

Applications of Industrial Ethernet in Smart Grid


工业以太网在智能电网中的应用

胡俊
RuggedCom Inc.
 加拿大罗杰康有限公司

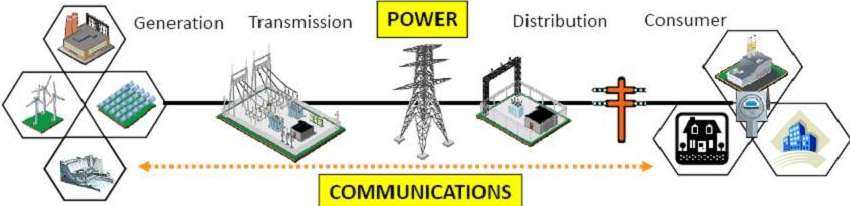
August 12th, 2010



Copyright RuggedCom Inc Proprietary & Confidential Information www.RuggedCom.com 1



智能电网

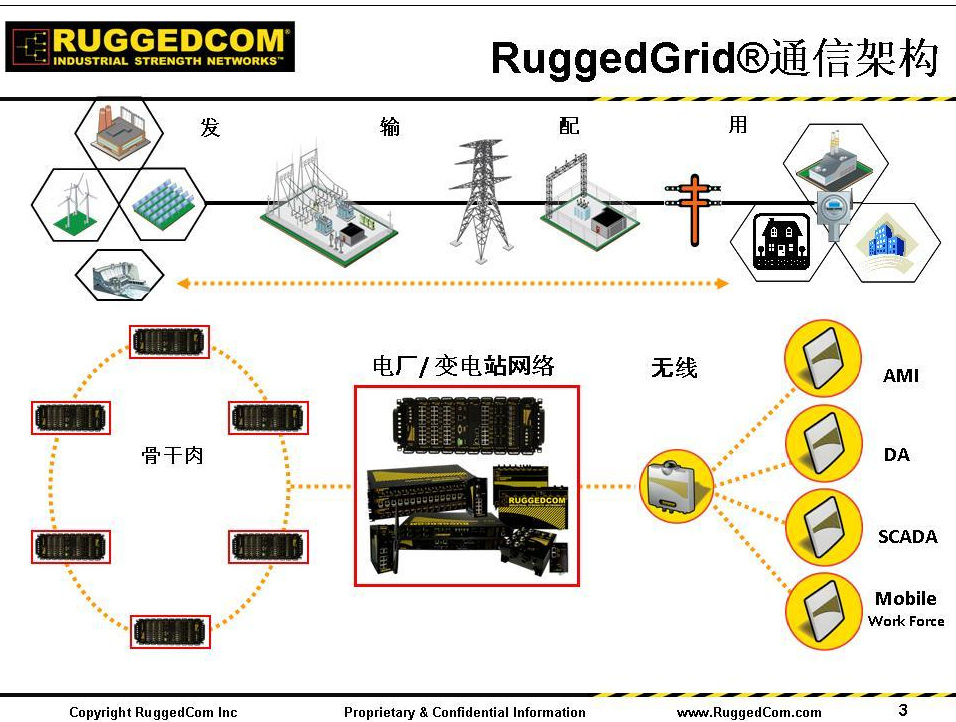


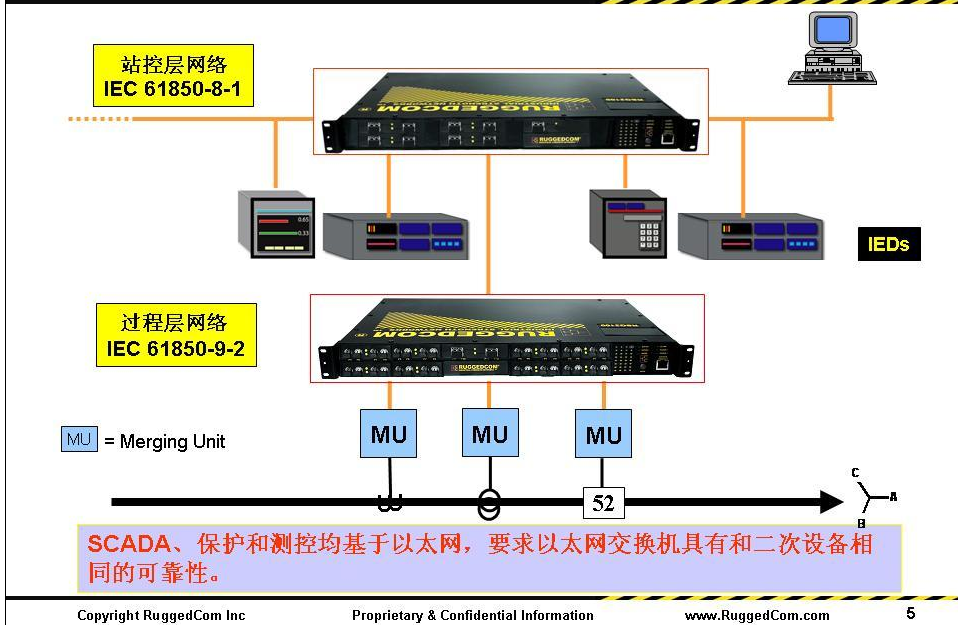
智能电网——电力与通信技术的融合

*"An integrated **communications** and power system infrastructure which allows for robust two-way communications, advanced sensors, and distributed computers to improve the efficiency, reliability and safety of power delivery and use." - EPRI*

坚强智能电网以坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，以智能控制为手段，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合，是坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。

Copyright RuggedCom Inc Proprietary & Confidential Information www.RuggedCom.com 2

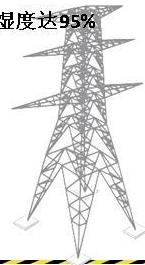




更高—更快—更强—更安全

- 高可靠性 (MTBF > 10⁶ hours)
- 高可用性 > 99.999%
- 快速网络自愈 (eRSTP, MSTP)
- GOOSE报文要求小于3ms的网络延时 (包括IED的处理时间)
- 精确时钟同步PTP (< 1us)
- 电力加强型的电磁兼容性: IEEE 1613, IEC 61850-3
- 强电磁干扰下实现零丢包Zero-packet-loss™ (RuggedCom第一个通过KEMA 测试)
- 符合IEEE 1613 Class 2 标准(通过KEMA 测试)
- 强大的功能——支持保护、测控、IEC 61850应用和其他各种高级应用
- 适应恶劣环境，宽工作温度范围 (无风扇散热): -40 to +85° C, 湿度达95%
- 网络安全
- 7 x 24 小时的专业技术支持

“电力级” =



- 以太网交换机实质上也是一个智能装置 (IED), 在变电站EMI环境中必须能正常工作
- 工业以太网交换机不可以未经测试和认证直接用于变电站
- **IEC61850-3 标准强调“一般工业环境的抗干扰要求对于变电站来说是不足的”**

The general immunity requirements for the industrial environment are considered not sufficient for substations. Therefore, dedicated requirements are defined in IEC 61000-6-5, details of these requirements and testing procedures are given in the parts of the IEC 61000 series. The most important cases and documents are referenced below.

The conformity to the standards has to be proven by type tests. Criteria for acceptance are summarized in 5.7.4.



- 在电磁兼容性测试中零丢包**Zero-Packet-Loss™**: (KEMA和国内测试)
 - 超过电力行业电磁兼容性标准IEC 61850-3和满足 IEEE 1613 Class 2标准
 - 15种破坏性型式试验
 - 用于保护/测控等关键应用



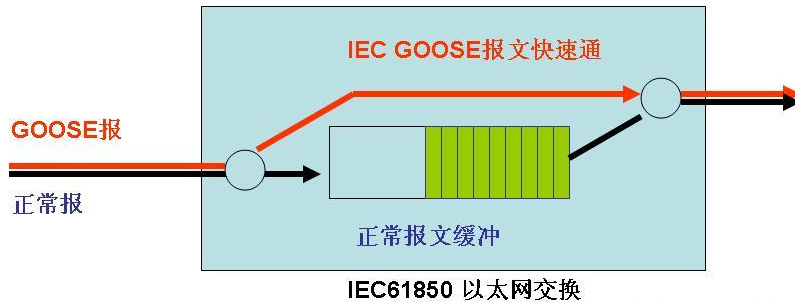
Packets IN

Packets OUT

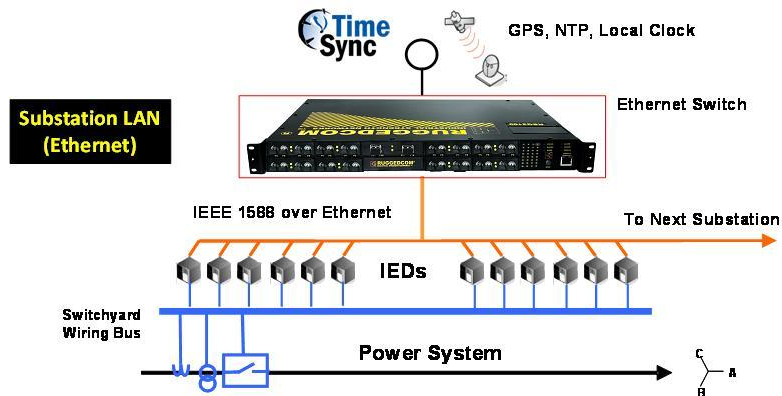
Packets IN = Packets OUT

Zero-Packet-Loss = Immunity to EMI = IEEE 1613 Class 2

- Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE) 报文提供了功能强大的IED到IED的通信机制，进行有效且实时的状态和参数交换
- 最严格的要求是Type 1 A Trip快速报文，总传输时间小于3ms，包括两头IED的处理时间加网络延时
- 传输时间= 应用层到应用层，包括 IED 处理时间+ 网络延迟。

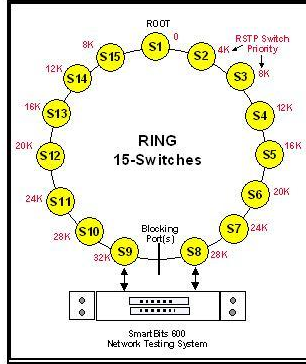


- IEEE1588 V2标准
- 大负载条件下，同步精度要小于1us
- 交换机多采用透明时钟工作方式，P2P延时机制



测试系

测试结



Fault applied between Switches	Fault Recovery Time [ms]
1,2	25.73
2,3	23.87
3,4	21.87
4,5	20.35
5,6	18.37
6,7	16.71
7,8	11.96
8,9	0.00
9,10	5.94
10,11	13.48
11,12	14.17
12,13	16.36
13,14	18.00
14,15	19.82
15,1	20.99

eRSTP™ 性能举例:

对一个由15台RuggedSwitch 工业以太网交换机组成的环形网络(如图 S1 - S15), 实际故障恢复时间比5ms/跳的预期值要好很多:

预期的最坏情况下故障恢复时间:
< 75ms

实际测试在支持eRSTP技术的RuggedSwitch 交换机上进行, 采用工业标准的SmartBits 网络分析仪测试的结果是:

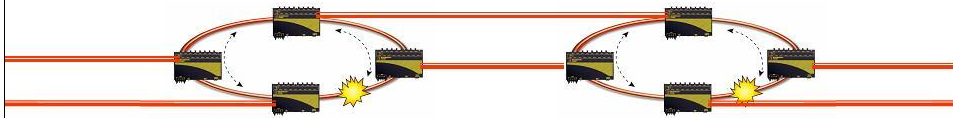
实际最坏情况下故障恢复时间:
< 26ms

eRSTP™ 实际性能是预期的2倍! 一个环上可串接多达160交换机

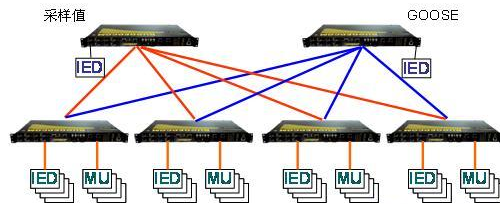
MSTP允许网络拓扑结构多样化

- MSTP(多生成树)技术, (IEEE802.1Q-2005)
- 与RSTP, STP完全兼容

环网之间的联接更加方



网络结构与基于VLAN的流量平

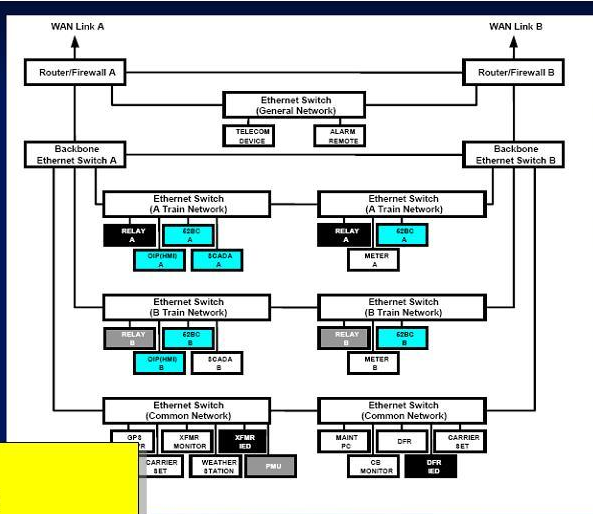


- 定义了用于SCADA协议，如IEC 61850, IEC 60870-5 Parts 101 104, DNP 3.0, IEC 60870-6 (TASE.2, ICCP)，端到端的安全方法
- 信息源的认证和数据完整性 (hash)
- 采用TLS (Transport Layer Security)进行数据加密
- 对于通过网络访问的SCADA装置不要求数据加密
 - 串行通信，如IEC 60870-5 Part 101, 或
 - 不采用TCP的单纯以太网, 如 IEC 61850 GOOSE

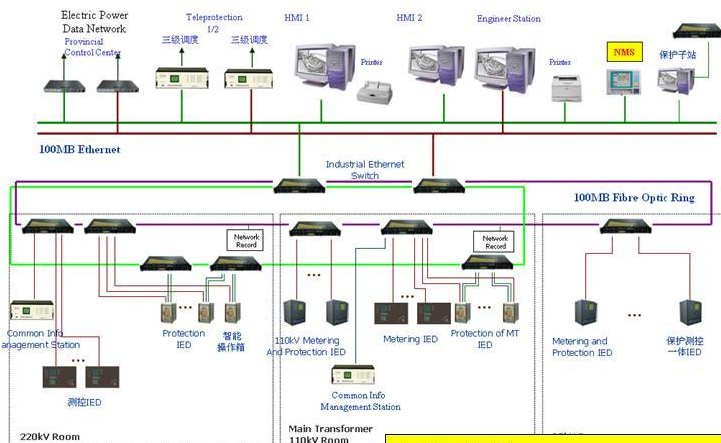


- 多级用户密码
 - 防止未经授权访问和设置
- Radius认证
 - 集中密码管理
- SNMP v3
 - 网管报文加密, 提高访问安全性
- SSH / SSL 加密
 - 对网络上传输的密码和数据进行加密
- 802.1Q VLAN (Virtual Local Area Network)
 - 在交换机上预定义VLAN实现端口数据流的逻辑隔离
- 打开/ 关闭端口
 - 关闭未使用的端口
- 802.1x 基于端口的安全访问控制
 - 锁定交换机的端口使之只能与授权用户之间通信
- 基于MAC地址的端口安全
 - 锁定交换机的端口使之只能与某一个或几个特定的设备/MAC地址通信

- 100Mbps Multi-Mode Fiber Network
- VLANs Provide Security
- A & B Train Networks

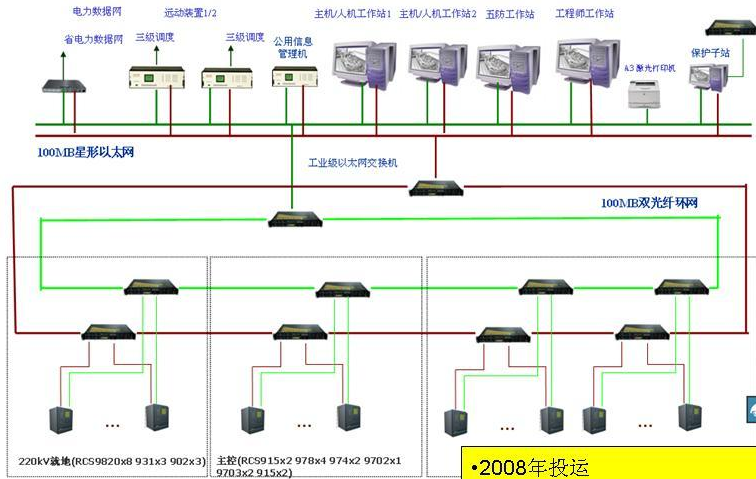


- 2009年投运
- 支持GOOSE报文，采用VLAN
- 采用多厂家装置

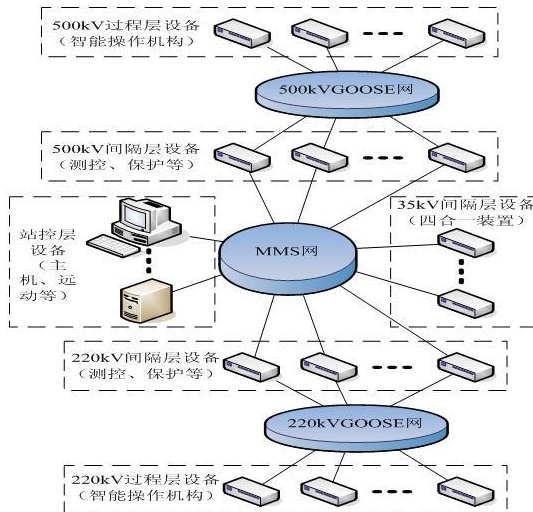


浙江省电力公司220kV外陈变电站计算机监控系统

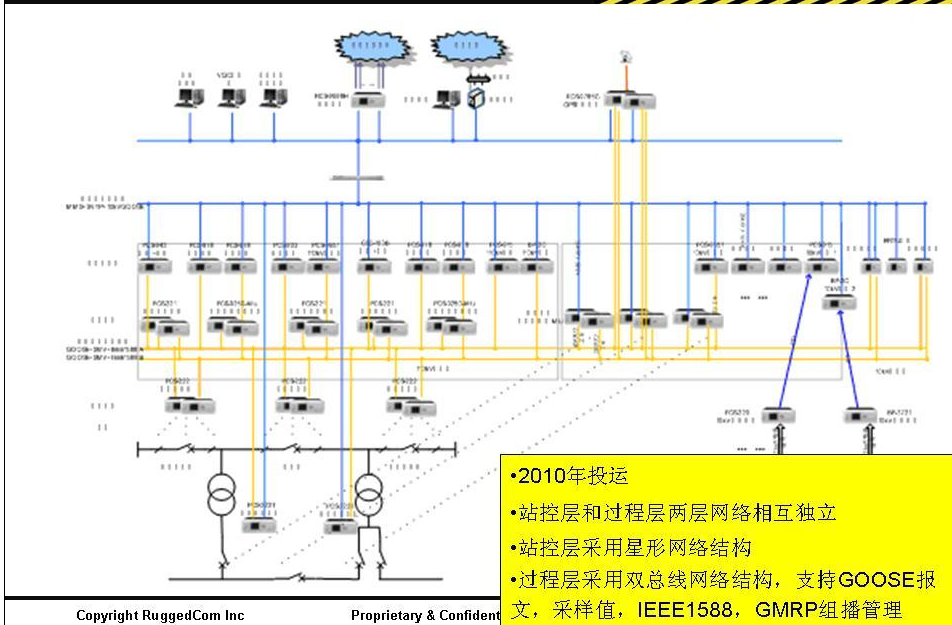
- 2007年投运
- 站控层和过程层合一，采用相切双环网结构
- 支持GOOSE报文，采用VLAN
- 采用多厂家装置



- 2008年投运
- 站控层和过程层合一，采用双环网结构
- 支持GOOSE报文



- 2009年投运
- 站控层和过程层两层网络相互独立
- 站控层采用单环形网络结构
- 过程层采用双星形网络结构，支持GOOSE报文



- 2010年投运
- 站控层和过程层两层网络相互独立
- 站控层采用星形网络结构
- 过程层采用双总线网络结构，支持GOOSE报文，采样值，IEEE1588，GMRP组播管理

谢谢！
THANKS!

罗杰康公司上海代表处
上海市零陵路899号飞洲国际广场25D室
(200030)
电话: +86-21-64327889
传真: +86-21-64327997
手机: +86-13701857382
E-mail: HuJun@RuggedCom.com

RuggedCom Inc.
300 Applewood Cres. (Unit 1) Concord, ON.
Canada L4K 5C7
Tel: (905) 856-5288
Fax: (905) 856-1995
E-mail: RuggedSales@RuggedCom.com

www.RuggedCom.com