

文章编号: 1002-0268 (2001) 06-0078-04

# ITS 通信系统中的现场总线应用研究

李敏, 王慧, 李平

(浙江大学, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 首先概述智能交通系统中的通信问题, 然后提出 ITS 中通信网络的层次结构。针对 ITS 底层通信中存在的问题, 通过对现场总线技术与 FF 总线的分析, 提出了一种在高层仍采用已经被广为接受的通信标准, 而在底层则采用现场总线解决的方案。为了说明问题, 文章介绍了笔者所建的基于 FF 现场总线的现场控制层通信网络概念系统。

**关键词:** 智能交通系统; 通信系统; 现场总线; FF 总线; 概念系统

中图分类号: U491.51

文献标识码: A

## Applied Fieldbus into Communication Systems in ITS

*LI Min, WANG Hui, Li Ping*

(Zhejiang University, Zhejiang Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** After the communication system in ITS is introduced briefly, its hierarchy of the communication system is presented. By analyzing the strong and weak points of standardized fieldbus, a new hierarchy communication system framework is presented in the paper, in which the widely accepted standards of higher layer are kept unchanged while the lower layer taking a new solution based on modified fieldbus. In order to demonstrate the feasibility, a prototype system is introduced.

**Key words:** ITS; Communication system; Fieldbus; FF fieldbus; Prototype system

## 0 引言

随着智能交通系统 (Intelligent Transportation System, 下面简称 ITS) 研究与应用的深入, ITS 的内涵与外延不断扩展。在早期的 ITS 体系中, 只包含了交通控制、电子收费、车辆自动驾驶与控制等基本模块, 后来逐渐加入了交通流诱导、旅行信息系统、车辆驾驶信息服务系统、交通环境管理等模块。但总的说来, 由于需求的迫切程度差异, 各子系统的实施往往分割进行; 另一方面由于规划和实施的过程缺乏必要的战略指导, 对整个系统的集成考虑不够周全。伴随着 ITS 整体规模扩大, 子系统间协作变得越来越重要, 由此而带来的整体效益也将变得非常明显。这就必然要求子系统间的信息紧密集成。所以在未来的 ITS 内部, 各子系统间的通信量将随着 ITS 应用水平的提高而迅速增长, 对灵活性和可扩展性的要求更高。遗憾的是, 在现有的 ITS 各子系统之间, 设备之间的不兼容性和系统本身设计的可扩展缺陷较为突出, 尤其体现在 ITS 的通信系统上, 主要有下面一些特点。

(1) 面向特定的应用, 灵活性和可扩展性不够 目前的 ITS 通信系统标准一般仅面向特定的应用, 系统本身结构的灵活性没有得到保证。

(2) 展不均匀 目前在 ITS 中, 通信系统标准协议已基本成形的领域只限于发展较早的车载系统和电子收费系统 ETC 部分, 其他领域很少有完善的标准协议, 非常典型的例子是路侧设备网络, 这直接影响到 ITS 现场控制层的通信网络系统标准。

(3) 通信标准基本上各自独立, 未考虑现有的一些标准 各生产厂家在制定通信标准或协议时, 往往倾向于完全建立新的体系, 而不考虑已有的协议基础。

本文通过研究与分析后, 提出了 ITS 通信网络体系结构及其系统标准的一种解决方案, 即在高层沿用目前已经广为接受的通信标准, 而现场控制层则使用面向 ITS 进行了改进的 FF 现场总线技术。

## 1 ITS 中通信网络层次结构

如上所述, ITS 由若干个子系统组成, 涉及到电子、计算机与网络、数据通信、人工智能、自动控

收稿日期: 2000-12-25

作者简介: 李敏 (1979-), 男, 湖南衡山人, 浙江大学模式识别与智能系统专业博士生, 主要从事 ITS、嵌入式系统、大规模通信系统控制与优化理论等方面的研究。

制、传感器和系统工程等学科与高新技术, 为了分析的方便, 按照 ITS 的组成及其功能划分, 可将 ITS 看成是一个具有层次结构的递阶分散的复杂大系统, 如图 1 所示。显而易见, 为了支持这样一个系统, 其通信网络也应该具有相关的分层结构的一些特征。为了

实际工程研究与应用的方便, 一般情况下, ITS 的通信网络可以规划为以下 3 层。需要强调的是, 这里谈到的层次结构并非网络参考模型的层次结构, 而是面向应用目的与层次结构的相应划分。

### (1) 现场控制层

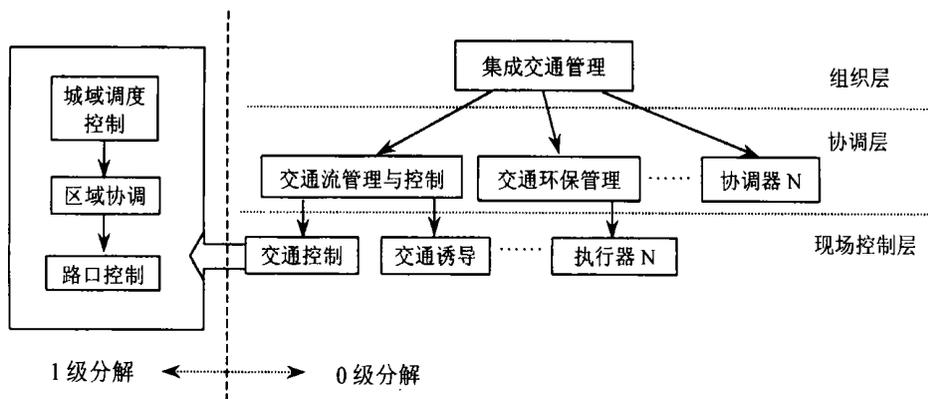


图 1 ITS 的递阶分散结构层次示意图

现场控制层主要涉及的是图 1 中的底层网络, 例如路侧设备网络和智能车辆的内部网络。这一层网络的主要特点是对实时性要求较高, 对带宽的要求具有多样性, 具体地可以分为低速网段 (例如现场传感器互联)、高速网段 (例如现场控制器互联)、超高速网段 (例如现场数字摄像头互联) 等等。各网段之间应该能够通过网关实现透明连接。在这一层次中, 大多数节点的设备都是嵌入式系统, 由于受到目前处理能力和处理速度等各个方面的限制, 往往只能支持一些轻量级的协议或者经过简化的复杂协议组, 这一层的网络基本上可以移植已经非常成熟的工业现场通信网络。

### (2) 协调层

这一层的通信系统主要涉及的是图 1 中 0 级分解中各个协调器的网络和 0 级分解中对执行器进行 1 级分解后的高层网络。例如区域控制中心、诱导中心通信网络。在这一层次中由于数据通信本身的发展已经非常成熟, 可以直接应用, 故对于该层通信系统的研究主要集中于应用协议。

### (3) 组织层

组织层基本上对应于 ITS 的上层通信网络, 如图 1 所示。例如城市交通指挥中心网络和研究、规划机构网络等。这一层往往是各子系统的信息集成中心, 要对 ITS 全局的信息进行分类、分析, 并据此进行子系统间的协调与指挥。因此相当关键, 这一层的相关问题与协调层类似。

在上述的通信系统分层结构中, 协调层与现场控制层的网关主要用于现场网络组态和维护以及与车载

无线接收机连接。组织层与协调层的网关很少使用物理上存在的设备, 基本上依存于计算机软件系统间的数据交换标准。

需要解释的是, 以上通信系统的分层概念, 事实上是依据 ITS 作为递阶分散的复杂智能控制系统的逻辑结构而划分得到的, 所以并不代表实际上的物理网络拓扑结构。例如: 上述的协调层网络很有可能是由大量路由器和网关、网桥连接起来的网群, 其网络拓扑本身实际上也具有分层的结构。

## 2 现场总线技术以及 FF 现场总线

由上述分析可见, 在 ITS 分层的通信网络体系结构中, 要做到整个系统的信息集成, 使各子系统间紧密的协调工作, 现场控制层的信息是整个 ITS 集成的基础, 由于其具有地理上分散, 种类杂乱、信息来源复杂等特点, 因此它的传输极为关键, 难度也最大。在分析、研究和比较了现有的通信网络系统及其技术之后, 笔者提出了采用并改造在工业控制中已广为接受并较为普遍使用的现场总线技术作为 ITS 的现场控制层通信网络的方案, 并在研究的基础上建立了通信概念系统, 以说明问题。

### 2.1 现场总线技术

现场总线是 20 世纪 80 年代中期随着计算机、通信、微电子与自动控制等技术飞速发展而提出并发展起来的, 最初用于过程自动化和制造自动化中最底层的通信网络。由于它具有的开放性、数字化、多点通信等功能, 应用领域不断扩大, 在国外的应用已迅速扩展到汽车工业、仓储、邮政及楼宇自动化等。

现场总线技术将专用的微处理器置入传统的测量控制装置,使它们都各自具备数字智能和数字通信能力,采用可进行简单连接的双绞线或者光缆等作为总线,将多个测量控制装置连接成网络系统,并按公开、规范的通信协议,在位于现场的多个测量控制装置之间、以及现场装置与远程监控计算机之间,实现数据传输与信息交换,并构成各种适应于实际需要的测控系统。换言之,现场总线技术的关键是把单个分散的测量控制设备变成网络的节点,以现场总线为纽带,将它们连接成可以相互沟通信息、共同完成测控任务的网络系统与控制系统。

已经通过的现场总线国际标准 IEC61158 包含了 8 种类型,即 IEC 技术报告、ControlNet、Profibus、Pnet、FF HSE、SwiftNet、WorldFIP、InterBus。在这 8 种类型中,由波音公司等支持的 SwiftNet 本来就面向交通中的航空领域;Profibus 也在 ITS 中得到了一定的应用;而不在该标准中的 CAN 其实已经在汽车电子领域占据了绝对的优势地位;此外 Lonworks 也在 ITS 中得到了一些应用。

FF 现场总线是由现场总线基金会(Fieldbus Foundation)组织开发的。基金会的前身是由美国 Rosemount 公司为首,联合 ABB, Foxboro, Siemens, Yokogawa 等 80 多家公司的 ISP (Interoperable System Protocol) 和以 Honeywell 公司为首,联合 150 多家公司的 World FIP (Factory Instrumentation Protocol)。现场总线基金会成立于 1994 年,致力于开发国际上统一标准的现场总线协议。它得到了世界上主要自控设备供应商的广泛支持,在北美、亚太、欧洲等地区具有较强的影响力。FF 总线以 ISO/OSI 开放系统互连层次模型为基础,取其物理层、数据链路层、应用层为 FF 通信模型的相应层次,并在应用层上增加了用户层。用户层的主要功能是针对自动化测量与控制的需要,定义信息存取的统一规则,采用设备描述语言规定通用的功能模块集。由于组成现场总线基金会的上述公司是自动化领域自控设备的主要供应商,对自动化系统底层网络的功能需求了解透彻,也具备足以左右该领域现场设备发展方向的能力,因而由它们颁布的现场总线规范具有一定的权威性。

## 2.2 FF 现场总线应用于 ITS 的优势

虽然 FF 总线最初的研制是为了应用于工业控制,但经比较后可以看出,将其应用于 ITS 有下面几方面的优势。

### (1) 对环境的适应性

工业现场环境与路侧设备网络所在的环境在电磁

干扰方面有着极大的相似性,而且工业现场环境的恶劣性远远胜过路侧设备所在的环境,因此,在设计时较多地考虑了抗干扰、冗余等各方面适合于工业现场应用的 FF 现场总线能够适应 ITS 的应用。

### (2) 通信带宽的可选择性

目前的 FF 现场总线技术提供两种常用的带宽,低速的 H1 工作于 31.25kbps,可以用于一部分交通检测器如电磁线圈的互联;高速的 HSE (High Speed Ethernet) 则适用于控制器之间的互联。

### (3) 协议标准的系统性

FF 现场总线不仅提供了物理层、数据链路层和应用层的通信标准,还在用户层提供了用于系统集成的若干标准,包括 DDL、AP 等等。所以说 FF 现场总线不仅仅是一个现场数据通信网络的标准,更是一个通信系统集成标准,它不仅规定了物理层和数据链路层的协议,还规定了应用层和用户层的功能块描述、设备描述以及 OPC、OFC 等上下位机的交互标准。

### (4) 技术支持问题

FF 现场总线现在已经成为世界上最具发展潜力的现场总线之一,有众多的国内外厂商加入了 FF 现场总线基金会,因而 FF 现场总线的产品线和产量正在不断的扩大,各类接口芯片和接口卡的价格也在不断降低,适合于大规模的推广应用。

## 3 面向 ITS 的 FF 现场总线应用

尽管 FF 总线具有上述应用于 ITS 的优势,然而,它毕竟最初是面向工业控制提出的,而总体看来,工业控制中系统结构的复杂性要低于 ITS,而且所要解决的任务相对比较简单,所以尽管 FF 现场总线在其本身的体系结构设计中较为完善地考虑了测控系统网络作为一个复杂大系统的内部子系统的可集成性,上一节也讨论了它应用于 ITS 的优势所在,但直接将其应用于 ITS 也还存在着一定困难。应由 ITS 通信网络的特殊性出发,面向 ITS 对 FF 现场总线进行一些改进,具体地说,应该从以下几个方面进行考虑。

### (1) 对逻辑设备描述的加强

逻辑设备的描述、维护和配置在 FF 现场总线中是以标准功能块和设备描述实现的。一定程度上来说,当前 FF 现场总线的这种逻辑设备描述方法可以部分地满足 ITS 的需要,但是 ITS 要求更多的柔性和更好的扩展性,由此便要求更通用的逻辑设备维护方法。解决这一问题的主要途径是提供尽量完善的、通用化的、高效的逻辑设备描述语言,能够将逻辑设备

作为一个带有可变参数的黑箱,不但对其输入输出参数和内含参数(内部参数)、事件处理和工作模式、组态信息和故障信息、逻辑设备之间的连接等进行描述;并且对原有的设备描述语言进行改进,使其成为描述设备内部各个逻辑设备及其关系的语言。

### (2) 提供更高的带宽

目前 FF 现场总线提供包括 31.25kbps 和 100Mbps 在内的两种带宽,基本上可以满足交通系统中一般现场车辆传感器和控制器的通信需求。但是 100MbpsHSE 的实际可用带宽由于 Ethernet 本身 CS-MA/CD 方式的限制仅仅在 10%左右,当网络负荷超过某一阈值的时候网络的实时性急剧恶化,这在关键场合是不容许的。目前 100MbpsHSE 实际上是使用了 100Mbps Ethernet 的物理层和数据链路层,仅仅是将原来 H1 的上层协议置于 100Mbps Ethernet 上,所以 100MbpsHSE 可以使用通用的 100Mbps Ethernet 支持芯片、集线器、中继器和电缆等,价格比较低。目前 GigaByte Ethernet 技术事实上已经成熟,在解决了 EMI 问题之后,直接应用于 FF 现场总线将是指日可待,所以带宽的问题将会较快得到解决。

### (3) 对开关量的考虑

FF 现场总线在当前的设计思想上主要是以工业过程控制为对象的,对逻辑控制设备考虑较少,所以事实上在当前开关量占比重大的场合一般使用 Profibus-DP。当将 FF 总线应用于 ITS 时,原来面向工业过程控制设计的系统可以大部分地移植于 ITS 中,如各种车辆传感变送器,但同时还必须考虑现场存在着的大量逻辑量的问题。解决这一问题的主要途径实际上不难,主要是在逻辑设备描述语言中考虑逻辑量传送的接口问题即可。

### (4) 更大的系统规模

当前的一个大型流程工业企业的测控网络节点数目已经非常惊人,通信量基本上与未来的某城域 ITS 网络或者某段高速公路 ITS 网络相当。但是 ITS 中应用 FF 现场总线时必须考虑更加严重的各网络节点在空间上的高度分布性以及各节点之间的异质问题,所以说这是一个规模更大更复杂的测控系统网络。这一问题在未来的 ITS 中非常重要,事实上与当前计算机网络规模不断扩大的实质一样,它要求在 ITS 中能够在很大的范围内唯一表示某台现场设备并且为远程访问该设备的资源提供高效的机制,这在已经日趋成熟的计算机网络中有非常成功的例子。

## 4 应用举例

为验证并演示 ITS 通信网络系统各层的集成以及

基于 FF 现场总线的现场控制层网络,我们在实验室建立了一个这样的概念系统。现场控制层的系统模拟的是城市交叉路口的交通控制网络,如图 2 所示。图中所示的三号网络内包括一块上位机 PCI 接口卡、一个多路口控制器(承担协调运算任务)、3 个不同的视频交通检测器、2 个不同的电磁线圈交通检测器、一块可变图形信息板和 3 个不同的交通灯具控制器等共 11 个现场设备。从图 2 中,我们看到的是系统操作站读出的该网络上的所有符合通信系统标准的设备。在该网络设备浏览窗口中,双击设备的图标将会弹出设备详细信息窗口,在详细信息窗口中可以对各个设备进行状态浏览和一般维护,其屏幕截图由于篇幅限制在此略去。在该概念系统中,各个设备依然使用了 FF 现场总线逻辑设备描述方法,用 FF 现场总线的 DDL 解释了设备内固化的逻辑设备。

事实上,该概念系统由几个图中所示的网络构成,网络节点的空间分布对系统是透明的。整个网络(包括各子网)内任意逻辑设备在获得授权的前提下可以访问任意位置的任一逻辑设备的输入、输出和内含参数,系统组态非常灵活。上位机对现场设备数据的访问基于 OPC,所有的配置工作都可以在系统操作站计算机上完成。

通过上位机,该概念系统可以接入 Internet,并且为上层的应用提供了基于 DCOM 的远程接口。因此系统允许本地或者异地的其他信息系统根据授权获取实时交通信息,还可以通过远程计算机对系统进行维护和信息浏览。这些功能的实现,为系统的集成打下了良好的基础。

实际上,现场总线应用于交通系统已有成功的实际应用先例。在浙江某高速公路长达 4 000 余米的隧道中,曾成功地采用了 Profibus 现场总线技术,用于交通流量检测控制系统、隧道通风检测控制系统和隧道照明检测控制系统等,取得了良好的效果。

## 5 结论与展望

现场信息的获取与处理是 ITS 整个系统集成的基础性工作,在 ITS 中占有极为重要的地位,也是实施 ITS 工程应用中必然会遇到的问题。本文针对 ITS 通信网络中的现场控制层信息获取与处理问题,借鉴在工业控制中已经较为普遍采用的现场技术,提出了一种采用 FF 现场总线作为 ITS 现场控制层通信系统的解决方案,并且简单介绍了由浙江大学智能交通系统研究中心基于该方案建立的概念系统。

目前浙江大学智能交通系统研究(下转第 85 页)

公式中的比例常数  $a$  的标定也与项目类型、开发强度有关,  $a \in (0.15, 1)$ 。

### 3 结语

烟羽模型法适用于不同开发类型、规模和强度的开发项目, 并且适用近期和远期交通影响分析, 其分析结果较精确, 能够弥补主观确定方法的不足。尤其对于背景交通量变化较大的地区, 使用烟羽模型法非常适宜, 方法计算简单, 容易编制成软件。

从烟羽模型在交通影响分析中的应用, 可以看出烟羽模型的普适性较强, 模型的指标体系较简单, 有利于数据的采集。但模型中的极限影响  $C_d$  的标定需要根据具体项目确定, 使模型在应用上产生一定的误

差, 模型的建立及运算时间较长, 尚需进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] Stover V G, Koepke F J. Transportation and Land Development. Washington, DC: ITE, 1998: 226-235
- [2] Wohl M, Martin B V. Traffic System Analysis for Engineers and Planners. New York: McGraw-Hill, 1967.
- [3] Evaluating Traffic Impact Studies-A Recommended Practice for Michigan Committies. Mckenna Associates Inc. The WBDC Group, 1994.
- [4] Transportation Impact Studies for Proposed Development; Applicant's Guide. Barton-Aschman Associates, Inc. Dallas, Texas. 1990-09.
- [5] 黄肇义. 城市土地开发的交通影响分析研究. 上海理工大学硕士学位论文.
- [6] 苗东升. 系统科学原理. 中国人民大学出版社, 1990-05.

(上接第 81 页)

Tag	ID	Address
MainConsole	ITS Center Zhejiang Univ. 0002000001	0x10
VideoDetector #1	ITS Center Zhejiang Univ. 0002037003	0x11
VideoDetector #2	ITS Center Zhejiang Univ. 0002004001	0x13
VideoDetector #3	ITS Center Zhejiang Univ. 0002302007	0x14
LoopDetector #1	ITS Center Zhejiang Univ. 0002305020	0x15
LoopDetector #2	ITS Center Zhejiang Univ. 0002305023	0x19
Host	ITS Center Zhejiang Univ. 0002305555 PCI Version	0x22
VGS #1	ITS Center Zhejiang Univ. 0002305231	0x41
Traffic Light #1	ITS Center Zhejiang Univ. 0002101002	0x33
Traffic Light #2	ITS Center Zhejiang Univ. 0002101003	0xa1
Traffic Light #3	ITS Center Zhejiang Univ. 0002101004	0xa3

图 2 模拟城市交叉路口的交通控制网络系统示意图

中心的相关研究工作依然在进展中。与现场控制层相关的主要任务分为两方面: 一方面是如何将 FF 现场总线的面向 ITS 进行改进使其更加适应 ITS 的应用环境, 并且为 FF 现场总线设计一些 ITS 中具有通用性的标准功能块(即逻辑设备); 另一方面将设计符合 FF 现场总线通信标准的信号转换卡件, 使当前的一些非标准现场设备能够融入基于 FF 现场总线的现场通信网络。更进一步的工作将是与组织层和协调层相关的工作, 比如说探索如何用标准的分布式对象技术如 CORBA、DCOM 和 Java Beans 以及 3W 的一些技术

如 XML 等来提供信息访问接口从而支持高层的应用。

#### 参考文献:

- [1] Juichi Taniguchi, et al., Newly Introduced Traffic Pollution Alleviation System and Determination of ITS Effects. 6<sup>th</sup> ITS World Congress Toronto, 1999.
- [2] M Miyawaki, Z Yamashiro, T Yoshida. Fast Emergency Preemption Systems. Proceedings of the IEEE / IEEJ / JSAI International Conference on ITS, 1999: 993-997.
- [3] 王慧主编. 计算机控制系统. 北京: 化工出版社, 2000.