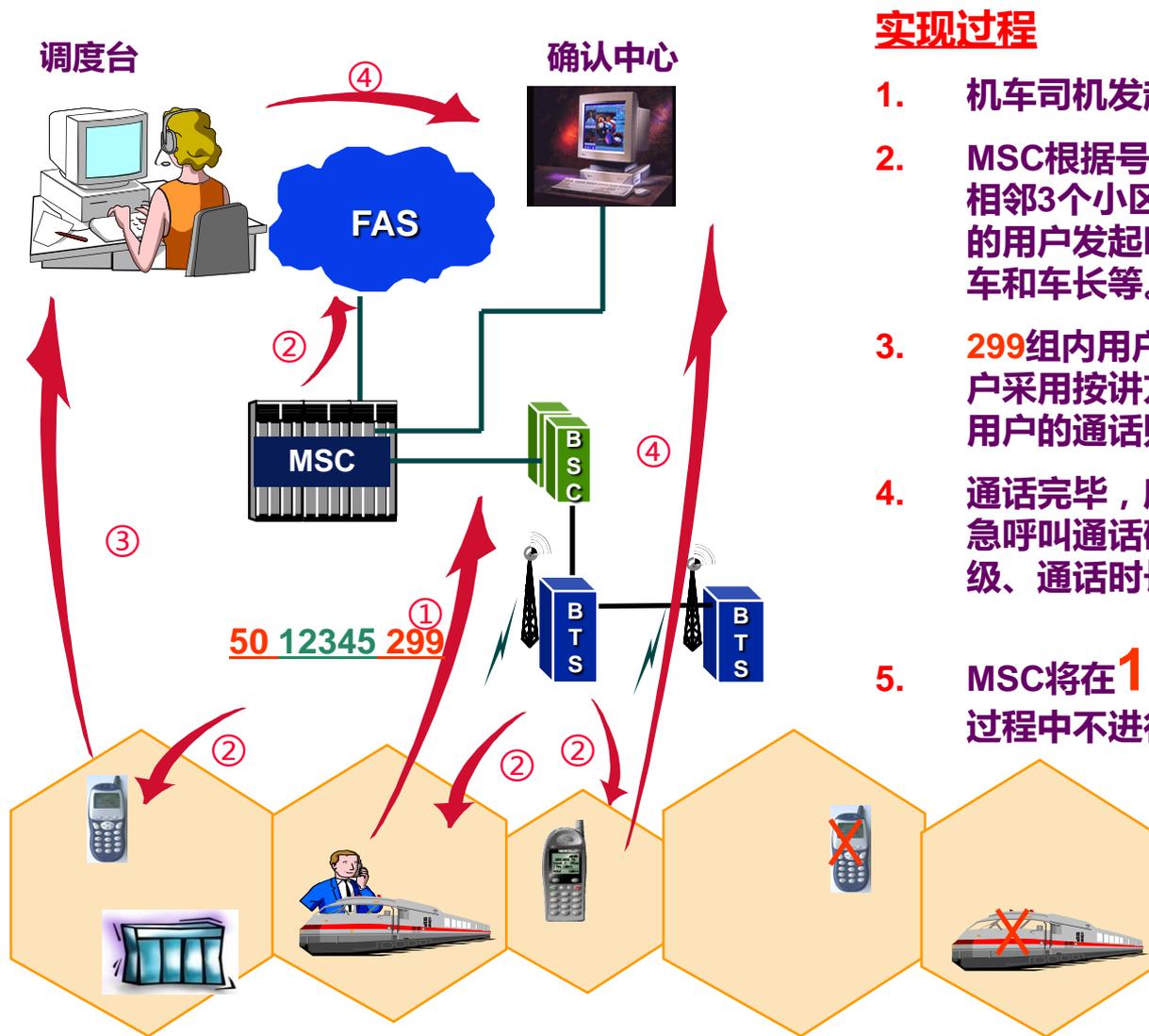
铁路基本业务：接入矩阵

- 为保证铁路运行的安全性，对于各岗位之间的通信权限有明确的要求，例如除调度员、车站值班员等有限人员外，其他人不允许给在岗的列车司机打电话。
- 接入矩阵实现了不同角色之间的通信控制功能。GSM-R系统根据功能号码的编号规则，可以判断出一次呼叫的主、被叫角色，并根据MSC中配置的接入矩阵表查询主、被叫角色之间是否有通话权限，如果没有，就将这个呼叫拆除。

铁路基本业务：接入矩阵



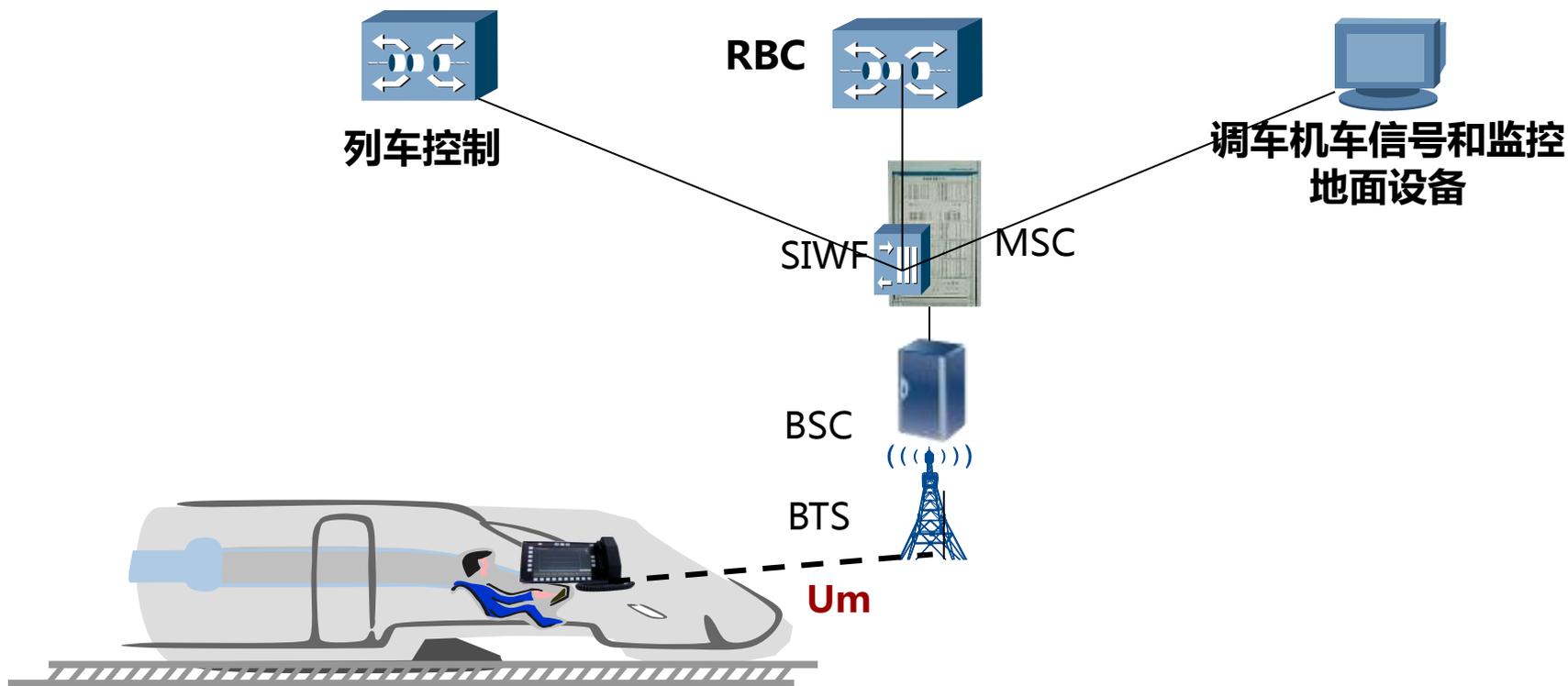
铁路紧急呼叫



实现过程

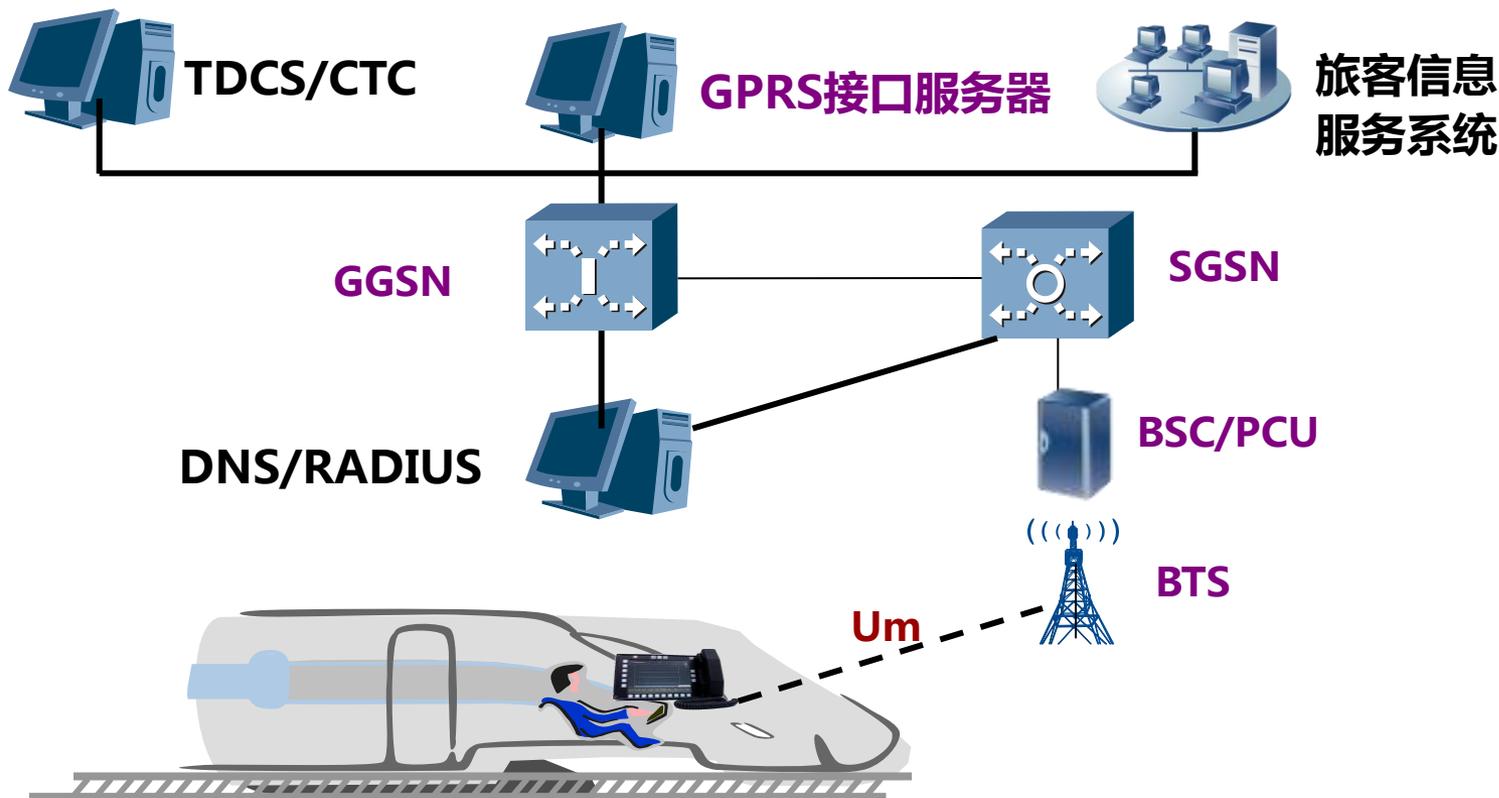
1. 机车司机发起铁路紧急呼叫**50 12345 299**。
2. MSC根据号码中的位置号**12345**向机车所在相邻3个小区内所有属于铁路紧急呼叫**299**组的用户发起呼叫，包括调度台、车站台、机车和车长等。
3. **299**组内用户进行小组通话。非调度身份的用户采用按讲方式进行单工通话，调度身份的用户的话则是双工的。
4. 通话完毕，所有用户必须向确认中心发送紧急呼叫通话确认信息，包括用户身份、优先级、通话时长等。
5. MSC将在**1秒**内完成铁路紧急呼叫，接续过程中不进行用户身份鉴权。

数据类业务：CSD电路交换 数据业务



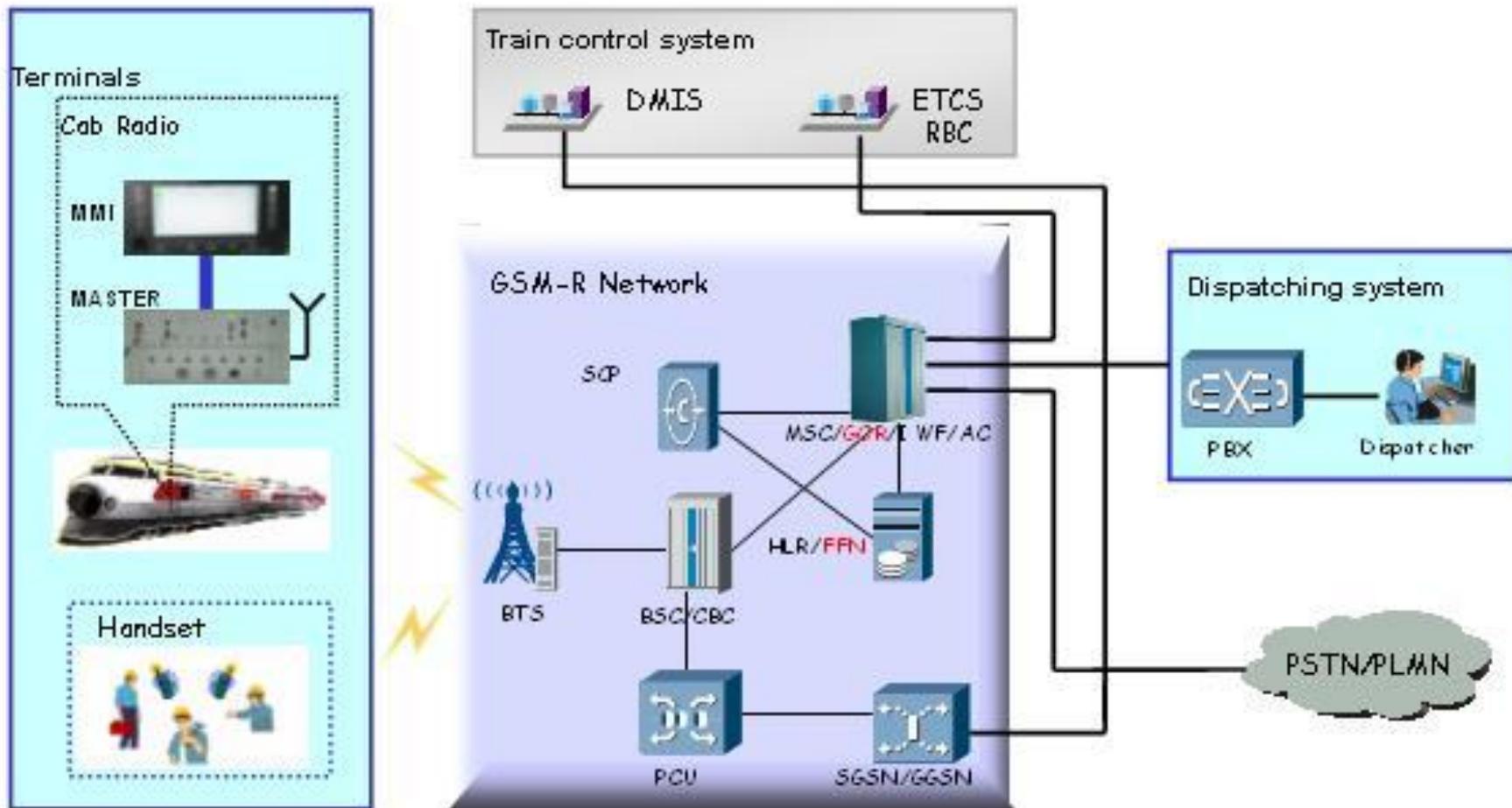
- GSM-R对CSD业务要求：2.4kbps/4.8kbps/9.6kbps异步透明传输
- 业务特点：每个用户单独占用一个无线信道，信道长期占用
- 应用：列控，多机车同步操控，调车机车信号和监控信息传送

数据类业务：GPRS分组交换 数据业务



- GPRS在铁路上主要用于非安全数据的传输
- 业务特点：多个用户共享信道，资源利用率高，数据速率高
- 应用：调度命令传送，车次号传送，列尾信息传送，旅客服务信息等

GSM-R系统结构与功能



GSM-R系统结构图

GSM-R系统终端设备



调度终端



机车台



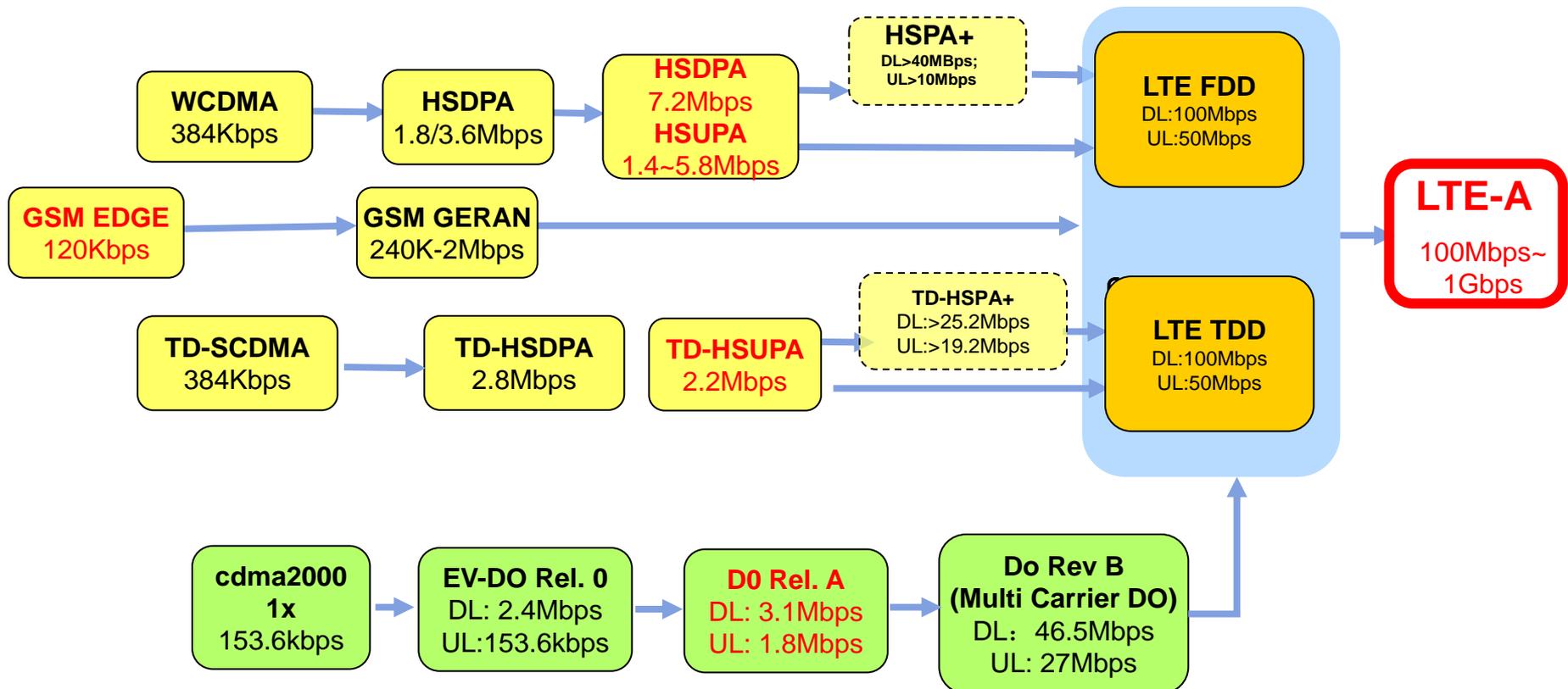
调度台

GPRS系统的应用

- GSM-R系统中的分组域可用来传递列控信息，解决了传统电路域方式带宽不足、传输速率慢等缺陷，其中可包括以下方面：
 - 调度命令的传送
 - 车次号传送
 - 列车尾部风压传送
 - 列车进站预告和停稳信息传送
 - 旅客信息服务
 - 多机车牵引
 - 平面调车

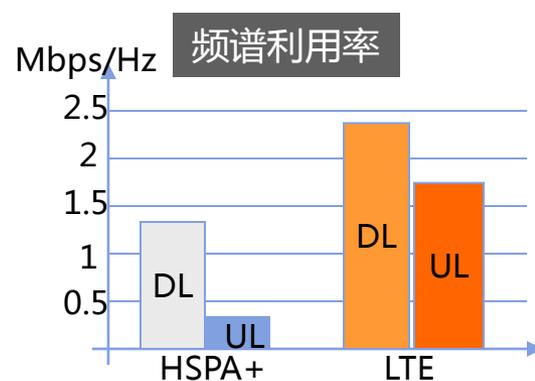
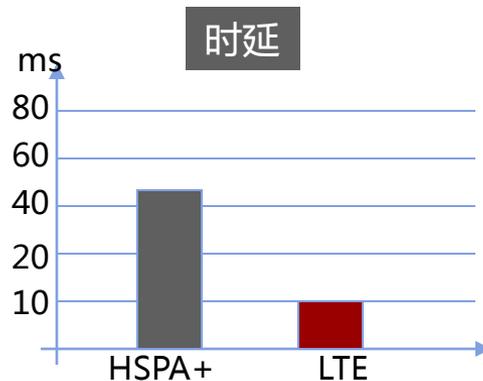
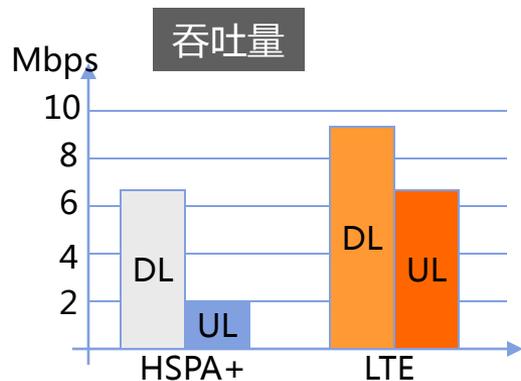
GSM-R系统的长期演进

所有移动技术都朝着满足
未来业务需求的方向发展，并且逐渐趋于一致！



LTE是GSM-R演进的选择

更高吞吐量，更低时延，更高频谱利用效率



*Notes: @5MHz bandwidth

LTE 关键技术

弹性频率组网: 可变带宽, 频率选择多样性, FDD/TDD

无线接入技术: OFDM in DL and SC-OFDM in UL

多入多出技术: MIMO(2*2, 4*2, 4*4)

GSM-R向LTE-R演进必要性

乘客个人需求

- 从基本通话的需求向数据业务发展，Internet已经成为人们生活和工作不可或缺的一部分

列车控制和调度的需求

- 从P2P电话调度指挥向M2M全自动数控调度指挥
- 从基本的起停向提高全网络运行效率发展
- 从单向指令的开环控制，向双向指令的闭环控制发展
- 从单纯的控制系统向全面的维护操作系统发展，从核心的控制信息流向信息量很大的安监和操作维护信息流扩展

安全监控

- 等同于航空的最高等级的安全要求
- 从依赖人在现场监控，到远程自动监控
- 从对危机的事后感知和反应，向实时预警式监控发展
- 从防范机器造成的危机向防范人为危机发展

乘客服务系统

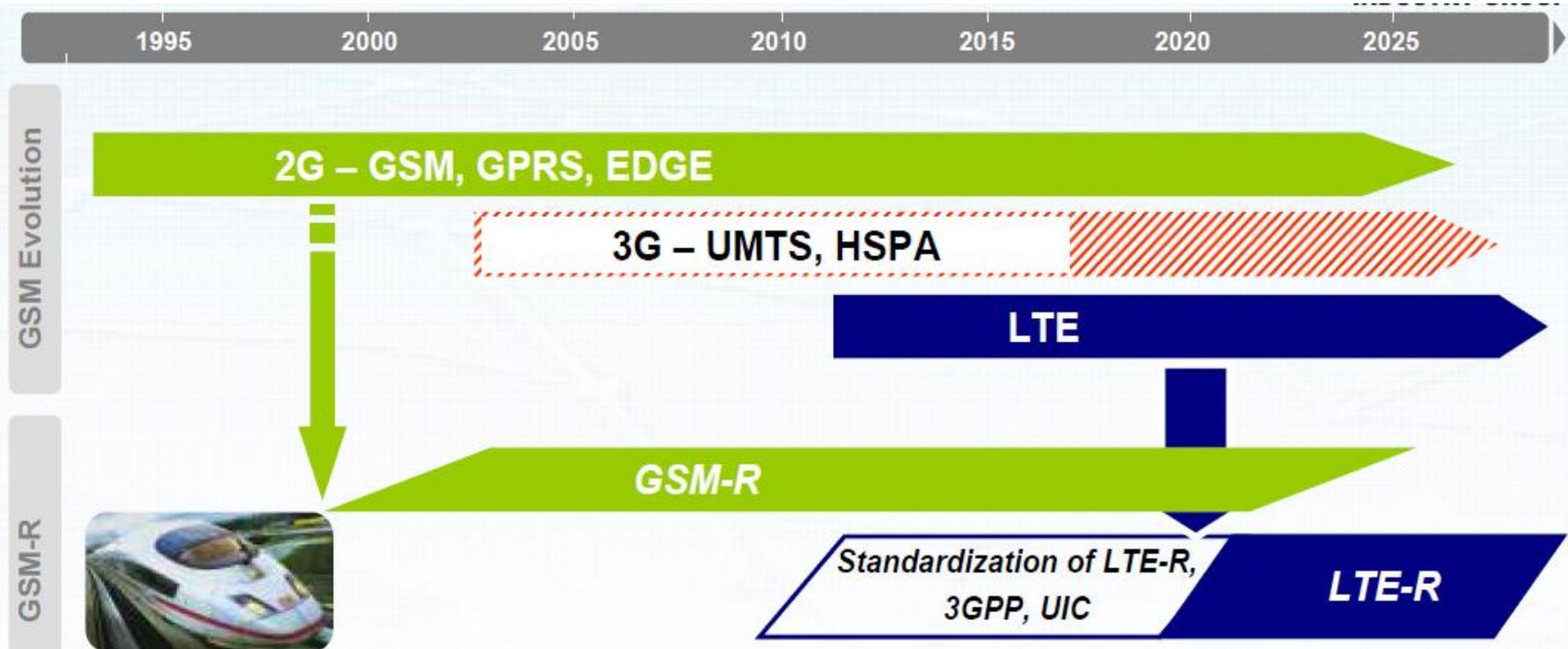
- 向乘客提供音视频点播和在线游戏服务
- 向乘客提供列车状态和旅行信息的广播式服务
- 向乘客提供自助式换乘和购买机票的服务

UIC对GSM-R演进的认同



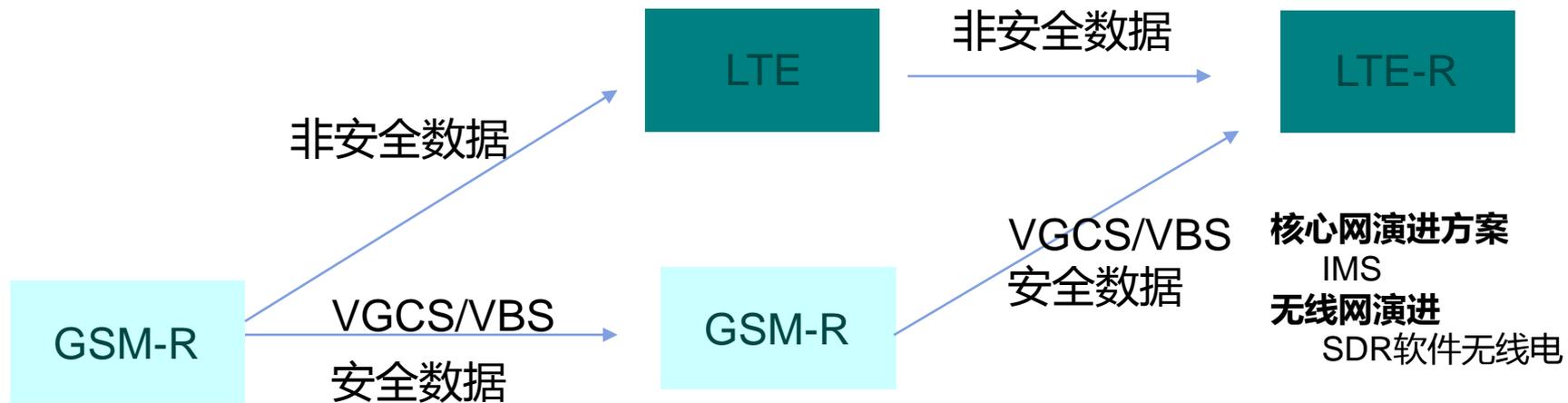
- LTE-R是未来铁路发展趋势
 - 已经明确LTE为下一代移动通信网络标准
 - 北欧、日本等运营商已经开始商用部署LTE，中国开始实验网
 - GSM-R->LTE-R是技术发展必然选择
- 未来GSM -> LTE平滑演进
 - 保护目前GSM-R的投资
 - 跨两个域的移动性与漫游需要透明
 - 2G/LTE 业务一致性
 - 提高QoS：话音质量与呼叫建立时间
 - 基础的规定业务不能中断

UIC对GSM-R演进的认同



Railway operators do benefit from the evolution in public networks. Fulfilling railway requirements, GSM-R is based on proven and mature GSM products and technology. This success can be repeated with LTE/LTE-R. The adaption of 3G for railways is not mandatory because of longer investment cycles and operational needs and the advent of LTE.

GSM-R向LTE-R的业务演进



GSM-R向LTE-R的业务演进



- 国内大量相关研究正在展开，目前本实验室开展的工作有：
- 国家重点基础研究发展计划（973计划）项目“高移动性宽带无线通信网络重点理论基础研究”
- 国家自然科学基金重点项目“地面超高移动性宽带无线通信关键问题”
- 国家十二五重大科技专项“基于TD-LTE的高速铁路宽带通信的关键技术研究与应用验证”
- 国家高技术研究发展计划（863计划）现代交通技术领域“城市轨道交通列车在途检测与安全预警关键技术”
- 铁道部科技研究开发计划重点课题“铁路移动通信关键技术研究--高可靠大容量无线传输研究”
- 中兴通讯合作项目“基于LTE/LTE-A的高速铁路高可靠切换与大容量传输技术研究”

Thanks !