

第2版/5月 2013

INDUSTRIAL ETHERNET FACTS

系统比较

五大主流技术

第二版

PROFINET
POWERLINK
Ethernet/IP
EtherCAT
SERCOS III

系统如何运行

用户组织背景一览

投资可行性及性能
您需要知道的每件事

安全协议
基础知识学习





Christian Schlegel



Anton Meindl



Stefan Schönegger



Bhagath Singh Karunakaran



Huazhen Song



Stéphane Potier

前言

对局外人而言，工业以太网存在很多让他们混淆的问题-而且并非孤立，即使那些专家有时候也被各种风起云涌的竞争系统所困扰,尽管制造商们提供了很多信息，描述他们的技术性能和特定的功能，并希望给出易于理解的解释，然而，用户仍然将发现他们无法从这里获得比较全面信息以支持他们进行这个方面的投入。

我们也的确经常会遇到这方面的需求—寻求一个概要性的对于主流系统的评价：“在哪些方面存在差异？”，因此，我们觉得有必要出版一个专刊用来探讨这个话题，在创建这个话题时，我们试图去尽力保持客观与公正的角色，我们的综述聚焦于技术本身及其商业意义，也同时考虑了评估系统的战略要素—这主要是对那些考虑长期以太网设备投资安全性的决策者而言的。

在这个刊物中的观点来源于与多个领域中的开发者及决策制定者的交流与探讨而获得，我们必须使得每个观点与结论都是经过验证的，除了这些努力之外，我们希望这有助于您对它的认同，如果您对此有任何的评述和建议，请给我们发电子邮件或者电话，我们期望任何您对此概览的支持，并且我们欢迎任何有助于我们尽力客观公正的探讨。

本文档未经许可不得修改,但是我们鼓励在保持文档完整性前提下的传播,本文档的最新版本可在www.Ethernet-powerlink.cn上获得下载。

Christian Schlegel, CEO IXXAT – Germany

Anton Meindl, President EPSG – Germany

Stefan Schönegger, Business Unit Manager B&R – Austria

Bhagath Singh Karunakaran, CEO Kalycito – India

Huazhen Song, Marketing Manager POWERLINK Association – China

Stéphane Potier, Technology Marketing Manager EPSG – France

联系方式: Ethernet POWERLINK中国用户组织 +86-21-54644803

info.cn@Ethernet-powerlink.cn



系统综述 5个主要竞争者

第二版

介绍	4	评论系统的选择
系统如何运行	6	实现实时性的方法 PROFINET 通信 POWERLINK 通信 Ethernet/IP 通信 EtherCAT 通信 SERCOS III 通信
组织	12	用户组织和授权机制
投资可行性标准	16	兼容性/向下兼容性 · 电磁兼容性(EMC) · 电气连接点 接线/灵活拓扑 · 热插拔 · 高可用性 · 千兆网就绪 安全方案可用性 · 市场渗透
性能	18	理论达到的循环周期 · 通信架构 · 直线交叉通信 重载数据传输 · 安全通信的网络负载 · 实际循环时间 抖动 · 实际性能较量
实现	22	主站实现 · 网络组件成本 · 从站实现 节点连接成本 · 运行成本
安全功能	26	网络集成而非硬接线
黑色通道机制	28	安全现场网络 · 通过标准总线或网络传输安全数据
安全系统如何运行	29	CIP Safety · PROFIsafe · openSAFETY · FSoE 认证 · 技术 · 设备实现 · 集成 · 性能 · CRC



系统的选择理由

这五个是基于技术、实时性、标准化状态及市场方面的战略考量，例如：是否一个用户组织在持续的进行着协议的开发？是否协议遵循IEC标准，且系统是否满足硬实时的需求？

实时性

IEEE802.3以太网中存在的用于解决数据碰撞的机制带来了数据传输的延迟，为了达到实时性，工业以太网协议采用了不同的特定方法去避免这种碰撞，对于硬实时，信号传输时间必须精确的按照时间帧来进行，或者他们可以触发一个错误机制，当一个循环时间达到数百个毫秒的系统应用对于软实时是足够的，例如温度调节，而对于数字控制或运动控制应用经常需要其循环周期小于1mS。

1 为更深入的了解系统概览，请浏览www.pdv.reutlingen-university.de/rte/由
Dr. Jürgen——林根大学过程数据处理实验室主任编撰的论文。



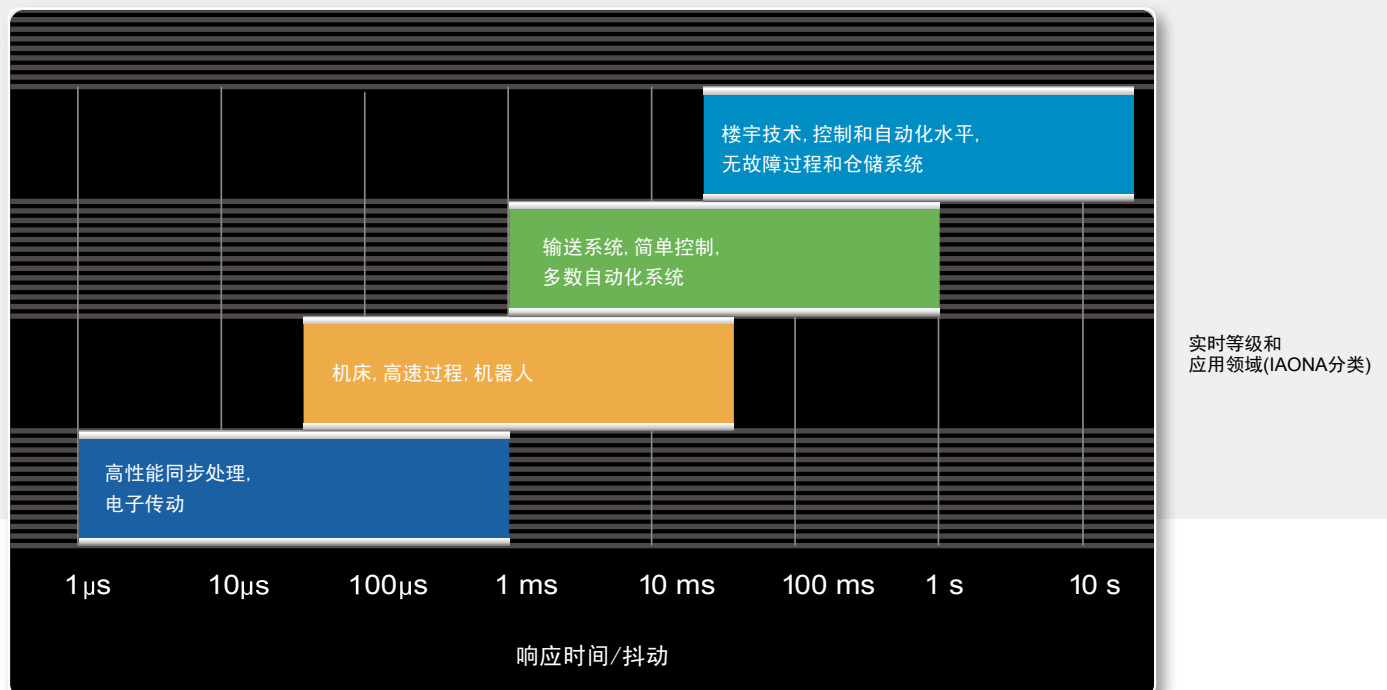
系统综述 5个主要竞争者

第二版

市场渗透

选择何种工业以太网系统进行比较的另一个关键方面是其市场占有率情况：IMS和ARC调研表明大约四分之三的工业以太网使用Ethernet/IP，PROFINET，或Modbus/TCP。其次为POWERLINK和EtherCAT—这两个系统特别适合硬实时性要求。

以下描述中不考虑Modbus/TCP，因为用户组织ODVA已经表明它将被集成到Ethernet/IP网络中。对于SERCOSIII，尽管它的市场份额较小，但是，它在高速运动控制领域扮演着非常重要的角色。





系统如何工作

实时实现的各种方法：

为实现实时以太网有以下三种不同的方法：

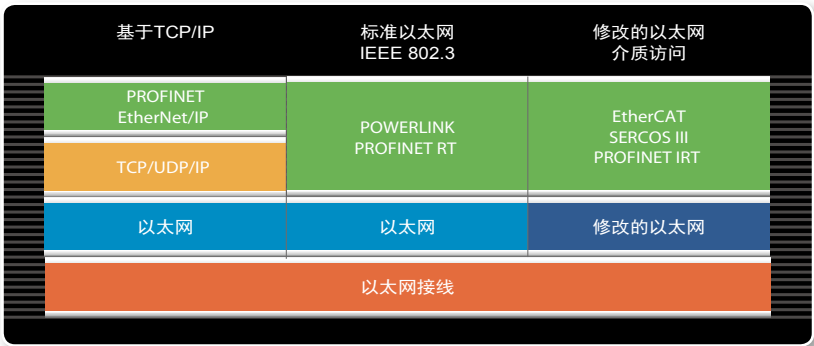
- 1. 基于TCP/IP：协议基于标准TCP/IP层级并在其顶层数实时机制。这种方案通常有性能范围限制。
- 2. 标准以太网：协议在标准以太网的顶部实现。这些方案得益于以太网而无需更多投资。
- 3. 修改以太网：标准的以太网层、以太网机制和基础结构被修改。这些方案把性能放在标准兼容性之前考虑。

这一版中不同工业以太网系统比较的关键不同在于他们如何组织数据传输，并且他们如何管理以达到实时性能？EtherCAT和SERCOSIII通信采用集束帧方法：在每个周

期所有网络节点的数据是通过一个报文逐一通过环形拓扑方式在网络中传输，也同时采集节点响应数据。相反的独立帧通过发送独立报文到每个节点，同时，也独立地进行响应。

各系统使用三种不同的方法来实现实时性：

- 一个主站控制网络上的时隙，在POWERLINK环境，主站授权每个节点独立发送数据，在EtherCAT和SERCOSIII网络，集束帧报文的传输跟随主站的时钟。
- PROFINET IRT使用同步开关控制通过程序。
- Ethernet/IP通过采用CIP Sync同步分发IEEE 1588兼容的时钟信息给整个网络。



实时以太网
实现方法



PROFINET通信

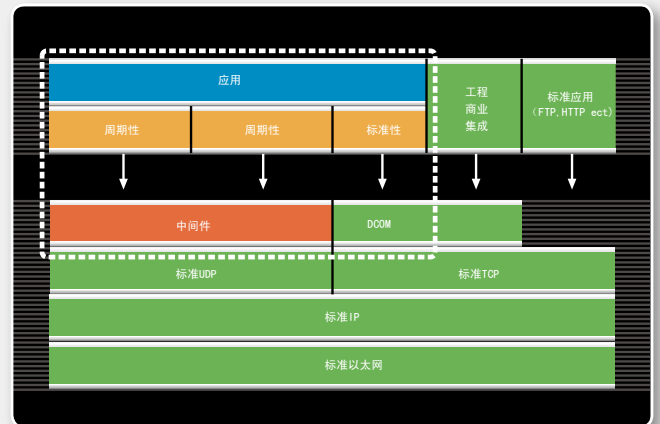
PROFINET(“过程现场网络”)按照对于确定性的需求而划分为三种不同的等级实现:

PROFINET RT用于软实时或没有实时性要求的应用,而PROFINET IRT则是针对硬实时需求的应用。该技术由SIEMENS和PROFIBUS用户组织PNO的成员公司共同开发,它是基于以太网的PROFIBUS DP的成功应用,PROFINET I/O指定所有I/O 控制器之间的数据传输以及参数化,诊断,和网络的布局。

它如何工作?

为了覆盖不同的性能等级,PROFINET使得各协议和服务可自由采用生产者/消费者原则。高优先级的有效载荷数据通过以太网协议并以以太网帧VLAN的优先次序直接发送,而诊断和配置数据发送使用UDP/IP,这使系统实现循环周期时间约10毫秒的I/O应用。

对于时钟同步周期时间要求低于毫秒如运动控制应用,则提供PROFINET IRT,它实现了一个分时复用的硬件同步开关—所谓的动态帧包装(DFP),以在将来为用户提供一个新的PROFINET变化的设计。它优化了循环时间以使用集束帧原理来实现特定网络设备。

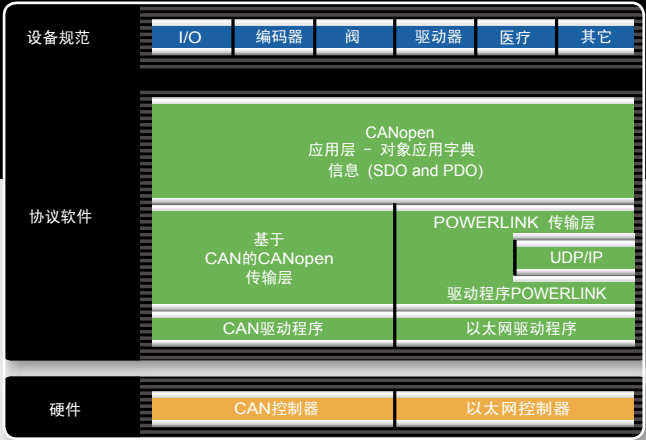


POWERLINK 通信

POWERLINK最初由B&R开发并于2001年使用，Ethernet Powerlink标准化组(EPSC)是一个独立的用户组织并且遵循民主章程，自2003年以来，负责该技术的进一步发展。POWERLINK是一个完全免专利费的技术，独立于供应商，采用纯软件方式的协议，却可达到硬实时的性能。在2008年，EPSC提供了该技术的开源版本。POWERLINK集成了完整的CANopen机制，并充分满足IEEE802.3以太网标准，即该协议提供了所有标准的以太网功能特点包括交叉通信和热插拔，允许网络以任意方式进行拓扑。

它如何工作？

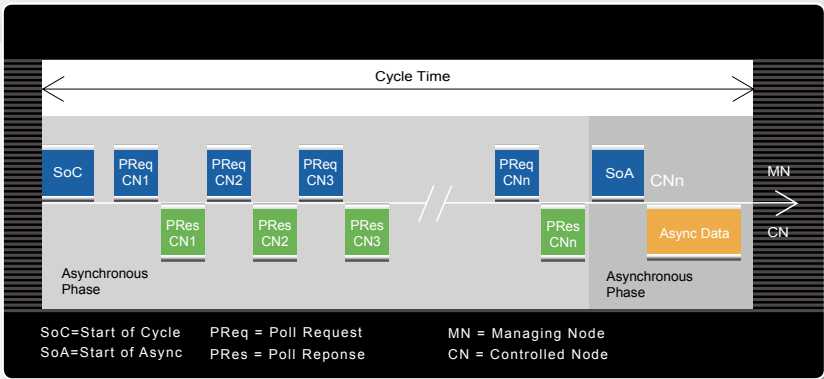
POWERLINK使用时隙和轮询混合方式来实现数据的同步传输。为了进行协调，网络中指定PLC或工业PC作为管理节点(MN)。该管理节点运行周期性时隙的调度并据此来同步所有网络设备，并控制周期性数据通信。所有其他设备运行受控节点(CN)。在每个同步周期阶段，MN以固定的时间序列逐次向CN发送“轮询请求帧PReq”。每个CN以PRes方式立即响应这个请求并传输数据，所有其他节点可以侦听这个响应。一个POWERLINK的周期包括三个部分。在开始阶段，MN发送了循环启动SoC帧给网络中的所有节点，以同步网络中的所有设备。抖动大约20纳秒。



多种共享特性：CANopen和POWERLINK OSI模型

周期性同步数据交换发生在第二个阶段，多路复用技术在这个阶段中使用以优化网络带宽。第三个阶段的标志是异步启动信号SoA，用于传输大容量，非时间苛刻的数据包。例如：用户数据或TCP/IP帧，均可在异步阶段进行传输。

POWERLINK分为实时和非实时域。在异步阶段的数据传输支持标准的IP帧，通过路由器将实时域和非实时域数据隔离以确保数据安全。 POWERLINK非常适合各种自动化应用，包括I/O，运动控制，机器人任务，PLC与PLC间的通信，以及显示任务。





系统综述

5个主要竞争者

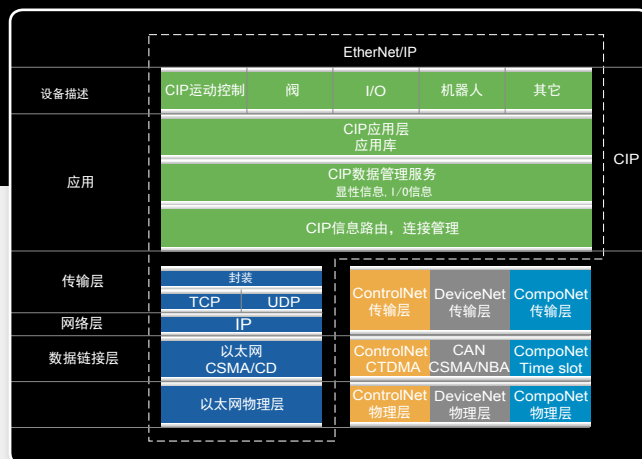
第二版

Ethernet/IP通信

2000年初始发布，Ethernet/IP是一个开放的工业标准,它由艾伦—布拉德利(罗克韦尔自动化)和ODVA的开发(开放Device-Net供应商协会)。“工业以太网协议”本质上是一个CIP(通用工业协议)——已经被使用的ControlNet和的DeviceNet上的以太网的数据传输协议。Ethernet/IP通常是在美国市场上得到非常好的应用，主要是使用罗克韦尔控制系统。

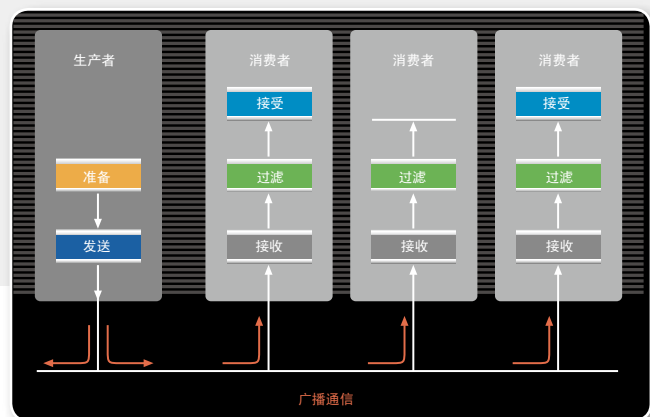
它如何工作?

Ethernet/IP在标准以太网硬件上运行，并同时使用TCP/IP和UDP/IP进行数据传输。由于CIP协议支持生产者/消费者模式，Ethernet/IP采用不同的通信机制来处理，例如周期性轮询，时间或事件触发，多波或简单的点对点连接，CIP应用协议分为“隐性的”I/O信息和“显性的”用于配置和数据采集的请求/应答报文。当显性信息嵌入到TCP帧，实时应用数据通过UDP发送，因为后者格式更紧凑且开销小。形成一个中心星型网络拓扑结构，交换机通过点对点挂钩连接方式防止数据碰撞。Ethernet/IP网络通常实现10mS左右的软实时



Ethernet/IP 层模型

性能，而CIP Sync和CIP Motion及精确的节点同步则通过在IEEE1588标准定义的分布式时钟方法可以达到极低的循环周期和抖动，使得它能够用于伺服电机的控制与驱动。



EtherCAT 通信

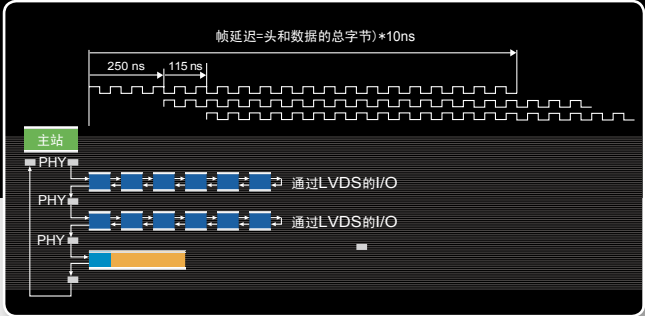
EtherCAT(以太网控制自动化技术)Beckhoff自动化。这项技术的所有用户自动成为EtherCAT技术协会(ETG)的成员

它如何工作?

EtherCAT是基于集束帧方法：EtherCAT主站发送包含网络所有从站数据的数据包，这个帧按照顺序通过网络上的所有节点，当它到达最后一个帧，帧将被再次返回。当它在一个方向上通过时节点处理帧中的数据。每个节点读出数据并将响应数据插入到帧。为了支持100Mbit/s的波特率，必须使用专用的ASIC或基于FPGA的硬件来高速处理数据。因此，EtherCAT网络拓扑总是构成一个逻辑环。即使从主干上分支出的节点也必须以这种方式进行连接，实际上只是通过增加一个双向连接点来进行集束帧在分支线路上的前后方向输送。

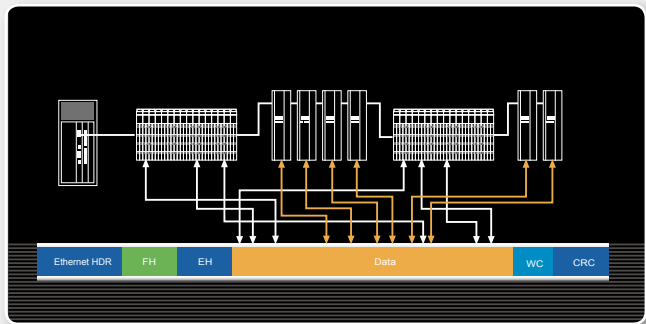
EtherCAT帧结构

所有的给每个节点的指令都被包含在一个EtherCAT数据报文的有效载荷区。每个EtherCAT帧由一个头和几个EtherCAT的命令构成。每个命令包括它自己的头，给节点的指令数据，及一个工作计数器。高达64KB的可配置地址空间来配置从站。寻址处理通过自动递增方式：每个从站可以处理16位地址域，从站也可以在网络初始阶段进行指派方式来实现分布式的站点寻址。



EtherCAT过程同步

每个从站连接由主站提供的一个类似于IEEE1588的实时时钟技术进行同步。从站设备可以是实时也可以是非实时机制，这更多取决于硬件。基于实时时钟，控制信号可以高精度同步。在物理层，EtherCAT协议不仅在以太网上运行，也可以采用LVDS(低压差分信号传输)。这个标准被Beckhoff使用在其端子技术上，典型的是采用带有标准以太网接口的PC作为一个EtherCAT主站。相较于POWERLINK或PROFINET等协议，EtherCAT仅贯穿OSI 7层模型中的1-3层，因此，为了实现与其它系统相同的应用功能，必须加载额外的协议层(CoE, EoE)。



EtherCAT运行原理



系统综述

5个主要竞争者

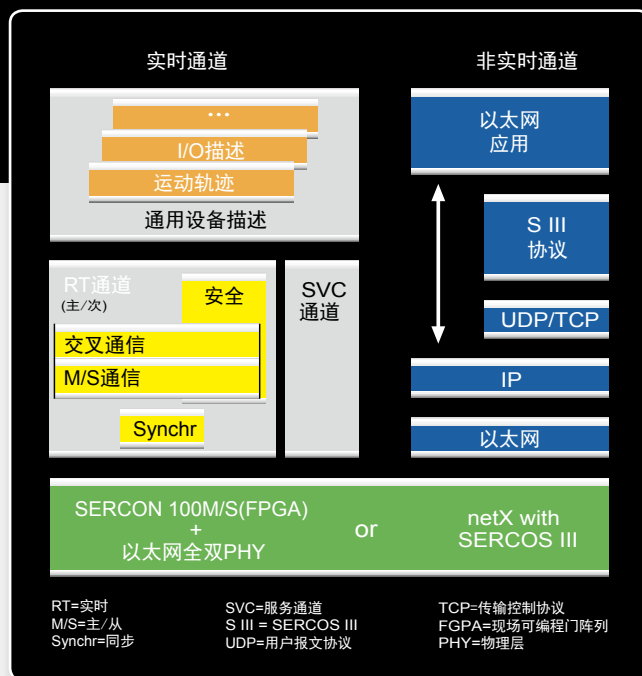
第二版

SERCOSIII通信

这是一个免费提供的面向数字驱动接口的实时通信标准，SERCOSIII不仅有特定的物理层连接的硬件架构，同时SERCOS接口的协议结构 and 应用规范的定义也是特定的。SERCOSIII是SERCOS的第三代，SERCOS是1985年被推向市场，是一个标准的遵循IEEE802.3的数据传输协议，这个通信系统最初使用在基于运动控制的自动化系统，一个已注册的协会—SERCOS国际协会，支持这项技术的发展并保持标准的一致性。

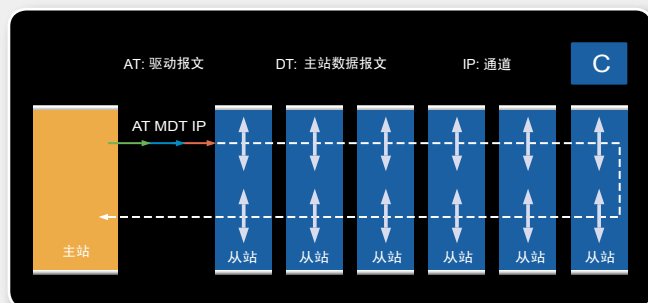
它如何工作？

SERCOSIII在主机和从站均采用特定的硬件，这些SERCOSIII硬件减轻了主CPU的通信任务，并确保了快速的实时数据处理和基于硬件的同步，从站需要特殊的硬件，而主机可以基于软件方案，SERCOS用户组织提供SERCOSIII的IP Core给基于FPGA的SERCOSIII硬件开发者，SERCOSIII采用集束帧方式来传输，网络节点必须采用菊花链或封闭的环形拓扑，由于以太网具有全双工能力，菊花链实际上已经构成一个独立的环。因此对于一个环形拓扑实际上相当于提供一个双环，使得它允许冗余数据传输，直接交叉通信能力是由每个节点上的两个端口来实现，在菊花链和环形网络，实时报文在他们向前和向后时经过每个节点，因此，节点具有在每个通信周期中互相通信两次而无需通过主机站的能力，无需经过主机站对数据进行路由。



用于SERCOS技术的专用主从的通信控制器称为SERCON。

除了实时通道，它也使用时间槽方式进行无碰撞的数据传输，SERCOSIII也提供可选的非实时通道来传递异步数据。节点通过硬件层进行同步，在通信循环的第一个报文初期，主站同步报文MST被嵌入到第一个报文来达到这个目的，确保在100ns以下的高精度时钟同步偏移，基于硬件的过程补偿了运行延迟和以太网硬件造成的偏差，不同的网段使用不同的循环时钟仍然可实现所有的同步运行。



用户组织

用户独立是总体评价一个系统的另一个关键因素，任何与品牌权益或专利相关的悬而未决的问题可能会限制用户自己的开发，这是决定是否使用系统的一个关键考量因素。今后会引发的法律问题应予以预先规避—这需要深入了解始创者与用户组织的不同解决方案。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
组织	PNO	EPSCG	ODVA	ETG	SERCOS International
www.	profibus.com	Ethernet- powerlink.org	odva.org	ethercat.org	sercos.org

PROFINET用户组织PNO，拼写为PROFIBUS Nutzerorganisation e. V.运行一个机构来管理合作项目并向成员传递信息及其它感兴趣的内容。PROFIBUS和PROFINET产品认证中心隶属于该机构，并于1996年4月24日通过章程一其权利和义务，且开放给所有成员公司、协会和机构、那些对于PNO感兴趣的设备供应商、用户、系统解决方案供应商或PROFIBUS及PROFINET网络运营商。

www.profibus.com

POWERLINK - EPSG

Ethernet POWERLINK标准化组(EPSCG)成立于2003年。作为一个独立的组织，是由在驱动器和自动化领域的各个厂商共同发起建立的。该组织的目标是将由B&R在2001年推出的这项技术进行标准化和持续的开发。EPSCG也与标准化组织如CiA及IEC等合作。EPSCG是一个按照瑞士民法注册的协会组织。

www.ethernet-powerlink.org

Ethernet/IP网络 - ODVA

ODVA是所有DeviceNet和Ethernet/IP的用户联盟。该组织参与这一总线的持续发展和进一步的推广。主要用于在美国和亚洲，也包括欧洲。该组织活动的主旨是开发和推广CIP及其它基于此的协议。每个用户不仅可以应用这项技术，也可以受邀加入对其持续发展作出贡献的特别兴趣小组(SIG)。ODVA还积极参加其他标准化机构和行业协会。该组织的章程相对复杂。

www.odva.org



系统综述 5个主要竞争者

第二版



EtherCAT技术 - ETG

EtherCAT技术协会是由用户、OEM厂商以及其它自动化组件供应商共同建立的一个组织。该组织的目的是提供支持和将EtherCAT作为一个开放技术对其收益进行宣传。所有的合作协议必须与Beckhoff自动化直接签署。EtherCAT技术协会位于德国纽伦堡，是一个“非注册协会”它是一个没有按照德国民法典注册的机构。

www.ethercat.org

SERCOS III – SERCOS International e.V.

是一个在德国美因河畔法兰克福联邦注册的协会，这个协会的成员是由制造商和控制、驱动系统的用户，以及其它自动化组件厂商、研究机构和其它协会共同成立的。在北美及亚洲有分支机构，总部设在斯图加特大学并且有一个认证实验室。

www.sercos.org



状态、权利和授权

不同的用户组织哪些是合法的？谁拥有这项技术？何种法律关系依赖于绑定开发者使用特定技术的授权机制，以下几页提供了一个就此问题的概览。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
组织类型	协会 +	协会 +	协会 +	非注册俱乐部 O	协会 +
责任	PNO +	EPSP +	ODVA +	成员 O	SERCOS +

EtherCAT技术组织：非注册的俱乐部-这意味着它不是一个合法实体，它是一种协会和私人伙伴间的有效混合体，对于这种组织其法律责任关系并不清楚。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
权益持有者	成员 +	成员 +	成员 +	Beckhoff O	成员 +
品牌持有者	PNO +	EPSP +	ODVA +	Beckhoff O	SERCOS +

在大多数情况下，对一项技术的权益在于组织对它的责任，对于一个共同拥有者，成员有资格使用它，如果其它人或公司拥有一项技术的权益,那么合法使用该技术的前景将不清楚。



系统综述 5个主要竞争者

第二版

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
出资义务	成员会费 ○	成员会费 ○	成员会费 ○	无成员会费 +	成员会费 ○

在ETG组织里，成员资格是免费的，而在其它组织，成员需要支付费用，年费通常根据合作成员的规模而变化，POWERLINK和SERCOS用户组织也允许非成员来开发产品并投放市场。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
主站及从站规范	PNO +	EPG +	ODVA +	Beckhoff ○	SERCOS ○

由于SERCOSIII和EtherCAT的通信机制是特殊的，其从站的内在工作机制并未开放，用户必须采用ASIC芯片或FPGA，FPGA的VHDL代码可以从Beckhoff采购，但并不包括源代码。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
主站免费代码	-	+	-	○	+
从站免费代码	-	+	+	-	○

PROFINET: PROFIBUS用户组织(PNO)提供PROFINET实现的原始文档(PROFINET运行软件)给其成员。根据授权协议的第1.5项，PNO成员有权使用5项专利。

POWERLINK: POWERLINK的主站和从站提供BSD开源代码授权，包括openSAFETY均可在Sourceforge.net上获得。

Ethernet/IP: 协议堆栈可从不同的服务商处购买，一个开放源代码的变种由一所大学完成开发。

EtherCAT: 从站的实现必须购买ASIC芯片，另外基于FPGA实现的VHDL代码是必须购买的，ETG提供源代码样例给主站侧，由于其专利持有人不愿意采用代码开源机制，因此它不能开源*。

SERCOS III: SERCOS软主站提供一个LGPL免费授权，从站的ASIC和FPGA代码必须购买

*来源:开源自动化开发实验室(www.osadl.org)



投资可行性分析

就系统评估而言，开放性是长期投资可行性的关键，此外，技术和战略考量也在确保一个长期投资的安全性决策方面扮演关键角色。

与现存应用规范兼容性

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
向下兼容性	PROFIBUS	CANopen	DeviceNet	CANopen	SERCOS II
	+	+	+	+	+

EMC易感性/传输可靠性

集束帧相较于独立帧更易受电磁干扰。如果一个帧被破坏，集束帧将丢失整个数据帧。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
EMC易感性	+	+	+	○	○

由于采用两个报文，SERCOSIII相较于EtherCAT在这个项的比较中有50%以上的优势。

电气连接点

一个特殊的EtherCAT特性使得所有通信同时通过内部I/O端子总线进行路由，然而，由于增加了更多的干扰而造成安全风险抵消了其优越的性能。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
电气连接点	+	+	+	○	+

灵活的线路拓扑

EtherCAT和SERCOS网络通常以逻辑环方式组织，这个环可以在主站那里实现物理的闭合，或者在菊花链方式下在最后一个节点处实现物理线路的闭合。EtherCAT提供通过特定结合点的枝路连接，但是，整个帧的行程上下与返回仍然是按照这种逻辑环进行。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
树形拓扑	+	+	+	○	○
星形拓扑	+	+	+	○	○
环形拓扑	+	+	+	+	+
菊花链拓扑	+	+	+	+	+

高可用性

仅POWERLINK在其规范中包含有主站和线路冗余，并在实际项目中实现，对于PROFINET和Ethernet/IP而言，基于特定的交换方式下的应用实现也是可行的。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
环形冗余	○	+	○	+	+
主站和电缆冗余	○	+	○	-	-



系统综述 5个主要竞争者

第二版

热插拔

POWERLINK, Ethernet/IP 和 PROFINET 提供了用户热插拔能力, 而对于 SERCOS III 和 EtherCAT 由于其必须采用环形拓扑结构而受到了一些限制, SERCOS III 允许将一个节点踢出网络, 在这种情况下, 相邻的两个节点接近 TX 和 RX 线路, 节点可以通过主站到达另一个。EtherCAT 不支持热插拔能力。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
热插拔	+	+	+	-	○

对于基于逻辑环技术(EtherCAT和SERCOS)而言, 网络拓扑架构限制了热插拔能力, 可热插拔模块可以被连接到菊花链末端(SERCO-SIII)并且在节点失效后分布式时钟需要重新同步, 这可能会对应用带来一些限制。

千兆网络就绪

由于 Ethernet/IP 和 POWERLINK 是专门的基于软件的技术, 这些协议可以被千兆以太网硬件所采用, 与此相反, EtherCAT 需要 ASIC, PROFINET IRT 也需要一些重新设计的硬件—包括特殊的交换机, FPGA 方案也可以被用于千兆以太网。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
千兆网就绪	+	+	+	-	○

SERCOS 国际声明他们的 IP 核已经可以基于千兆网络了。

国际标准的支持

IEC 61158 国际标准化协议(称为“类型”)用于工业控制方法。IEC 61784-2 标准化通信规范族(称为“CPF”)。GB 标准是中国国家标准由国家标准化管理委员会编制并发布。GB/Z 是国家指导性文件。这代表作为信息参考而不作为强加的。通信技术的最高级为 GB/T—国家推荐性标准, 它必须满足: 完全开放的技术、全球广泛使用的技术、不受制于任何国家和公司。

标准	PROFINET	POWER-LINK	EtherNet/IP	EtherCAT	SERCOS III
IEC 61158	Type 10	Type 13	Type 2	Type 12	Type 19
IEC 61784-2	CPF 3	CPF 13	CPF 2	CPF 12	CPF 16
GB 中国国家标准	GB/Z 25105-2010	GB/T 27960-2011	GB/Z 26157-2010		

市场上的产品

基于 ERTEC 公司的 IRT 产品已经在市场上可用, 然而, DFP 性能的介绍及新一代的 ASIC 用于与之连接的节点尚未与现在的 IRT 方案兼容(由 Phoenix 提供的触发芯片)。

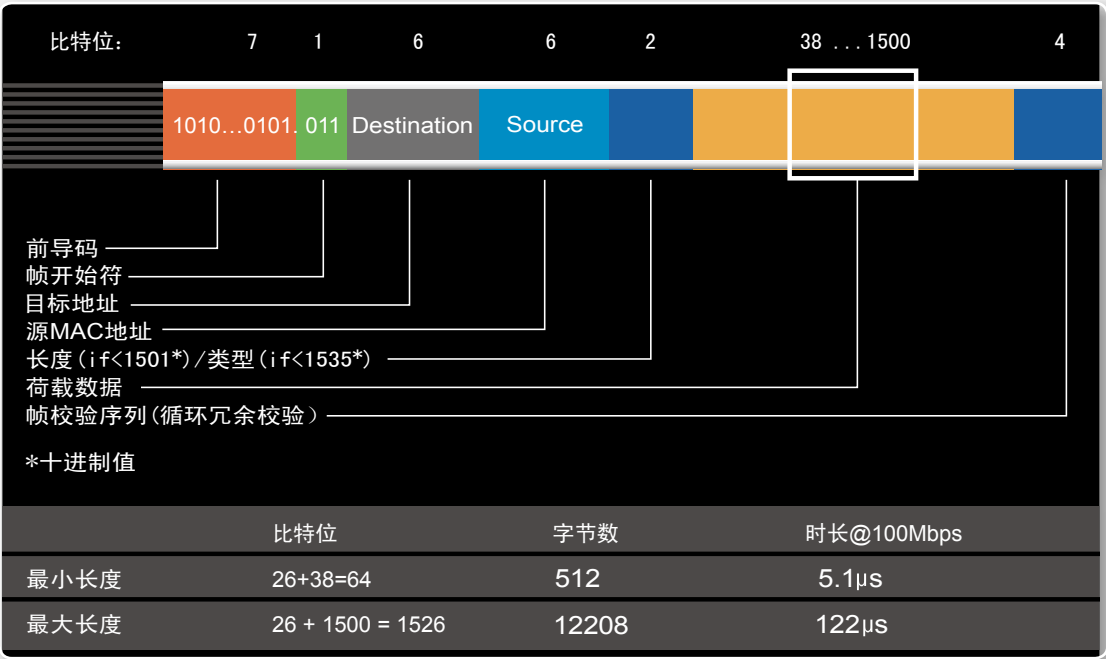
标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
市场上产品	+	+	+	+	+



性能

理论达到的循环周期

系统的性能成为激烈辩论的核心，这个问题聚焦于工业以太网系统的理论循环周期上，关于理论的最短循环周期的计算如下：



来源：帧的封装按照IEEE802.3定义，帧间间隔.96μs必须添加到上面提到的5.1μs上。



系统综述 5个主要竞争者

第二版

如果一个主站发送一个数据帧给它自己而不经任何节点，这个帧再次回到主站是在122微秒后(在单个数据帧以最大以太网数据量下)

在理论上，它有可能在数据其它帧其它部分到达时就处理，然而用于校验数据准确性的CRC必须在所有数据接收到后进行确认，这个局面下不考虑其它因素如PHY造成的延迟，线路和以太网口的延迟，用于内部到主站的数据传输等，然而，一旦信号离开主站，在网络线路上的路程和从站内处理必须考虑在内

无论选择集中或分布式架构，系统的前瞻性即可能的未来需求必须被认真考虑。分布式的优势之一：允许在不同控制环增加节点而不会影响基本的循环时间。例如，基础性的改变不必为全局概念而改变。此外，附加的功能如环境监测及集成安全技术将比集中式在控制环产生更少的影响—这些均是依赖小数据容量的。

为了选择一个方案能够去响应变化的未来，如果可能，对于一个分布式控制循环处理而言，低于500uS循环周期，尤其是在驱动应用。

系统的通信架构

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
支持集中控制	+	+	+	+	+
支持分布式控制	+	+	+	-	0

直接交叉通信

直接交叉通信为那些时间非常苛刻要求的应用提供了一个关键的收益—例如高速驱动控制-轴可以被高速同步的同时保持极高精度。由于所有的位置值可以直接的分配而无需通过主站，这带来更低的网络负载以及确保对于相关连的轴而言数据是在当前周期可以使用的(例如轴的实际相位值)，如果数据必须先行经过主站-这不仅延迟了一个周期，而且网络上的数据负载量也同时大幅增加。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
直接交叉通信	+	+	+	-	+

对于POWERLINK和SERCOSIII，直接交叉通信是一个即使对于从站模块也有效的功能，Ethernet/IP则需要通过一个带有扫描器功能的模块实现。



重载数据传输

涉及大容量数据处理的应用中，数据传输将影响整个循环的时间耗费。支持优先级机制的系统允许高优先级数据在每个周期里进行传输，而对于低优先级数据则仅仅隔n个周期进行扫描。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
优先级	+	+	+	○	+

POWERLINK, Ethernet/IP和PROFINET，由协议的规范定义了不同的循环周期,而SERCOSIII只是最近才加入这个特性，对于EtherCAT而言，在特殊的应用方案下才可以这样。

安全通信的网络负载

基于以太网的安全是通过对安全节点(急停，安全驱动控制器)间受到保护数据的周期性交换来实现的-这个安全过程包含将数据进行复制和封装到一个安全容器中，这增加了网络上的数据量。采用集束帧的方案将看到帧便计数，而独立帧方式将通过增加每个帧的数据容量-这原本就要增加并被发送的。总之，集束帧在理论上的高性能就可以不予考虑。

实际循环时间

在解决方案中使用集束帧时，数据必须通过每个控制器2次，如果信号要经过许多节点，总传输时间将大幅上升，由组织引用的原始性能数据必须被调查来消除这种效果。另一个要考虑的是性能取决于实现特性，例如，在实际控制系统中运行的应用程序的任务等级。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
性能	○	+	○	+	+

抖动

确保最小的抖动和极高精度的信号确定性延迟是控制质量的关键要素(时钟偏差)。网络节点必须尽可能的同步。各种竞争的网络通过不同的机制来达到这一目标，EtherCAT在ESC (EtherCAT从站控制器)上使用了特殊算法设计分布式时钟规则，而对于POWERLINK则是通过一个简单的同步信号(SoC)来达成。

标准	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
抖动	○	+	○	+	+

EtherCAT、POWERLINK和SERCOSIII提供用户几乎无抖动(<100nS)的系统。而在Ethernet/IP网络，抖动可以通过在所有组件中使用特殊的IEEE1588扩展大幅度降低，对于PROFINET IRT也可以大幅度降低抖动。



系统综述 5个主要竞争者

第二版



实际性能较量

实际上,比较系统性能是件困难的事情, 因为不同系统的特定性能存在差异, Ethernet/IP和PROFINET RT从开始就被排除在外, 因为, 这些系统仅为软实时需求而设计, PROFINET IRT由于采用了不同的交换机, 这导致了应用架构的复杂性, 直接的比较与测量显然不适合, 下面的值是建立在公开的计算机机制上的:

测试场景如下:

- 1.小型机器-一个主站和33个I/O模块(64模拟量和136数字量通道)
- 2.I/O系统, 一个主站,12个Ethernet从站带有33个模块(2000个数字量和500个模拟量通道)
- 3.运动控制系统, 带有24个伺服轴和1个I/O站, 110数字量和30个模拟量。

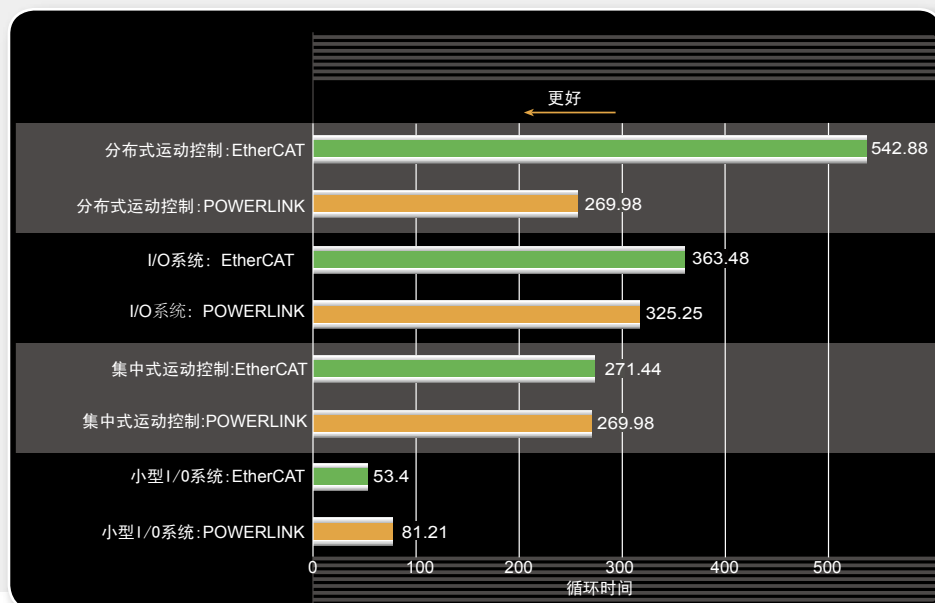
实际上, POWERLINK在大部分应用中是较之EtherCAT更快的, EtherCAT仅仅是为小网络负载容量而优化的, 对于重负载系统而言, EtherCAT环境下有着极不相称的循环周期, 如果用于实现一个分布式架构(例如分布式运动控制), Ether

CAT由于缺乏直接交叉通信而导致巨大的性能降低。一个直接的EtherCAT I/O集成将导致非常低的采样率(I/O系统), 由于时间信号必须经过每个I/O从而直接的影响了整个循环周期。

Prytz(2008)发布的方法可用于测试EtherCAT的参考, 信号通过EtherCAT ASIC的信号延迟也被再次验证。

对于POWERLINK, 其实际应用产品设置并进行实际测试——这使得它引用的测试数据毋庸置疑。

没有测试数据用于SERCOSIII, 然而, SERCOSIII可以预期与POWERLINK提供相同等级的实时性, 事实上, 在很多领域SERCOSIII同样较之EtherCAT更快的系统速度。



1 G. Prytz, EFTA2008会议, 一个EtherCAT和PROFINET IRT的分析。引用于EtherCAT技术组织网站www.ethercat.org。
最后访问时间2011年9月14日



实现

实现成本包括开发费用、License费用和硬件费用，代码可用性(程序或在硬件实现中的VHDL代码)必须在这种情况下予以考虑。

主站实现

主站设计	PROFINET RT IRT		POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
主站访问	-		+	-	o	+
	无开源主站可用		openPOWERLINK 开源	无开源主站可用	专利保护	通用SERCOS主站API(开源)
实现成本	o	-	+	o	+	o
	昂贵的 软件协议栈	要求特殊的硬 件处理器	运行在标准硬件上	昂贵的软件协议栈	运行在标准硬件上	典型采用处理器支持

1 主站非开源，只有不确保可用性的示例代码。

所有协议允许在主站上的软件实现。



系统综述

5个主要竞争者

第二版

潜在的成本需求

网络组件

额外的设备=外部交换机或Hub

内部端口=直接集成到设备上的端口，用于环形或菊花链拓扑。

网络组建成本	PROFINET RT IRT		POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
外部设备	+	○	+	○	○	○
	标准 交换机	需特殊交换 机	标准HUB或交换机	管理交换机需复杂功能支持 (IGMP侦听 端口镜像等)	需要特殊网络组件	未来有指定的额外设备， 当前没有
内部端口	○	○	+	○	+	+
	集成 交换机	需要 SIEMENS ASIC 芯片	标准HUB	集成交换机,非常复杂	需要Beckhoff ASIC芯片	基于FPGA技术

1 对于EtherCAT，星形或树形拓扑需要特殊的网络组件

2 Beckhoff ET1100



从站实现

对于EtherCAT，SERCOSIII和PROFINET IRT，实现从站的总线协议需要使用硬件方案(ASIC或FPGA)对于POWERLINK，Ethernet/IP和PROFINET RT基于微处理的软件方案可以使用，对于软件方案而言，协议栈的License费用需要考虑，可能其它额外的费用例如使用更为强大额控制器,对于硬件方案，用户可以使用FPGA或基于ASIC的通信接口，事实上，FPGA可以被用于软件方案。

FPGA是一种集成电路，它允许开发者自主配置他们的硬件。它有逻辑器件构成，所谓的逻辑快，一个层次树可以用于配置电路。所有ASIC可以实现的功能FPGA均可实现。而且，它可以在调试前定制。相较于ASIC，FPGA的一次性开发成本较低，FPGA对于工业Ethernet方案是一个极具吸引力的技术-因为它成本更低，高性能和多种协议支持能力，并且他们允许在组件内实现预安装组件功能(HUB，交换机)，然而，使用者需要清楚协议的代码容量需求量，通过拓展，需要知道逻辑快的数量，L2功能也需要一个额外的数量。交换机比HUB需要更多的块，而复杂的管理交换则需要更多数量的逻辑块，

POWERLINK是一个较为简单的实时以太网方案，由于POWERLINK仅仅需要Hub在它的网络里，因此，这个协议仅仅需要非常小的逻辑块，较小的FPGA，EtherCAT和SERCOSIII,则需要更多的逻辑单元.

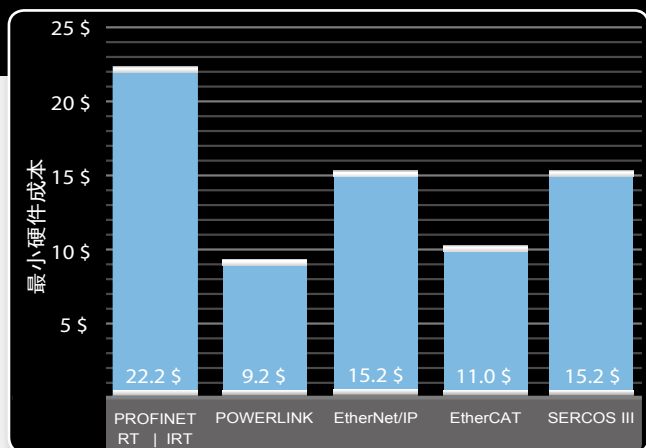
不同网络的节点间互联成本

对于每个节点间的互联而言，其成本参照硬件的费用，而协议授权的成本尚未计算在内。



系统综述 5个主要竞争者

第二版



下面图中的数字来自于不同有实现经验制造商的反馈，并覆盖了不同的工业以太网方案-有些数字也由制造商在自动化行业杂志上引用过。PHY的成本是2*1.1\$,这个对于所有协议都以相等的价格来考虑，成本估算以年度节点采购量为1000来进行。

PROFINET : 采用ERTEC200ASIC来进行计算，未来实现也可以采用由Phoenix连接器开发的TPS1芯片,在那种情况下，成本可能会降低到与EtherCAT相当的水平。但是无法达到POWERLINK的价格水平。

POWERLINK : 采用基于FPGA的方案，RAM和闪存也被考虑在内。

Ethernet/IP : 因为实现的成本相差较大，确定一个数字不大现实，它可能采用在微处理器上实现一个单口方案或用FPGA或一个外部的交换机实现双口方案。

EtherCAT : 这个计算是基于最新的EtherCAT ASIC方案-带有2个以太网口(ET1100),EtherCAT基于FPGA的方案更高，这个不同很大程度在于带有实时时钟同步方案。

SERCOS III : SERCOSIII的数字是基于典型的FPGA方案来实现的。

运行成本

运行成本在很大程度上由维护和网络管理成本的费用构成。一些技术例如IP Sync和Profinet IRT非常复杂并且需要非常大的网络管理成本，并且，使用交换机即需要网络经验,在很多情况下，需要一个当地的网络工程师来调试和维护系统。

同步技术的应用在实时通信中扮演着关键角色

POWERLINK和SERCOSIII确保了通过主站机制的同步性及其精确,并且它们极少出错。Profinet IRT & Ethernet/IP CIP Sync依赖于IEEE1588兼容同步机制，这导致了非常复杂的网络管理,尤其是设备必须隔离—因为硬件或软件问题将导致触发同步错误。EtherCAT在从站采用内部时钟。

热插拔功能—允许在网络带电状态下相互交换设备，使得替换不会对整个系统的实时性降低—带来较大的维护成本降低。

成本	PROFINET RT IRT	POWERLINK	Ethernet/IP	EtherCAT	SERCOS III
采购成本	0	-	+	0	+
运行成本	0	+	0	+	+

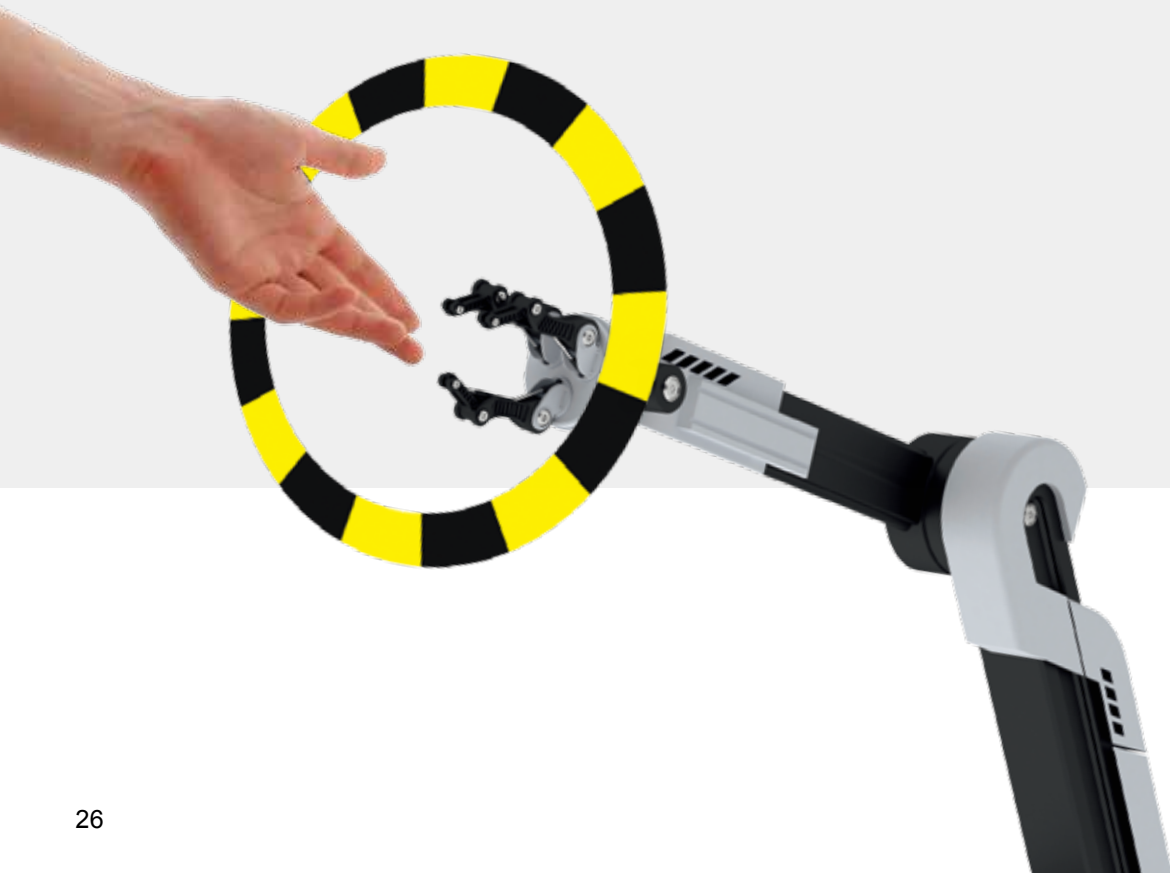
功能安全

在过去十年，在生产环境中的安全需求变得极为迫切，欧盟在2006/42/EC机械指令的介绍中将机器和工厂制造商聚焦于这个主题上。

他们被要求设计全面的方案来保持高效生产同时来确保工人及机械本身免于伤害，新的标准使得机器必须经过严苛的认证过程并且来评估所使用的性能需求，得益于大量新的产品与技术的支持，他们也可方便地改变安全方案概念性设计的方法。不仅仅是通过急停开关切断来停止整个机器，更为智能的安全响应例如持续的安全速度限制可以在各种情况下满足所需的保护，但同时通过降低恢复至全速时间来确保更好的生产效率，在很多情况下，这为机器与人更为直接的互动提供了保障，尤其在示教和调校阶段。

网络集成而非硬接线

传统而言，安全设备通常使用硬接线方式来构成开关回路，经常纯硬件方式实现逻辑，虽然理论上这些努力可以解决许多问题，但越来越多的机器制造商开始意识到集成安全的好处，基于一个可编程的控制硬件和I/O可以使用现有的数据总线来实现安全相关数据的交换。





系统综述 5个主要竞争者

第二版

乍看上去,老的方法看上去成本更低,因为在硬件组件上花费的成本较低-在很多时候这看上去的确如此,但如果放眼全局来看安全方案的话,无论如何降低其复杂性,即或系统仅在单一的急停按钮之下,基于网络的安全相较而言仍然是更好的选择,它减少了组件的数量的同时也使得接线变得更简单,并且提供了更为灵活的安全逻辑设计(通过配置和参数设置方式代替硬接线),此外,错误的诊断变得更为简化,结合集中的数据存储,这会带来更快的恢复。通过基于网络的安全技术提供了机器和工厂的最大可用性:

- 安全传感器直接接至网络
- 直接的组件信息读取
- 通过网络方式的自动组件参数设置实现维护的简化
- 运行期间的参数设置提供更为安全的操作模式切换
- 降低响应时间-继电器延迟被消除
- 网络结构和安全软件支持模块化设计
- 综合诊断增强了可用性
- 降低了组件数量和接线
- 更为灵活多变的安全功能(安全运行停车,安全速度限制...)

它如何工作?

安全应用软件基于经过认证的软件-这些软件采用功能块如计数器、定时器或速度监视器等编程而来,运行于专用的安全控制器上,取代了传统的安全继电器回路。通过软件形式的安全应用实现方式降低了安全组件和标准的I/O模块的使用。通过采用现成的网络方式传输来取代离散的接线,使得成本与安全安装的复杂性均得以降低,由于采用现成的网络连接,机器和机器选项无需专用的安全连接,这也同时改善了机器与工厂在整个生命周期内的灵活性和安全应用设计的自由性,同时,诊断信号也在没有任何其它额外硬件情况下被传输,总之-采用集成安全加速了应用和大大缩短面市时间。



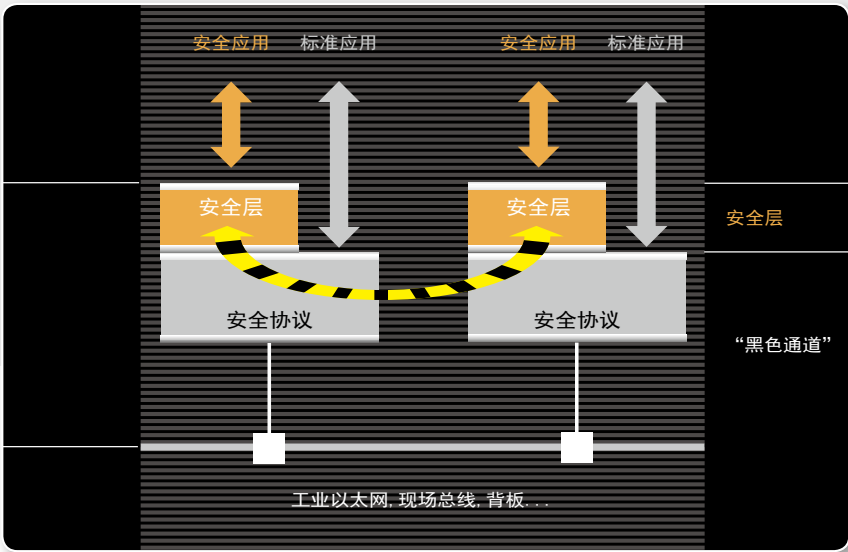
黑色通道机制

安全总线网络

安全导向的现场总线简化了在工厂或机器内的组件更换，在多数情况下，两根电缆，一个用于供电，一个用于通信，是仅有的需求。传感器可以直接被连接到安全网络，他们无需独立的电缆来获得诊断信号的反馈，这带来硬件组件的需求减少。采用黑色通道机制，安全相关数据及诊断信息可以通过现有的网络连接来进行交换，这使得响应更快，传感器可以通过数据网络接受针对他们的参数设置和配置。这允许在操作模式和硬件失效后组件被更换时重新调整参数的优化参数可以通过网络下载到传感器。这也增加了生产效率的最大化和当机的最小化。

通过标准总线或网络传输安全数据

黑色通道机制允许失效安全和标准数据通过相同的通道或总线进行传输，而这条线路上的原有的数据传输机制与此独立，安全组件可以使用一个隔离的安全协议通道来实现数据的传输-作为纯粹的应用层协议而无需考虑物理层，可用的带宽和循环时间则依赖于所使用的数据传输协议，可能的传输错误已经被相关标准如IEC61784和IEC61508所列。他们的预防需要被作为安全传输协议最为严苛的部分来实现。所需的传输错误检测质量取决于安全层所需的安全等级。



黑色通道机制



系统综述 5个主要竞争者

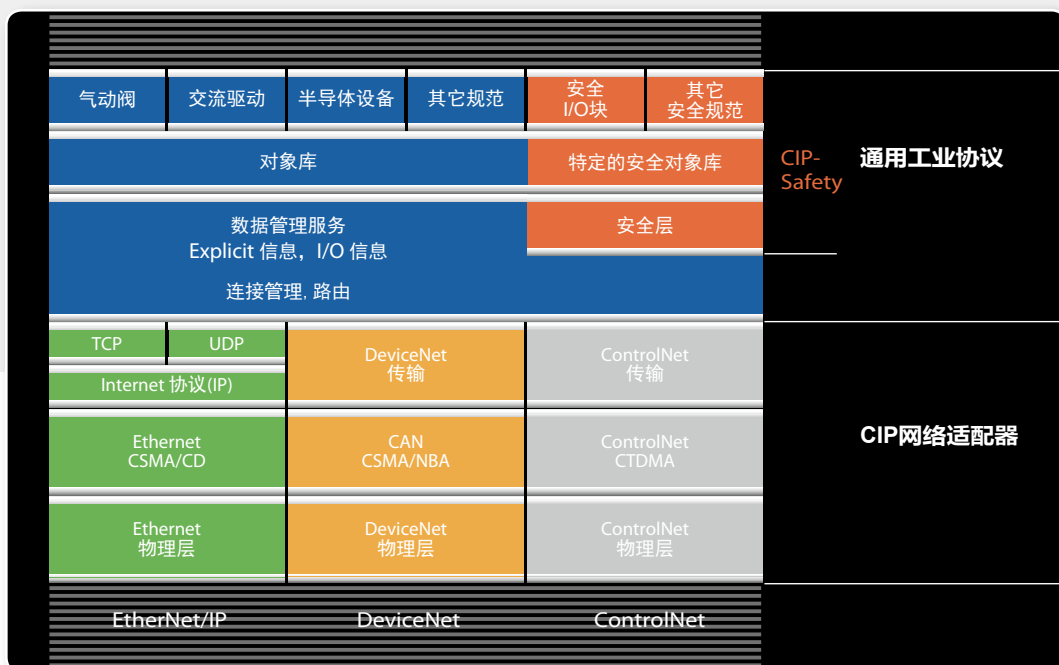
第二版

安全系统如何运行

CIP Safety

CIP Safety协议定义了通过Ethernet/IP或DeviceNet的安全数据传输，使用先期存在的CIP(通用工业协议)服务作为其基础，CIP Safety协议采用生产者与消费者机制来进行安全节点间的数据通信，在这方面，一个消费者被称为”鼻祖”(生产者)同时生产者称为”目标”，生产者和消费者节点之间的安全时间同步取决于时间监视器。所有节点间的同步通过网络可以提供，安全信息源的时间可以使用时间戳来确定，这些方法确保了处理后的数据仍然是更新的，为了安全数据的传输，“安全验证对象被使用，他们组织和确保信息在CIP安全网络的集成。这些对象也组件一个安全通信和总线网络间的桥梁作用，为了数据传输，协议提供了信号传输和多播连接，他们的使用取决于支持这些连接的通道的能力。

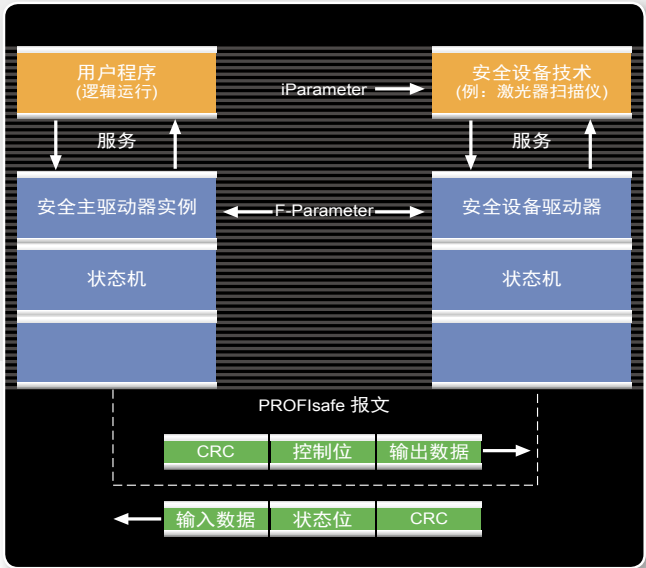
对于CRC(循环冗余校验)计算而言，CIP Safety协议使用了五种不同的格式，范围从8位至32位CRC,这依赖于数据规模，1个或2个字节或三个到254比特之间，以及校验计算本身所属的数据范围。“唯一节点识别”(UNID)用于唯一的安全节点识别，这是一个网络ID和节点地址的混合，等价于MAC地址，可以采用DIP开关被手动设置或通过软件来配置，在斜坡上升阶段，数据源校验在网络中配置的当前的UNID，更多的参数如超时延迟，Ping间隔或最大节点号则采用安全配置工具(SNCT)来配置。



PROFIsafe

ProfiSafe使用“主—从”机制来传输安全报文，主站一通常称为“F-Host”，周期性地与其所配置的称为“F-Device”的所有从站进行安全数据交换，每个F-Device有一个F-Driver，由一个安全报文称为SafetyPDU(协议数据单元)来协调F-Host和F-Slave,PDU的CRC计算取决于所传输报文的大小，从SlimPDU的12比特到Long PDU的123比特，CRC 24用于SlimPDU计算，对于Long PDU，CRC 32将被使用，以作为一个报文接受并决定是否按照正确顺序到达的方法。ProfiSafe使用连续数用于安全报文，此外，容忍时间的监控(F-watchdog，Time)可以在报文确保总是当前验证报文时被重置，所谓的F-Parameters(ProfiSafe参数)提供了一个在F-Host和F-Device之间的唯一识别码。

虽然地址(唯一的代码名)是自动传送给F-Device的，目标地址需要在设备通过DIP开关时直接进行调整，F-Device通过F-Parameter的传输获得他们的配置，而F-Parameter是通过GSD和I-Parameter(独立的F-Device参数)进行的。这些参数在iPar服务器上进行管理，从这里他们通过标准化的接口可以被传输到ProfiSafe设备，通常，iPar服务器集成到CPD-Tool(Collaborative Product Design)工程工具中，对于产品设计者而言，这意味着有能力直接完整的配置一个F-Device,需为每个产品生成GSD文件以及提供到CPD-Tool的接口。





系统综述

5个主要竞争者

第二版



openSAFETY

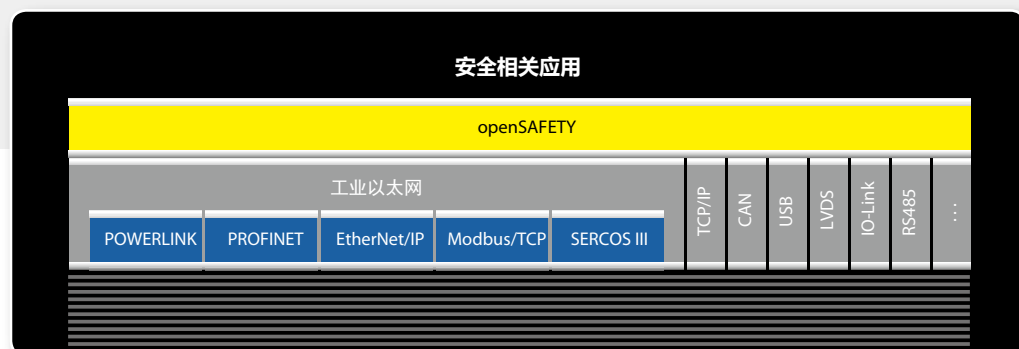
openSAFETY设计为那些基于总线或网络的安全相关的数据传输，它可被应用于所有现场总线，基于以太网或非以太网。

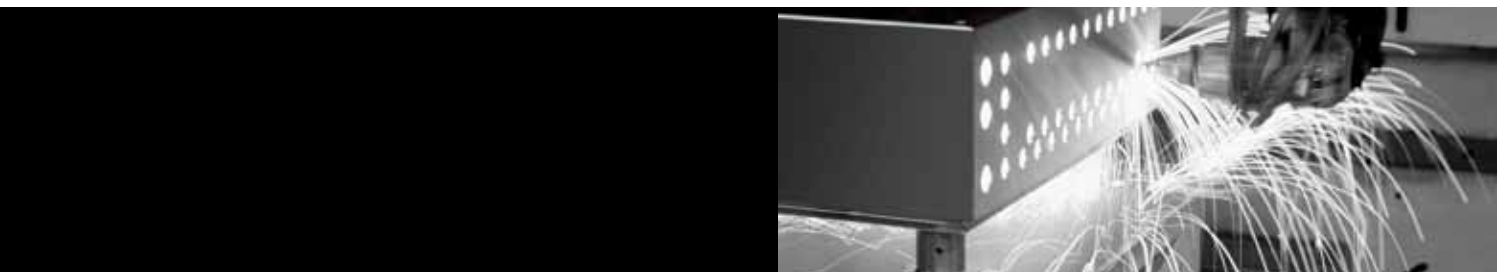
为了安全数据的传输，生产者—消费者模式被采用。这个模式的好处在于：在openSAFETY网络的所有消费者可以收到并处理来自生产者发送的报文，每个openSAFETY节点有唯一的UDID(openSAFETY唯一设备识别)数字，这是一个MAC地址和制造商设备数字的结合。在启动过程中，安全网络管理器SNMT校验每个设备的类型和它的UDID,然后自动的检测替代设备，在这种情况下，所需的参数自动的传输给安全节点(SN)，SNMT可以通过集成的Safety配置管理器来进行优化。

类似于其它安全协议，SCM可以视为openSAFETY主站，使用服务来管理网络，openSAFETY对象字典(SOD)管理所有参数，它可以通过安全设备对象字典(SSDO)传输给安全节点，在节点把配置完成和启动阶段，周期性数据传输于消费

者和生产者之间，对于严苛安全处理数据的传输，这使用了安全过程对象字典(SPDO),openSAFETY帧是由两个子帧构成，最大可传输254字节的安全数据，使用CRC8来处理1~8字节的数据负载，16位CRC则用于处理9~254字节的负载。

通过openSAFETY,非常大的网络可以被创建，对于每个openSAFETY域(SD),可以支持1023个安全节点的连接。因为他们由SCM寻址，无需额外的硬件交换机，最大的openSAFETY网络有1023个openSAFETY域，超过1百万个安全节点，独立域间的通信由openSAFETY网关(SDG)来进行处理。





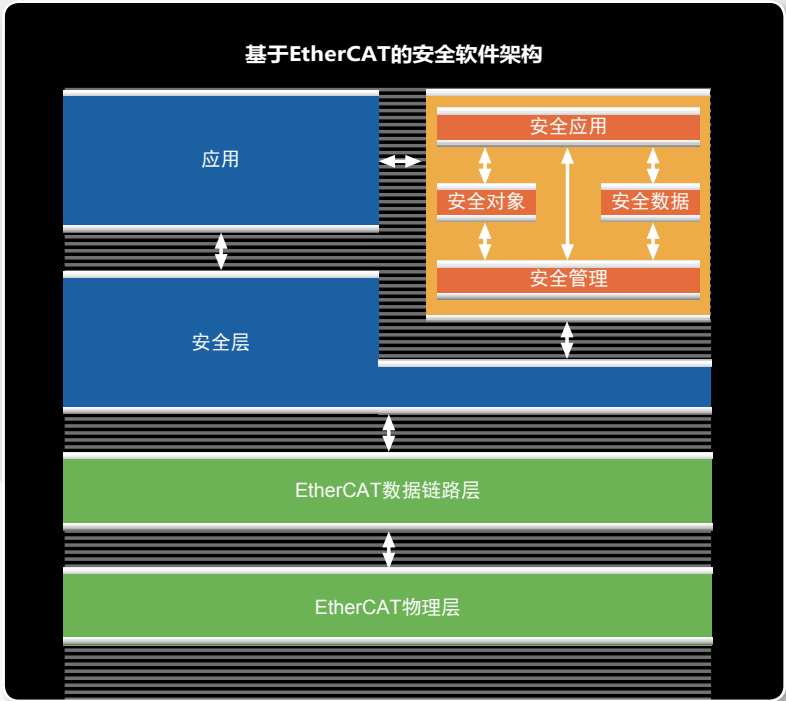
FSoE

EtherCAT上的失效安全(FSoE)是一个针对EtherCAT之上采用FSOE主站和FSOE从站进行安全数据传输的机制，在每个FSOE循环，主站发送它的安全PDU(协议数据单元)给从站，同时启动一个看门狗计时器，从站验证并计算收到数据的优先权并返回给主站，在这种情况下，从站也会启动一个看门狗计时器，主站收到并处理由从站所描述的数据，停止看门狗计时器，仅当此周期完成，主站会生成一个新的安全PDU。鉴于此机制，安全通信总依赖于硬件和所使用的拓扑结构，主站与从站之间的寻址关系被称为“FSOE连接”。

它由唯一的连接ID进行特征识别，16位的连接ID由主站传输至每个从站，用户需要设置测量以确保提供给每个从站一个唯一的ID，为了斜坡上升序列的正确识别，主站和从站为每个报文产生一个范围从0到65535的“序列号”。这确保当前验证的报文被处理，独立设备的寻址需要指定唯一的节点号—这需要通过使用硬件DIP开关。每个FSOE主站包含一个

FSOE主站处理程序，它通过FSOE从站处理程序与从站进行通信。可选的是，一个附加的FSOE从站处理程序可以在主站里实现-从而允许同一网络中的不同主站进行通信。为了安全保护PDU传输，安全数据的每2个位，就需要一个16位CRC校验，这表明对于10个比特的传输，16位校验占用了5倍的时间。

参数设置并未特别指定，参数化过程需要使用到部分客户应用程序。同时FSOE规范并未详细描述所需的参数，用户需要从FSOE从站单独来确保收到的是正确的参数。





系统综述 5个主要竞争者

第二版

集成安全系统对比

认证

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
基于黑色通道机制	+	+	+	+
IEC 61784-3	+	+	+	+
认证机构	TÜV Rheinland IFA	TÜV Süd IFA	TÜV Süd TÜV Rheinland	TÜV Süd

总体而言，所有不同的集成安全技术均满足安全需求，他们都是基于“黑色通道”原理的，并同时列入IEC61784-3标准并经过认证达到SIL3，然而，隐藏在背后的评价标准是：相关标准是否一个技术由组件制造商或终端用户所采纳。明显的区别在于何种技术更易于集成到应用中，并切实的解决问题。

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
SIL3认证	+	+	+	+
SIL4准备	○	○	+	○

openSAFETY技术已经认证达到SIL3，虽然尚未经验证，但该技术核心原理包括其PFD(失效概率要求)已可为SIL4所备用。

技术

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
有效载荷数据复制支持	+	—	+	—
多播报文支持	+	—	+	—
安全设备配置	+	○	+	○
安全运动控制	○	+	+	+

在安全设备的设计中，技术考量很大程序取决于安全帧的复杂性，其构成是否需要额外的实现投入。

支持广播报文有助于实现更快的响应时间，这些反过来又会影响整个工厂和机器的设计，例如：降低机器的脚印和所需占地空间。

在维护或设备被替换后，安全从站应该自动地被安全主站配置，配置接口需要特定并唯一以便设备可以被不同的主站配置。对于PROFIsafe，iPar-Server已经被开发来满足这些需求，他在市场上的互操作状态是显而易见的，因为在过去，配置数据来自于所使用的主站的制造商而非来自系统。

在2012年春天，SERCOS国际组织声称在SERCOSIII上的CIP Safety上开发了安全运动规范，然而，在这本杂志即将出版时，似乎基于CIP Safety的Safe Motion Profile尚未可用。

FSoE提供一个安全参数化通道来传输安全加密数据给安全应用，但是，安全应用参数的寻址机制并不存在。



设备实现

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
法律限制	+	-	+	-
投资安全	○	○	+	○
面市时间	+	+	+	○
实现	-	○	+	+
当前市场占有率	○	+	○	-
经认证可用的协议栈	+	+	+	-

对于设备制造商而言，独立的并且成本上更为经济的实现方案是最为重要的考量。对于实现，所有的License费用，软件协议栈，一致性测试和认证必须打入进行比较。每个技术的复杂性以及实现它所需的资源。

ProfiSafe和FSoE协议对于用户组织是受限的，如果设备使用不同的自动化系统和总线系统，这可能导致实现几种安全协议。CIP Safety需要通过黑色通道机制实现一个CIP抽象层，这增加了工程投入。根据我们的对FSoE从站的研究，当前没有经过认证并可用的FSoE从站协议栈。这可能给在设备级的安全技术实现带来一个潜在的风险。

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
支持的工业以太网协议	EtherNet/IP SERCOSIII	PROFINET	PROFINET EtherCAT Ethernet/IP Modbus POWERLINK PROFINET SERCOSIII	EtherCAT
开源实现可用性	-	-	+	-

openSAFETY栈是当前唯一开源可用的安全通信技术协议，并从法律角度而言，openSAFETY是完全技术独立的。

集成

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
协议栈兼容性	○	○	+	-
性能	○	○	+	○
寻址	+	-	+	-
安全响应时间	○	○	+	○

为确保不同制造商的不同安全产品之间的兼容性，兼容所有市场上的协议栈是必须的。openSAFETY的开源战略确保了协议栈的兼容性。

在一个安全网络，所有节点必须拥有唯一的ID,为了避免参数设置的错误，寻址应该是自动的完成，然而，PROFIsafe和FSoE协议需要手动寻址设置给每一个使用DIP开关的安全设备。这使得安全设备在电柜里的安装变得更为复杂，人工错误，尤其是维护方面，可能导致错误的参数设置，同时，使用硬件开关来创建一个模块机器概念也变得非常困难，因为这种方式的寻址下的组件永远是刚性的并且不能被自动配置的。

遵循生产者和消费者原理，openSAFETY支持直接交叉通信，这将导致更快的响应。如果像PROFIsafe和FSoE那样总是需要通过主站来路由数据的话，显然，对于安全响应而言的最具价值的时间被浪费掉了，CIP Safety需要Originator功能来支持交叉通信，因此，在从站间的直接通信是不可能的。



系统综述 5个主要竞争者

第二版

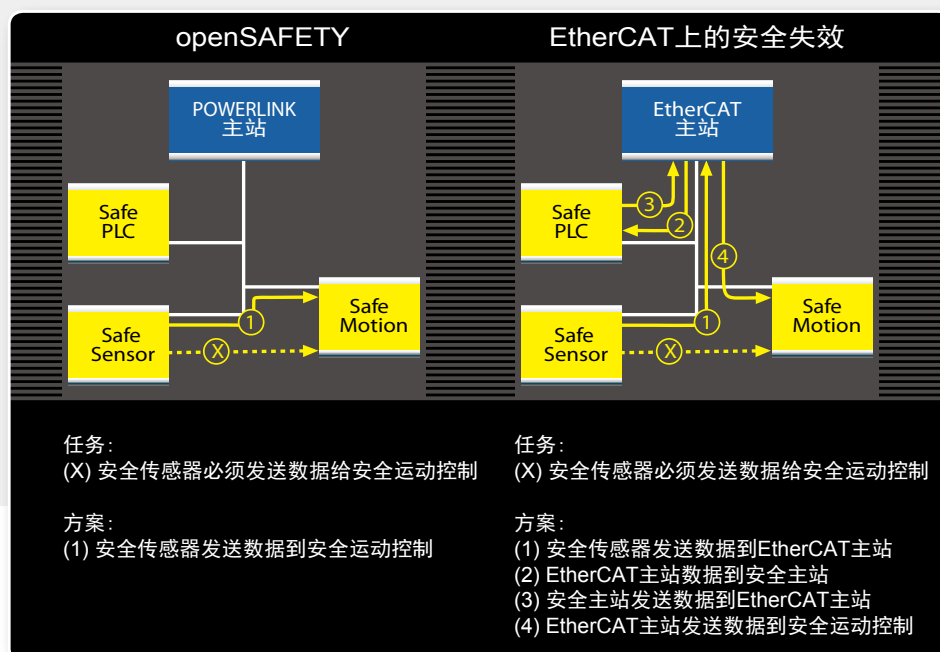
性能

自从安全协议成为应用协议，一个安全网络的性能将不仅仅取决于数据传输协议的性能，基本的协议选择决定了可用带宽和循环周期，同时，也包括功能特点例如热插拔及交叉通信能力。

交叉通信在安全导向系统的性能方面起到了非常关键的作用，在支持交叉通信的网络中，安全节点可以直接将数据传输到其它从节点而无需通过主站。这提供了一种危险环境下更为优化的响应时间。一个不支持交叉通信的网络，安全节点发送他们的信号必须通过现场总线的主站，这依赖于网络的安全主站的支持，并且之后处理返回到总线主站节点的然后送到需要接受的节点，相比于直接交叉通信网络，这导致了四倍的时间消耗-这是最优价值的时间。由于一个轴的急停距离按照失效响应时间和方向减速的次方增长，保护信号的传输则带来了16倍的急停距离。

标准	CIP Safety	PROFIsafe	openSAFETY	FSoE
CRC范围	8-32 bits	24-32 bits	8-16 bits	16 bits
20位网络数据所需计算	2	1	2	10
不同的CRC数	5	2	2	1

所需的不同校验增加了实现的复杂性，导致了更高的开发成本，此外，多用CRC的计算也可能导致对安全侵害的更慢响应。



通过交叉通信实现更短信号传输的示例:

交叉通信使安全节点间可直接相互通信(左)。而不支持交叉通信(右)的话，系统中的信号传输路径是4倍的长度。

安全，您感受到了吗？



集成安全技术的全球标准，通过高效率的通信，显著地降低了布线成本，缩短了调试时间，实现了卓越的机器性能。openSAFETY凭借经过认证的安全技术，最大限度地提高您的生产力，并确保与您的工业以太网解决方案相兼容。

www.open-safety.org

open 
SAFETY