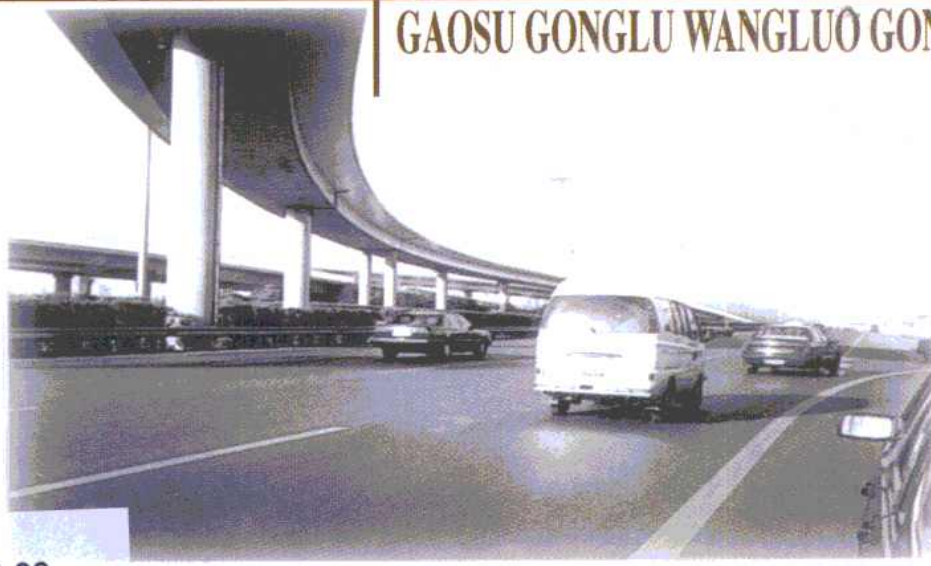


高速公路网络工程技术

孙大跃
江代有
编著



GAOSU GONGLU WANGLUO GONGCHENG JISHU



人民交通出版社

高速公路网络工程技术

孙大跃 江代有 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书介绍了高速公路的计算机网络工程技术,具体内容包括:高速公路三大系统(通信系统、收费系统、监控系统)、网络体系与宽带网络技术、高速公路骨干网络的设计与应用、高速公路局域网络的接入、高速公路数据网络的安全性分析与设计及信息保障系统的模型与建设等。

本书可作为大专院校相关专业的教材,也可供公路工程技术人员、计算机网络工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路网络工程技术 / 孙大跃, 江代有编著. —北京: 人民交通出版社, 2001. 8

ISBN 7-114-04036-9

I. 高... II. ①孙...②江... III. 计算机网络-计算机应用-高速公路 IV. U412.36-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 058027 号

Gaosu Gonglu Wangluo Gongcheng Jishu

高速公路网络工程技术

孙大跃 江代有 编著

正文设计: 彭小秋 责任校对: 张莹 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 8.5 字数: 202 千

2001 年 10 月 第 1 版

2001 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001-3000 册 定价: 18.00 元

ISBN 7-114-04036-9
U·02945

前 言

我国高速公路的发展目标正在从公路建设的本身向高速公路的现代化管理迈进,其转折标志在于高速公路路网的逐渐形成并以此对信息传输及交换提出的新要求,如收费系统的“一卡通”工程。显然,传统的三大系统尚不能实现这一要求。因此,建立高速公路的广域计算机网络并构造公路交通的业务信息系统,已成为必然之趋势。作者既是出于如此考虑,针对高速公路的网络工程和业务信息系统建设进行了系统的描述与探讨,其中的许多内容来自工程实例。

本书介绍了高速公路传统的三大系统(通信系统、收费系统、监控系统),并着重介绍了网络工程技术和高速公路的网络工程实现。在选材、组材上充分考虑到高速公路的发展现状及当今最新最实用的网络工程技术,体例上力求清晰明了,内容上求精求新。

本书内容新颖,概念清晰,语言简洁,实用性强,通俗易懂。新颖实用、清晰简洁是本书的突出特色。

本书共分6章,内容涉及了高速公路三大系统、高速公路广域网络技术、高速公路局域网络技术、网络安全技术及信息保障系统等知识。其中:

第1章主要介绍高速公路三大系统的组成及功能等知识。

第2章主要介绍建网络体系结构、光纤通信技术、SDH、ATM、DTM及宽带IP技术等宽带网络技术。

第3章主要介绍数字、语音、图像的数字传输技术、广域网络应用系统等高速公路骨干网络的设计与应用技术。

第4章主要介绍DDN、ISDN、XDSL等高速公路局域网络的接入技术。

第5章主要介绍高速公路数据网络的安全防范技术、安全解决方案、应用措施及管理模式等高速公路数据网络的安全性分析与设计技术。

第6章主要介绍高速公路信息保障系统的模型与建设、实施步骤及ITS等技术。

本书在编辑出版过程中,得到了人民交通出版社的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于高速公路及网络技术的飞速发展,本书没有也不可能涉及所有高速公路网络工程技术;加之时间仓促,书中错误和不足之处在所难免,恳请广大读者不吝赐教,批评指正。

作 者

2001年9月1日

第一章 高速公路三大系统

高速公路的三大系统包括监控系统、收费系统和通信系统。本章内容主要包括以下几个部分：

- (1) 高速公路三大系统的组成与功能
- (2) 高速公路通信系统(包括光传输网、电话交换网、光接入网)
- (3) 高速公路收费系统(包括封闭式收费系统、不停车收费系统、省域内联网收费)
- (4) 高速公路监控系统(包括监控体系及监控模式、本地声像信号的调用与存储、远程图像调用)

1.1 高速公路三大系统的组成与功能

高速公路的三大系统包括监控系统、收费系统和通信系统等,下面分别介绍它们的组成与功能。

一、监控系统

高速公路车辆高速、安全、舒适地行驶是高速公路具有美好形象的基本前提。如果把交通安全设施作为高速公路车辆高速、安全、舒适行驶的静态保障系统,高速公路监控系统则是其动态保障系统。高速公路监控系统包括信息采集系统、信息提供系统和监控中心三大部分。其中:

1. 信息采集系统:主要收集高速公路上的实时交通信息,包括交通流信息(如交通量、车辆速度、车流密度、车辆占有率等)、气象信息(如风力、风向、降雨、降雪等)、道路环境信息(如路面状况、隧道内的噪声、有害气体浓度等)及异常事件信息(如交通事故、车辆抛锚、物品散落、道路设施损坏等),从而对交通运行状态的正常与否能进行正确判断。

2. 信息提供系统:主要向道路使用者提供道路信息(如交通阻塞情况、气象情况、道路施工情况等)和建议或控制指令(如最佳行驶路线、最佳限速车道控制信号等),还可在发生交通事故、道路设施损坏等情况时,向消防、急救等救助部门提供信息。

3. 监控中心:是监控系统中实时信息的分析处理和发布指令的决策发布的中枢部分。其主要职能是信息的接收、分析、判断、预测及交通异常事件的处理、指令发布、设备运行状态的监视和控制等。监控中心通常由计算机系统、室内显示设备和监控系统控制台组成。

二、收费系统

高速公路收费系统包括收费车道、收费站和收费中心三大部分。收费车道是具体进行收费操作的场所,收费站对收费车道的系统设施和收费业务进行清理,而收费中心则是一个路段或整条高速公路收费管理的核心机构。

高速公路收费系统作为高速公路管理运营的一个子系统,虽然收费方式多样,但一般应具备以下几个主要功能:

1. 收费系统要具有相对公平的费率,收费费率要从多方面考虑以求相对公平合理。

2. 收费必须尽量减少延误,提高收费车道的通行能力和不降低道路的服务水平。
3. 收费系统应具有严密性,在收费时应能根据车型种类与运行距离分别收取。
4. 收费系统应尽可能减轻收费人员的劳动强度,保证收费的准确性,提高劳动效率。
5. 收费系统必须具有一定的统计功能,应能对收费金额及票据使用情况做出统计。
6. 收费系统应具备报警及自检功能,对故障能进行排除。

三、通信系统

高速公路通信系统是高速公路现代化管理的支撑系统,它承担三方面任务:第一,承担监控系统和收费系统的资料、语音、图像等各类信息系统的传输任务,使监控系统和收费系统真正成为系统而正常运转;第二,承担高速公路内部各业务部门和管理部门的业务联系,如事故救助,道路、设施维修等;第三,高速公路内部的监控中心、收费中心、业务部门和管理部门与外界的联系,如与公安、消防、医院的信息沟通等。其基本组成部分如下:

1. 主干线传输:要能满足长途网和地区网的传输要求,且应考虑到省内各地区交通部门的通信需要。
2. 业务电话:应能实现专用网内用户和公用网用户之间的通话。
3. 指令电话:为高速公路内部进行交通管理和调度指挥服务。
4. 紧急电话:为高速公路使用者提供紧急呼救求援的通信手段。
5. 数据传输:包括收费系统内部的收费车道—收费站—收费(分)中心三级计算机数据通信网络和监控系统内部的外场监控设备—监控(分)中心间的二级计算机数据通信网络。
6. 图像传输:包括 CCTV 交通监视图像及会议电视图像传输。
7. 广播:包括有各路段通信系统实施的路侧道路情报广播及由各省统一组织实施的交通信息电台广播。
8. 通信电源:包括交流供电系统、直流供电系统及通信机房的接地系统。
9. 通信管道。推荐采用高密度聚乙烯管道及 HDPE 硅管。

1.2 高速公路通信系统

高速公路通信系统应确保语音、资料及图像等各类信息准确及时地传输,应该为各种先进的管理手段提供信息传输的基础。就目前的应用而言,多采用光传输网、电话交换网与光接入网。

1.2.1 光传输网

高速公路对于光纤的使用初衷是为了构成沿线业务电话系统,最初多采用 PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy)的实现方式。由于 PDH 传输速率低、下载分割复用复杂,新建路网已不再采用。而目前则多以 SDH 的方式来实现。

准同步数字元系列 PDH 从 70 年代起,在电信网的数字传输中发挥了重要作用。进入 80 年代以后,获得了大规模的推广应用。随着信息化的发展,电信网的规模日益扩大,通信业务也迅速增加,而基于点对点传输的 PDH 系统不能适应现代通信网和各种新业务的需求,其局限性表现在:

- ① PDH 的三种不同系列彼此互不兼容,不利于国际通信的发展。
- ② 由于其采用准同步复用技术,随着速率的增高,实现高次群复用的难度明显增大。

③ 在 PDH 系统复用信号的帧结构中,开销比特的数量少,不能提供足够的操作、维护和管理(OAM)功能。

④ 就 PDH 光纤线路系统和设备而言,由于没有统一规范的光接口标准,使得不同厂家不能在光路上互通,线路系统不具有横向兼容性。

⑤ PDH 的码速调整异步复接方法无法实现从高次群中一次识别和提取低速支路信号,必须逐级进行解复用,因此分支/插入电路不灵活。

⑥ 建立在点到点传输基础上的 PDH 系统无法提供最佳的路由选择,且用于转接的信道路由占了业务流量的很大一部分,使数字通信设备利用率很低。

针对 PDH 的缺点,国际电报电话咨询委员会(CCITT)制定了同步数字元系列 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)。SDH 网络的独特功能其本质在于使信息的传送具有高度的灵活性、可靠性和可管理性。其优越性主要表现在:

① 采用世界统一的数字传输体系和网络节点接口,有利于国际、国内通信的互联。

② 适用光纤通信的发展,为研究开发和推广应用高速光纤数字通信系统提供了可能。

③ 简化了复接/分接过程和设备,需要时可从高速多路信号中直接取出或接入。

④ 应用交叉连接技术,可使电路(群)整体进行转接和交换,提高了灵活性与适应性。

⑤ SDH 传送网在采用环形结构时,可在各点间实现灵活的路由安排,且可为自愈网提供迅速自动的通信保护功能。

⑥ SDH 帧结构中有充足的开销比特,大大增强了网络的 OAM 能力,可实现故障检测、区段定位、端到端性能检测、单端维护等多种功能。

⑦ 由于将标准光接口综合进不同的网络单元,减少了将传输与复用分开的需要,从而简化了硬件构成。同时,由于此接口为开放型接口,系统具有横向兼容性,从而节约相互转换和运营等成本并降低性能的损伤。

⑧ SDH 与现有 PDH 兼容,可容纳 PDH 的各种速率,且能容纳各种新的业务信号,例如 FDDI 信号、城域网的分布排队双总线(DQDB)及宽带 ISDN 中的异步转移模式(ATM)信元等。

在 SDH 中,155.520Mbps 速率信号称为基本同步传递模块 STM。SDH 的传输信号是由具有比特率为 155.520Mbps 的基本信号 STM-1 帧结构组成,其同步复接方法是用 N 个 STM-1 信号以字节为单位同步交错的方法复接得到高阶分级速率为 $155.520\text{Mbps} \times N$ 的 STM- N 信号。目前 SDH 中规定了三种比特率标准,即 155.520Mbps、622.080Mbps 及 2488.320Mbps,分别被称为 STM-1、STM-4 及 STM-16 同步信号。

SDH 网基本的物理拓扑有线型、星形、环形及网孔形等几种形式。一般来说,在高速公路通信系统中第一通信层长途网是树形结构,第二通信层地区网为线性链状结构,而第三层通信层用户则为星形结构。SDH 系列网元可灵活地组网,并可提供各种保护形式,从而提高网络的生存性。通常采用的保护方式有设备保护、不同路由保护、数字交叉连接保护及环形网自愈保护等。究竟采用何种保护形式,应根据网络结构、路由走向、设备性能来决定。

我国已建成的高速公路通信系统多数采用了 PDH 传输制式,如京津塘高速公路采用三次群数字光纤通信。应该指出 PDH 对于点对点通信是比较合适的,但对于高速公路通信系统这种上下话路比较频繁,要求网络能动态变化的系统就不能很好地适应。而 SDH 系列具有明显的优越性,我国高速公路通信系统采用 SDH 是大势所趋,开封—洛阳等高速公路都已经采用了 SDH 传输制式。图 1.1 是 SDH 的网络拓扑图。

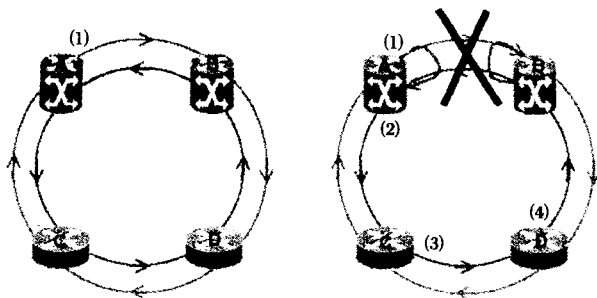


图 1.1 SDH 网络拓扑图

1.2.2 电话交换网

电话交换网是高速公路通信系统的核心。近年来,交换技术取得了飞跃的发展,从布线逻辑控制交换到程控交换,从程控空分交换到程控时分交换,从模拟交换到数字交换,显示了巨大的优越性和生命力,提供了日益增多的服务功能和新业务。

一、业务需要与设备配置

为了确定电话交换网的规模,首先应确定用户分布并进行话务量估算。高速公路电话交换网属于新建网,因此一般可根据高速公路运营管理体制和管理机构的设置情况,并参照现已建成的高速公路电话交换网的实际运行情况进行业务需求分析。

我国高速公路的运营管理一般采用三级管理,第一级为省(市)、自治区高速公路管理局(总公司);第二级为各地区(路段)高速公路管理处(分公司),包括监控、收费及通信分中心以及各类行政、路政、养护等部门;第三级为各路段所辖管理站,包括收费站、监控站、通信站、养护工区、服务区等。按照交通专用通信网的布局,在第一级建立省(市)、自治区交通专用网的交换中心。在第二级应按照路段的长度采取不同的设局方案,100km 以上的路段一般应采用多局制,在管理处所在地设汇接局,其余为端局;在 100km 以下的路段,则可采用单局制,在管理处所在地设端局。

应根据用户要求确定各级机构的初装用户数量,并根据系统要求确定安装中继线数量。此外,还应考虑增加 10% ~ 20% 的余量。终局用户线和中继线数量可考虑为初装数量的 1 倍。

二、网同步

同步是指信号之间在频率和相位上保持某种严格的特定关系,就是它们相对应的有效瞬间以同一个平均速率出现。

在数字通信网中,传送和交换的信号是对信息进行编码后的比特流,且具有特定的比特率,这就需要网内的各种数字设备的时钟具有相同的频率,以相同的时标来处理比特流。所以数字网的同步是数字网中各数字设备内时钟之间的同步,而且数字网同步中的“同步”包括了比特同步和帧同步两种含义。这是因为在数字通信中,对比特流的处理是以帧来划分段落的。在实现多路时分复用或进入数字交换机进行时隙交换时,都需要经过帧调整器,使比特流的帧达到同步,也就是帧同步。对数字元网进行同步规划的目的是为了有效地控制数字流的滑动,以满足各种业务对滑动率的指针要求。

我国的数字通信网都采用主从同步方式,因此交通专用通信网也采用主从同步方式。省局交换中心时钟应采用二级时钟标准,作为省交通专用通信网的时钟基准,它可以受控于国家或交通部的一级时钟。各路段管理处交换分中心的时钟为三级时钟,各端局及 SDH 系列传输

设备时钟为四级时钟。时钟基准信号即主时钟通过时钟同步链路逐级传送至网内各交换局,各局内通过锁相环使其时钟频率锁定在主时钟频率上,从而使网内各节点时钟都与主时钟同步。

通信分中心设备配置及连接示意图见图 1.2。

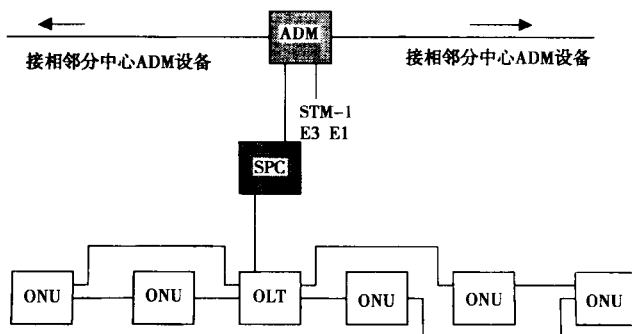


图 1.2 通信分中心设备配置及连接示意图

在图 1.2 中,ADM 是分叉复用设备,SPC 是程控交换机,OLT 是光线路终端,ONU 是光网络单元。

三、编号计划

在高速公路通信系统中电话交换系统的编号计划应按交通部专用通信网电话编号计划进行,各地区内用户号的号长均为 5 位,地区长途号为 2~3 位。

首位号码分配:

- 1—用于特种业务和新业务;
- 2~7—用于用户号;
- 8—用于交通部专用国内长途自动电话字冠;
- 9—用于移动电话;
- 0—用于进入邮电公用网字冠。

在各地区内部通话实现自动一次等位(5 位元)拨号方式,拨打交通部专用网内部的长途电话则为 8+地区长途号+用户号。

四、用户线传输方式

高速公路电话交换系统用户分布在沿线各类机构中,除了和电话局处在同一地点的用户外,大部分用户均远离电话局,显然采用市话电缆传输是不能满足传输衰耗指标要求的。因此,除了电话局本地用户可采用市话低栏直接与交换机用户接口相连外,还要在若干用户集中点配置交换机远程模块或 PCM 基群终端机,经数字光纤传输系统进入交换机。

在采用 PCM 基群终端机或光纤用户环路设备时,通常在局端采用交换机模拟用户线进入 PCM 基群终端机或光线用户环路设备局端机的音频信道,即需进行 A/D 变换,并在客户端进行 D/A 变换。这样,即使传输受损,又很不经济。此外数字业务的发展也要求从用户终端至本地交换机之间实现透明的数字连接。为此 ITU-T 规范了 V5 接口系列,已成为建议的有 G.964(V5.1) 和 G.965(V5.2)。其中 V5.1 接口由单个 2048Kbps 链路所支持,它支持 PSTN 单个用户,PABX 接入、ISDN 基本接入(2B+D)和用于半永久连接,不随带外信令信息的其它模拟接入或数字接入。

V5.2 接口由多个(最多 16 个)2048Kbps 链路所支持,除支持 V5.1 接口的全部业务外,另

有 ISDN 一次群速率接入,即 30B + D、H0、H12 和 $n \times 64\text{Kbps}$ 业务。据此进行本地交换机用户侧数字接口,即 V 接口的开发。

五、指令电话

为了满足高速公路指挥调度的要求,需要建立内部指令电话系统。一般采用程控数字元交换机的热线及会议等功能即可基本满足要求。某些程控数字元交换机专门开发了程控调度功能,使用起来更为方便。一般情况下,可采用多功能数字元电话作为指令电话控制台(总机),采用专用的 DTMF 电话机作为指令电话分机。指令电话控制台对分机有单呼、组呼和全呼功能,并要求有录音功能。应在各路段管理处配置指令电话控制台(总机),在各个管理站、收费站、监控站、有人通信站及服务区等地配置指令电话分机。

1.2.3 光接入网

一个接入链路定义为一个给定的网络接口(V)和单个用户接口(T)之间的全部传输手段。由于网络侧和用户侧不同,因此接入链路不对称。光接入网(OAN)定义为共享相同网络接口并由光接入传输系统所支持的接入链路群,一般称为光纤环路系统(FTTL)。

一、光接入网的参考配置

一般情况下,OAN 是一个点对多点的光传输系统。从系统配置上可分为无源光网络(PON)和有源光网络(AON),如图 1.3 所示。

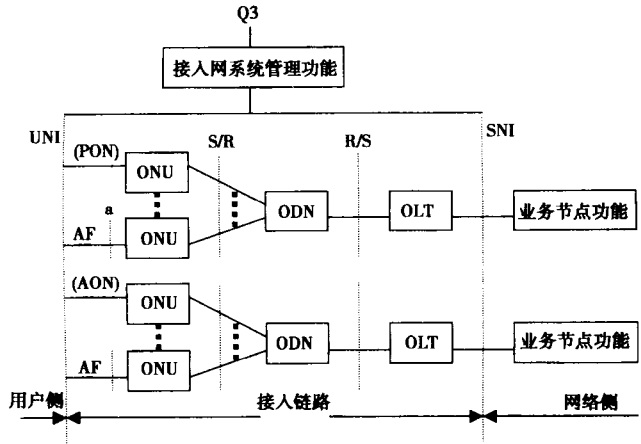


图 1.3 光接入网的参考配置

其中的英文缩写词含义如下：

ODN: 光分配网络,是 OLT 和 ONU 之间的光传输媒质,由无源光器件组成。

OLT: 光线路终端,提供 OAN 网络侧接口,且连接一个或多个 ODN。

ONU: 光网络单元,提供 OAN 用户侧接口,且连接一个 ODN。

ODT: 光远程终端。由光源设备组成。

AF: 适配功能。

UNI: 用户网络接口。

SNI: 业务节点接口。

S: 光发送参考点。

R: 光接收参考点。

V: 与业务节点间的参考点。

T:与用户终端间的参考点。

a:AF 与 ONU 间的参考点。

无源光网络由于在 OLT 和 ONU 之间没有任何有源电子设备,对各种业务呈透明状态,易于升级扩容,便于维护管理。不足之处是 OLT 与 ONU 之间的距离和容量受到一定限制。有源光网络中,用有源设备或网络系统的 ODT 代替无源光网络中的 ODN,传输距离和容量大大增加,易于扩展带宽,网络规划和运行的灵活性大。不足之处是有源设备需要机房、供电、维护等。两种网络的综合使用,构成能接入不同容量的用户,提供窄带业务、宽带业务的光接入网。

二、光接入网的拓扑结构

光接入网主要有四种拓扑结构:单星形网、双星形网(有源或无源)、总线形网和环形网。如图 1.4 所示。

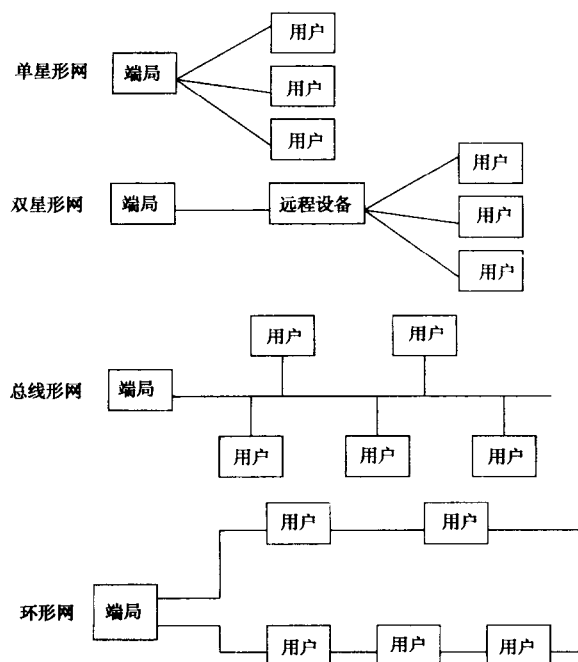


图 1.4 光接入网中的拓扑结构

单星形网是传统电话网的结构,是点对点的连接方式。用户间互相独立,保密性好,易于升级扩容。缺点是光纤和光电设备无法共享,初装成本高。因此,仅适合大容量用户。

在有源双星形网中,远程设备相当于一个集中器,用户可以共享主干光缆段和光电设备,系统成本可以大大降低。缺点是引进了远程有源设备后,维护费用高。当引入新业务时,需修改远程有源设备的设计和配置。

为克服有源双星形网的缺点,远程设备换成无源光器件,如光分支器件或波分复用器件。前者实现光功率的分路或合路,后者利用不同的光波长来完成路由选择和光复用功能。

星形—总线形网主要用于分配型业务的传输,它通过使用无源分离技术进一步共用光电设备和光纤。

当在接入网中引入 SDH 技术后,由于速率的提高,网络可靠性将成为首先需要考虑的因素,此时环形网将占据重要的地位。由于环形保护的倒换功能无需人工干预,网络就能从失效故障中定时地自动恢复所承载的业务。这是未来宽带接入网最重要的网络拓扑结构。

通常 SDH 间的传输速率可选用标准的 STM - 1、STM - 4、STM - 16 等,我国高速公路多选用的是 155Mbps 的 STM - 1,但已有个别省份在今年的设计中采用了 622Mbps 的 STM - 4 和 2.5 Gbps 的 STM - 16。

如图 1.5 所示,在管理处设立收费监控分中心,并通过 SDH 构成通信及数据传输连接的骨干网络;各收费站由管理处通过光线路终端—OLT 延伸出去,在各收费站设置光网络单元—ONU 接入光链路,并将电话模块—由 ONU 引出,实现话路与位于管理处的 PBX 完全接驳,实现高速公路全线的电话网络。

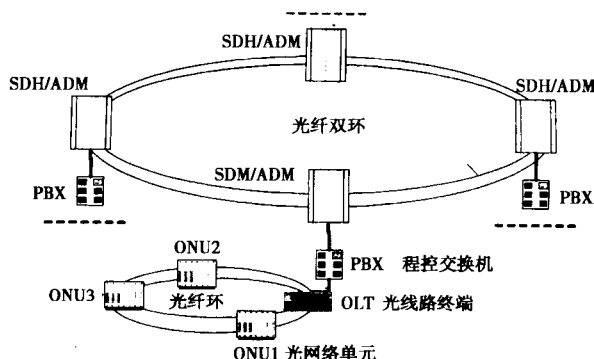


图 1.5 SDH 网络连接图

三、光接入网的应用类型

根据光网络单元的位置不同,光接入网可以划分为四种应用类型:光纤到路边(FTTC)、光纤到楼(FTTB)、光纤到办公室(FTTO)、光纤到家(FTTH)。

FTTC 是一种双星形网络结构。ONU 设置在路边的入孔或电线杆上的分线盒处。其主要特点是:现有的铜缆资源仍能使用,具有较好的经济性;由于光纤已非常靠近用户可以充分发挥光纤化的易维护、带宽大等优越性。

FTTB 是 FTTC 的变形,不同之处是 ONU 直接放在楼内,再经铜缆将业务分送到各个用户。FTTB 比 FTTC 的光纤化程度更进一步,因而更适合高密度用户区,也满足未来宽带传输系统发展的要求。

在 FTTC 结构中,如果将设置在路边的 ONU 换成无源光分支器,将 ONU 移到用户家或单位用户,即为 FTTH 或 FTTO 方式。FTTH 是一种全光纤网,接入网成为全透明的光网络,因而对传输制式、带宽、波长等没有任何限制,适于引入新业务,是一种理想的业务传送网络。

1.3 高速公路收费系统

高速公路收费系统按收费方式可分为封闭式收费系统、不停车收费系统及省域内联网收费等。

1.3.1 封闭式收费系统

封闭式收费系统是在高速公路的起、终点建主线收费站,在所有互通立交的出、入口建匝道收费站。对于封闭式收费系统,车辆进出高速公路都要二次经过收费站,高速公路对外界呈“封闭”状态。

一般来说,封闭式系统适用于道路距离较长、互通立交较多、车辆行驶里程差距较大的场

合。这种制式在我国应用较多,日本、欧美及亚洲部分国家应用也很普遍,我国的京津塘、沈大、京石、济青、开洛等高速公路都采用的是封闭式收费方式。

国内出现过两种封闭式收费的管理方法,即:

第一种是入口发卡、出口交费方法。当车辆驶入高速公路,通过入口车道时领取一张通行券,上面记录着车型和车情(军车、公务车、普通车等)、入口收费站名称、发卡人编号、进入高速公路的时间等信息。当车辆通过出口车道驶离高速公路时,交验通行券,收费员根据车型和行驶里程计价收费。

第二种是入口收费、出口验票方法。这种收费方法是针对人工收费时少数车辆行驶高速公路却不缴纳通行费的现象而出现的管理模式。车辆驶入高速公路通过入口车道时,收费人员根据驾驶员所述去向,按车型和里程计价收费,并发给通行费票据(此票据应为双联),票据上记录入口站号。车辆驶离高速公路通行出口车道时,驾驶员交验票据,收费员检查所缴费额是否与驶出地相符,一致放行;不一致则补缴。这种方法能在一定程度上防止贪污作弊问题的发生,但显然当车辆驶出地与原目的地不一致时,会带来一定的麻烦,而且使原来只有出口处才接触现金的情况,变为在入口(完全)和出口(有可能)接触现金,堵住了驾驶员不交费的漏洞,又会产生其它漏洞。

封闭式收费系统具有以下主要优点:严格按车型和行驶里程收费,公平合理;没有漏收问题;可以兼顾高速公路出入口的交通管理;借助通行券上记录的信息,可以获取多种交通情报,如各出入口交通量,全线各互通式立交的交通量分配(OD 交通量),进而可以推算各路段交通量和路段平均车速等。

虽然如此,但是封闭式收费系统仍存在一些缺点,主要有:

① 出入口均需停车,入口处理效率较高,每辆车平均服务时间 6~8s。但出口需要验卡收费,手续较复杂,效率较低,平均服务时间在 14s 以上(14~18s),对交通影响较大。

② 收费站数量与均一制相当,但因出入口均需修建收费车道,出口效率低,所需收费车道约为入口的 1.5~2 倍,所以收费站的规模大、建设投资大,而且运营时所需费用也多。

③ 由于要实行出入控制,收费站要建在互通式立交的匝道上。为了便于收费管理和交通管理,希望将立交的四条匝道(上下行驶入驶出匝道各一条)归拢在一处建收费广场,这就对互通立交的形式提出了严格要求。目前普遍采用的喇叭型互通式立交虽然能比较好地适应以上要求,但是其占地面积较大,喇叭内圈的通行能力较差。另外匝道与高速公路要形成立体交叉,这就要比其他立交形式(如菱形、苜蓿叶型等)多建一座跨线桥,一般来说喇叭型立交的建设费用比较高。

④ 由于收费依据车型和里程两个因素,则内部和外部可能作弊的途径也比单一因素(车型)为多。为防止作弊,封闭式系统要采取更多的措施,比如服务区和停车区的设施要实行上下行严格隔离,不能共享等。

⑤ 封闭式收费必须有通行券,通行券携带有车型、车情、入口地址、时间等信息,为了保证尽可能准确、快速地处理通行券上的信息,提高通行能力和防止作弊,收费车道设备就要尽量采用最新技术,并具有完善的功能,这就使得封闭式收费系统的设备复杂昂贵,初期投资和运营维护费用都比较高。

1.3.2 语音对讲系统

收费站为了及时督导、了解收费员的工作状况,在站与车道之间建立必不可少的内部语音

对讲系统。在传统的对讲系统中,多采用直接敷设电缆连接站与收费站之间,距离不超过 500m。但目前许多省的高速公路已出现了由一个收费站或管理处下辖多个收费车道组,即所谓的“一站多点”方式,将不可能直接采用上述办法来解决内部对讲问题。这也将是高速公路传统设计的一个重要变化,即采用新的适用技术来解决新的管理需求。传统的对讲模式在整个收费管理系统中是不可缺少的,作为内部的有线对讲子系统相对简单而独立,所涉及的设备也较小,主要用于本地传输。

一、内部对讲管理模型

系统采用的内部有线对讲系统中,收费员若有情况向监控室汇报,只需按下对讲分机中的呼叫键,在监控员响应后,即可进行通话,收费员在讲话时无需常按按钮,直接讲话即可。收费亭之间不能通话,话音交互仅限于站长室/监控室与收费亭之间,如图 1.6 所示。

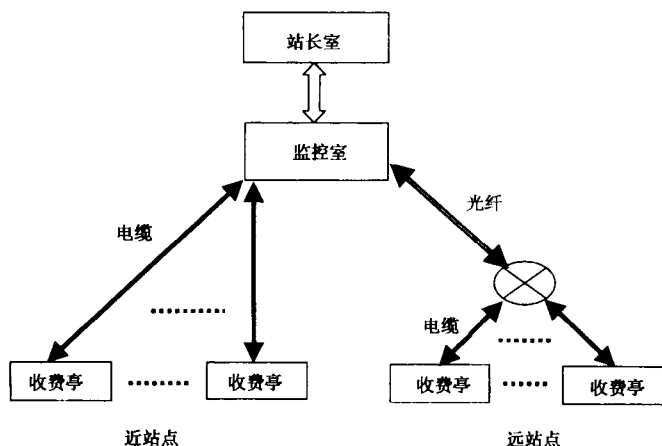


图 1.6 语音对讲系统框图

二、近站点对讲系统

近站点对讲系统直接采用电缆连接,它要求保证站长室、监控室及收费亭之间的双向语音通信,进行工作联系,操作简便,通话语音清晰。在本系统中,我们采用三级进行对讲。而当收费员按下呼叫按钮后,监控室的对讲主机相应频道的电源指示灯闪亮,此时监控员只需按下相应频道按钮,即可进行通话。监控员在讲话时需一直按住“TALK”键,听话时要放开该键。站长室与收费亭讲话时,操作方式与监控员一样。为便于站长室与监控室进行通话,两个对讲主机的 1 频道应始终处于开启状态,讲话时只需按“TALK”键即可,站长室与监控室不能同时与收费亭进行通话。当某一方需要与收费亭进行通话时,需事先通知对方关闭对讲主机后,方可进行通话。

监控室、站长室对讲主机可选用 KALATEL—304 对讲主机,收费亭内可采用对讲分机 KALATEL—304A。设备的传输距离在 300 ~ 400m 之间。

三、远站点对讲系统

对于远站点的数据连接,无论传输的对象是图像、声音或是数据,其传输介质都无一例外地采用了单模光纤。光纤以其传输带宽高、传输损耗小、传输距离远以及价格低廉而成为传输、交换、网络等应用环境的首选。高速公路的应用也是这样,只要超过 500m 以上的传输距离,在物理层上几乎无一例外地采用了光纤介质,其重要的差别在于不同的传输方式对于光纤的使用方法是不同的。也就是说,物理层以上的传输构造体系是完全不同的。

由于在传统的交通工程设计中,多采用了“站点合一”的结构,其远站点的出现均是针对实

际交通流量的状况做出的调整。在这种不多的远站点控制管理应用中,采用了以下两种方案:

方案一:自制光纤调制设备,对原有的模拟近程对讲设备进行接续扩展,实现在光纤之上模拟信号的远程传输,其传输距离不再受制于一般电缆的传输衰减,从距离上可以长程延伸。

其优点是不改变原有设备和系统的投入,操作方式和管理模式亦没有变化,对传统的对讲系统有着较好的延续性。

其缺点是对光纤的利用率太低,为模拟音频的传输必须设置专门的光纤介质,且仅能实现点到点的音频交换,无法实现多级音频交换、广播、监听、录音等控制功能,更无法实现与亭内对讲人员的图像相同步,不利于向全域内扩展。

方案二:采用调度电话系统来充当语音对讲系统。该系统的接入与业务电话相同,也是工作在 SDH 之上,所以其组成结构为:光纤/SDH/话音交换系统。

其优点是系统对光纤以及 SDH 链路进行复用,效率较高,并可很容易实行长程扩展,服务功能也比前者多,可实现广播、组播、监听、话音录制、会议等功能。

其缺点是系统采用与 PSTN 相仿的方式,依然要对 SDH 链路进行叉分复用。两者虽都是话音的传输,却彼此之间不能共享。其最大的问题有两个:

第一,高速公路的设计中,SDH 链路的容量并不宽裕,很难再给出单独的链路进行叉分复用。而且,高速公路管理域内的多级音频调用亦不宜解决。

第二,调度电话的造价非常贵,通常是业务电话的 5~10 倍,采用如此昂贵的系统来构建语音对讲系统,也只能是局部性的权宜之计,大规模应用是不现实的。

事实上,实用的工程解决办法可采用基于 IP 交换和传输的方法进行,即采用全新模式的“IP 语音对讲系统”实现上述目标,笔者已开发完成了该系统,并在工程中投入了实际应用,详细介绍见第二章有关章节。

1.3.3 不停车收费系统

当交通量达到一定水平,人工收费模式会越来越不适应交通发展的需要。贷款修路设站收费,若站距过密,则新建的道路网的通行能力不能充分发挥,收费站也因车辆排队交费成为道路的一个个瓶颈。扩大收费站规模、增加收费车道以缩短排队长度,也只是权宜之计,况且有征地与建设方面的诸多问题。在这种情况下,采用不用现金支付通行费,而利用先进的电子手段,使车辆不需要停车就可以收取通行费的系统就成为社会发展的迫切需要。西方工业发达国家 20 世纪 80 年代不停车收费技术获得重大突破,90 年代初陆续引入我国,并在我国经济 and 交通发达地区,如广东、北京有少量应用。

一、系统简介及工作原理

不停车自动收费系统主要利用车载识别卡与收费车道自动车辆识别系统(Automatic Vehicle Identification,简称 AVI)的无线电收发器之间,通过无线电波实现车辆自动识别和资料交换,获取通过车辆的类型和所属用户等资料,并由计算机系统控制指挥车辆通行,其通行费通过计算机网络可以直接从车载含金识别卡中扣除,或通过不含金识别卡信息从用户在银行开设的专用账户中自动交纳,从而实现不停车自动收费。

收费站不停车收费系统由收费站监控管理子系统和车道实时控制子系统构成。收费站监控管理系统负责管理和监控本站各自收费车道系统,车道子系统完成车辆数据采集和通行的实时控制。

收费车道设备是整个不停车自动收费系统的核心,主要由自动车辆识别装置(AVI)完成

车辆身份参数的快速自动识别,该装置通过无线电波与车载识别卡实现高速资料交换,使系统可在极短时间内做出反应,因而车辆通过收费口时,可以不停车快速通过。该系统最高通行速度可达 160km/h 以上。

一条高速公路的不停车收费系统的构成实质上与半自动收费系统的构成有许多相似之处,只是设备不同,功能有所差别。图 1.7 表示的就是一条高速公路不停车收费系统的结构框图。

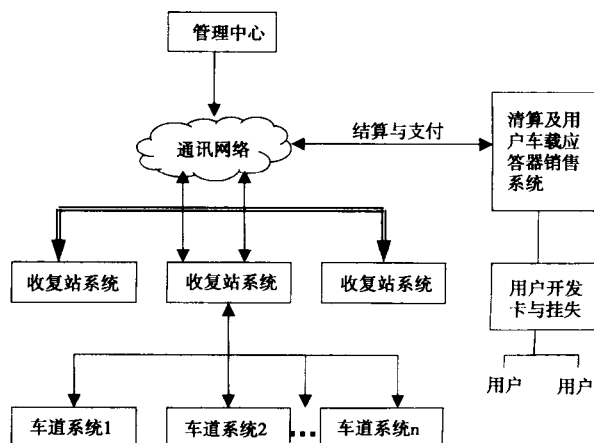


图 1.7 高速公路不停车收费系统构成框图

为了充分发挥不停车收费系统的效率和消除交通量增加后到处出现的收费排队拥挤现象,应该在某个路网范围内或是一个省内使用能统一管理的不停车收费体系,使系统发挥更大的作用。

下面给出美国德州仪器设备公司的 RIS 系统,即所谓注册标识系统(REGISTRATION AND IDENTIFICATION SYSTEM),这也就是所说的系统前端设备。

A. 系统总体技术指标 TIRIS 主要性能指标

- 车辆通行速度 160km/h
- 系统读卡识别率 $\geq 99.99\%$
- 系统反应时间 $< 0.2s$
- 系统通行能力(一车道) > 2500 辆/h
- 卡号容量 100 万条
- 车辆分辨距离 15cm
- 平均无故障时间 20000h
- 系统传输误码率 10^{-8}
- 系统读卡漏读率 $< 0.05\%$
- 系统工作温度 $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$
- 车辆检测距离 $0 \sim 5.5\text{m}$

B. 车辆标识卡有关参数

- 型号 T915
- 外形尺寸 $94\text{mm} \times 82\text{mm} \times 15\text{mm}$
- 重量 85g
- 工作温度 $-25 \sim +85^{\circ}\text{C}$

- 允许振动 10G, 10 ~ 500Hz
- 允许冲击 30G, 1/2 正弦波, 10MS 周期
- 读/写性可行
- 电池寿命每天读写 50 次时大于 8 年
- 安置用双面胶粘贴于前挡风玻璃左下角
- 灵敏度 500MV/M
- 数据传输以 FSK 方式, 300Kbps 的速率
- 数据块 16 × 2 只读区, 16 × 2 读写区

上述参数以其主要的系统核心参数和车载微波卡的特性为例, 说明该 RIS 系统可适应的外部工作条件, 事实上其还有周边设备与天线组件, 它们的系统主要参数已包含在总体技术指标之中了。

我国交通部门已经部署了对该项目的技术研究, 并且将 5.8G 作为不停车收费系统的通信频率, 其主要优点有以下三点:

第一, 我国通信系统的标准体系比较接近于欧洲标准, 其无线电资源的划分大致相同。

第二, 5.8GHz 频段的背景噪声较小, 避免了在 2.4G 和 915M 频段上应用的交叉干扰问题。

第三, 5.8G 的设备供应商较多, 有利于我们选择引进, 降低成本。

其具体技术指标如下:

频段: 5.795 ~ 5.815GHz; 调制方式: ASK、BPSK; 输出功率: 300mW; 传播距离: 10m。

二、不停车收费过程描述

1. 入口车道工作过程描述

当装有车载应答器(Transponder)的车辆驶入天线通信区域时, 读(写)天线将检测和读取车载应答器的信息, 并由电子收费车道系统判断车载应答器的有效性, 然后将入口车道信息(入口站号、时间、车型等)写入车载应答器并验证上述信息是否正确写入。如果上述程序正确完成的话, 车道通行信号灯将由红色变成绿色, 允许车辆快速通过。当车辆驶出检测器时, 车道通行信号灯将由绿色变成红色, 系统恢复到等待车辆通过的初始状态。

当没有装设车载应答器或装设无效车载应答器的车辆通过电子收费车道时, 报警器启动, 车道通行信号灯将显示红色。驾驶员必须停车等待收费员处理(如罚款)并发送一般车辆使用的通行卡, 然后收费员按确认键, 车道通行信号灯由红色变成绿色, 容许车辆通行。当车辆驶出检测器时, 车道报警器停止报警, 通行信号灯由绿色变成红色, 系统恢复到初始状态。

当装设有效车载应答器车辆紧跟无效车载应答器车辆驶入车道时, 由于跟随车辆车载应答器已获确认, 前车通过后, 不停车收费系统的车道控制器会控制车道通行信号灯由红色变成绿色, 并持续至有效车载应答器车辆通过。

入口不停车收费系统还应对可能出现的某些特殊情况采取合适的处理程序。收费处理过程信息应按实时传送给收费站计算机系统。

2. 出口车道工作过程描述

当装有车载应答器的车辆驶入天线通信区域时, 读(写)天线检测、读取车载应答器的信息。电子收费车道系统将判断其有效性并计算应上交的特性费, 将车载应答器身份号、账号、入口信息、出口信息、本次通行费、车型、余额等记录在路侧控制单元, 并实时上传给收费站计算机系统, 并将余额写入车载应答器内, 车道通行信号灯将由红色变成绿色, 自动栏杆快速打