一 DCS的过去、现在和未来  
　　  
　　1. DCS的历史沿革  
　　国外从1970年开始研制DCS，到1975年前后各家公司的分布式综合控制系统(DCS)不断出现。美国以Honeywell公司的TDC-2000为代表，日本以横河电机的CENTUM为代表，揭开了DCS时代的序幕。当时的DCS已经具有如下优点:  
　　  
　　(1)可靠性提高。在系统的组成部分出现故障时，系统仍能维持工作(可能会降低某些性能)。  
　　  
　　(2)设备、通信、配线费用低廉。在当时，购买多台微型计算机的费用远低于一台中小型计算机，在DCS中数据、资源的共享本身就意味着系统成本的降低。  
　　  
　　(3)系统的性能提高。DCS使较集中的计算机控制系统能达到较高的性能。  
　　  
　　(4)系统的模块化。模块化使得DCS实施起来简便，在当时也减少了软件的复杂性。  
　　  
　　(5)设计、开发、维护简便。  
　　  
　　由于DCS有上述突出优点，使其在国际上受到普遍的重视。1975年，国际自控联(IFAC)第六届世界会议提出了计算机分布控制系统的概念，并于1979年起每年召开一次IFAC组织的DCS会议，交流经验，讨论问题，对DCS的发展起了很大的推动作用。  
　　  
　　2. 当代先进DCS的特点  
　　  
　　为方便阐述，本文以和利时公司的SmartPro为例进行讨论。  
　　  
　　a. 现场总线  
　　  
　　SmartPro具有灵活的产品形态，整个控制系统完全基于现场总线技术，全面支持Profibus-DP，兼容FF和CAN总线，可以灵活地接入各种现场总线仪表，如传感器、控制阀和其他执行器，为管理者提供可预见性的维护信息。  
　　  
　　工业过程控制的发展趋势是系统的开放性和设备的互操作性。传统的专有DCS是昂贵的，其维护、升级和扩张的成本高昂。用户日益需要开放的应用系统，以便易于维护并可由其他公司提供系统的替换产品。

　　附图中展示了DCS的演变， 现场总线已经使DCS的产品形态部分地发生了变化，PID功能已经下放到最底层的现场智能装置中。  
　　  
　　b. 开放的标准OPC  
　　  
　　OPC基于微软的OLE(现在称为ActiveX)、COM(组件对象模型)和DCOM(分布式组件对象模型)技术，它由一系列用于过程控制和制造业自动化应用领域的标准接口、属性以及方法组成。ActiveX/COM技术定义了工业软件组件如何才能交互作用和共享数据。由于得到了微软的NT技术的支持，OPC为多种多样的过程控制设备提供了一个公共的接口，而与过程中的控制软件或设备无关。  
　　  
　　标准的目标是即插即用，这一概念由微软和许多公司在几年前提出。通过采用标准的方法自动地配置计算机硬件和软件接口，使一个设备能容易地与其他设备连接。OPC的目标是促使工业自动化供应商以标准形式开发全部的驱动器。  
　　  
　　SmartPro亦采用OPC，确保控制系统轻松集成各种现场设备，而不会有驱动程序的困扰。OPC能确保最大限度地集成现场数据，从而为ERP、SCM和CRM顺畅地提供数据和信息，支持企业的决策和管理。这种高度的数据共享，避免了自动化孤岛现象的产生。SmartPro既可以成为OPC Server，使工厂的各种信息系统能访问控制系统中的实时数据和历史数据；SmartPro也可以成为OPC Client，将各种提供OPC驱动程序的设备集成在SmartPro系统中。这样，任何支持OPC的设备和软件都将成为整个系统的一个部分。  
　　  
　　c. 支持Internet功能   
　　  
　　网络正在左右着我们的时代。随着网络泡沫的破碎，电子商务的真正价值日益显现。B-to-B、B-to-C，传统产业日益成为信息技术的受益者，价值链和规则在悄然改变。   
　　  
　　SmartPro把Internet和工厂的过程控制系统连接起来， 使人们随时随地能了解生产第一线正在发生的情况。  
　　  
　　SmartPro完全基于TCP/IP协议，如果重要的生产设备出了故障，设备的供应商可以通过SmartPro进行远程诊断，提供及时和专业的指导，帮助用户尽快解决问题，而所有人员只需使用浏览器软件。  
　　  
　　d. SmartPro的总体技术特征  
　　  
　　(1)网络操作系统Windows NT，标准Client/Server架构。  
　　  
　　(2)分布式数据库：在一个大规模系统中，用户可分布处理大量数据以减轻单机负荷。SmartPro服务器功能可分为5个任务: I/O服务器、监视和报警服务器、报表服务器、历史趋势服务器、时间服务器。  
　　  
　　(3)全面冗余：服务器软件采用动态容错技术，双服务器各自独立运行应用软件，通过可靠的手段保持双机的同步和数据互备。  
　　  
　　(a)网络冗余：100Mb/s高速冗余以太网；  
　　  
　　(b)控制器冗余；  
　　  
　　(c)I/O冗余；  
　　  
　　(d)I/O Server冗余；  
　　  
　　(e)操作站冗余。  
　　  
　　(4)控制站系统：  
　　  
　　(a)QNX实时多任务嵌入式操作系统。可运行于x86、Pentium，PowerPC、MIPS等硬件平台； 遵循POSIX 1003标准设计；真正多进程并行运算，支持多处理机；可定制系统内核， 内核小而精(最小可到几十KB)；完善的内存保护机制，管理内存空间大；支持TCP/IP协议，支持Internet远程访问和调试。  
　　  
　　(b)高性能的控制站配置。I/O现场控制站主控单元采用奔腾级CPU；Profibus-DP现场总线，通信速度最大可达12Mb/s；每一个I/O现场控制站均为双冗余主控单元。  
　　  
　　(5)现场I/O模件：  
　　  
　　(a)现场I/O模件均为带微处理器的智能模件；  
　　  
　　(b)模拟量输入/输出路路隔离；  
　　  
　　(c)所有现场I/O模件的生产均采用先进的表面贴装技术(SMT)；  
　　  
　　(d)双冗余的模拟量输入/输出、开关量输入/输出模件；  
　　  
　　(e)具备分布式远程I/O能力。  
　　  
　　3. 未来的DCS：趋势和探索   
　　  
　　a. DCS的4C理念   
　　  
　　4C是指Computer、Control、Communication、CRT人机界面。融合上述技术，于1975年诞生了DCS，当时就具有以下4个特点:  
　　  
　　(1)它的第一级控制功能采用以微处理机为基础的基本调节器来实现；  
　　  
　　(2)上层控制功能采用当时的小型计算机或中大型计算机来实现(现在普通PC的功能强于当时的中大型计算机)；  
　　  
　　(3)采用物理上分散的结构，因而都带有计算机的通信系统；  
　　  
　　(4)设有集中型操作员接口， 操作员通过它可以存取全部过程变量、控制变量，并可显示各种系统状态。  
　　  
　　基本调节器、通信网和操作员接口是DCS中的基本设备。对比26年前和今天的DCS，可认为4C理念并不过时，并将延续下去。  
　　  
　　b. 半导体、软件和通信技术大幅度提升DCS功能并降低价格   
　　  
　　以Intel公司为代表的半导体业，其技术发展速度用摩尔定律来表述，迄今为止， 摩尔定律的有效性顽强地经受住了考验。以微软公司为代表的软件业，与以Intel公司为代表的半导体业形成了良性互动。当微软制造出功能更强的软件后，Intel的集成电路需求量就会上升；而只有当Intel生产出更快的芯片， 微软的软件才更有价值。  
　　  
　　通信技术和Internet更是引发了深刻的变革。“世界本无距离”、“地球村”在信息时代已逐渐变为现实。预测未来，可靠的方法是在了解过去的同时把握现在。  
　　  
　　c. 工业以太网与嵌入式Internet  
　　  
　　由于市场惯性以及各大工业集团的强大营销能力，林林总总的产品仍将服务于世界市场。但有一类新的结构将肯定获得最快速的增长。这种新的硬件结构以传输速度超过100Mb/s的交换以太网为主干，用嵌入式技术开发的智能化现场器件作为以太网的节点。目前国外第一批这种设备已经面世。  
　　  
　　二 工业以太网  
　　  
　　1. 工业以太网的进步  
　　  
　　早期的以太网，多节点共享同一个传输媒体，称为共享以太网(Shared Ethernet)，节点间通信采用广播方式，易发生冲突。共享以太网用CSMA/CD技术来避免冲突，即发送方检测到冲突就暂停发送，随机延迟一段时间后再重新发送直到成功。由于延迟时间是随机的，不能事先知道，因而共享以太网的时间响应具有不确定性，不能用于强实时性场合。  
　　  
　　交换以太网(Switched Ethernet)的出现克服了这一缺点， 以太网的交换机(Switch)是数据链路层(ISO/OSI参考模型第二层)的多端口网桥，也可以说是智能分配器。交换机将其管理的网络以星型拓扑结构划分为许多物理上互相隔离而逻辑上互相联系的节点，每一节点单独与交换机建立物理连接，在通信的时候交换机会在发送端口与接受端口间建立一个独占的全双工通道，它具有以太网的全部带宽并避免冲突。  
　　  
　　交换以太网在获得确定性的同时， 传输速度也有极大的提高。千兆以太网已普及，10Gb/s的交换以太网正在开发。  
　　  
　　2. 以太网物理层的进展PowerEthernet  
　　  
　　以色列公司PowerDsine推出了6、12、24口的“Power-Over-LAN”Hubs，使用同一条数据传输线(标准五类线)来传输电力、语音和数据。终端设备只需一个RJ-45接头，不再需要分开的电源插座及数据传输接头。采用DC 48V供电，这遵循了最具覆盖率的公众电话网的规范：直接在电话线上供应DC 48V电能。PowerEthernet将电源从电信局端的不断电系统加入，能确保嵌入式Internet产品不会因供电失效而停止工作。  
　　  
　　3. 工业以太网应用层上互操作性的复杂和困难  
　　  
　　为了保证以太网上产品间的互可操作性，必须为所有报文创立统一的目标模型和公共应用层。单是创立一个控制协议是不够的，报文结构和数据的目标(例如温度和速度)必须表达在所有产品上，并为所有制造商统一使用。对于工业以太网的任何开放、互可操作性标准的执行，应当有一个世界范围的互操作性协会，此事操作起来相当困难。  
　　  
　　当以太网用于信息技术时，应用层含有HTTP(超级文本传输协议)、FTP (文件传输协议)、SMTP(简单电子邮件传送协议)和Telnet(远程登录)。这些基于TCP/IP的协议簇已经成为工业界事实上的网络标准，在不同厂商的不同网络系统互联方面起着关键作用。但当以太网用于工业控制时，体现在应用层的是实时通信、用于系统组态的对象以及工程模型的应用协议。例如ODVA组织的Ethernet/IP在应用层上定义了一系列“用户设备行规”，包括半导体、气动阀门、交流变频驱动器、位置控制以及其他设备行规；而施耐德的Modbus TCP/IP已成为半导体工业的标准EMIE54.9-2000。  
　　  
　　显然， 工业以太网应用层的复杂性远远高于用于信息技术的应用层。  
　　  
　　作为权宜之计，OPC基金会于2001年9月11日宣布，制订出与以太网进行数据交换(DX)的标准，且国际ControlNet、Fieldbus基金会、Open DeviceNet用户协会、国际Profibus组织都同意支持OPC数据交换标准。这可以算是最低水准的互操作，在实时控制中没有意义。  
　　  
　　三 管控一体化和价值网  
　　  
　　管控一体化的当前焦点是制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES)。MES是一种新型工业自动化层，它将业务信息的处理与工业过程自动化连接起来，是迈向综合全面自动化的关键。  
　　  
　　用户订单将通过呼叫中心、Internet等电子手段到达业务层，MES从所收到订单的少量用户需求信息中，自动产生控制层所需的大量信息，同时对生产过程进行总体优化。  
　　  
　　反过来，MES层根据从过程中捕获的大量信息，又提炼出少量关键信息，这些关键信息描述着生产过程的状态和产品的质量，综合反映着能否满足客户的需求。  
　　  
　　以满足客户的需求为核心的价值创造体系，经济学家称之为价值网，这种价值网具有5项特征:  
　　  
　　(1)以顾客为中心。只有顾客作出某项决定，才引发公司的采购、生产与交货。  
　　  
　　(2)系统化协调合作。每项活动都交付给最有能力执行的外部伙伴或内部专家。  
　　  
　　(3)高灵敏度。兵无常势，水无常形，快速适应各种变化，可以降低营运资金，缩短处理时间。  
　　  
　　(4)快速流动。订货至交运的时间缩短，可降低库存。  
　　  
　　(5)数字化。它是价值网的技术基础和实现手段，让顾客、生产者与供货商间的活动协调配合。  
　　  
　　价值网本质上是将了解顾客需求的前端和恰好按前端的承诺进行交货的至关重要的后端融为一体，是一种数字化的、合作的、敏捷的力量。价值网采用了统一的信息流设计方法，首先捕捉对于不同的顾客最重要的需求是什么，然后再回到物理生产和分销流程。  
　　  
　　在Internet时代，顾客日益获得准确描述他们自己需求的能力，例如选择板(Choice Board)。选择板是一种交互作用工具，它允许顾客在零部件和服务选项集内进行选择，并设计他们自己所需要的产品。  
　　  
　　需强调的是，价值网不是一种特定的组织结构，它需要的只是一种具有下列特征的文化：  
　　  
　　(1)具有远见的领导层，面对挑战得到其他人的认可；  
　　  
　　(2)具有创业精神的团队；  
　　  
　　(3)简单清晰的目标；  
　　  
　　(4)种种新的技能，用新的技能武装正确的人。  
　　  
　　描述“组织”的进化问题，常可类比到生命系统。生命系统的“组织”很大程度上并不是指它的组成部分(如组织和器官)，而是彼此之间的反馈关系所形成的系统。一个工厂、一架飞机、一个电影摄制组和一个活细胞之间看起来完全不同，但就每个系统内部的反馈连接以及物质和信息的动态流而言，都有相似之处。价值网关注的是动态过程、运动和流。