

# S 城市地铁 Wifi 上网项目技术建议书

华为技术有限公司



## 目 录

目 录.....	2
图 目 录.....	4
表 目 录.....	6
<b>1 概 述.....</b>	<b>8</b>
1.1 目的.....	8
1.2 缩略语.....	8
1.3 约束和假设.....	9
1.4 文档范围和结构.....	9
<b>2 项目背景.....</b>	<b>10</b>
<b>3 系统需求.....</b>	<b>11</b>
<b>4 业务需求描述.....</b>	<b>13</b>
4.1 Internet 访问.....	13
4.1.1 车厢内访问 Internet.....	13
4.1.2 站厅/站台访问 Internet.....	14
4.2 媒体访问.....	15
4.2.1 车载媒体访问.....	15
4.2.2 车站媒体访问.....	16
4.3 媒体更新.....	17
4.3.1 实时媒体更新.....	17
4.3.2 非实时性媒体更新.....	17
<b>5 总体方案设计.....</b>	<b>19</b>
5.1 设计原则.....	19
5.2 系统上下文.....	19
5.3 系统外部接口.....	19
5.4 系统架构.....	20
5.5 整体组网图.....	22
5.6 安全设计.....	23
5.6.1 终端认证授权.....	23
5.6.2 网络安全防护.....	25
5.7 可靠性设计.....	26
5.7.1 城轨环境.....	26
5.7.2 振动.....	26
5.7.3 EMC.....	27
5.8 QoS 设计.....	28
5.8.1 业务分类.....	28
5.8.2 QoS 策略.....	29
5.9 网络管理.....	30
5.10 整体方案亮点.....	32

<b>6</b>	<b>子系统设计</b>	<b>34</b>
6.1	车载子系统设计	34
6.1.1	设计原则	34
6.1.2	组网结构	34
6.1.3	业务设计	35
6.1.4	容量分析	错误！未定义书签。
6.1.5	设备配置	37
6.2	车站子系统设计	38
6.2.1	设计原则	38
6.2.2	组网结构	39
6.2.3	业务设计	39
6.2.4	设备配置	39
6.3	中心子系统设计	40
6.3.1	设计原则	40
6.3.2	组网结构	41
6.3.3	业务设计	42
6.3.4	设备配置	44
6.4	车辆段子系统设计	45
6.4.1	设计原则	45
6.4.2	组网结构	45
6.4.3	设备配置	46
6.5	车地 LTE 网络设计	46
6.5.1	设计原则	46
6.5.2	总体架构	47
6.5.3	控制中心级	48
6.5.4	车站级	48
<b>7</b>	<b>工程部署</b>	<b>49</b>
7.1	网络覆盖	49
7.1.1	设计原则	49
7.1.2	频点规划	49
7.2	网络部署	49
7.2.1	车地通信	49
7.2.2	车厢网络覆盖	49
7.2.3	站点网络覆盖	50
7.3	干扰设计	50
7.3.1	车地通信干扰设计	50
7.3.2	车厢干扰设计	50
7.3.3	站内干扰设计	50
7.3.4	车厢安装部署	51
7.3.5	车站安装部署	55
7.4	设备供电	57

## 图 目 录

图 1	车厢内访问 INTERNET 场景.....	14
图 2	站厅/站台访问 INTERNET.....	15
图 3	车厢内媒体访问场景.....	16
图 4	车站媒体访问场景.....	16
图 5	实时媒体更新场景.....	17
图 6	非实时媒体更新场景.....	18
图 7	系统上下文.....	19
图 8	系统逻辑层次图.....	20
图 9	子系统分解.....	21
图 10	整体组网图.....	22
图 11	首次 WEB+客户端 PORTAL 认证过程.....	23
图 12	终端认证授权信令流路径图.....	24
图 13	车载子系统组网结构示意图（设备数量根据需求确定）.....	34
图 14	车载 INTERNET 访问业务.....	36
图 15	车载媒体访问业务.....	36
图 16	车载媒体更新业务.....	37
图 17	车站子系统组网图.....	39
图 18	中心子系统组网图.....	41
图 19	中心子系统 INTERNET 访问业务设计.....	42
图 20	中心子系统媒体访问业务设计.....	43
图 21	中心子系统媒体更新业务设计.....	44
图 22	车辆段组网.....	46
图 23	LTE 车地无线解决方案.....	47
图 24	MINI-GW 核心网设备.....	48
图 25	AR 路由器.....	52
图 26	AP 设备.....	53
图 27	TDFi 设备.....	53

图 28	AR 电源连接器.....	54
图 29	AP 电源连接器.....	54
图 30	网线内芯线 .....	55
图 31	RJ45 连接器固定卡 .....	55
图 32	接线端子.....	55
图 33	交换机电源连接器 .....	56

## 表 目 录

表 1.缩略语列表.....	8
表 2.终端认证各功能网元.....	23
表 3.系统环境要求.....	26
表 4.业务特性分析.....	28
表 5.业务上下行流量分析.....	28
表 6.业务上下行流量分析.....	29
表 7.业务 QoS 调度策略.....	30
表 8.车载子系统容量分析.....	错误! 未定义书签。
表 9.车载子系统设备配置.....	37
表 10 车站子系统设备配置.....	39
表 11.中心子系统设备配置.....	44
表 12.车辆段子系统设备配置.....	46
表 13.车厢设备供电.....	57
表 14.站点设备供电.....	57

## 修订记录

日期	版本号	修订描述	作者	评审人员
2012-11-29	V0.1	初稿完成	李魁 陈伟品 李科亮 林熙	侯晓均 熊先银 张涛 黄亮
2012-12-06	V0.2	发布修改	李魁 黄亮	侯晓均 熊先银 张涛

# 1 概述

## 1.1 目的

本文从技术角度，对 S 地铁 WiFi 上网项目提出规划和建议，本文的目的如下：

- 1) 明确 S 地铁 WiFi 上网项目的项目背景和系统需求，重点分析其中业务需求部分；
- 2) 设计项目总体方案，明确设计原则、系统上下文和系统架构，定义组成系统的各子系统；
- 3) 对各子系统进行概要设计，明确子系统组网、设备配置。
- 4) 对整个系统从安全性、可靠性、端到端 QoS 保障以及工程部署等多个纬度进行描述。

## 1.2 缩略语

表1. 缩略语列表

缩略语	英文全拼	中文描述
AAA	Authentication, Authorization and Accounting	认证，授权，计费
AC	Access Controller	访问控制
ACL	Access Control List	访问控制列表
AP	Access Point	接入点
AR	Access Router	接入路由器
ARP	Address Resolution Protocol	地址解析协议
ASG	Application Safety Gateway	应用安全网关
BGP	Border Gateway Protocol	边界网关协议
CAPWAP	Control And Provisioning of Wireless Access Points Protocol Specification	无线接入点控制和配置协议
CAR	Committed Access Rate	承诺访问速率
CBTC	Communication Based Train Control System	基于通信的列车自动控制
CLI	Command Line Interface	命令行接口
CPE	Customer Premises Equipment	客户终端设备
DDOS	Distributed Denial Of Service	分布式拒绝服务攻击
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	动态主机分配协议
DNS	Domain Name System	域名系统
DSCP	Differentiated Services Code Point	差分服务代码点
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理器
IVR	Interactive Voice Response	交互语音应答系统
NAT	Network Address Translation	网络地址转换
NQA	Network Quality Analyzer	网络质量分析
PBX	Private Branch Exchange	用户级交换机
PIS	Passenger Information System	乘客资讯系统
POE	Power Over Ethernet	以太网供电
PWR	Power	电源
STA	Station	站

SSID	Service Set Identifier	服务集标识
SSL	Secure Sockets Layer	安全套接层
SNMP	Simple Network Management Protocol	简单网络管理协议

### 1.3 约束和假设

地铁沿线的 3G 或 4G LTE 网络已经铺设完毕，且信号覆盖良好。

### 1.4 文档范围和结构

本文总共分 7 章，各个章节的内容简要介绍如下：

第一章对全文进行概述，包括本文的目的、缩略语、依赖条件与假设，以及文档范围和结构。

第二章描述项目背景，包括项目启动时间、项目范围、周期。

第三章描述系统需求，对分多个纬度对整个系统的需求进行概要描述。

第四章描述业务系统需求，对系统需求中的业务展开分析，进行详细描述。

第五章描述项目的总体方案，包括设计原则、系统上下文、系统外部接口、系统架构和业务模型。

第六章分子章节对各个子系统进行设计，各个子系统设计中包括组网结构、设备配置和设备描述。

第七章描述整个项目的工程部署，包括 IP 地址规划、VLAN 规划、频点规划、安装和供电。

## 2 项目背景

S 市地铁集团有限公司为了响应 S 市政府提出的建设“无线城市、智慧城市”的号召，同时满足地铁乘客对 WiFi 上网通信的迫切需要，提升地铁信息化建设水平和地铁运营服务水平，决定建设 S 地铁 WiFi 上网系统，并启动了该项目的建设，

### 3 系统需求

S 市地铁 WiFi 覆盖项目主要是为站台和车厢的乘客提供免费的 WiFi 上网服务，其关键系统需求如下：

#### 【业务需求】

- 1) Internet 访问：实现站台和车厢的乘客 WiFi 覆盖，提供 Internet 上网服务。
- 2) 媒体访问：提供本地（车载或地面）视频、游戏、咨询等各种应用服务。
- 3) 媒体更新：对媒体可以根据其内容性质进行实时和非实时更新。

#### 【ICT 需求】

- 1) 车厢内 WiFi 上网。
- 2) 站台 WiFi 上网：地铁沿线提供站台能提供乘客 WiFi 上网服务。
- 3) 车厢间链路连接：车厢与车厢之间的 WiFi 上网设备之间不能通过有线连接。
- 4) 车地无线移动宽带。
- 5) 车厢本地媒体访问：车厢内部署本地媒体服务器，存放大量视频、游戏等资讯，可供乘客访问。
- 6) 业务保障：提供认证、隔离、防病毒防侵入的安全功能；提供端到端业务 QoS 保证。
- 7) 统一运维：支持在地面数据中心远程管理全网车载设备。
- 8) 安全审计：对乘客上网行为的记录满足公安部 82 号令审计要求。
- 9) 网络基础：在地面数据中心需要提供 WiFi 上网的应用服务基础设施，包括服务器、存储、交换机。
- 10) IP 规划：局域网统一使用国际通用的私网 IP 段规划网络，Internet 出口采用公网 IP 但尽可能使用动态的免费 IP 以节省费用。
- 11) 可扩展：系统设计需要考虑后续容量升级，整体架构应具备良好的可扩展性。

#### 【工业环境需求】

- 1) 防振：外接线振动时不能脱落；长时间列车运行振动环境下系统能可靠通信。
- 2) 防火：车厢内设备外壳及所有连接线材料必须满足防火标准。
- 3) 部署：设备尺寸适应地铁车厢安装环境，并且支持壁挂、机架式安装。
- 4) 上下电：设备满足地铁日常运营的需要，支持频繁上下电（每日入库检修）。

#### 【防干扰需求】

- 1) 防干扰：车内和站台 AP 信号辐射、频段规划需不影响列车正常通信，不干扰现有的 CBTC 和 PIS 信号。车地通信的信号辐射和频段不干扰 CBTC 和 PIS 信号。
- 2) 业务隔离：乘客 WiFi 上网系统与现有的地铁车辆各种应用隔离，不对现有系统造成影响。



## 4 业务需求描述

### 4.1 Internet 访问

随着智能移动手机、Pad、笔记本的普及，在日常工作生活的空闲片段来访问 Internet 已经是大家的一种习惯。对于地铁乘客来说，在候车、乘车的时候能够享受高质量的网上冲浪体验，无疑是一种很强烈的需求。

在人员密集、列车快速移动、车厢密闭的地铁特殊环境中，现有公网运营商的移动数据网络显然未能满足大众高质量的 Internet 访问需求。WiFi 作为一种日益普及的移动局域网技术，已经越来越为市场所广泛接受，越来越多的智能手机、Pad 开始支持 WiFi 上网终端功能。WiFi 因其相对于 2G/3G 运营商网络的高带宽，能够让地铁乘客享受到更佳的服务体验。

乘客在地铁内上网按地域区分可以划分为列车和站台/站厅，下文将按照列车内上网和站台/站厅上网描述需求。

#### 4.1.1 车厢内访问 Internet

乘客在乘车过程可以通过智能移动终端提供的 WiFi 功能接入车厢内部署的 WiFi AP，WiFi AP 通过以太网接入到列车局域网。列车移动终端与地铁沿线的地面基站建立车地高速无线通道实现列车网络与地面网络之间的双向通信。

本项目采用的地面移动网络为第四代无线通信 TD-LTE(或 3G)网络，车载终端支持 TD-LTE 制式接入地面移动基站。乘客车厢内访问 Internet 的流量直接通过 TD-LTE 无线终端接入 TD-LTE 网络后接入因特网。乘客车厢内访问 Internet 的业务场景如下图所示：

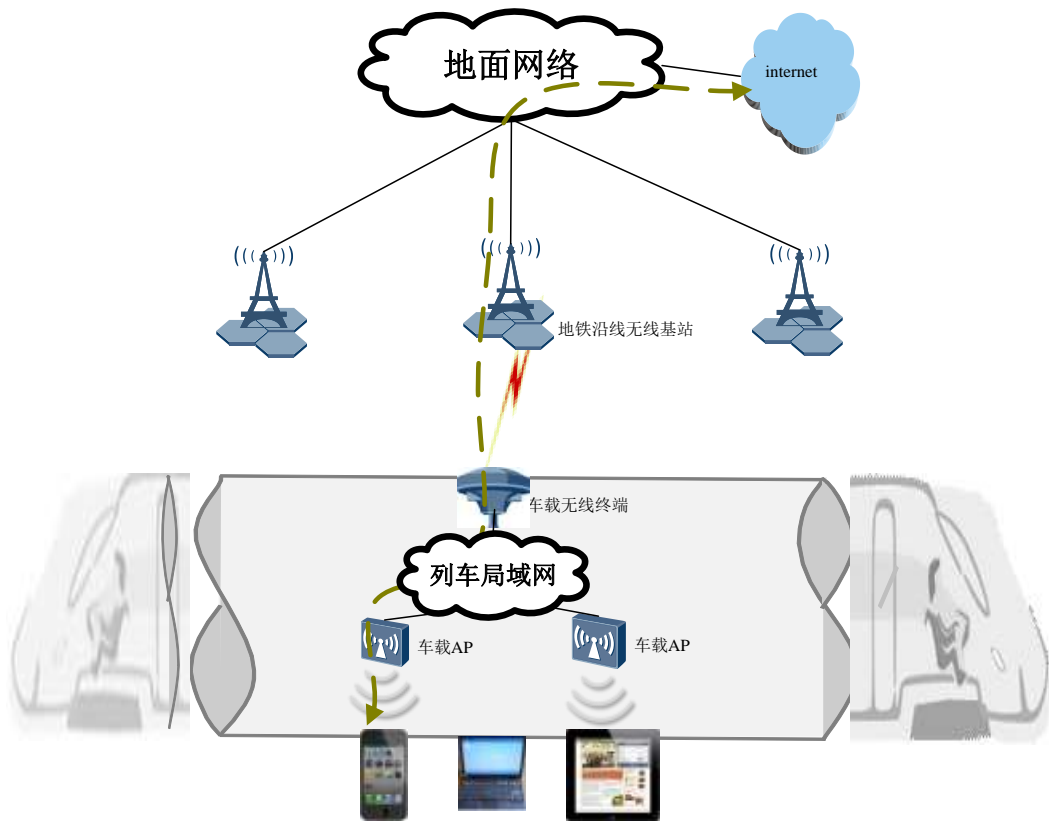


图1 车厢内访问 internet 场景

#### 4.1.2 站厅/站台访问 Internet

乘客在候车过程可以通过智能移动终端提供的 WiFi 功能接入站厅/站台部署的 WiFi AP。地铁车站内部署的 WiFi AP 通过车站接入交换机连接到地铁网络，并最终出口访问 Internet。

乘客车站内访问 Internet 的业务场景如下图所示：

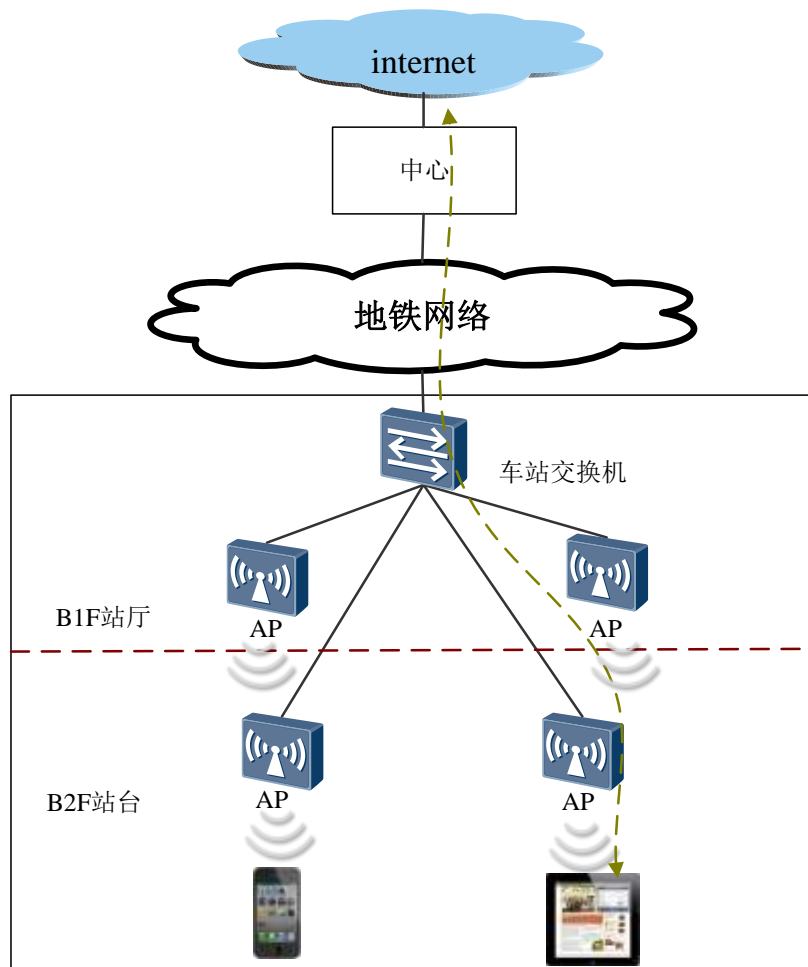


图2 站厅/站台访问 Internet

## 4.2 媒体访问

### 4.2.1 车载媒体访问

列车作为一种特殊的网络环境，因车地无线网络带宽的限制、无线网络相对有线网络的不可靠以及列车高速运行带来的无线网络不稳定性，在一定程度上导致了实时性要求高、带宽需求大的视频等多媒体业务的用户体验下降。为了使乘客获得更好的媒体资源体验，本项目在每一列车中部署了车载媒体服务器资源，使得用户可以车载局域网内获得高质量的多媒体服务。

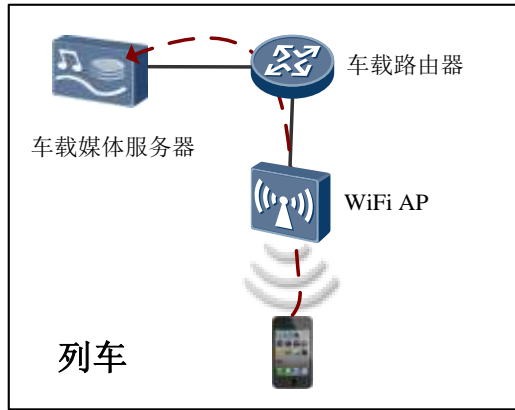


图3 车厢内媒体访问场景

#### 4.2.2 车站媒体访问

乘客在站台接入 WiFi AP 后，通过地面网络可以访问地面中心的多媒体服务器获得视频、资讯等媒体资源访问。

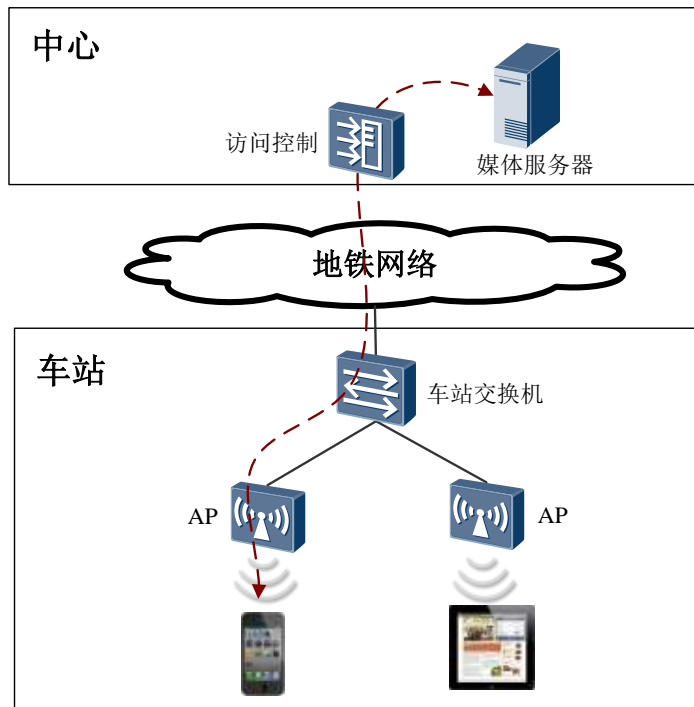


图4 车站媒体访问场景

## 4.3 媒体更新

因为每辆车媒体资源的分散部署，必然带来了媒体资源的同步问题，每辆车的媒体资源需要根据实时性要求以及带宽占用来实施实时同步和非实时同步策略。对于实时性要求高但带宽占用不高的业务如广告内容，需要列车实时更新，对于实时性要求相对较低但带宽占用高的业务如影视资源，则需要避免实时更新以确保不对乘客上网等业务造成体验的极速下降。非实时媒体更新需要在列车每日在车辆段进行检修时实施内容同步更新。

### 4.3.1 实时媒体更新

列车在运营过程中，车载媒体服务器需要通过无线 LTE 网络实时连接地面中心的媒体服务器，实现实时媒体资源的同步更新。

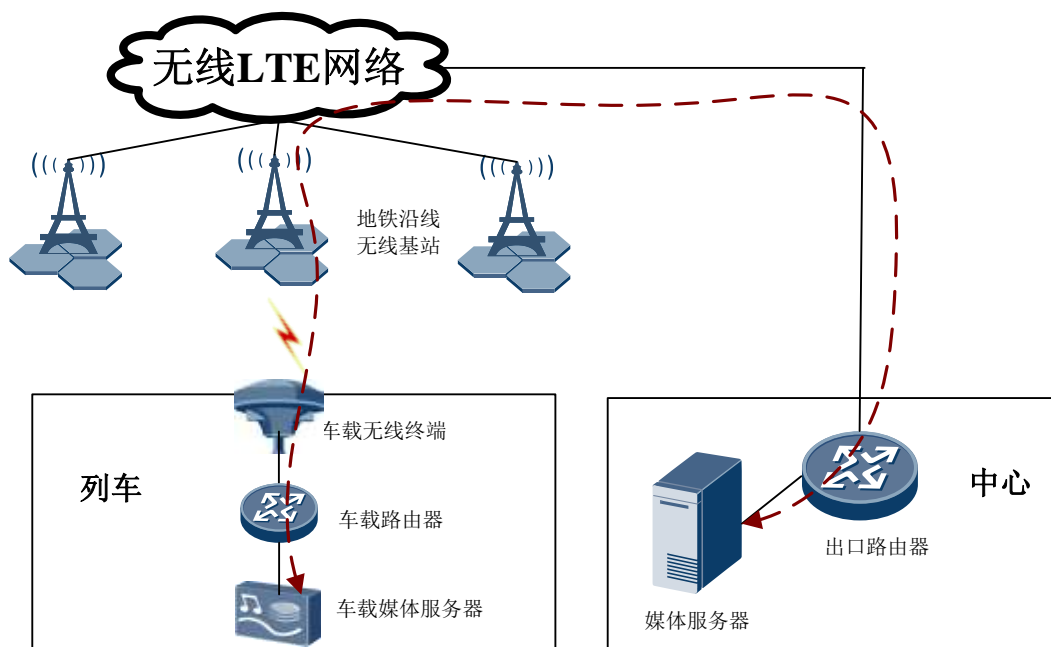


图5 实时媒体更新场景

### 4.3.2 非实时性媒体更新

当列车进入车辆段后，车载媒体服务器需要通过车地 WiFi 网络连接地面中心的媒体服务器，实现非实时媒体资源的同步更新。

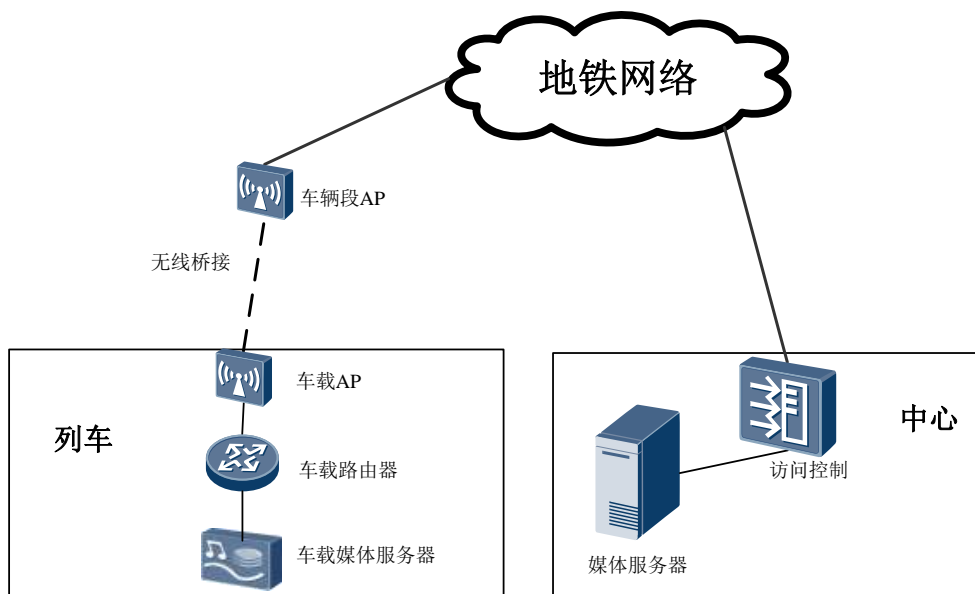


图6 非实时媒体更新场景

## 5 总体方案设计

### 5.1 设计原则

- 1) 以服务乘客为宗旨，提供高质量的 WiFi 覆盖，提升地铁信息化建设水平和地铁运营服务水平。
- 2) 设计充分考虑列车运行和部署环境，合理规划各业务方案、各业务数据带宽以及车内设备供电安装部署方案。
- 3) 设计需要考虑各种业务的安全性，合理规划物理和逻辑隔离、Internet 防护、接入防护和公安部网络安全要求的用户安全审计。
- 4) 采用模块化的设计，各子系统尽量遵从标准化、系列化和组合化的原则，实际配置情况可以根据使用需求进行灵活调整。

### 5.2 系统上下文

在本项目中，与地铁 WiFi 上网及媒体服务系统存在接口的外部对象主要有用户终端（包括智能手机、PAD、笔记本电脑等）、地铁传输网络、运营商网络和列车。整个 S 市地铁 WiFi 上网及媒体服务系统所处的系统上下文环境如下图所示：（注：媒体服务的内容由 YG 内容服务商提供，华为提供 WiFi 上网及媒体服务的通道相关设备）。

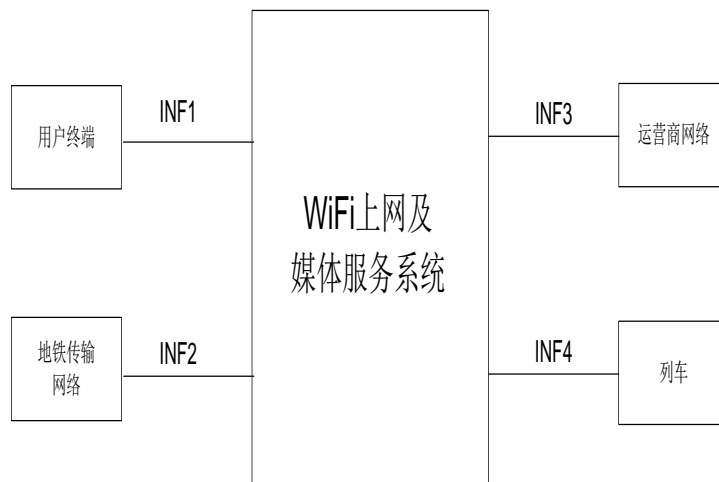


图7 系统上下文

### 5.3 系统外部接口

WiFi 上网系统对外交互的对象主要有三个，相互交互的接口如下：

**INF1**：与用户终端的接口

通过该接口，WiFi 上网系统给用户 提供 WiFi 上网服务，它们之间通过无线方式连接，采用 802.11n 协议。

**INF2**：与地铁传输网络的接口

地铁传输网络给 WiFi 上网系统提供站台到数据中心的传输网络，它们之间采用有线方式连接，通过光口或网口连接，基于 IP 协议。

**INF3**：与运营商网络的接口

WiFi 上网系统与运营商网络的接口分为两部分，一部分是运营商网络提供给 WiFi 上网系统的地面数据中心网络出口，通过光口或网口连接，基于 IP 协议。另一部分是提供给 WiFi 上网系统车厢网络的出口，采用无线方式连接，基于 LTE 协议（或 3G 协议）。（目前车地网络使用运营商网络，未来这部分网络也可以采用专网，由地铁运营公司建设）。

**INF4**：与列车的接口

列车给 WiFi 上网系统提供 220V 的交流电输入，同时提供安装空间，供设备安装部署。

## 5.4 系统架构

系统按照其逻辑功能，从上到下可以划分为应用层、地面中心层、车地通信层、车厢通信层和终端五部分，其中应用层的内容由服务运营商提供，终端由用户自带。本次项目建设的主要是中间的三层。整个系统的逻辑层次图如下图所示：



图8 系统逻辑层次图

WiFi 上网系统根据其设备部署地理位置的不同，可以分为车载子系统、车站子系统、中心子系统、车辆段子系统和车地网络子系统五部分。各个子系统及它们之间的接口如下图所示：

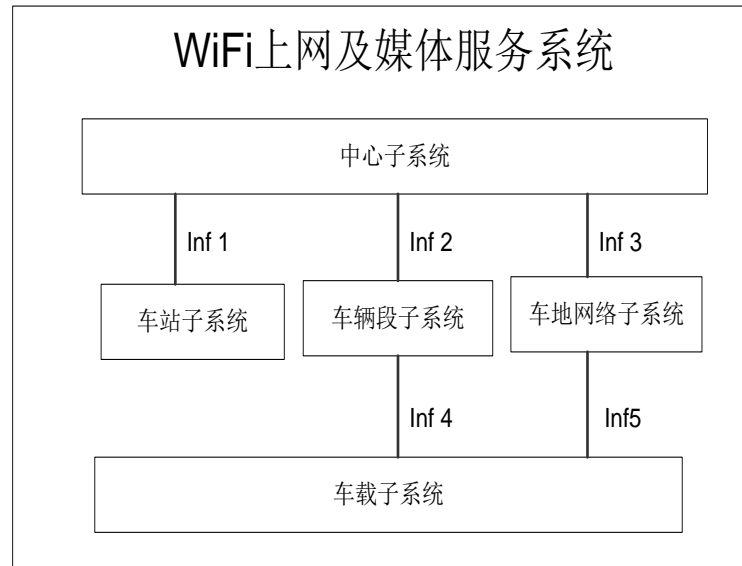


图9 子系统分解

每个子系统的功能简要描述如下：

**中心子系统：**负责地面 Internet 出口路由和控制；各类应用服务提供及管理；上网行为记录存储与管理；

**车站子系统：**提供车站 WiFi 覆盖，将站台乘客上网数据传递到中心子系统；

**车辆段子系统：**在车辆段提供 WiFi 覆盖，用于列车媒体内容更新；

**车地网络子系统：**提供车地无线通信网络，可以是运营商公网，也可以是铁路公司建设的私网；

**车载子系统：**提供车厢内 WiFi 覆盖和本地媒体服务；

各个子系统之间的接口介绍如下：

**Inf1：**中心子系统与车站子系统的接口

中心子系统与车站子系统之间采用有线方式连接，通过光口或网口连接，基于 IP 协议。车站子系统将用户上网或媒体请求信息发送给中心子系统，中心子系统给车站子系统传送 Internet 数据和媒体信息。

**Inf2：**中心子系统与车辆段子系统的接口

中心子系统与车辆段子系统之间采用有线方式连接，通过光口或网口连接，基于 IP 协议。中心子系统向车辆段子系统提供更新的媒体的信息内容。

**Inf3：**中心子系统与车地网络子系统的接口

中心子系统与车地网络子系统之间采用有线方式连接，通过光口或网口连接，基于 IP 协议。车地网络子系统作为车地传输通道，将列车上设备和用户的管理，传递给中心子系统。

**Inf4:** 车辆段子系统与车载子系统的接口

车辆段子系统与车载子系统之间采用无线方式连接，基于 802.11n 协议。车辆段子系统向车载子系统传送更新的媒体内容。

**Inf5:** 车载子系统与车地网络子系统的接口

车载子系统与车地网络子系统之间采用无线方式连接，基于 LTE 协议（或 3G 协议）。车载子系统通过车地网络子系统向外界传送各类管理和应用数据。

### 5.5 整体组网图

S 市地铁 WiFi 上网项目整体组网如下图所示：

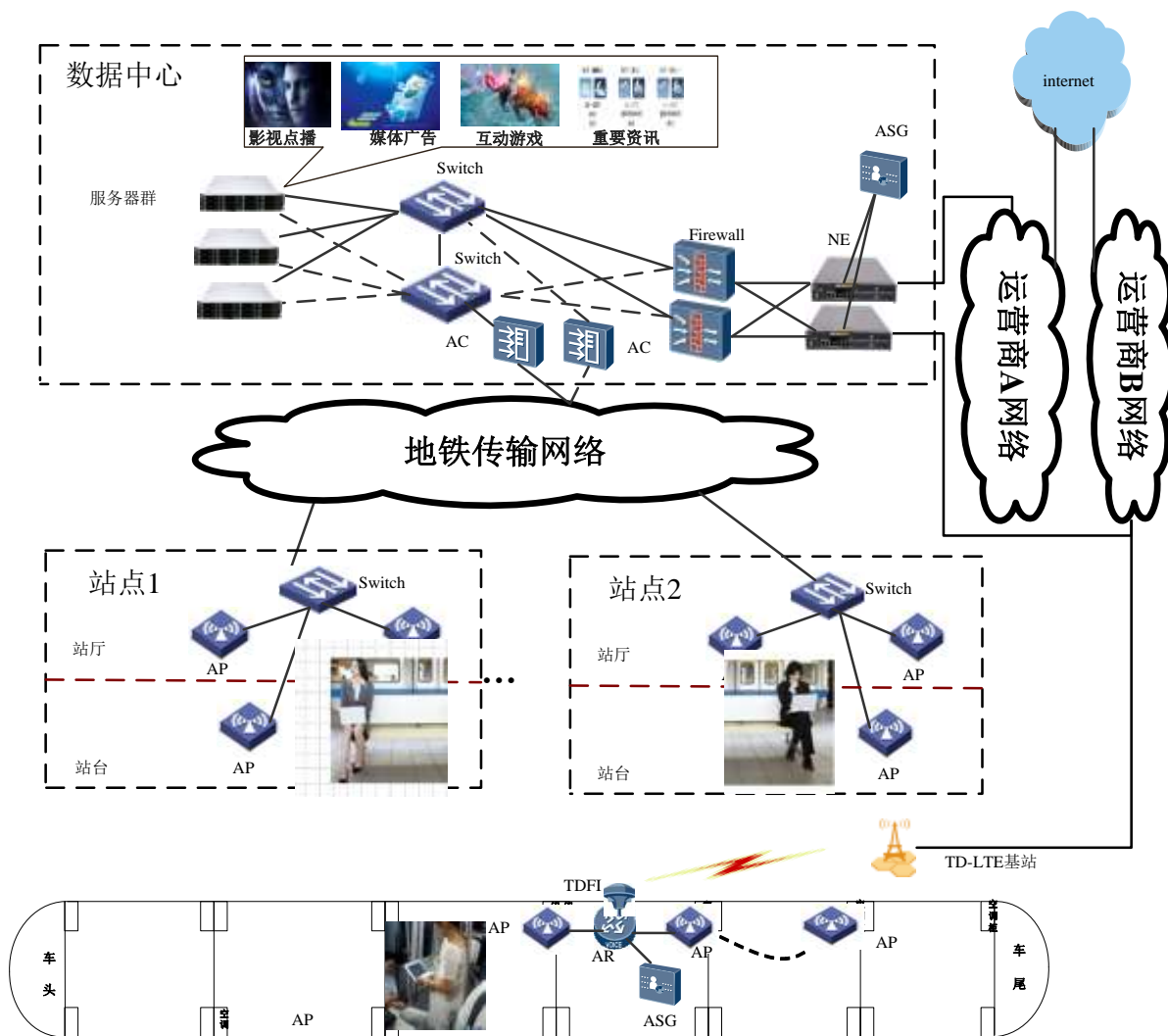


图10 整体组网图

车厢内部用车载 AP 完成 WiFi 信号覆盖，用于车内乘客 WiFi 上网，同时，在车内部署 ASG, 用于审计车内乘客上网行为，上网行为数据最终上传到地面数据中心汇总保存。车地之间通信采用移动 TD-LTE 网络。

车站的站台和站厅根据实际勘测情况，分别部署多个 AP 完成 WiFi 信号覆盖，用于车站乘客上网。车站 AP 连接到交换机，交换机再连接地铁传输网络。

地面数据中心部署服务机群，用于存放本地视频、广告和重要资讯，用于吸引车站乘客尽量访问本地资源，节省出口 Internet 带宽资源。数据中心部署一台 ASG 设备，审计车站用户的上网行为。

地面出口路由器使用两台 NE 路由器，它们同时连接运营商 A 和运营商 B 两个网络。

## 5.6 安全设计

### 5.6.1 终端认证授权

为了网络安全和国家法律法规要求的用户安全审计需要，乘客的智能移动终端接入到地铁 WiFi 网络需要进行认证。

项目建议采用 Portal 认证方式，portal 认证支持 WEB 认证和客户端认证，为了提高客户体验和增加用户粘性，采用首次 Web 登陆下载客户端，后续 APP 认证的方案。

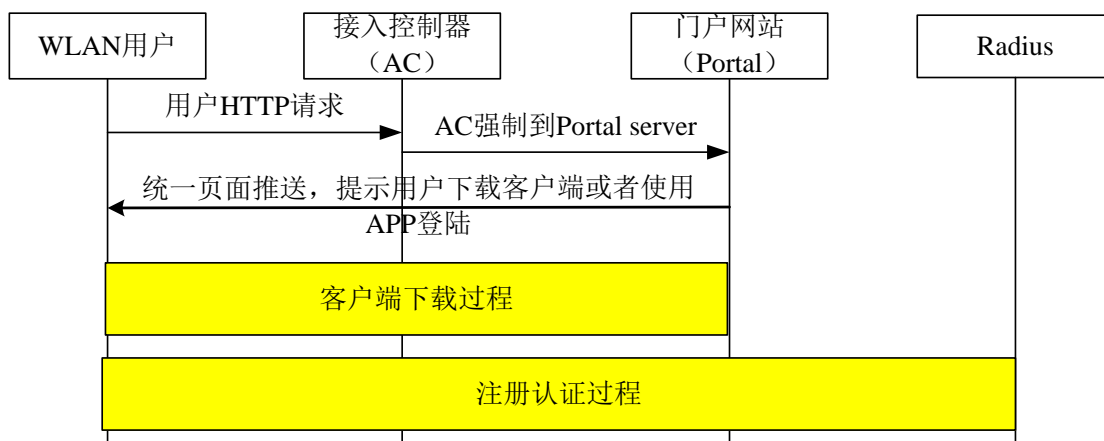


图11 首次 Web+客户端 portal 认证过程

按照乘客所在区域可以分为列车区域接入和车站(地面)区域接入。不管乘客从哪个区域接入，必须要通过接入控制器的管理才能访问网络，为了能管控所有的用户流量，接入控制器必须部署在所有用户流量访问各业务必经的前端路径上。对于列车区域，车载 AR 是最佳的接入控制点，对于车站区域，则设计 AC 来集中管控各车站上行的用户流量。对于认证相关的服务器，为了用户数据同步的需要以及维护管理的效率，建议采用中心集中放置的方案。对于各区域乘客终端接入认证，Portal 认证流程的各功能网元设计如下表所示：

表2. 终端认证各功能网元

终端区域	接入控制器	Portal 服务器	AAA 服务器
列车	车载AR	中心Portal认证服务器	中心AAA服务器
车站	中心AC	中心Portal认证服务器	中心AAA服务器

用户接入认证的信令流路径如下图所示，其中字体标红的网元为接入控制器：

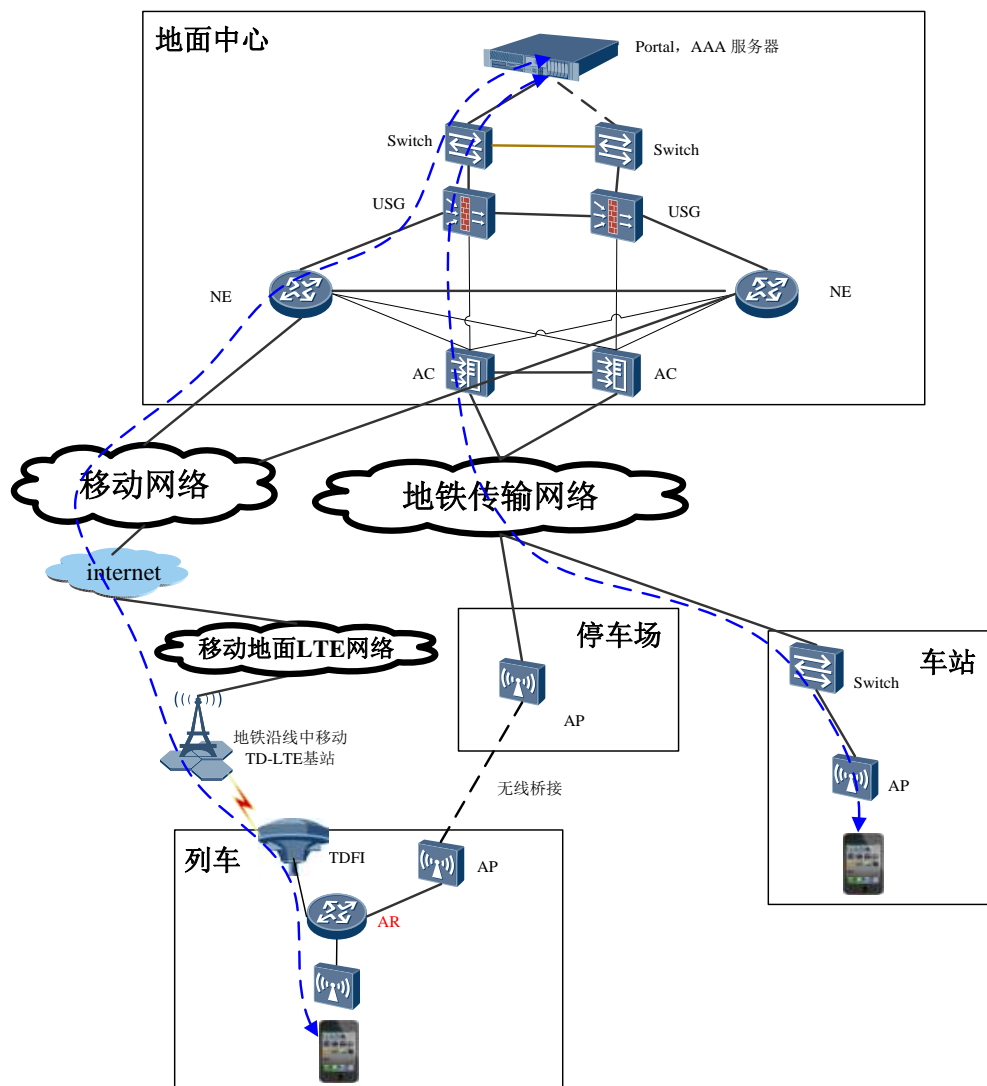


图12 终端认证授权信令流路径图

在列车运行环境中，列车沿线的 LTE 车地无线网络可能会存在网络不稳定、无线覆盖存在盲区的问题，为了提高车载乘客业务访问的可靠性，建议如下设计：

- 客户端认证通过后与地面的portal服务器之间存在保活心跳，心跳周期可配置。为了避免乘客客户端在列车运行过程因车地网络不可靠频繁下线，建议心跳周期根据线路实际行车测试最优值进

行设置；

- 设计车载媒体资源访问、用户注册免认证，但对于车载媒体资源访问，应用层设计只有通过APP才能访问，增加用户粘性。

## 5.6.2 网络安全防护

随着互联网技术的迅速发展网络安全问题日益突出，本项目需要防范的网络安全隐患包括来自Internet的恶意攻击病毒等安全隐患、来自乘客的恶意攻击和终端携带的病毒传播、无线仿冒隐患、设备和管理系统非法侵入隐患。

### Internet 安全防护

- 地面中心网络的安全防护设计：采用华为集防火墙、入侵防御、防病毒、URL过滤、邮件过滤、应用程序控制等多种专业安全技术与一体的统一安全网关USG；
- 车载网络的安全防护设计：华为AR集成强大的内置防火墙，可防护来自Internet的各种攻击和侵入。

### 终端安全防护

- 对于乘客终端接入，必须通过终端认证授权才能接入网络；
- 车载AR、中心AC配置访问控制列表ACL防护典型的端口、协议；
- 车载AR和中心AC配置ARP报文抑制防止客户端恶意软件洪范ARP报文攻击；
- 车载AR和中心AC配置ARP欺骗防护功能；
- 车载AR和中心AC配置ICMP抑制防止恶意ping探测和攻击；
- 车载AR和中心AC配置DHCP Snooping和DAI防护地址欺骗攻击和DHCP服务器欺骗；
- 车载AR内置防火墙防护车载乘客终端病毒软件侵入，中心USG防护站台乘客终端病毒软件侵入。

### 无线仿冒

- 车载AR内置AC和中心AC开启仿冒AP检测功能，当检测到非法部署的AP设备，AC上报网管；
- 对于对网络发起无线攻击的AP设备，网络中合法部署的AP 监听设备负责把监听到有攻击行为的无线设备上报给AC，继而上报给网管；
- 桥接AP之间相互配置白名单，杜绝仿冒AP伪装接入；
- 桥接AP的SSID隐藏，AP不发送beacon信息，避免其他无线终端扫描到SSID后接入到无线网络。

### 设备和管理系统防护

- 所有设备登陆配置管理员用户名和密码，避免非法用户接入；
- 网管等应用系统登陆配置分级账号，所有用户登陆必须通过认证。

## 5.7 可靠性设计

### 5.7.1 城轨环境

系统设计满足如下环境要求：

表3. 系统环境要求

设备位置 工作环境		车辆				地面	
		车体内部	车体外部	转向架	车轴	室外	室内
环境温度 (°C)		-25~55	-40~70				0~45
湿度 (25°C)		≤95%	100%不结露				≤95%
振动	振频 (Hz)	≤50	≤50	10~100	10~10k	≤100	≤100
	加速度 (m/s <sup>2</sup> )	20	20	100~200	100~200	≤30	≤20
冲击	持续时间 ms	4~11	4~11	4~11	0.5~2	≤200	≤200
	加速度 (m/s <sup>2</sup> )	20~50	20~50	100~150	500~1000	≤100	≤100
平均气压/kPa		70~106 (相当于海拔约 3000m 以下)					

### 5.7.2 振动

地铁车辆经受的并不是单一的振动环境条件，而是一个与轨道相适应的随机振动的环境，列车运行中产生的各个方向上的应力，同时其加、减速、停车时对列车上设备产生的冲击影响，因此对设备与支架之间的连接、设备上的连接器的紧固、线缆和连接器的连接的抗振动、冲击性能有特殊要求。

#### 5.7.2.1 振动分析

列车的振动是牵涉到乘客安全性和舒适性，振动属于物理污染，严重振动会使机械和电器设备受到损坏，使车辆造成故障，要求设备采取措施尽可能减小安装在车辆上的机械、气动、电气和电子设备或部件的随机振动和冲击，提高其运行平稳性。

#### 5.7.2.2 振动设计原则

- 1) 设备采用金属固定件和车体支架固定，保证设备的安装紧固性能，同时避免在运动中产生噪音污染；
- 2) 设备对线缆连接器进行加固，保证设备上连接器的连接紧固性能；
- 3) 设备带线缆通过功能性随机振动测试，保证设备在运行过程中的稳定工作；

- 4) 设备带线缆通过模拟安装在车上多个位置的长时间振动测试，保证设备在运行过程中的稳定工作；
- 5) 设备带线缆通过模拟冲击振动测试，保证设备在运行过程中的稳定工作。

### 5.7.3 EMC

针对城轨列车环境内电磁干扰的随机和多变、干扰域波不规则、频谱复杂、干扰源多等现状，对部署在列车上的设备有特殊电磁兼容（EMC）的要求。

EMC 的主要内容实质上是城轨交通多个机电系统共同构建的整个 EMC 环境，要求各系统既要在功能、性能上达到各自系统在标准上规定的可靠性要求，还须考虑 EMC 问题，确保如下三点：

- 1) 不会对相邻设备和系统构成严重干扰；
- 2) 不会因相连设备和系统的干扰而降低自身的工作能力；
- 3) 不会污染城市的电磁环境。

#### 5.7.3.1 干扰源分析

列车内各系统的干扰源主要有：配电系统、牵引系统、高速处理器推动的系统、后备供电、整流器、专用通信系统、无线电、ATC、信号系统、屏蔽门通信等系统。

在本系统中，由于终端和系统属于空口连接的关系，失去了屏蔽线缆的保护，对系统的 EMC 要求更为苛刻。

#### 5.7.3.2 EMC 设计原则

- 1) 包含防止电磁干扰发生的措施，保证电磁干扰不影响设备的安全性和可靠性，并采用屏蔽、滤波、接地、隔离、平衡以及其他技术措施，保证设备具有良好的电磁兼容性能。
- 2) 进行电磁兼容的验收测试来保证其提供的设备之间没有电磁干扰超标，测试项目包括射频电磁场辐射骚扰、射频场感应传导骚扰、电快速瞬变脉冲群、浪涌（冲击）电压、静电放电、工频磁场、脉冲磁场的抗扰度等。
- 3) 与其他接口专业的设备之间不存在电磁干扰超标。
- 4) 与各接口专业进行统筹协调，沟通有关电磁兼容的情况和数据。
- 5) 系统部署，发现有关的电磁兼容问题进行及时分析和处理。

## 5.8 QoS 设计

### 5.8.1 业务分类

在网络技术的迅猛发展的今天，一张物理网络中会同时承载各种数据、视频、信令、管理等等业务，而每一种业务因为其应用特性的不同，对于业务流在网络中传输的丢包率、传输时延、时延抖动有着不同的要求，例如视频流对传输的时延和丢包率都极其敏感，而上网数据业务则不敏感，故必须各种业务进行分类识别和标识，业务分类也是网络 QoS 保证的基础。

在列车车厢内和车站站台站厅网络中承载的业务可以划分为本地多媒体视频业务、本地数据业务、Internet 数据业务、设备管理业务、媒体更新业务、设备控制信令、认证信令，各种业务特性如下表所示。

表4. 业务特性分析

业务类型	时延要求	丢包率要求	延时抖动要求	是否涉及 WiFi 空口	备注
设备控制	高	高	不涉及	是	
认证信令	高	高	高	是	
本地视频	高	高	高	是	
设备管理	中	高	中	是	
媒体更新	中	高	低	否	仅更新至车载媒体服务器
本地数据	低	中	低	是	服务运营方提供的增值业务、咨询业务、广告业务
Internet	低	低	低	是	

通过对各种业务流量带宽大小分析以及上下行流量大小预测，可以得出本项目 QoS 业务分类和业务保证主要是针对下行的业务，如下表：

表5. 业务上下行流量分析

业务类型	下行流量	上行流量	备注
设备控制	小	小	上下行较均衡，很小；
认证信令	小	小	
本地视频	大	小	
设备管理	小	小	上下行较均衡，上行略大

业务类型	下行流量	上行流量	备注
媒体更新	大	小	
本地数据	中	小	
Internet	中	小	

综合上述分析，可以推论业务分类的重点为下行方向的业务，并需要分别为有线网络和无线局域网络分别规划业务标识 QoS 参数和技术。对于设备控制业务，网络设备在发送信令报文时常规都是默认以最高优先级发送，所以对于设备控制业务不需要额外的 QoS 设计。此外，虽然本地视频的 QoS 要求高于设备管理的要求，但考虑设备管理的重要性以及其极小的带宽流量，实际部署建议将设备管理的优先级调整至高于本地视频。整体业务分类如下所示：

表6. 业务上下行流量分析

业务类型	业务接入侧标识	网络内传输标记	优先级	WMM 队列
认证信令	服务端 IP 地址 + 协议号	DSCP	56	AC-VO
设备管理	管理 VLAN Tag	DSCP	48	AC-VO
本地视频	服务端 IP 地址 + IP 端口号	DSCP	40	AC-VI
媒体更新	内容端 IP 地址 + IP 端口号	DSCP	32	不涉及
本地数据	服务端 IP 地址 + IP 端口号	DSCP	16	AC-BE
Internet	IP (下行方向源 IP 即公网侧 IP)	DSCP	0	AC-BK

## 5.8.2 QoS 策略

因认证信令和设备管理流量小且重要性高，需要重点保证其传输带宽以减少丢包，故对于此两种业务设计绝对带宽保证。对于视频和数据业务，因其数据量较大，绝对带宽保证容易导致低优先级业务得不到调度而“饿死”，所以建议采用权重轮训调度策略。

对于 WiFi 无线空口的调度，WMM 协议对每个 AC 队列定义了一套信道竞争 EDCA 参数，包括 AIFSN、ECWmin、ECWmax 以及 TXOPLimit。每个 AC 队列的 EDCA 参数建议采用默认的配置。EDCA 各参数的含义如下所示：

- AIFSN (Arbitration Inter Frame Spacing Number, 仲裁帧间隙数)，在 802.11 协议中，空闲等待时长 (DIFS) 为固定值，而 WMM 针对不同 AC 可以配置不同的空闲等待时长，AIFSN 数值越大，

空闲等待时间越长；

- ECWmin (Exponent form of CWmin, 最小竞争窗口指数形式) 和 ECWmax (Exponent form of CWmax, 最大竞争窗口指数形式), 决定了平均退避时间值, 这两个数值越大, 平均退避时间越长;
- TXOPLimit (Transmission Opportunity Limit, 传输机会限制), 一次竞争成功后, 可占用信道的最大时长。这个数值越大, 用户一次能占用信道的时长越大, 如果是0, 则每次占用信道后只能发送一个报文。

表7. 业务 QoS 调度策略

业务类型	有线侧调度策略	空口调度策略
认证信令	SP	各 AC 默认 EDCA 参数
设备管理	SP	
本地视频	WRR	
媒体更新	WRR	
本地数据	WRR	
Internet	WRR	

对于列车和中心的 Internet 出口, 考虑出口带宽的限制, 建议在路由器上配置访问控制列表过滤视频流、P2P 等严重消耗带宽的应用。

对于 WiFi 乘客接入, 需要对每用户进行带宽限制 (例如 1M, 可根据实际运营需求调整) 以防止用户恶意占用空口带宽。考虑 AP 的吞吐量随着接入数的增加会逐步下降, 为了保证已接入用户的业务体验, 建议对每 AP 接入的用户数进行限制 (例如 50/AP, 可根据实际运营需求调整)。

## 5.9 网络管理

在整个网络的管理上, 采用华为公司 eSight 企业运维系统来作为整个业务网络的管理工具。eSight 提供对路由器、交换机、WLAN、服务器等网络设备的管理, 便于网管人员的集中维护和故障定位。

eSight 是华为推出的新一代面向企业园区和分支网络管理系统, 实现对企业资源、业务、用户的统一管理以及智能联动。eSight 支持对 IT&IP, 以及非华为设备的统一管理, 同时对网络流量、接入认证角色等进行智能分析, 自动调整网络控制策略, 全方位保证企业网络安全。同时, eSight 提供灵活的开放平台, 为企业量身打造自己的智能管理系统提供基础。

eSight 提供的功能介绍如下:

- **安全管理**  
安全管理实现对网管系统本身的安全控制, 通过对用户、角色、权限和操作集等管理, 保证网管系统的安全。

- **日志管理**

日志信息记录了用户进行的一些重要操作，用户可以查看、过滤日志列表，还可以详细查看某条系统日志的内容。支持管理操作日志、安全日志和系统日志，提供提示、一般和危险三种级别的信息。
- **拓扑管理**

拓扑管理是指以拓扑图方式显示被管网元及其之间连接的状态。用户可通过浏览拓扑视图来实时了解整个网络的运行情况。
- **故障管理**

故障管理是对网络中的异常运行情况进行实时监视，通过告警实时浏览、告警操作、告警规则设定（屏蔽规则、声音设定）、告警远程通知等手段，便于网络管理员及时采取措施，恢复网络正常运行。
- **性能管理**

eSight 可以对网络的关键性指标进行监控，并对采集到性能数据进行统计。通过可视化的操作界面，方便用户对网络性能进行管理。
- **资源管理**

网管对设备的管理，包括设备添加、删除。提供子网的管理方式，用户可以根据实际设备的物理位置，划分不同的子网对设备进行区域管理。
- **报表管理**

eSight 通过任务执行报表生成，支持周期报表任务、即时报表任务。支持报表导出为 PDF、Excel、Word 等常见文件格式。eSight 预集成了丰富的报表模板，可以满足常见的网络运维报表需求。同时支持用户自定义的报表模板，以实现个性化的报表需求。
- **自定义设备管理**

针对企业网用户需要管理的多种厂商的设备类型，eSight 提供了自定义管理功能。用户通过自定义管理模块，完成对设备类型、性能指标、告警参数、配置文件管理、设备面板的定制，增强对设备基本能力的管理。
- **配置文件管理**

配置文件管理指对设备的配置信息进行管理，提供对设备配置文件的导入、备份、恢复、比较、基线化管理。当网络出现问题时，可以根据之前备份的网络可运行时的配置文件与当前设备正在运行的配置进行比较，帮助您快速定位并恢复当前出现的故障。
- **智能配置工具**

智能配置工具用于对华为设备进行业务配置，支持配置模板和规划表对设备批量下发业务配置。模板主要用于对多个网元进行相同业务配置的批量下发；规划表主要用于对多个网元进行相似业务配置的批量下发。
- **WLAN 业务管理**

WLAN 管理提供方便、快捷的 WLAN 设备配置功能，并提供向导式的业务配置，一站完成业务部署；实现端到端的可视化监控网络信息，并能直观地展示故障信息，快速定位解决问题。
- **SLA 业务管理**

SLA 管理可以提供对 QoS 策略实施效果的度和审计，以确保关键业务得到了指定的服务保证。

- **MPLS VPN 业务管理**

BGP/MPLS VPN 管理组件提供了对 MPLS VPN 业务资源的发现、拓扑、性能端到端的管理，能有效提升 BGP/MPLS VPN 管理的质量和效率。用户通过对业务的性能、告警、SLA 等多种手段监控当前业务的运行状况，并提供快速诊断功能快速定位业务故障。
- **分级网管管理**

eSight 支持用户建立分级分层的网络管理方案。用户可以将网络按照需求，将网络进行分级分层。eSight 支持在上级网管维护下级网管列表，通过链接可以直接打开下级网管的界面。从而实现查看下级网管告警、拓扑、性能和报表等功能。
- **单网元特性管理**

介绍 eSight 对各种设备进行管理的功能特性。
- **系统 Portal 首页**

Portal 首页以图形化形式提供重要监控信息一览，并支持用户自定义显示的监控信息和格式。
- **网流分析**

eSight NTA 组件提供强大的网络流量分析功能，能深入分析网络中的流量数据并提供详细的流量数据分析报告。用户利用 NTA 能实时监控全网流量，做到流量可视、故障可查、规划可依。
- **维护工具**

维护工具提供 eSight 的维护功能，包括服务器管理、进程管理、组件管理、网元包安装和升级、eSight 配置文件和数据库备份恢复等。

## 5.10 整体方案亮点

- 1) 针对城轨交通运行效率高要求，通过合理的网络设计不干扰 CBTC 系统，不影响行车效率
  - 车地通信采用 LTE 4G 技术，工作在专用频段，确保和公共频段的无线系统零干扰。
  - 协助地铁客户进行频段规划，避免影响 CBTC、PIS 其他运营相关系统的高效运行。
  - 经过良好规划且免费的 WIFI 车载网络能在一定程度上减少乘客使用自带可能干扰列控系统的 WIFI 设备
- 2) 针对地铁客户关注的系统投资回报率、业务扩展等问题，采用以高集成 AR 为核心的组网方式，实现系统的 TCO 保护，达到系统建设的最佳性价比。
  - 乘客在乘坐列车通过 AR 直接访问 Internet，节约带宽使用成本达 2/3。
  - AR 无需申请静态公网 IP，节省网络租用费用。
  - 高集成 AR 设备，节省布线，节约日常能耗。
  - 车载 AR 集成的服务器的开放式业务平台，实现车厢多媒体业务的快速部署。
- 3) Internet 访问安全等问题，采用 LTE+ ASG 的组网方式，实现系统日常安全运营和乘客安全上网。
  - 中心核心设备采用主备部署，实现系统冗余，提高可靠性。
  - 通过对恶意高带宽占用行为和非法网站进行控制，实现用户安全上网，保障全网用户的上网体验。

4) 针对城轨交通高速移动、人流量密集等问题，通过 LTE 车地通信提供超大容量的 Internet 宽带上网服务，实现车厢内多用户高质量上网体验，系统运营商推送信息稳定下发。

- LTE 无线通信网络，具备频偏自动矫正技术，430km/h 的高速移动下实现 50Mbps 的实时带宽，满足列车内多人同时访问 Internet 的业务需求。
- 车厢内单点 AP 覆盖实测带宽达 90 Mbps，满足列车高峰期多乘客访问 Internet 的业务需求。
- 系统运营商通过 LTE 网络往客户端推送乘车提示、广告等信息。

5) 针对城轨交通车载系统部署工作繁琐，运维工作量大等特点，通过部署 eSight 统一网管平台，实现全网设备的远程部署，统一管理，大幅度减少运维成本。

- 支持远程配置，模板化全网设备统一配置。
- 车载多媒体内容通过车辆段内部署的 AP 实现远程更新，自动选路，提升效率。
- 实现车载、车站、数据中心设备统一管理。
- 支持全网设备远程升级。

## 6 子系统设计

### 6.1 车载子系统设计

#### 6.1.1 设计原则

本项目对车载子系统有如下主要需求：

- 1) 为乘客提供高速率无缝覆盖的列车 WiFi 无线局域网，乘客可使用手机、PAD、笔记本等各类支持 WiFi 功能的移动智能终端接入无线局域网；
- 2) 提供内容丰富、界面清晰的列车多媒体视频内容服务，乘客可通过智能终端接入 WiFi 局域网后选择点播，车地无线链路故障不影响乘客多媒体内容访问；
- 3) 列车运行过程提供高质量高带宽的 Internet 冲浪服务，提高乘客满意度；
- 4) 车厢间 AP 布放和安装避免列车结构改动，降低列车安装和部署成本；
- 5) 列车局域网防护 Internet 的安全攻击，对乘客上网的行为进行审计，符合公安部 82 号文件；
- 6) 地面中心远程实现集中设备管理和控制，提高运维效率。

针对以上需求，采用如下设计原则：

- 1) 车地采用 LTE 网络为乘客 Internet 访问、远程设备管理、远程集中认证提供高速通道；
- 2) 多媒体内容列车本地化提高视频服务质量和可靠性，媒体内容通过远程中心自动更新；
- 3) AC 分布式部署提高列车网络可靠性，满足车地无线终端局域网仍正常运行；
- 4) 车内 AP 采用无线桥接回路实现 AP 间数据回传避免列车结构变更；
- 5) 部署应用层网关满足公安部 82 号令；

#### 6.1.2 组网结构

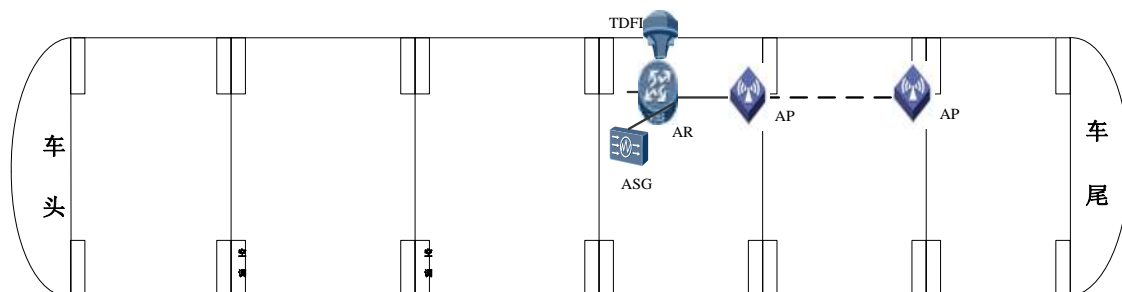


图13 车载子系统组网结构示意图（设备数量根据需求确定）

### 6.1.3 业务设计

#### 6.1.3.1 Internet 访问

车载 Internet 访问需要重点考虑满足以下需求和约束：

- 满足项目车载 Internet 访问流量直接进入中国移动 TD-LTE 网络需求；
- 减少甚至免公网静态 IP 地址的申请，降低整体的运营成本；
- TDFi 作为终端设备，不能支撑车载局域网数百用户的管理和控制，故用户 IP 分配和管理由 AR 承担；

车载 Internet 访问设计方案如下：

- TD-LTE 移动终端 TDFi 直接从中国移动网络获取动态的运营商 IP 地址、DNS 服务器地址等信息；
- AR2220 WAN 口从 TDFi LAN 口获取动态 IP 地址，TDFi 终端将从运营商 DHCP 过程获取的 DNS 服务器地址等信息传递给 AR；
- 用户移动终端通过 WiFi 接入车载网络后，从车载局域网的核心设备 AR 获取用户 IP 地址（私网）和 DNS 服务器地址等信息；
- 两次 NAT：为减轻 TDFi 终端用户并发性能压力，在 AR 上实现所有 Internet 流量的一次 NAT，实现用户 IP 地址向 AR WAN 口 IP 地址的转换；TDFi 上实现二次 NAT，将 AR 私网 IP 转换为运营商分配的 TDFi IP 地址；
- 车厢内部署 ASG 设备，对车厢乘客 Internet 访问行为进行记录，并汇总到数据中心，满足公安部 82 号审计要求。

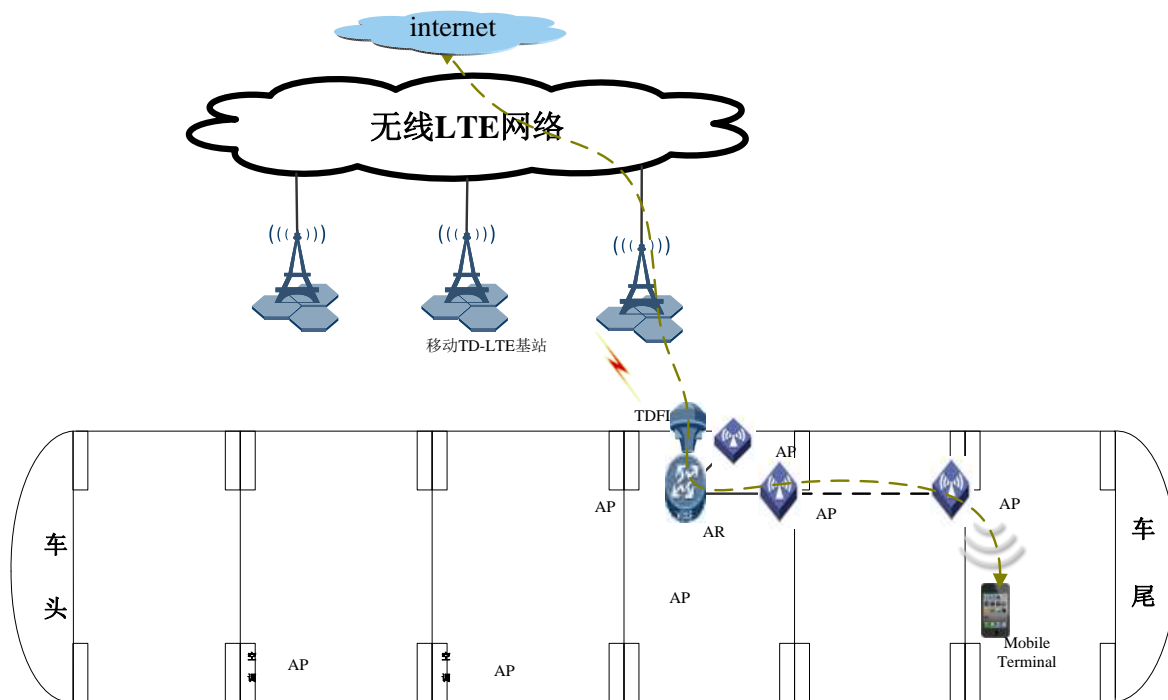


图14 车载 Internet 访问业务

### 6.1.3.2 媒体访问

乘客通过 WiFi 接入车载局域网后,可以通过手机下载安装的客户端软件访问车载的多媒体资源,包括但不限于热门视频、短片、资讯。

乘客需要在不同的列车上都能通过同一个客户端软件访问,为了简化客户端软件的 IP 地址配置,将所有车载的 OSP 媒体访问目的 IP 都统一配置为同一个 IP 地址。为了避免 IP 地址的冲突问题,网络规划中需要特别注意不能将车载 OSP 媒体访问目的 IP 地址路由发布出去,即 OSP 媒体访问目的 IP 所在路由仅在一个车载局域网范围有效,另外此路由网段也需要避免在其他的区域(中心、车辆段)再次使用。



图15 车载媒体访问业务

为保证给乘客提供更可靠的媒体服务，当车地之间的 TD-LTE 网络不稳定或者不可用时，车载媒体服务器仍旧可以提供访问服务。华为建议 OSP 车载媒体资源免认证访问，但乘客必须要通过客户端软件才能获取媒体资源服务以确保用户粘性。AR 上配置 OSP 板访问目的路由为 Portal 认证方式的免认证资源，用户接入网络后可通过客户端直接访问。

### 6.1.3.3 媒体更新

实时媒体更新和非实时媒体更新两种业务需要通过不同的网络通道实现车载媒体资源和中心媒体资源的同步，考虑中间传输网络对业务应用层不感知，可以通过车载媒体服务器和中心媒体服务器之间端到端规划两条不同的传输路径来低成本实现媒体更新方案。在中心媒体服务器和每车载 OSP 板级媒体服务器分别配置两个专用于业务更新的 IP 地址，其中 IP\_车载 1 与 IP\_中心 1 用于实时媒体更新，IP\_车载 2 和 IP\_中心 2 用于非实时媒体更新。

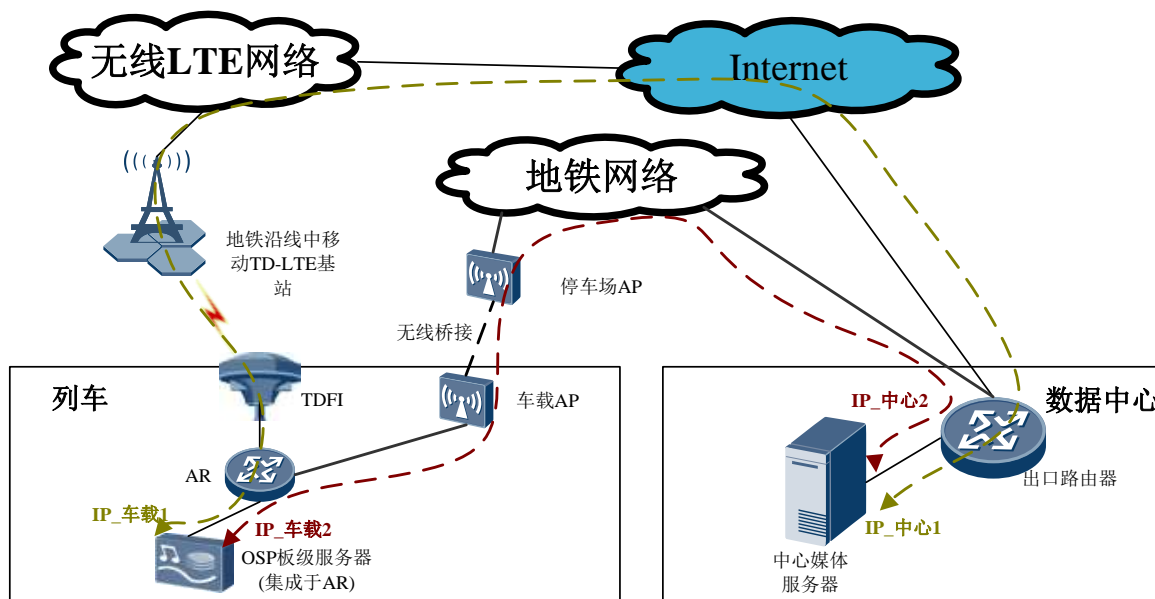


图16 车载媒体更新业务

### 6.1.4 设备配置

1 列 6 节编组的地铁车辆推荐的设备配置如下：

表8. 车载子系统设备配置

No.	设备名称	设备型号	单位	数量	配置位置	备注
1	AR 企业路由器主机		台		车载设备柜	根据项目需求具体配置
2	AR 企业路由器业务板卡		块		AR 主机内	
3	AR 数据业务增值包		套		车载 AR 主机业务板卡	

4	AR WLAN Controller License		套		车载 AR 主机 业务板卡	
5	OSP 服务器单板		块		车载 AR 主机	
6	WLAN AP		台			
7	行为审计设备		台		车载设备柜	

## 6.2 车站子系统设计

### 6.2.1 设计原则

本项目对车站子系统有如下主要需求：

- 1) 为乘客提供高速率无缝覆盖的车站 WiFi 无线局域网络，乘客可在站厅站台任意地点 WiFi 接入；
- 2) 提供内容丰富、界面清晰的多媒体视频内容服务，乘客可通过智能终端接入 WiFi 局域网络后选择点播内容；
- 3) 乘客可通过 WiFi 网络访问 Internet，提高候车间隔的娱乐性和满意度。

针对以上需求，采用如下设计原则：

- 1) WiFi AP 采用室分型 AP+吸顶天线方式提高无线网络覆盖强度避免盲区；
- 2) 媒体内容和 Internet 出口集中部署至地面中心减少整体投资成本。

### 6.2.2 组网结构

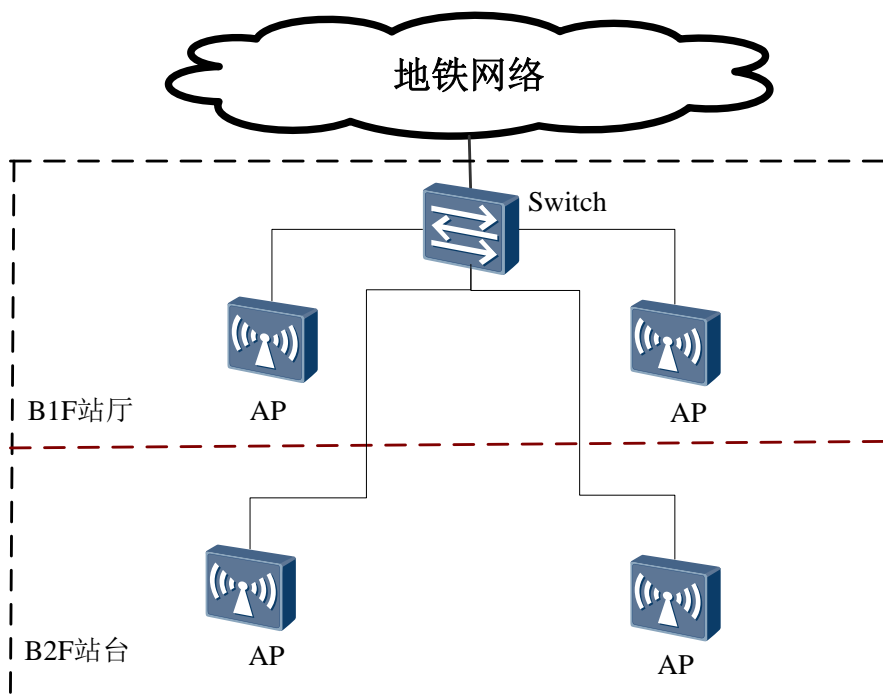


图17 车站子系统组网图

### 6.2.3 业务设计

#### 6.2.3.1 Internet 访问

车站子系统仅提供 Internet 访问的接入和转发功能：将用户的 Internet 访问流量通过室分 AP 接入后，通过车站交换机路由转发到中心子系统，用户的 Internet 访问控制由中心完成。

#### 6.2.3.2 媒体访问

车站子系统因地面网络可靠高、带宽稳定，故各车站子系统不设置媒体服务器，媒体服务器统一集中配置在中心。车站将用户的媒体访问请求通过室分 AP 接入后，通过车站交换机路由转发到中心子系统。

### 6.2.4 设备配置

每个车站推荐的设备配置如下：

表9. 车站子系统设备配置

No.	设备名称	设备型号	单位	数量	配置位置	备注
1	车站以太网交换机主机		台			根据项目需求具体配置

2	WLAN AP		台			
---	---------	--	---	--	--	--

车站 AP 数暂定 4 个，后期需要根据现场网规情况进行 AP 数量的配置，满足现场信号覆盖要求。

## 6.3 中心子系统设计

### 6.3.1 设计原则

本项目对中心子系统有如下主要需求：

- 1) 地面 Internet 出口路由和控制；
- 2) 与列车建立 VPN 隧道，通过 VPN 隧道对车载设备进行集中管理；
- 3) 防护来自 Internet 与车站用户层面的安全攻击和隐患，确保中心安全；
- 4) 上网用户行为审计，满足 82 号令；
- 5) 各类管理和应用服务器及资料存储；
- 6) 具备良好的可扩展性，支持未来用户容量扩容；

针对以上需求，采用如下设计原则：

- 1) Internet 出口高带宽、高可靠，避免单条链路故障导致网络不可用；
- 2) 数据中心服务器能力满足当前的应用需要，并支持后续的扩展升级；
- 3) 乘客上网行为的纪录和存储时间满足公安部 82 号令审计要求。

中心子系统从逻辑功能分可以分为 Internet 出口路由和控制、中心安全防护、中心服务器存储资源(媒体服务、AAA、Portal 服务、网管服务等)、AP 管理和访问控制、中心网络(路由交换)。

### 6.3.2 组网结构

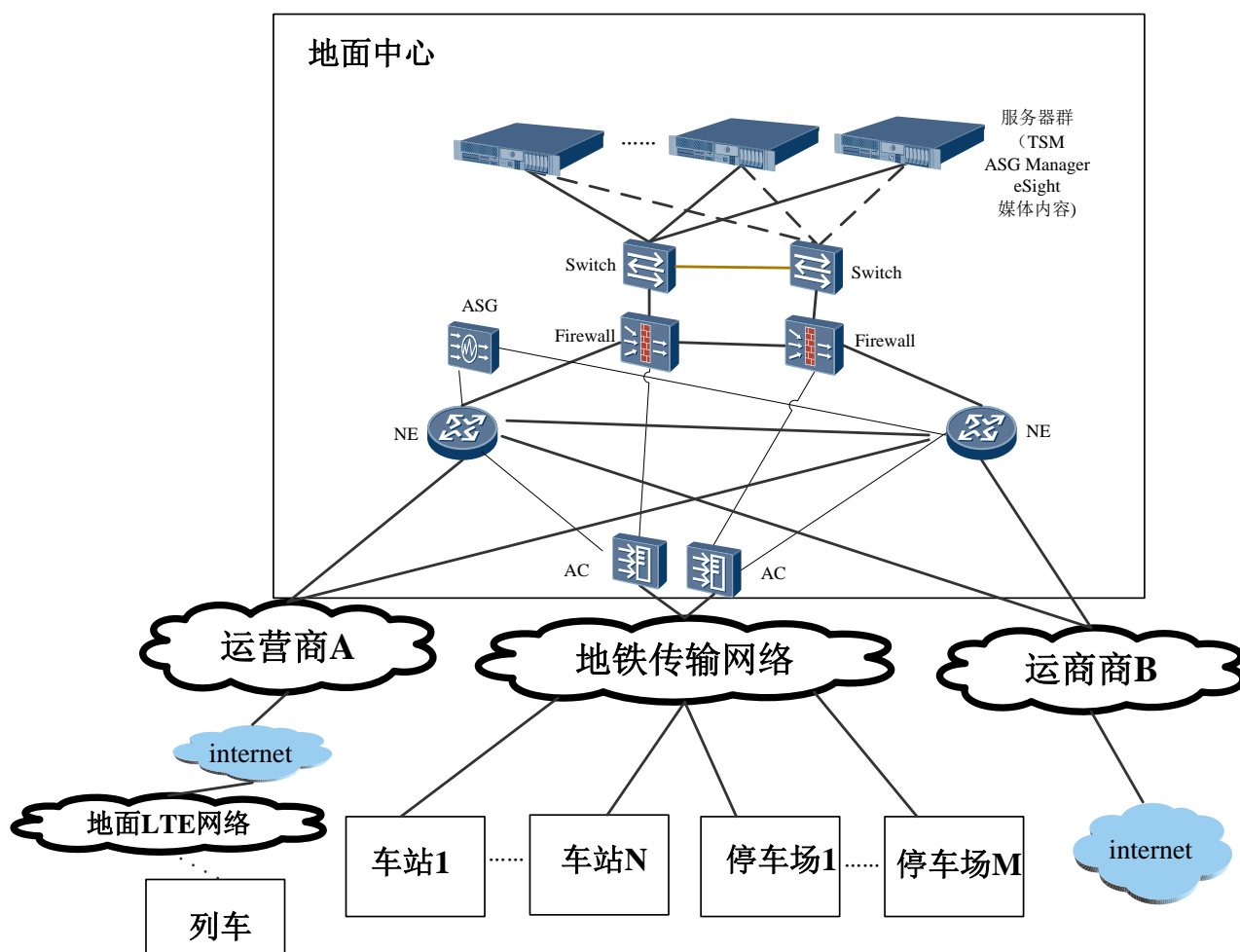


图18 中心子系统组网图

地面中心为了实现高可靠性，关键设备 AC、NE 路由器、USG 采用冗余设计，避免单节点故障。服务器通过双网卡分别连接两台交换机，提升服务器访问的可靠性。

各车站、车辆段的 AP 因流量必须流经中心处理，故所有 AP 采用集中管理和集中流量转发的模式：AP 的 IP 地址和用户的 IP 地址都由 AC 分配和管理；用户的网络接入访问权限也由 AC 控制。

中心 Internet 出口设计中国移动和中国联通双出口，实现车站乘客访问 Internet 流量的负载均衡，并提高 Internet 出口的可靠性。

数据中心部署 ASG，对站台乘客上网行为进行记录，满足公安部 82 号审计要求。

地面中心的中国移动出口路由器 NE 配置 IPSec Tunnel 策略模板，支持各车载以动态公网 IP 方式发起 IPSec Tunnel 连接，并根据车载发送的引流策略动态建立列车路由与 IP 隧道的对应关系，实现车地网管、认证流量的安全可靠传输。

### 6.3.3 业务设计

#### 6.3.3.1 Internet 访问

车载乘客的 Internet 访问因车载流量本地转发不经过中心。

车站乘客的 Internet 访问必须通过中心路由器出口，用户访问的权限控制由 AC 管理。AC 终结车站 AP 的 CAPWAP 流量，然后将乘客访问 Internet 的流量通过配置的等价路由负载分担转发到两个出口路由器的等级路由。

交换机配置到出口的等价路由：中心应用服务器的 Internet 访问接入交换机后，通过交换机上行路由由负载分担到两个出口访问 internet。

AR 与运营商网络配置静态路由通信以避免引入海量 BGP 路由，运营商侧配置到中心的已购买静态公网 IP 的网段路由，AR 配置到 internet 的默认路由，并向内部发布。

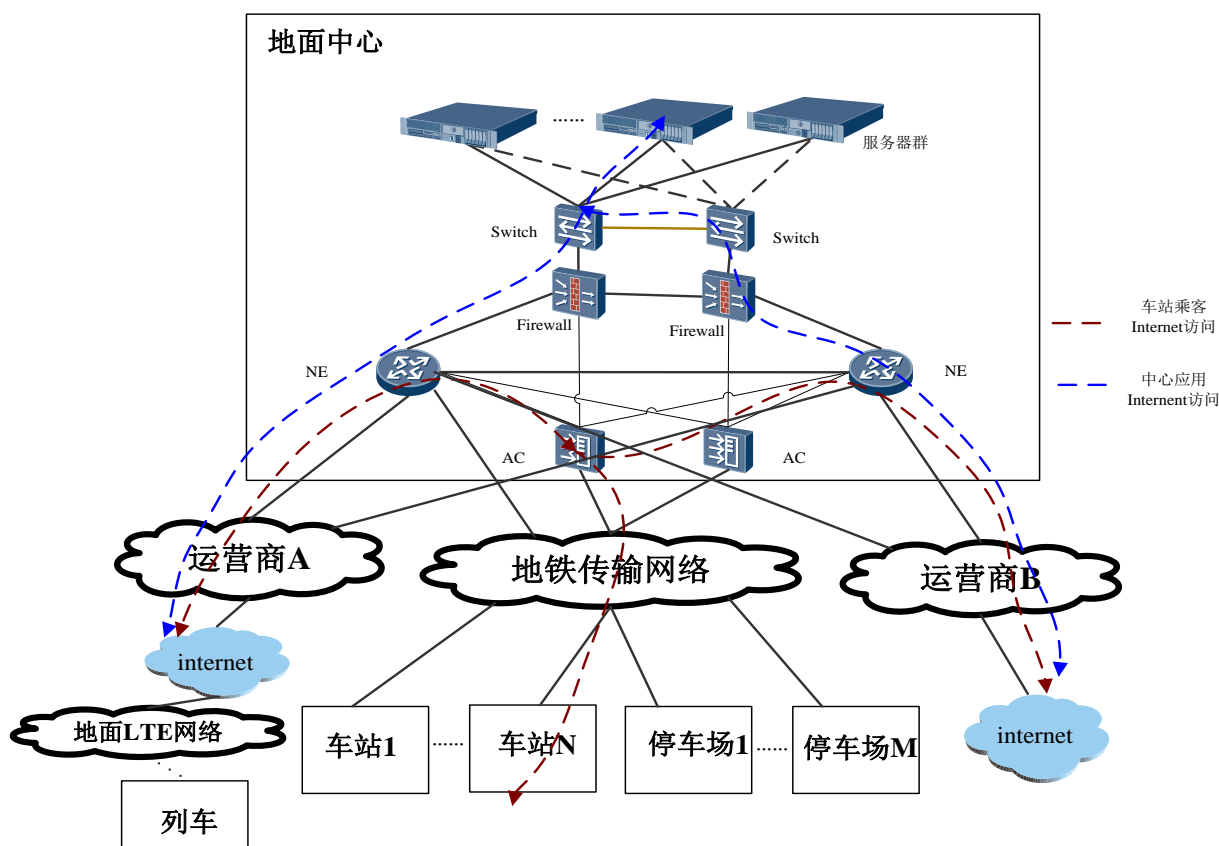


图19 中心子系统 Internet 访问业务设计

#### 6.3.3.2 媒体访问

车载乘客访问列车上的本地媒体服务资源，无需到中心。车站乘客访问集中放置在中心的多媒体服务资源。用户的访问权限由 AC 控制，乘客认证通过后可以通过内部网络直接访问中心的媒体服务器资源。

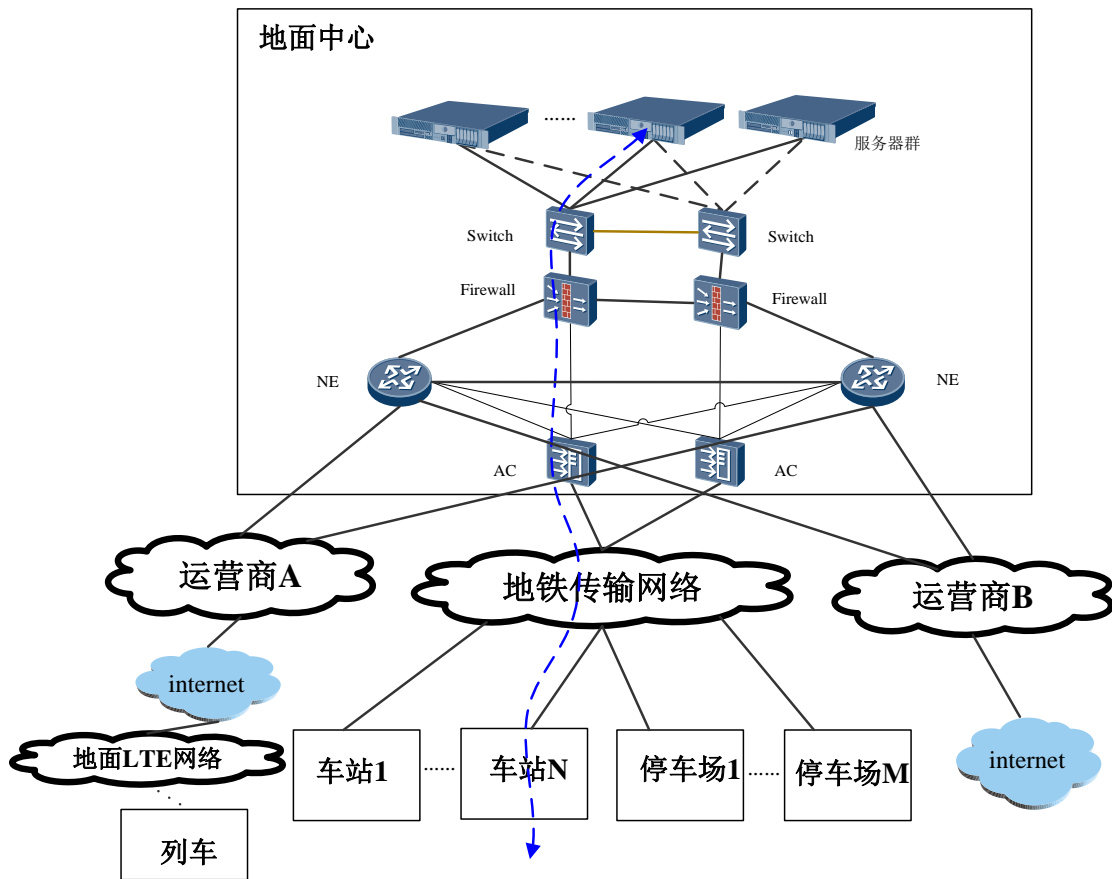


图20 中心子系统媒体访问业务设计

### 6.3.3.3 媒体更新

根据业务类型车载媒体服务器(OSP 板级服务器)分别通过车地 LTE 网络和车辆段 WiFi 网络更新实时媒体业务和非实时媒体业务，详细更新流程请参考车载子系统设计的媒体更新设计。

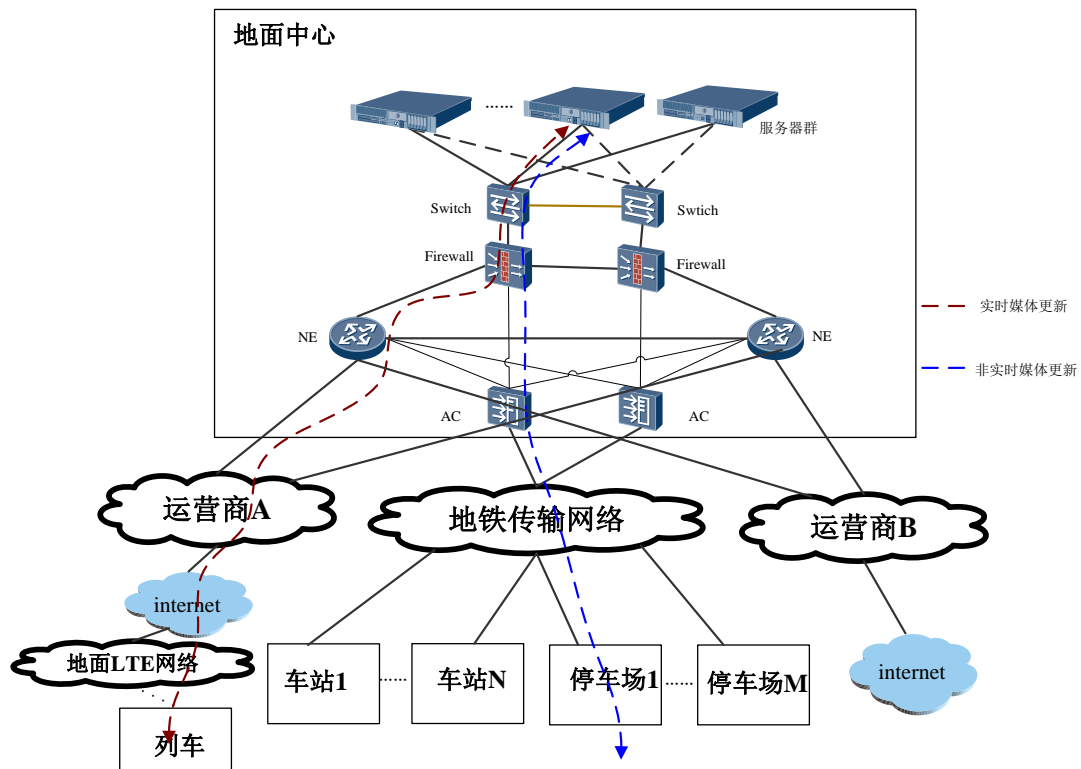


图21 中心子系统媒体更新业务设计

### 6.3.4 设备配置

表10. 中心子系统设备配置

No.	设备名称	设备型号	单位	数量	配置位置	备注
1	eSight 企业运维系统- 自制软件		套		数据中心	根据项目需求具体配置
2	eSight 企业运维系统 - 自制软件		套		数据中心	
3	eSight 企业运维系统 - 增值软件		套		数据中心	
4	eSight 企业运维系统 - 增值软件		套		数据中心	
5	eSight 企业运维系统 - 外购件		台		数据中心	
9	数据中心以太网交换机		台		数据中心	
10	NE 系列企业路由器 - 主机		台		数据中心	
11	NE 系列企业路		块		数据中心	

	由器-业务板卡				
12	插板式-AC		块		数据中心
15	行为审计设备		台		数据中心
16	服务器		台		数据中心
17	服务器		台		数据中心

## 6.4 车辆段子系统设计

### 6.4.1 设计原则

本项目对车辆段子系统有如下主要需求：

- 1) 车辆进入车辆段后通过 WiFi 实现非实时多媒体资源更新。

针对以上需求，采用如下设计原则：

- 1) WiFi AP 采用室外型 AP+天线方式实现车辆段的覆盖；
- 2) 所有车辆段 AP 配置在同一个 SSID 下，二层上行；
- 3) 通过车厢 AP 和车辆段 AP 的无线桥接功能实现无线通信，更新列车上的多媒体数据。

### 6.4.2 组网结构

车载 AP 直接连接车辆段机房的接入交换机。每个车辆段实际部署的 AP 数量需要根据每个车辆段的工勘结果确定。

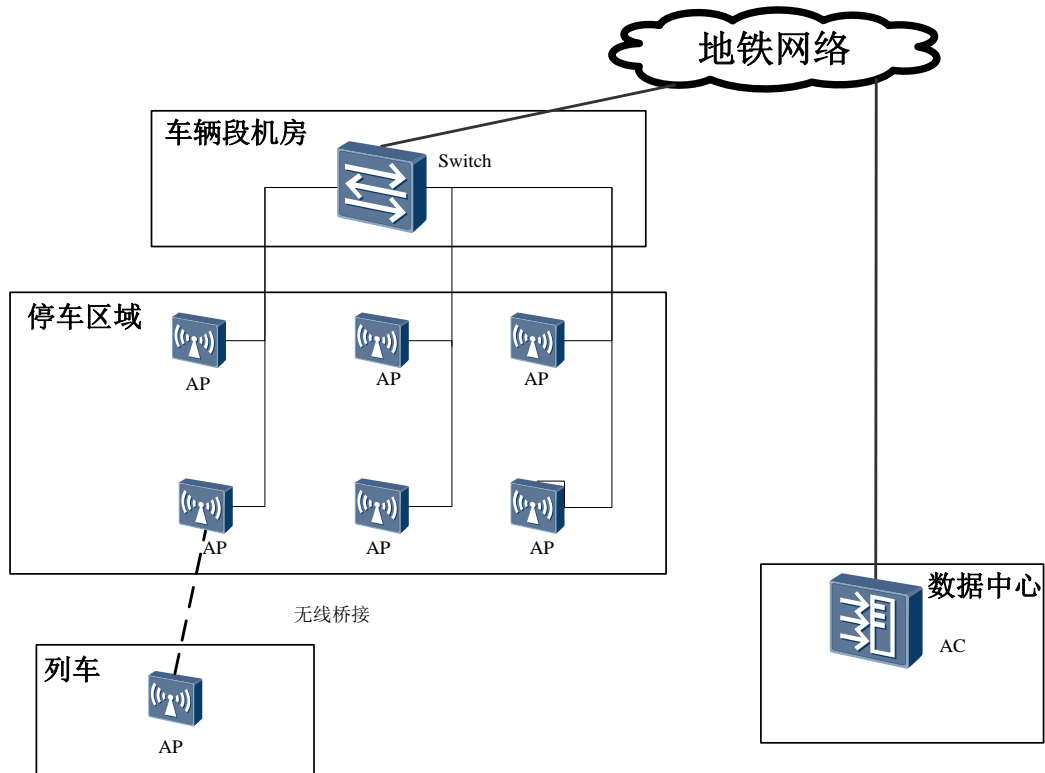


图22 车辆段组网

### 6.4.3 设备配置

表11. 车辆段子系统设备配置

No.	设备名称	设备型号	单位	数量	配置位置	备注
1	汇聚型以太网交换机		台		车辆段机房	根据项目需求具体配置
2	WLAN AP		台		车辆段	

车辆段需要根据现场网规情况进行 AP 数量的配置，满足现场信号覆盖要求。

## 6.5 车地 LTE 网络设计

### 6.5.1 设计原则

本项目对车地通信网络有如下主要需求：

- 1) 车辆在区间内高速运行时可通过车地通信网络实现实时 Internet 访问；
- 2) 车厢内多并发用户可同时通过车地通信网络实现访问认证；
- 3) 车厢内多并发用户可同时通过车地通信网络实现实时 Internet 访问。

针对以上需求，采用如下设计原则：

- 1) 采用高带宽、支持高速移动的 LTE 技术实现车地间的通信；
- 2) 地面 LTE 采用分布式基站实现区间（隧道、高架）内信号覆盖；
- 3) 车厢内通过部署 TDFi 实现车地 LTE 网络通信的统一出口。

## 6.5.2 总体架构

华为将新一代无线通信技术 LTE 应用在速度高达 431Km/h 的高速磁悬浮列车进行了详细的测试实验，获得了革命性突破的稳定的高带宽（80Mbps@FDD 20MHZ）。基于 LTE 卓越的移动性和吞吐率，通过认真研究分析并结合以往轨道交通无线通信系统设计经验，针对城市地铁交通系统给出宽带无线解决方案。

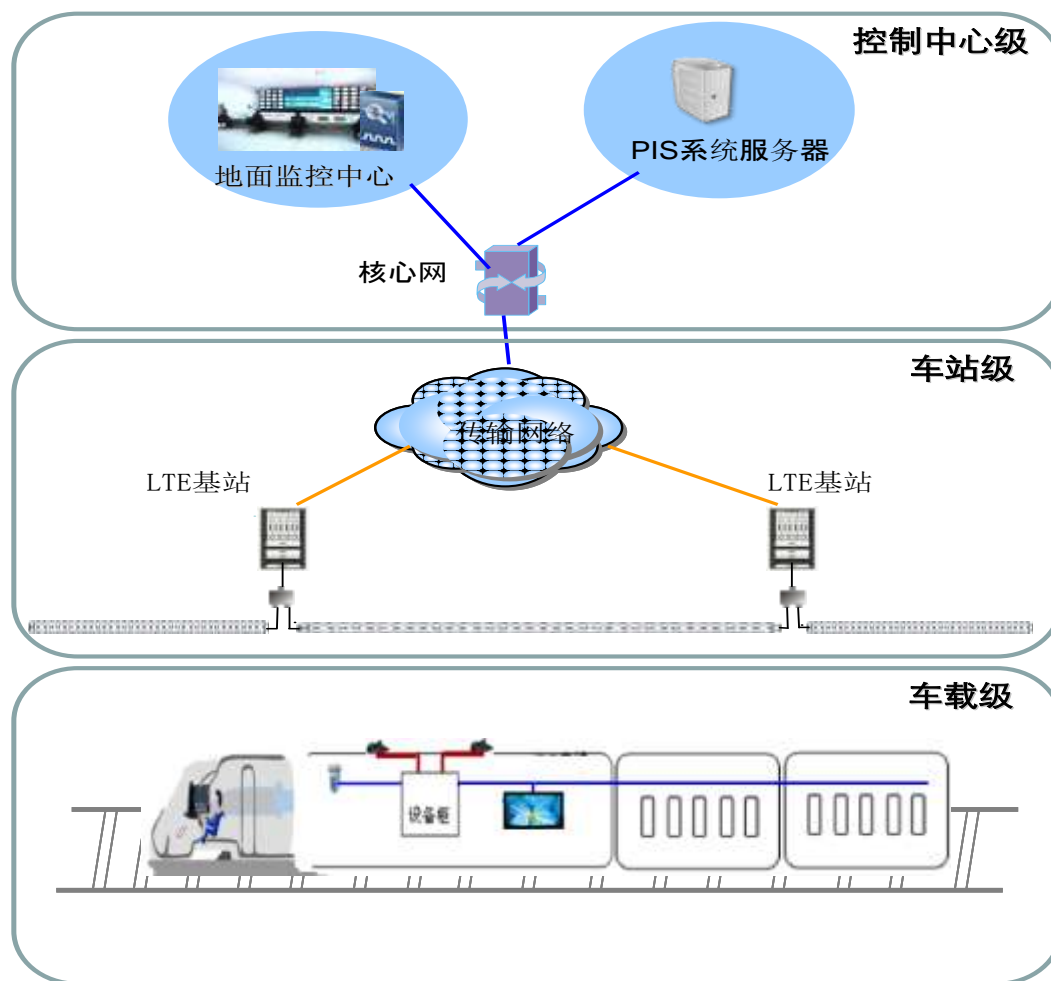


图23 LTE 车地无线解决方案

LTE 车地无线解决方案主要由控制中心级和车站级构成。

- 控制中心级子系统：提供车地宽带无线系统接口，核心网设备及配套网管平台。

- 车站级子系统：由 LTE 基站及配套设备构成。

### 6.5.3 控制中心级

Mini-GW 是核心网设备, 提供 LTE 车地无线系统的统一交换平台和管理平台, 基于全 IP 架构设计。用户可通过 Mini-GW 提供的统一网管平台对整网运行情况进行实时监控和对维护。



图24 Mini-GW 核心网设备

Mini-GW 与车站级基站接入系统通过专用传输网络连接, 使用 GE/FE 光口或电口。PIS 的控制中心级系统也通过 GE/FE 光口或电口连接 Mini-GW。

### 6.5.4 车站级

车站级子系统主要由基站、传输设备和配套设施构成。基站位于专用通信机房, 通过无线信道与车载台建立车地宽带连接, 并通过传输设备与控制中心级中核心网及网管相连, 是连通车载级系统与控制中心级系统的桥梁。

基站设备采用分布式架构, 基本功能模块有两种: 基带处理模块 BBU (BaseBand Unit ) 和射频模块 RFU (Radio Frequency Unit)。

## 7 工程部署

### 7.1 网络覆盖

S 市地铁数字列车 WiFi 上网系统的无线通信分为车地通信、车厢网络覆盖和站点网络覆盖。

#### 7.1.1 设计原则

- 1) 地铁的无线覆盖一般都是线型覆盖，由室外覆盖和室内覆盖完成无线的整体覆盖。从覆盖角度而言，需考虑现场的无线传播环境、空间面积、平面分布、建筑材料来确定该空间内可能的覆盖范围以便满足相应的业务要求。
- 2) 网络覆盖分为动态覆盖和定点覆盖，细分各种场景的具体特点给出了相应的网络覆盖建议，强调了组网原则及业务功能的实现。

#### 7.1.2 频点规划

- 1) 通过 LTE 无线网络用于乘客在乘坐地铁时访问 Internet;
- 2) 由于支持多种主流终端，车厢内采用 2.4GHz 无线技术实现车厢内覆盖;
- 3) 由于列车上还有其他系统采用 2.4GHz 无线技术，因此部署时错开其他系统的使用信道;
- 4) 车厢间距离较短，为保障车厢内覆盖，采用降低车厢内 AP 的发射功率，同时相邻 AP 采用异频的方式进行部署。

### 7.2 网络部署

S 市地铁数字列车 WiFi 上网系统的无线通信分为车地通信、车厢网络覆盖和站点网络覆盖。

#### 7.2.1 车地通信

车地通信采用 LTE 技术，用户可通过自建 LTE 网络或者租用运营商的网络进行通信覆盖。

#### 7.2.2 车厢网络覆盖

车厢内网络采用 WiFi 进行覆盖。

- 1) AR 设备部署在合适的车厢设备柜内，同时在该设备柜内部署 TDFi 实现车地通信;
- 2) 在车内根据安装位置的部署 AP，实现车厢内的信号覆盖。
- 3) AR 的近端 AP 采用有线方式连接，远端 AP 利用近端 AP 的无线桥接功能进行覆盖，无线桥接采用 5 G 的方式，不会影响其他无线系统的正常工作。

### 7.2.3 站点网络覆盖

站点覆盖分为站厅覆盖和站台覆盖。

- 1) 单层站厅采用站厅的两端布放 AP 进行覆盖。
- 2) 换乘站厅除了站厅覆盖外，还需要在通道进行覆盖。
- 3) 站台具体看站台类型进行相应的覆盖：
  - 一岛两侧站台：AP 部署在台站的对角线上。
  - 两岛一侧站台：AP 部署在各岛站台的中间。
  - 部分特殊站台，如两岛两侧、三岛两侧等需要现场根据测试情况确认 AP 的部署情况。

## 7.3 干扰设计

### 7.3.1 车地通信干扰设计

S 市地铁项目的车地 LTE 系统工作在 1.8GHz 频段下，和当前区间、站点内其他无线系统无频段冲突。

### 7.3.2 车厢干扰设计

车厢覆盖采用 WIFI 技术，工作在 2.4GHz 频段下，在行车过程中，和当前区间内已经投入使用的 CBTC 和 PIS 可能存在干扰。

在当前 2.4GHz 频段中频点资源有限的情况下，频点规划的原则是将产生干扰但不影响其他系统正常工作。

- 1) PIS 系统在车地通信时，通信带宽在 10-12Mbps，同时其系统缓存可配置。
- 2) WIFI 上网系统选用了频点 13 进行测试，在测试过程中发现，系统工作时对 PIS 系统的车地通信存在轻微的同频干扰，实施时将根据现场的场强测试情况，在靠近司机室的区域降低车厢内 AP 的发射功率，以在保证区域信号覆盖的同时将干扰降到最低。同时，将协调 PIS 系统提高其系统缓存时间，即使偶尔存在干扰，也可以确保系统的正常工作。
- 3) 车厢内的 AP 部署由于 AP 间距较短，在覆盖时发现相邻的 2 个 AP 同时选用频点 13 时，可能引起同频干扰，导致覆盖质量下降，因此将 A、B 车间（靠近司机室）的 AP 设置成信道 13，B、C 车间的 AP 设置成信道 8，由此来避免同频干扰，同时由于信道 8 的 AP 离司机室已有将近 40 米的距离，正常运营时加上人群的遮挡，车厢内的信号反射，对司机室的 CBTC 设备的影响几乎可以忽略，不会对 CBTC 系统造成影响。

### 7.3.3 站内干扰设计

- 1) 站厅使用 2.4GHz 频段的系统有 AFC 和乘客的蓝牙。

AFC 和蓝牙设备使用时无线感应距离都很短（AFC：乘客进闸机的刷卡感应；乘客使用便携蓝牙设备。），且设备的工作功率都很小，而 WIFI 上网系统距离这些设备较远，实际不会造成影响，因此产生的频段干扰可忽略。

2) 站台使用 2.4GHz 频段的系统有蓝牙、PIS 和 CBTC。

CBTC 和 PIS 系统的 AP 均在靠近站台的区域有做相应的覆盖部署，由于 WIFI 上网系统使用了频段 13，对 PIS 系统的影响较大，根据 PIS 系统的现场部署情况，对上网系统的 AP 部署进行调整，尽可能错开 PIS 系统中信号较强的区域。

### 7.3.4 车厢安装部署

WIFI 上网系统在车厢的部署工作包括：

- 1) 线缆布放；
- 2) 设备支架安装；
- 3) 设备安装；
- 4) 线缆成端。

#### 7.3.4.1 线缆布放

1) A、B 车线缆

- a) 根据线缆两端的安装位置，按照柜内线缆固定槽长度进行下线（若有线缆设计长度，可按照长度进行下线）；
- b) 沿着线缆固定槽将线缆逐段固定，引线至设备接口处。

2) C 车线缆

辅助材料：穿线器

- a) 根据线缆两端的安装位置，按照弱电走线槽长度进行下线（若有线缆设计长度，可按照长度进行下线）；
- b) 将线缆固定在穿线器上，通过穿线器将线缆从设备柜引入，进入设备柜顶部走线槽；
- c) 沿着车厢内走线槽将线缆逐段固定；
- d) 到达车厢另一端的后，把两端的线缆分别固定在相应的柜内支架上，引线至设备接口处。

*AR 和 TDFi 的柜内走线参考 7.4.1.1-1。*

#### 7.3.4.2 设备支架安装

1) A、B 车支架

辅助材料：手电钻、M8 内六角扳手

- a) 在柜内指定位置，按照设备支架的开孔规格要求，开四个孔；
- b) 通过 MX 螺丝和螺母，将设备支架固定在相应的开孔处，通过平垫和弹垫加强支架的稳固程度。

## 2) C 车支架

辅助材料：手电钻、M8 内六角扳手

- a) 在柜内指定位置，按照设备支架的开孔规格要求，开 2 个孔；
- b) 通过 MX 螺丝和螺母，将设备支架固定在相应的开孔处，通过平垫和弹垫加强支架的稳固程度；
- c) 调整支架底部的橡胶支脚，使支架和设备柜底部接触完全。

支架内安装其他设备的小支架安装参考 7.4.1.2-1。

### 7.3.4.3 设备安装

辅助材料：M3、M4、M6 十字螺丝刀

#### 1) AR 路由器

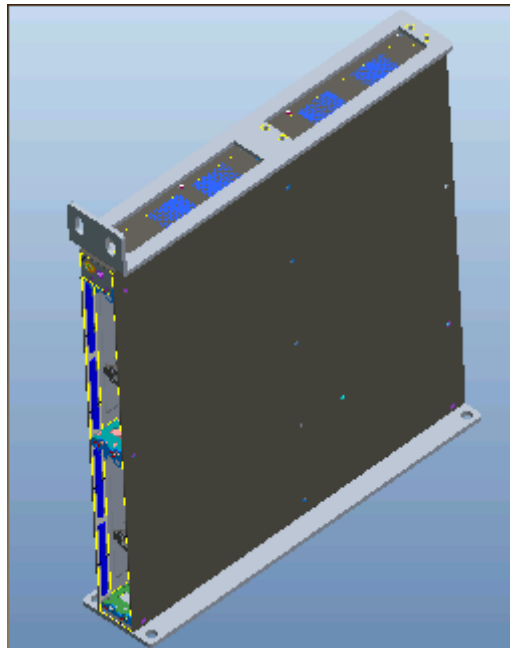


图25 AR 路由器

- a) 通过 M4 螺丝将设备和加固箱耳进行固定；
- b) 连接设备背面的电源连接器；
- c) 通过 M6 螺丝将设备固定在支架的对应孔位上。

## 2) AP 设备

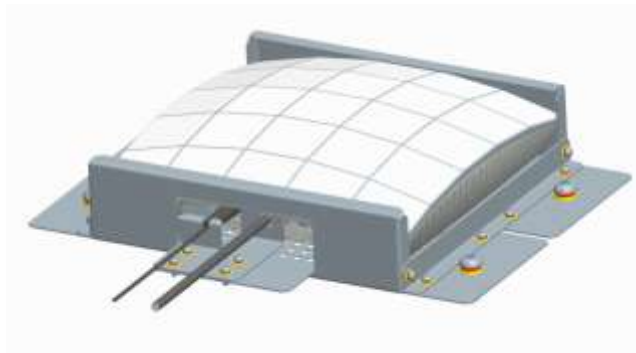


图26 AP 设备

- a) 用上下两块钣金件把设备扣住，两钣金件通过 M3 螺丝紧固；
- b) 通过 M6 螺丝将设备固定在支架的对应孔位上。

## 3) TDFi 设备



图27 TDFi 设备

- a) 通过 M4 螺丝将设备固定在支架的对应孔位上。

## 4) 电源适配器

- a) 通过 M3 螺丝将设备固定在支架的对应孔位上。

## 5) 微动开关

- a) 将微动开关斜扣进金属导轨；
- b) 将输入电源线接入微动开关的进线端，用 M4 十字螺丝刀紧固相应螺丝；
- c) 将输出电源线接入微动开关的出线端，用 M4 十字螺丝刀紧固相应螺丝。

#### 7.3.4.4 线缆成端

##### 1) AR 电源连接器

- a) 将线缆端自带的电源连接器接入设备上的电源孔，使其内部金属接触完全；
- b) 用设备上的连接器卡扣扣住线缆端的连接器。

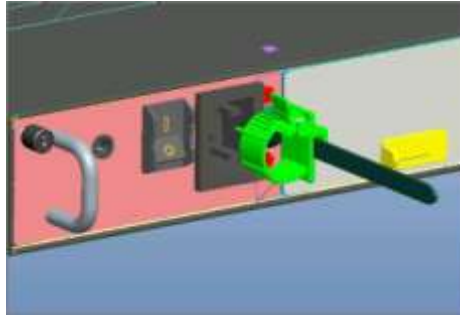


图28 AR 电源连接器

##### 2) AP 电源连接器

辅助材料：M3 十字螺丝刀

- a) 将线缆端自带的电源连接器接入设备上的电源孔，使其内部金属接触完全；
- b) 将线缆卡扣扣住线缆端的连接器，通过 M3 螺丝将卡扣固定 AP 支架上。



图29 AP 电源连接器

##### 3) 网络连接器

辅助材料：网络连接器压线钳、连接器固定卡

- a) 将线缆的保护层剖开 2CM，将网线内 8 根内芯线按照下图排序；

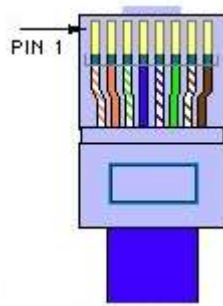


图30 网线内芯线

- b) 将 8 根内芯线裁平，接入网络连接器中，用压线钳压接，使其紧固；
- c) 将线缆接入设备上对应的网络口，然后再把 RJ45 连接器固定卡接上。



图31 RJ45 连接器固定卡

#### 4) 电源适配器连接器

辅助材料：接线端子、接线端子压线钳、M3 十字螺丝刀



图32 接线端子

- a) 将电源线的保护层拨开 1.5CM；
- b) 将电源线的铜芯接入接线端子，用压线钳压接、使其紧固；
- c) 用 M3 十字螺丝刀将压接好接线端子的线缆固定在电源适配器的接线柱上。

### 7.3.5 车站安装部署

WiFi 上网系统在车厢的部署工作包括：

- 1) 线缆布放；
- 2) 设备安装；

3) 线缆成端。

#### 7.3.5.1 线缆布放

辅助材料：穿线器

- a) 根据线缆两端的安装位置，按照走线槽的长度进行下线（若有线缆设计长度，可按照长度进行下线）；
- b) 将线缆固定在穿线器上，沿着线缆走线槽使线缆逐段穿过线槽、电井、线管，引线至设备安装处；
- c) 将外露在线管外的那部分线缆固定好，引线到设备的接口处。

#### 7.3.5.2 设备安装

辅助材料：手电钻，M3 十字螺丝刀，M6 十字螺丝刀

##### 1) 车站交换机

- a) 车站交换机采用上架式安装，将设备放上指定机柜的相应槽位；
- b) 通过 M6 螺栓将设备固定在机柜内。

##### 2) 车站 AP

- a) 车站 AP 采用壁挂式安装，根据 AP 的背板固定孔规格，用手电钻在指定位置开 4 个孔；
- b) 通过 M3 螺栓、螺母将设备固定在相应的位置。

#### 7.3.5.3 线缆成端

##### 1) 交换机电源连接器

- a) 将线缆端自带的电源连接器接入入设备上的电源孔，使其内部金属接触完全；
- b) 将电源线固定在机柜边上的扎带孔上。

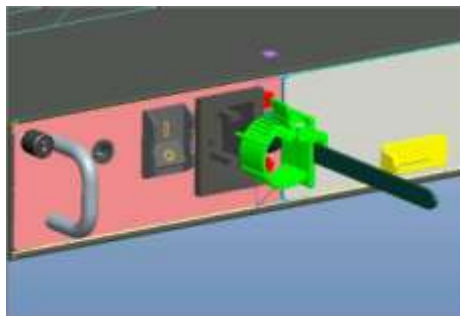


图33 交换机电源连接器

##### 2) AP 电源连接器

- a) 将线缆端自带的电源连接器连接器接入设备上的电源孔，使其内部金属接触完全；
- b) 将电源线固定在支架的扎带孔上。

## 7.4 设备供电

车厢设备供电属性如下表格。

表12. 车厢设备供电

设备名称	数量	工作电压	电压范围	工作电流	最大电流	设备功率	备注
AR 路由器		220VAC	85VAC-264VAC				根据设备配置情况 具体描述
AP		12VDC	10.8VDC-16VDC				
TDFi		24VDC	20VDC~28V DC				
电源适配器							
			合计：				

站点设备供电属性如下表格。

表13. 站点设备供电

设备名称	数量	工作电压	电压范围	工作电流	最大电流	设备功率	备注
车站交换机		220VAC	85VAC-264VAC				根据设备配置情况 具体描述
AP		12VDC	10.8VDC-16VDC				
			合计：				