

控制网和因特网

修订 2.0 版

Reza S.Raji

reza@echelon.com

<http://www.echelon.com>

@ ECHELON[®]

序论

关于因特网的出现及其几乎包罗万象的应用已经谈论得很多。确实，因特网的力量不完全在于它的技术革新，而是在于它轻而易举打破了传统通信的界限，从而为非专业的普通用户提供了新的可能性。

用于因特网的技术已经存在 25 年以上了。那末是什么促使它在最近几年爆炸性地扩张呢？问题的答案是重要的，因为它有助于理解在未来几年内因特网的发展方向以及它将影响到的事物。许多人相信因特网的潜力至今还利用得微乎其微。因特网真正的冲击力及其许多“不凡身手”还需拭目以待。

因特网和万维网主要功能是让人们方便、经济地相互联系。电子邮件可能是因特网最普遍的应用，现已成为许多企业和家庭不可或缺的工具。连接到因特网的新企业和个人以惊人速度增长。简而言之，由于因特网人们现在比以往任何时候能更方便地和别人建立、和保持联系。

近来，因特网工具这一概念正在广泛传播。它的设想是：小型专用的“工具”可以连接到因特网上从事非常专门的工作（电子邮件工具、厨房用具等）。这个概念本质上和通过 PC 取用因特网，把人和人联系起来的观念是相同的，但是处在较低的硬件等级上，因而能降低终端用户的费用。网络计算机是为一个具有相似但更普遍的实用意义的概念。

假如因特网的能力能超越仅仅联系人们这一狭隘范围，会发生什么呢？假如因特网连接台式机和膝上型机（或厨房柜顶机）并以某种方式和我们常用的设备连接起来，又会发生什么呢？我们日常接触的灯、开关、恒温器、TV、空调、安全系统、火警报警器等都可看作是因特网用户。

上述设想可以用一种生硬的方式来实现：简单地把所有这些智能设备分配一个唯一的 IP 地址并在每个设备中放置一个微型的网络服务器。于是，任何网络浏览器都能监控这些嵌入设备上的监测和控制参数。但是事实上，这个设想有许多实际限制。小型、廉价的控制设备有自己的一系列特征，与计算机世界的特征相差甚远。所以，要有设备级（或工具级）上的不同的联网体系结构。

这就是控制网出现的背景。控制网络把智能设备连接在一起，提供一个经济、可靠、根据控制需要优化的灵活的联网平台。“The network is the computerTM（网络就是计算机）”，这一口号几年前由 Sun Microsystems 公司广为宣传，现在能应用于新的模式：**网络就是控制系统。**

看来很自然，让不同的网络连接并组成一个单一的联网结构，这样就能将联网新功能扩展到控制设备上。同样，内部网成为因特网的一个延伸；局部运行的控制网或所谓 Infranets 能连接到因特网和内部网上。信息（资料和控制信号）可从任意点流向任意点，从任何人流向任何物体。人们现在可以象联系其它人一样联系物体。图 1 表示完整的信息基础结构。

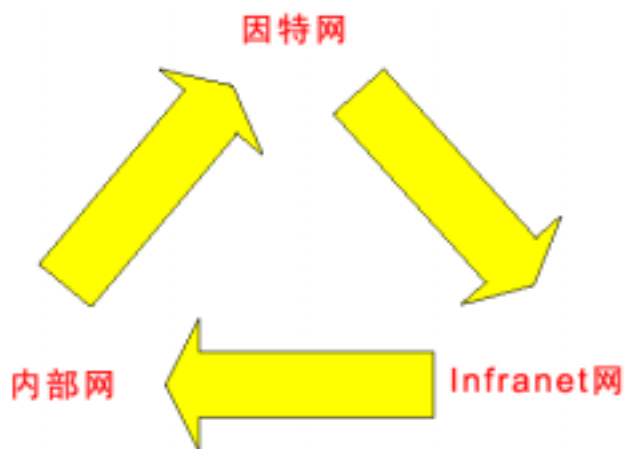


图 1 — 完整的信息基础结构

日常设备能连接在因特网上这种设想看来显然是符合逻辑的。我们周围已有多种工具和小器件，按照当前因特网用户增长的速度看来，把这些设备和因特网联姻似乎是理所当然的一步。可是，以前有几个障碍延迟了两者的融合。

出现了方便的使用因特网和内部网的普适标准后，它们终于开始获得广泛接受并迅速发展。万维网和无处不在的浏览器为普通人提供力量，使他们可以绕过技术难关，开始享用因特网的好处。反过来，网络的增长又形成更多的信息内容（更多的网址）从而推动它的应用。

相比之下，控制网还是比较新出的。尤其重要的是：日常工具和设备进行通信的标准化的要求从未如此普遍。万维网标准要求 TCP/IP 协议、HTTP 协议和 HTML 标记语言密切配合，功效卓著。控制网正在建立相似标准、协议和技术，所以它能全面迅速发展并和因特网携手发挥力量。

本文试图确定因特网和控制网成功联姻所需的各项要求以弥合两者之间的鸿沟。希望本文还能提供非常需要的说明来澄清近几年来在报刊上甚嚣尘上的混乱报导。

嵌入世界

嵌入系统传统上用于工厂中离散过程控制自动化，因为工厂中需要一个中心计算力量来控制过程或操作。在大多数情况下，计算诸如图像用户接口（GUI）或实时系统效率的要求太特殊，以致于不可能使用通用 PC。

尽管新闻界较少报导，嵌入系统在 PC 世界的阴影下，悄悄发展已有些时日了。芯片制造巨擘已为嵌入系统的处理核心—微控制芯片贡献了整个产品系列。微控制器市场的成长明显快于传统的微处理器（个人计算机的中央处理器），而它的预测营业额将轻易地压倒微处理器。从商业观点来看，嵌入系统的应用通常可分为两类：商业应用和消费者应用。

商业嵌入系统用于诸如楼宇自动化、过程控制和工厂自动化等用途。传统上，这样的系统有中央处理站，连接到整个设施上的许多物理传感器和执行器（例如：温度、湿度、移位元等）。这类商业应用的嵌入系统市场在过去一、二十年中已变得相当成熟。满足不同要求（8、16 和 32 位）并具有不同特点的广泛系列的微控制器已供应给系统制造商。这类系统的复杂性、以及可靠性和实时操作的要求也创立了嵌入操作系统的市场。许多制造商都在供应实时操作系统（RTOS）。

最近，消费者市场已经在利用嵌入系统的能力。消费者设备的涌现已经显著降低了低文件嵌入系统的成本和大小尺寸。低到中等功率（4、8 和 16 位）微控制器已经悄悄地潜入微波炉、恒温器、立体声音响和其它许多消费设备中。和商业嵌入设备市场不同，这些消费者设备的软件研制过程尚未定型。由于未能满足消费者对较小较经济产品的要求，用于消费者嵌入设备的操作系统的设计还未真正出现。

从技术观点出发，嵌入式应用可分为两组：**独立式和分布式**。

独立式嵌入应用设备通常包含在较小的自主的封闭环境中。嵌入应用设备并不以智能方式和其它设备通信，但是必须有连接在主要中央装置上的远程传感器和执行器。移动电话、家庭安全系统、集中式过程控制系统都是独立式嵌入系统的例子。这些应用设备中的较大者通常利用现行的操作系统（例如 RTOS 或近来微软公司的 Windows CE，随应用而定）。

另一方面，分布式嵌入系统依赖联网体系结构作为内部主干。系统运行不需要中央智能点（也不期望），而通常有物理信道（例如电力线、双绞线、无线等）以启动智能节点间的通信。设备分散的家庭，大楼照明系统或智能电梯系统都是分布式嵌入系统的例子。图 2 是代表嵌入式系统世界的二维领域。

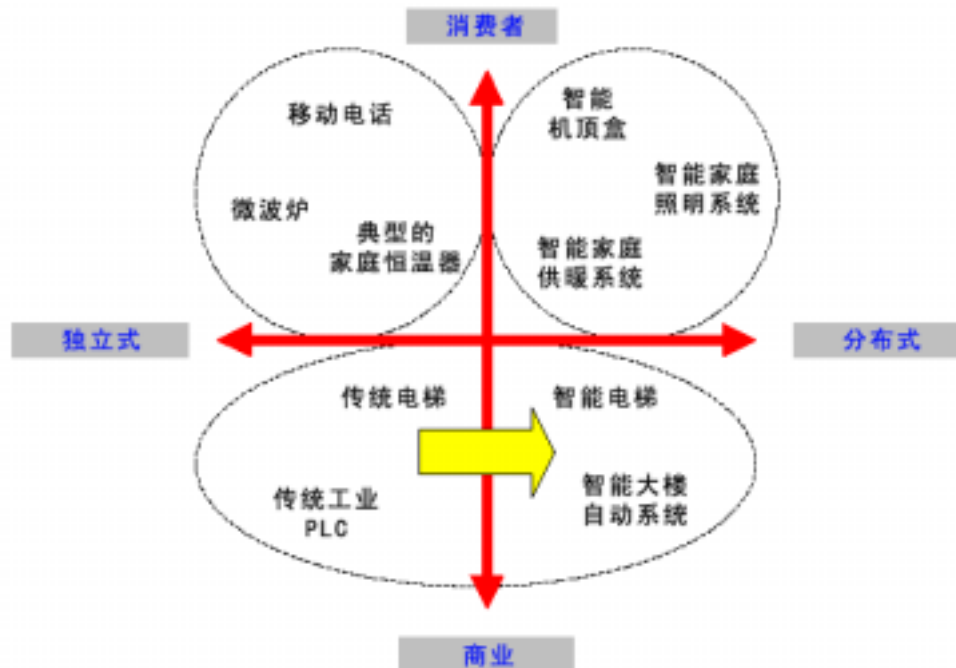


图 2 — 嵌入式系统世界

从图 2 可见，商业嵌入系统市场正从集中式体系结构向联网体系结构过渡。控制联网技术的进展大大地加速从基于 RTOS 的集中式系统到联网系统的过渡。

至于消费者嵌入应用设备，独立式和分布式通常相互排斥，每个都有自己的一套工具和技术。虽然越来越多消费者嵌入产品利用分布式网络方法（例如机顶盒、家庭照明等），仍有许多消费者嵌入应用设备本来就不是分布式的。例如，移动电话是个自主设备，代表一个独立式嵌入消费者产品。可是现代家庭的供暖和空调系统由许多智能节点（恒温器、加热器、空调、风扇等）组成，全都通过物理介质（例如双绞线、电力线等）相互通信。

除了本质上根本不可能是分布式的（物理上局域化的，例如移动电话）独立式的消费者嵌入应用设备外，几乎所有的应用设备，以前使用集中式体系结构的现在都能采用了分布式，而系统成本较低，功能改进，灵活性增加—事实上越来越多的设备正在改弦更张。正像 PC 网一样，用网络设计来解决控制问题有许多优点，例如：

- 消除了单个故障点
- 减少布线费用
- 降低系统安装和维护费用
- 不同的设备制造商之间的互可操作性

联网的优点似乎不仅仅限于计算机。除了因特网和内部网之外，还有控制网也在我们手边，要求把这些网结合成全局资料和控制网似乎是最合理不过的。

扩展因特网

已经定义了多种嵌入应用设备，现在让我们进一步讨论它们需要什么才能各自成为对因特网友好的设备。

前已讨论过的独立或嵌入应用设备（商业的和消费者的）含有一个中央微控制器来操作设备的嵌入软件。对于更复杂商业嵌入系统，可能要用实时操作系统（RTOS）来增进可靠性和整体系统效率。大部分 RTOS 制造商已经为他们的操作系统写了扩展部分以支持 Web。通常是提供一个小型 Web 服务器作为操作系统的一部分来完成这项工作。嵌入设备就变成了小型 Web 服务器。于是，嵌入系统设计者或编程者通过 HTML 页面把嵌入系统上有关数值链接到 Web 服务器上，以使因特网上的任何浏览器都能访问它们。（请参阅补充短文以了解本方法的详情）。

假如我们把控制系统看作因特网的分布式全局联网的一个扩展，我们就能看到控制联网的概念如何促成设备的逻辑分层。从因特网开始，沿着层次向下，网络的吞吐量要求和节点（网络上的客户）的一般处理能力递减。相反，对于节点间较快响应时间的要求则增加。图 3 说明这一点。

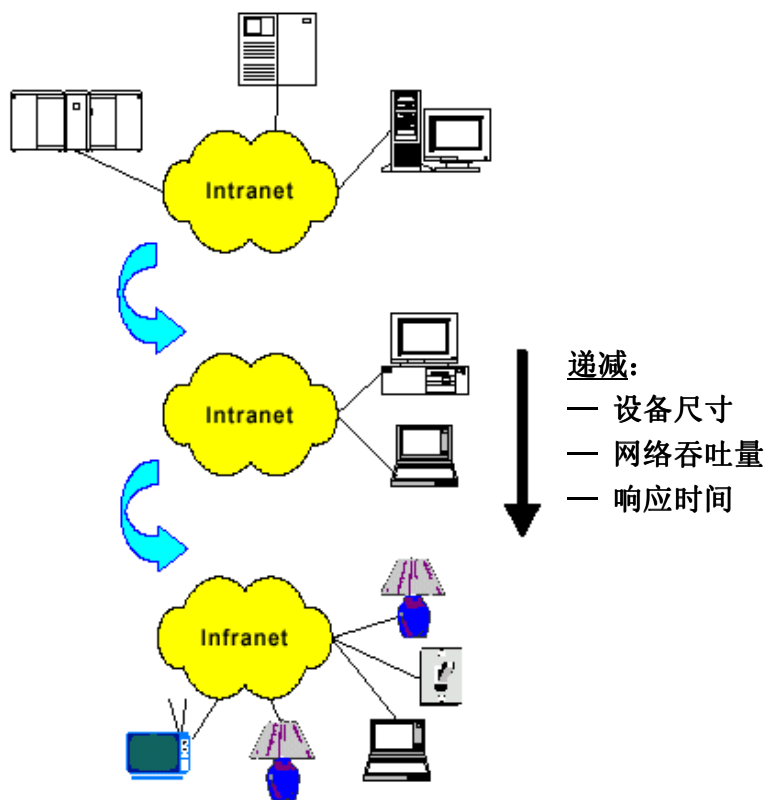


图 3 — 联网分层

与因特网和内部网不同，控制网苛刻地要求满足自己的需要。这些网络的小尺度、低成本和使用方便轻易地排除了采用因特网和内部网的控制技术。尽管有许多销售商努力要把 Web 服务器包括到他们的嵌入操作系统中（见补充短文），但由于缺少无缝的自上而下联网方案，这些努力都不得不中止。留给研制者的艰巨任务是把基础嵌入系统和 Web 服务器耦合，通常要通过专用的控制联网方式。

与独立式、专用的、以及相当复杂的嵌入系统不同，“嵌入因特网”应用设备实际上要求控制联网方案。设有这个方案，它就只不过是连篇累牍的文章中新添的一篇。控制联网和控制世界的关系就跟资料联网和计算机世界的关系一样。控制世界已准备好迎接像因特网那样身手不凡的巨人。

控制网

在过去几年内嵌入世界内部的革命已经初露端倪。越来越多的制造商和系统设计师已认识到联网的分布式的好处，因而不认同那种许多无智能的远程点（传感器和执行器）连接到一个中央处理器上的集中式系统。

为了更好地理解控制联网怎样演变以及它的发展方向，回顾计算机业的历史是有好处的。计算机业也曾面临和控制业不久前面临的联网革命类似的商业和技术挑战。图 4 的左侧说明计算机世界的演变。

有多种多样因素促成计算机业的演变过渡。系统成本、用户应用需要、以及有关的市场因素都有重大影响。计算机世界的当前趋势是全面联网。整个计算机世界可看作各种大小网络（企业内部网、小企业网、政府网、因特网等）组成的海洋，所有网络都互连，形成一个无缝的智能结构。这和电信业从早期的简单的、集中式电话局演变到今天的全面通信能力（电话、传真、寻呼、移动电话等）是类似的。在今天的通信中你已不再知道你是如何和对方连接的。音频拨号被认为是理所当然、始终存在的和他人联系的手段。

控制业正在经历一系列引人注目的类似变化，但是用一种更平静的方式。图 4 右侧说明这些变化的步伐。虽然控制业的趋势是朝着联网的系统，但是很容易把演变趋势外推到网络被联网的阶段。把网络就作为网络处理而不管它们的内容（资料或控制）显而易见是精妙简洁的手法，它必然导致图 4 中表示的最后一个演变步伐。参照上述电信业中音频拨号的比喻，我们可以预言，“Web Tone”也即将来临了。

以集中式体系结构为特征的传统嵌入系统若干年来一直是控制业主要角色。有关的终端用户的要求诸如更高的系统可靠性、更低的系统安装费用、开放系统、更低的系统维护

费用等等正在推动该产业从封闭的集中式（或分层的）系统向着开放的、分布的联网方案演变。许多控制系统们仍在使用集中式系统，就像某些公司仍在使用大型机一样。但是，要产生更经济和更强大的系统，制造商和系统设计师越来越难以忽视分布式网络方法。

就像计算机革命一样，分布式控制方法要求半导体芯片的成本降低和功能的集成度增加，以便赢得大众好感。这就使控制业的演变要花更长的时间，因为成本约束较严格，市场上技术更新自然也是较慢的。作为经验法则，制造商、系统集成商和终端用户需要功能有 10 倍的增长，才能迅速完成新的模式。

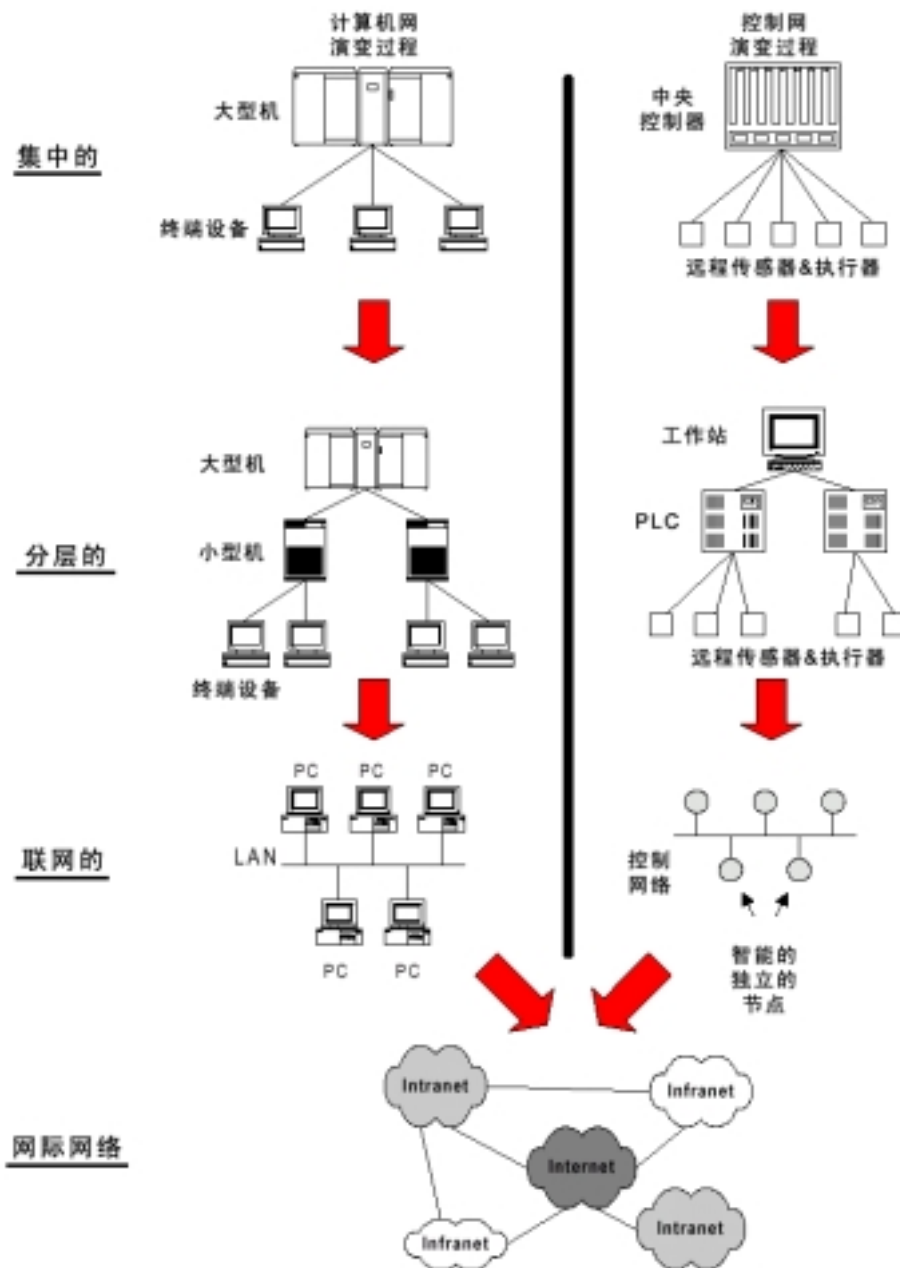


图 4 — 计算业和控制业中的比较

除了技术问题外，政治和商业障碍也延迟了控制业的技术进步。对于联网的体系结构，需要互可操作性明确规定的标准以及设计实践以使提供设计系统用的通用平台。几年前 PC 曾需要 ISA 总线标准，直到第三方制造商能参与并设计出今天使用的巨大的 PC 卡外围数组。自那时以来，基本的 PC 总线已经有了增强，但是它必须有个起点。

控制网可以方便地用于传统上由嵌入系统解决的问题，同时还具有许多优点。另一方面，集中式嵌入系统并不很适用于分布式的用途，因为它们通常缺乏通信能力。这并不是说，嵌入系统不能相互通信，而是说它们的通信要针对每个应用专门设计，这样就导致封闭的专用系统，较高的研制成本以及较高的工作周期成本。

设定了上述要求后，现在可以确定控制联网体系结构的主要特征。表 1 记载这些特征以及和计算机联网世界中相应的特征的比较。想象一下计算机联网世界的状态是发人深思的：右侧栏目中的每一项都成为事实上的标准。确实，大部分项目远在成为正式项目前就已经成为事实上标准。

控制联网属性	优点	与 LAN 模拟
开放、稳固和可靠的通信协议	保证来自不同制造商的设备互可操作性，因为它们全都使用同一协议	TCP/IP、HTTP、PPP
IC 包含协议和设备的应用程序；媒体收发器（TP、RF、PL、CX、IR 等）	廉价的、现成的资源；制造商可以集中精力于他们的应用而不是通信障碍	以太网 IC； Modem IC
安装、配置和维护网络用的网络操作系统	对所有工具和平台的统一网络管理；系统互可操作性	微软的 LanManager； Novell 的 Netware
基础结构的设备（路电器，中继器，PC 卡等）	可伸缩性	以太网络路由器、开关和集线器
制造商和系统集成商使用的互可操作性综合指南	真正的开放式互可操作性	IEEE802.x 规格； ISA、PCI 卡设计规范

表 1 — 和计算机网比较的控制网的特征

(补充短文)

应急对策

实时操作系统市场上品种繁多。在许多公司中，诸如 Wind River 系统公司、Integrated Systems 公司和 Microtec 公司供应适用于中等到高度复杂系统和 RTOS。它在处理和独立嵌入系统有关的典型问题，即实时效率和可靠性问题时，效能非常好。

大部份现行的 RTOS 还供应标准 TCP/IP 和其它联网插座，以便嵌入编程者方便地集成。但是，这些联网程序意图用在连接到诸如 LAN 和 WAN 之类的数据网络上。近来，某些公司已经在提供它们的 RTOS 平台的扩展部份。这些扩展部份或多或少提供中等尺寸（几百 K 字节）的 Web 服务器，使嵌入系统能作为因特网上的网络内容供货商。但是这些扩展部份不允许多个控制设备相互方便地通信。它们必须求助于专用的软件和硬件把嵌入控制世界和联网世界耦合。联网模式中止于嵌入控制器。根本问题是这些方案未能提供无缝的互可操作标准；把控制网连接到包括因特网在内的资料网上需要这一标准。

将小型 Web 服务器应用于遥测和遥控的另一缺点是缺少用通常和分布控制设备（恒温器、调光器）配套的设备。即使我们无视这样一个方案的专用性，在每个设备中放置一个完整的 Web 服务器这种方法，在处理小型、经济设备时根本就是不切实际的。

还有其它一些旨在克服设备资源局限的问题。emWare 公司的“嵌入微接口技术 (EMIT)” 在每个远程设备中放置一个小型的专用资料服务器 (emMicro)。操作通信管理码 (emManager) 的中央服务器节点使用 emNet 串行协议负责在局部网络上和所有远程设备通信，并提供对因特网（或本地浏览器）的网页。虽然这是独特的也许在某些应用中有用的方法，但是它仍然不能提供开放的、互可操作的和稳固的方案，只有真正对等分布控制联网才能提供这样的方案。控制设备开发商，只能发展它自己的控制应用，因为每个中央服务器需要 TCP/IP 连接，而设备仍然被作为中央服务器的从动装置处理。

肯定还有其它一些努力，试图迅速、顺利地克服集中控制模式的局限性。不幸的是没有万应灵药。正像计算机业必须忍受从集中式主机世界过渡到联网世界的折腾一样，控制业在走向开放的、对等的联网方案时也必须忍受多种挫折和困难。

历史确实在重复，我们应该能从经验吸取教训。

LONWORKS 技术

LONWORKS 控制联网技术迎接许多上述技术的商业的挑战。它超越自己单纯的通信协议的角色并且提供建立控制系统用的完整的平台，从而取得成功。

LonTalk[®]协议是 LONWORKS 网的核心,专门设计用于控制的一个开放式的国际标准。它提供丰富多彩的一系列特性供控制系统制造商挑选。LonTalk 协议的一系列特点能接受几乎任何应用，包括楼宇自动化、工厂和过程控制、家庭自动化、协议的许多方面只占用很小的内存而提供了安全性、可靠性和效率。

摩托罗拉和东芝销售的 Neuron[®]（神经元）芯片包含 LonTalk 协议的实施以及其它内装的特性，为控制设备提供完整的“单片系统”方案。神经元芯片和通信收发器通常就是 LONWORKS 控制设备所需的一切。LonTalk 协议支持许多通信媒体，包括双绞线、电力线、光纤、同轴电缆、无线和红外线。收发器由埃施朗公司和全世界第三方设备商随时供应。

LONWORKS 网络服务（LNS）体系结构是一个强大的网络操作系统，提供面向对象的方法，服务于联网控制设备。它让终端用户工具开发商使用统一的和强大的 API 来开发安装、配置、维护、监测和控制 LONWORKS 控制网的工具。LNS 提供设备和工具制造商之间真正的互可操作性，就像微软 Windows API 和 Sun Microsystems 的 Java API 在软件应用间提供互可操作平台一样。LNS 用户可以在任何平台（PC、MAC、UNIX、嵌入系统等）上运行。

LNS 服务器在传输层上支持 LonTalk 和 TCP/IP 协议^{脚注 1}。LNS 用户可以使用两者中任何一个和服务器通信。这意味着通过对 LNS 服务器的任何 TCP/IP 连接，现在可以使用同一个直观的控制网分层。因特网和内部网对控制网的利用从未如此方便。

像路由器和网络适配卡（NIC）之类的基础结构工具可由许多公司供应。这些产品是构筑可伸缩的体系结构的关键工具，它们相当灵活，足以满足控制网的严格要求。例如，基于 LONWORKS 的大楼照明系统可能要使用分支接入个别楼层子网的双绞线干线网，而那些子网又是在现有的大楼电力线上通信的。每个楼层就可能要使用一个双绞线到电力线的路由器，以便在这两种媒体间转换而且还能在楼层间把信息量分段。

脚注 1：支持 TCP/IP 的 LNS 版本预定在 1998 年年底前供应。

没有一套集成的互可操作性准则以及一个监督它的发展和管理的机构，任何开放联网标准都不能生存。LonMark®互可操作性协会 (<http://www.lonmark.org>) 由代表许多产业部门的主要控制公司、系统集成商和终端用户的代表组成，是一个非赢利的机构。协会内的每个工作组致力于为设备、系统和工具制造商制订一套统一的准则。LonMark 认证程序确保所有已认证的设备和工具间的互可操作性，这样就大大简化了系统集成和维护。表 2 记载 LONWORKS 技术的主要优点，扩展了表 1 的内容。

控制联网属性	优点	LONWORKS 的贡献
开放、稳固和可靠的通信协议	保证来自不同制造商的设备的互可操作性，因为他们将使用同一个协议	LonTalk 协议
IC 包含协议和设备的应用程序；媒体收发器（TP、RF、PL、CX、IR 等）	廉价的、现成的资源；制造商可以集中精力于他们的应用而不是通信障碍	神经元芯片（摩托罗拉、东芝）；可供应的各种第三方收发器（TP、RF、PL、CX、IR）等
安装、配置、维护、监测和控制网络用的网络操作系统	对所有工具和平台的统一网络管理；系统互可操作性	LNS 体系结构
基础结构设备（路由器、中继器、PC 卡等）	可伸缩性	路由器核心模块；可供应的各种第三方路由器和适配卡
制造商和集成商使用的互可操作性综合指南	真正开放式互可操作性	LonMark 互可操作性协会；LonMark 互可操作性指南

表 2 — LONWORKS 技术的贡献

结论

最近几年，联网技术取得进展而制造半导体 IC 的成本降低，所以现在有可能采取信息联网变换中的最后步骤。LONWORKS 标准集合了所必要的技术和商业资源，使这个变换成为可能。

控制网络把以前由计算世界享有的所有优点带进控制世界。因特网、内部网和 Infranets 可以协同工作，让人们既可联系“物”又可联系人。

正像在计算世界中联网的明显优点，即较少的研制时间、增加的功能和可靠性、真正的互可操作性和简化的系统维护还只是这样无缝的网络架构的一个开始。随后的“重要应用”在下一个千年中将大大扩展我们生活其中的世界。谁曾经能预言因特网的出现及其冲击？谁能预言 Infranets 将对我们生活产生的影响？

这些网络的无缝互联创造了全局的资料和控制网，它符合联网的永恒真理（原文为“mantra”，意指印度教神圣祈祷文和咒语——译注）——联合的整体是某种比其个别组成部分总和强大得多的东西。

网络就是控制系统。

参考文献

1. PSOSystem, *Industry Proven Real-Time Operating System, Technical Overview*. Integrated Systems Corporation.
2. *Spyglass Microserver-Concepts and Application*. Spyglass Corporation.
3. *Tornado for Embedded Internet*. WindRiver Systems.
4. Quinnell, Richard A. *Web Server in Embedded Systems Enhance User Interaction*. EDN, 10 April 1997.
5. Shear, David. *Putting an Embedded Systems on the Internet*. EDN, 12 September 1997, pp. 37-46.
6. Mittag, Larry. *RTOS Buyer's Guide*. Communication Systems Design, September 1997, pp. 56-63.
7. Howard, Michael, and Chris Sontag. *Managing Devices with the Web*. Byte, September 1997, pp. 45-46.
8. *LONWORKS Technology Device Data*. Revision 3. Motorola Corporation.
9. Blomseth, Rich, et al. *The LONWORKS Networks Services (LNS) Architecture Technical Overview*. Document number 005-0048-01C. Echelon Corporation.
10. *Echelon LONWORKS Products*. Echelon Corporation.

©1998 埃施朗公司。Echelon、LON、LONWORKS、LonTalk、Neuron 和 Echelon 公司的徽标是埃施朗公司在美国和其它国家注册的商标。其它牌子和产品名称是它们各自的拥有者的商标或注册商标。