

# 工业以太网和 ANSI 709

Michael R. Tennefoss  
Vice President  
Product Marketing & Customer Services  
Echelon Corporation  
San Jose, California  
<http://www.echelon.com>



工业以太网是控制联网中的标语，但事实是把以太网连通性加到每个传感器和执行器上，费用昂贵，难以管理，并且在许多应用上还不够稳固。本文探讨一个稳固、混合、互可操作的方案，用于把基于 ANSI 709.1 协议的开放、互可操作、分布式控制基础结构和运行 IP 的以太网综合起来。充分利用开放标准和行之有效的技术，本混合方案在效率、可靠性和成本之间取得最佳平衡。

## 前言

开始时要布线，大量布线再加上集中控制。每个传感器、执行器、显示器都以单独电缆连接，这些电缆从可编程逻辑控制器（PLC）——传统控制系统的“大脑”中伸展蔓延出来。假如要触发一个线圈以响应限位开关的启动，那么，信号要从限位开关通过电缆传到 PLC。然后 PLC 处理该信息，通过另一条电缆发送指令给线圈。在测试布线，编写 PLC 码，并开动系统后设备开始工作运行。

在某个部件破坏或要求一个新功能时，例如 PLC 控制器失效或要求新的执行器，或系统需要连接到另一个控制系统时，问题就出现了。因为控制系统是集中化的所以没有一个部件能独立运行。而 PLC 停止运行时，整个系统也就停止运行。假如需要一个新的执行器，就必须安装新的电缆。假如两个不同控制系统需要互联，就需要定制的串联网关或中间接口逻辑。所以，要有较好的建立控制系统的方法。

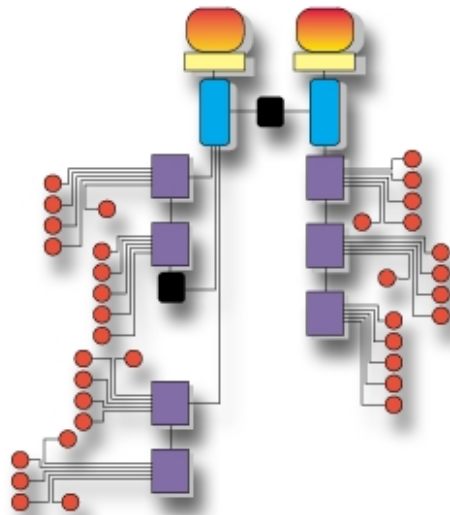


图 1 设置远程 I/O 的封闭专用 PLC

## ANSI 709 和 IP

ANSI 709.1 作为一个智能的分布式联网基础结构是建立控制系统的理想方式。709.1 并不仅是又一个旨在扩大 PLC 范围的远程 I/O 方式，而是一个迥然不同的建立网络基础结构的方

法，这种基础结构能克服 PLC 和控制联网的根本局限性。该控制网能让设备在对等基础上直接相互通信而不需要 PLC 或中央控制器。每个设备本身是智能化的并能在网上通过共用的通信媒体和任何其他设备通信。新设备只需连接到共用的媒体上，因而能使布线变更最少。系统功能的再配置借助网上的软件下载完成，对等通信让所有设备都能直接交换信息而无需任何中央设备的干预，从而消除了基于 PLC 的系统常见的单个故障点。假如设备需要中央监控，就必需应用主—从方式轮询，以判定状态。

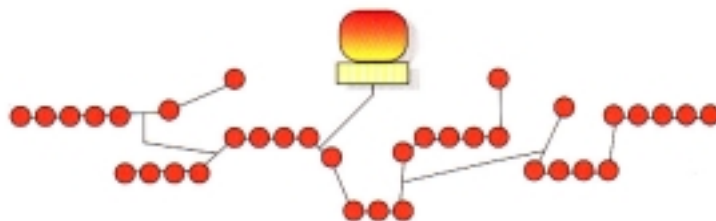


图 2 开放、互可操作的 ANSI709.1 对等式控制网络

ANSI 709.1 是完全为控制设计的，其优点是极低的成本、系统稳固、经过现场应用考验。从 2001 年 6 月起已发送了 1 千 6 百多万符合 ANSI 709.1 标准的节点，这些节点广泛用于泵和阀门控制、机器人、质流控制、真空喷涂、居室空气处理器、煤气输送和监控系统、熔焊、涂漆和粘结料、检测和仪表使用、SCADA 系统以及相关的工业应用。

ANSI 709.1 协议可以两种方式提供：嵌入东芝和 Cypress 公司的名为神经元芯片的各种各样的微控制器中；或者连接在用户自行选定的处理器的端口上。可用的物理层包括光纤、射频（窄带和扩展频谱）、红外线、同轴电缆、Ex 双绞线。还有两个附加物理层——电力线和自由拓扑双绞线——分别作为 709.2 和 709.3。这些高可靠物理层对大部分严格苛刻的 EMC（电磁兼容性）环境（诸如 EN 1000-4-2/3/4/5/6 Level 3）足够稳固，然而成本又足够低，可用于大型家用电器和消费品。所有这些设备和集成电路都能在工业领域的温度范围中操作。高效率 and 低成本是两项难得共存的属性，在 ANSI 709 规格中却兼而有之。

已有综合网络管理体系结构可用于 ANSI 709.1。这个客户/服务器体系结构可让许多技术人员使用同一数据库同时工作（调整参数、配置设备、诊断网络业务）。客户为远程业务和应用诸如 ERP 系统、PDA 和远程基地提供数据库入口。

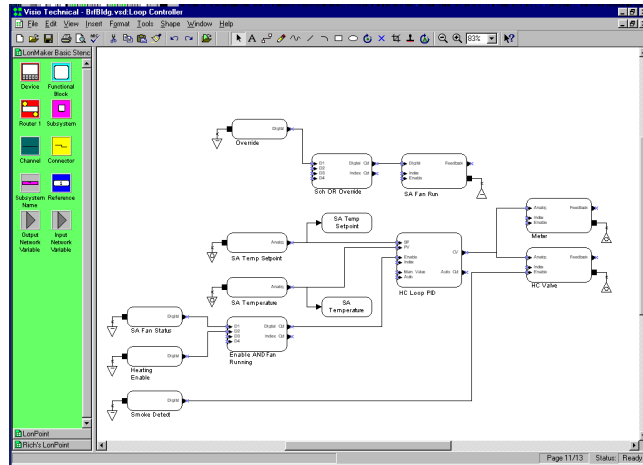


图3 ANSI 709 以视觉为基础的网络配置和安装工具

因为 ANSI 709 构成联网基础结构的基础，它们应无缝地和经济、高效的传输机构连接。随着 IP 连通性的传布，出现了在给予 TCP/IP 的网络上传输 ANSI 709.1 数据包的机会。原来为数据和 ERP 应用而安装的 TCP/IP 网对于贯通控制网通信业务是很理想的，只是贯通路由器要遵守数据网的限值和限制。例如，10BaseT 以太网构成链接控制网各段的理想的骨干网，但是当出现的通信业务超过信道容量约 65% 时，那些同一个以太网信道就很容易饱和和崩溃。所以，处理突发控制通信业务的贯通路由器需要聚合数据包，以免以太网失效。

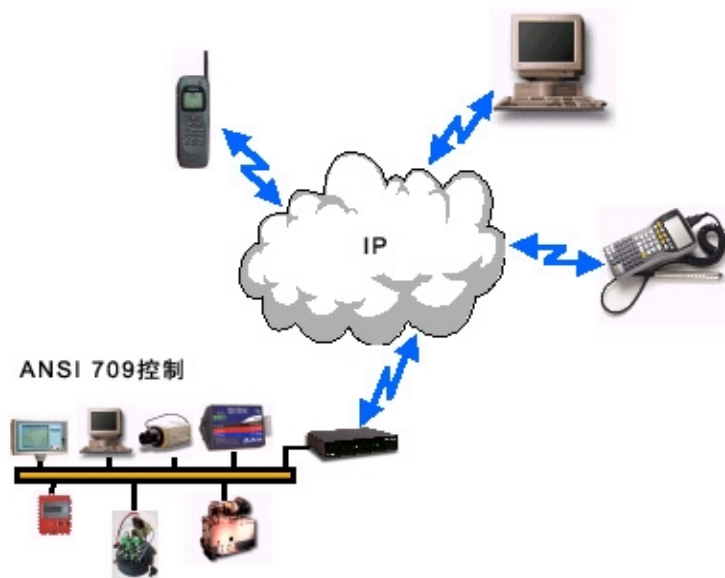


图4 ANSI 709 和 TCP/IP: 控制结合数据

图5 表示这样一个 ANSI 709.1 贯通路由器。本例中的设备已获得思科公司 *NetWorks™* 计划认证。



图 5 ANSI 709.1 和 TCP/IP 使用的贯通路由器

贯通路由器应支持联网基础结构的内在特点。在 ANSI 709.1 的情况下，这包括主从方式和对等方式的联网。不论节点位置何在，在 ANSI 709.1 网络本身或在被 TCP/IP 网络分割的一个信道上，节点间都能进行无缝对等通信。图 5 表示的贯通路由器提供这一功能，配置示意图见图 6。

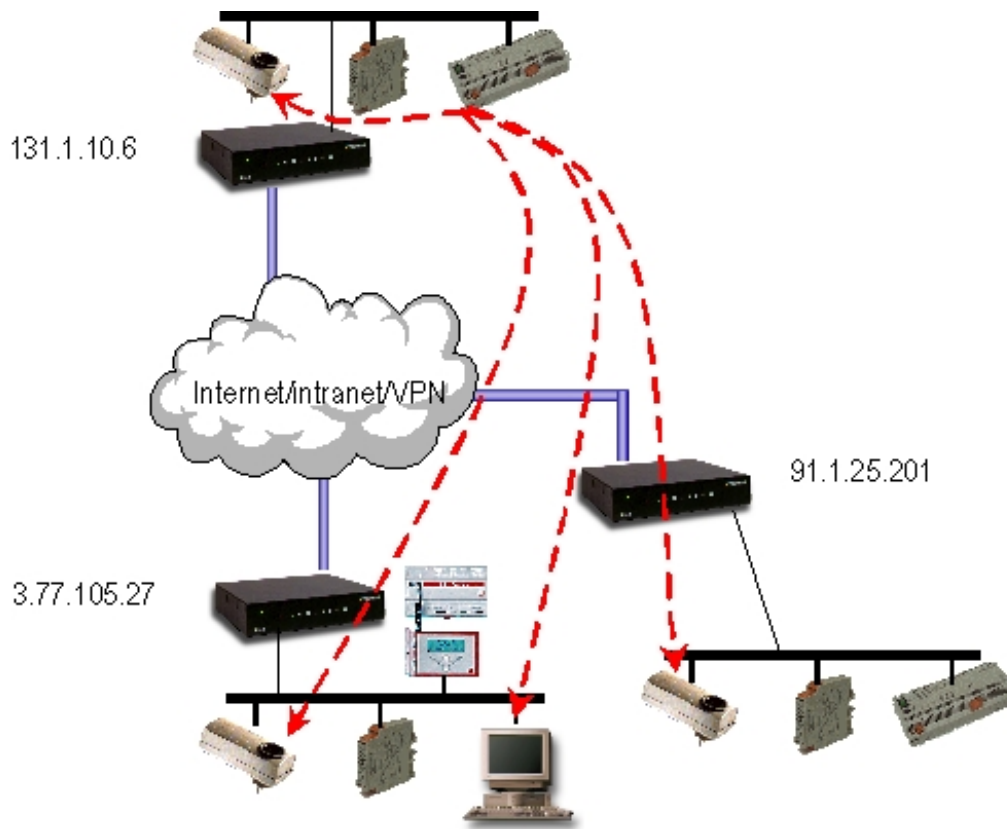


图 6 ANSI 709.1 和 TCP/IP 使用的对等式 and 主从式贯通路由器

总而言之，与 TCP/IP 结合的 ANSI 709 使用稳固的物理层和综合网络管理，遵守工业 EMC 和环境规格，所以能在多种多样媒体上为联网控制设备提供端到端的、开放的、互可操作的基础结构。这些功能部分说明为什么 ANSI 709.1 在广泛的用途和工业中获得世界范围的接受。本技术的低成本——如果产量适当，一个双绞线节点不到 10 美元，这也有助于它的被广泛接受。安装在现场的设备超过了 1 千 6 百万件，ANSI 709 已成为世界上最普及的控制联网方案。

## IP 无处不在吗？

基于 TCP/IP 的网络在数据联网世界中扩散时，控制业怀着兴趣注目用于 TCP/IP 局域网和广域网中的高速、可选择路由的数据技术。但是这并没有接触到正题：为什么不对传感器和执行器采用 IP 联网技术？这个设想引人入胜，有几方面的原因。以太网已遍布数据世界，进入种类繁多的设备中，其中许多设备在其设定的用途上是经济、可靠的。同样重要的是：TCP/IP 已成为数据业中的世界规模标准，正像以太网已成为普遍存在的媒体一样。充分利用这两个标准并把它们集成在控制联网应用中，就可能在宣布使用开放标准的同时充分发挥现有产品、工具和技术的潜力。确实，我们为什么不赶这个时髦呢？

全以太网控制系统在价值、必要性、经济方面有重大问题，这些问题通常在满怀激情讨论“工业以太网”时被忽视。虽然 TCP/IP 是数据世界的标准，它并不是控制协议。假如 TCP/IP 要用作开放传输，那末还必须提供或开发开放控制协议。销售商禁不住诱惑，要定义一个与 TCP/IP 开放标准略为沾边的新控制协议，宣称它是全面开放，因为 TCP/IP 是开放的。而事实上该控制协议可能是封闭和专用的。

销售商采用这种策略有三重目标：首先，在开放标准的伪装下，维持一个封闭的单源的（Sole-source）方案；其次，使用基于以太网的设备作为现有产品的远程 I/O，以便延长专用 PLC 或基于软件的 PLC 系统的寿命。最后，诱使顾客放弃低成本的传感器和执行器而采用价格较高的设备，这些设备以较昂贵但功能并不较强大以太网信道为基础。不管动机如何，创立新的控制协议并以开放标准执行，需要大量的可能是徒劳的研究开发工作，而事实是 ANSI 709.1 已经是一个公开标准，已可在 TCP/IP 网上以对等或主从方式应用。

为了保证以太网上使用的产品间的互可操作性，必须为所有报文创立统一的对象模型和公共应用层。单是创立一个控制协议是不够的，报文结构和数据的对象表达（例如温度和速度）必须在所有产品上，并为所有制造商统一使用。350 多家使用 ANSI 709.1 的制造商已携手建成 LonMark<sup>®</sup> 互操作性协会，其宗旨是为开放式 ANSI 709 应用设立互可操作性准则。对于工业以太网的任何开放、互可操作性标准的执行可能也需要同类机构。

以太网没有 ANSI 709.2 和 ANSI 709.3 提供的稳固的物理层。10BaseT 和 100BaseT 系统不用较大成本就不能满足欧洲的灵敏度要求。即使灵敏度要求得到满足，系统在点到点的布线和集线上仍然易受单个故障点之害。虽然为制造工业 RJ-45 进行了大量工作，但最终产品还是非常昂贵，并且与 ANSI 709.3 的非屏蔽双绞线相比显得笨重。此外以太网并不支持多分插（Multi-drop）的信令或带电双绞线网络，为布线拓扑设置严重限制，并且要求单独的电源布线，而 ANSI 709.3 对这点并无强制要求。表 1 总结工业以太网和 ANSI 709.3（双绞线）的某些差别。

表 1 工业以太网和 ANSI 709 的典型差别

范畴	工业以太网	ANSI 709.1 和 709.3
连接器	工业 RJ-45	两根导线
电缆类型	第 5 类 4 对双绞线	非屏蔽双绞线，也即 Belden 85102, Belden 8471 和第 5 类线
电缆规格	24AWG (0.5mm)	16-24AWG (12 到 0.5mm)
电缆距离	100m 点到点	500m 多分插的星形、环形、总线、菊花链总线；2700m 总线
1000-4-x 的遵守	轻工业，无重大调整	重工业
每段设备数	1	64
电源	在传感器上	通过网络电缆或在传感器上
第 3 层选路由	用户研发	对等式和主从式
决定性操作	否	是
网络管理	用户研发	现成的安装工具和客户/服务器体系结构
公共应用层和对象模型	用户研发	是

以太网的原来用途是企业数据网，它代表了较和善的电环境，ESD、突发噪声、电涌、辐射噪声、磁场等都处于相当低的水平。把它们和典型的车间环境相比，车间环境可说是电力活动的风暴。要使工业以太网在这样的环境中工作需要加上电涌抑制器、ESD 防护设备、以及一大批其他防护设备，而这些 ANSI 709.2 和 ANSI 709.3 根本就不需要。

通常，在任何给定年份中安装的工业节点的总数中只有较少的节点需要以太网的速度。因为在以太网上应用 TCP/IP 旨在传输大数据包，并不期望用于控制，所以未曾尝试节约数据包的系统开销（Overhead）——信头、数据包比特尺寸等等。结果，TCP/IP 数据包具有 64 字节的最小尺寸。和 ANSI 709.1 数据包对比，ANSI 709.1 数据包以 11 字节成为控制报文传输用的最佳基础结构。一个典型的确认（双向）数据包传输和基于 TCP/IP 的网络必须以约 6 倍于 ANSI 709 的网络的速度运行，才能传输最简单的报文。较快的是较好的这种通常观念必须略为修正，必须认识到较快几乎总是较昂贵的，但未必较实用。

绝大部分的工业控制设备能以 ANSI 709.1 典型的 50+毫秒的响应时间来管理，而大部分 <10 毫秒的应用不能接受以太网通信的不确定的等待时间。这使得要求 10 到 50 毫秒响应时间的工业以太网节点这一有良好商机部分明显成为一个合适的市场。

最后，我们要讨论经济问题。应用 ANSI 709.1 协议和 ANSI 709.3 物理层的节点，如产量适当，通常可花费不到 10 美元制成。信号的连接是简单的：节点只需要非屏蔽双绞线。由

于物理层已设计用于处理严格苛刻的工业环境，EMC 和遵守管理规范就变得简单了。假如用神经元芯片作为主 CPU，那么就不需要额外的微处理器。电源要求是最低的，在 5V 时为 30mA 峰值数量级，此电源可由同一个网络双绞线馈送。

使用工业以太网的类似节点将要求五类线或更好的布线、一个能终结 4 条双绞线的工业用终结器、遵从较高的工业 EN1000-4-X 级别的公共模式和 EMC 防护设备、一个能运行 TCP/IP 和控制网协议堆栈的微处理器、一个电源和能输送要求的电压和电流的单独电力布线。所有这一切都只是为了一个限位开关？一个光电检测器？一个传送带速度传感器？一个液位传感器？

撇开其他问题不谈，为工业设备中的绝大多数的传感器、执行器、显示器和控制器使用工业以太网，在经济上就没有吸引力。ANSI 709 为这些设备提供非常经济、稳固、高效的组网基础结构，同时又允许使用标准 TCP/IP 网——不需要新的协议——作为数据隧道，假如需要这样的信令模式。ANSI 709，以太网和 TCP/IP 一起提供可用于工业控制的最经济的方案，它代表现有的不需要新的研发和发明的最佳工业以太网方案。

## 小结

ANSI 709.1 专门设计用于构成控制网基础结构的基础。它使用非专用的开放标准设计，可经济地设立节点和安装网络；它拥有分布式智能、抵抗 EMC 和单点故障的稳固性；提供对用作骨干网和广域网的高速 IP 数据网的无缝连通性和多销售商的互可操作性。另一方面，以太网和 TCP/IP 并不很适宜于控制联网，因为它不包括控制协议，不提供决定性操作，也不保证互可操作性。

ANSI 709、以太网和 TCP/IP 的综合提供了控制和数据领域的最佳方案。实现了其他方法不可能实现的工业以太网的一切优点：

- 非专用的开放式设计；
- 低成本节点；
- 无单故障点，分布式智能；
- 简单配置；
- 无缝远程连通性；
- 互可操作节点；
- 高速骨干网和广域连通性；

假如要举出一个集成互相补充的技术的事例，ANSI 709.1、以太网和 TCP/IP 的综合可以名列前茅。