

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.04.009

国外军用计算机数据交换技术的发展

陈正捷¹, 蔺宏江², 陈志昊³

(1. 装甲兵工程学院 科研部, 北京 100072; 2. 北京雷航时代科技公司, 北京 100089;
3. 兵器工业计算所, 北京 100089)

摘要: 为提高我国军事信息化水平, 对国外军用计算机数据交换技术发展的新概念进行介绍, 主要包括: 高速以太网 (Gigabit Ethernet, GbE)、高速串行口 (Serial RapidIO, SRIO)、PCIe 总线 (PCI Express, PCIe) 以及光纤通道总线 (Fiber Channel) 等军用新标准。同时, 介绍了加固计算机/嵌入式计算机板卡在军用系统中的应用, 并给出了关于发展新型军用计算机系统的建议, 为我国军用计算机的发展提供参考。

关键词: 计算机; 数据交换; 军用标准

中图分类号: C931.6 **文献标识码:** A

Development of Data Transmission Technology for Military Computer in Foreign Country

CHEN Zheng-jie¹, LIN Hong-jiang², CHEN Zhi-hao³

(1. Dept. of Scientific & Research, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China; 2. Beijing Leihang Shidai Science & Technology Company, Beijing 100089, China; 3. Counting Institute of Ordnance Industries, Beijing 100089, China)

Abstract: In order to improve the military information level of our country, introduce the new concept of computer data transmission technology development in foreign countries. It includes new military standards such as Gigabit Ethernet, Serial RapidIO, PCI Express, and Fiber Channel, etc. Meanwhile, introduce the application of reinforced computer/embedded computer card board in military system. Then, put forward suggestion for develop new military computer system, and make a reference for national military computer development.

Keywords: Computer; Data transmission; Military standards

0 引言

随着个人计算机、工业计算机等类型的蓬勃发展和不断细分, 军用计算机也得到了迅猛发展。军用计算机技术不仅用于武器系统的自动控制, 而且为武器系统的智能化提供了充分的技术基础, 直接影响到武器系统的快速反应能力、打击能力、命中精度、生存能力、可靠性, 不断地改变着各种武器系统、军事指挥和控制系统、后勤支援系统和自动化管理系统的面貌。从海湾战争、阿富汗战争, 以及最近的伊拉克战争来看, 现代战争已经从机械化军事形态转变为信息化军事形态, 而军事信息化的核心支撑技术之一就是军用计算机, 故对国外军用计算机的数据交换技术发展进行研究。

1 国外军用计算机的新发展

由于欧盟各国采用该新标准研制生产类同的产品, 因此, 美国军用计算机的发展可以代表世界军用计算机发展的潮流。国外军用计算机在硬件上一般采用 PowerPC 处理器、DSP 信号处理器、FPGA

可编程器件和 Flash memory 存储器, 并在多处理器系统中采用先进的高速互联系统。1998 年 8 月, 美国总统信息技术顾问委员会 (PITAC) 在给美国总统的中期报告中建议, 在信息领域优先发展的技术是高性能计算机系统、快速数据交互、高速计算和提高软件性能。从 2000 年以后, 美国在芯片之间、板卡之间、系统之间的高速数据交互技术方面投入了巨大的力量, 在 VME 总线基础上开拓新的标准化系统研制, 并已用于军用计算机系统。

1.1 国外军用计算机总线技术的新发展

上世纪 90 年代以前, 军用计算机总线一直采用 VME 总线。但由于芯片技术的不断发展和需求的不断提高, VME 总线的传输速率已不能满足系统发展的需求, 因此, 90 年代 Vita-41 总线 (VXS) 应运而生, 在 VME 总线的基础上, 将 P0 插座改为采用串行交换模式。而后, 又出现了 Vita-46 (VPX), 将 VME 总线 P0、P1、P2 插座全改成串行传输模式。为了与 VME 总线兼容, 设计者可以自行设计底板。这种总线系统在结构上又做了加固设计, 形成了军

收稿日期: 2009-10-20; 修回日期: 2009-12-24

作者简介: 陈正捷 (1972-), 男, 上海人, 硕士, 副研究员, 从事车辆电子学、坦克电子综合化、故障测试与诊断、装备信息化研究。

用的高速总线 Vita-48。该技术目前在国外已用于军用计算机系统。Vita-41 和 Vita-46 这 2 种总线都可以与 VME 总线兼容, 如图 1。

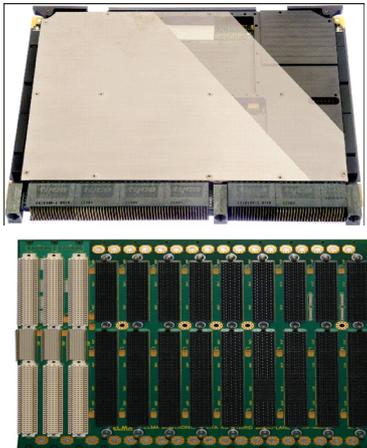


图 1 Vita46 总线板卡及具有 Vita46 总线板卡和 VME 总线兼容底板

1.2 国外高性能数据交换结构技术的新发展

目前, 西方国家还提出了高速以太网 (Gigabit Ethernet, GbE)、高速串行口 (Serial RapidIO, SRIO) 以及 PCIe 总线 (PCI Express, PCIe)、光纤通道总线 (Fiber Channel) 等高性能数据交换结构技术, 形成了新的以串行数据交换为基础的军用计算机结构标准, 并逐渐渗透到西方军用计算机系统总体设计理念中。GbE 是基于 IP 数据通信的标准, 可用于平台间网络或计算机板卡之间的子系统; SRIO 是芯片之间或板卡之间最好的互联方式; PCIe 事实上已经是核心处理器到外围设备高带宽数据流传输应用的标准。FC 主要用于系统之间 (通过交换模式), 也可以用在板卡之间。

1) 高性能 1/10 G 以太网互联交换模式

以太网是目前最普遍的网络技术。2001 年, 美国提出网络中心战理论 (Network Centric Warfare, NCW), 重点实现系统的无缝、安全、可靠连接和互操作性, 以及信息综合显示和决策支持。这一理论推动了高带宽、高可靠的 IP 网络的战场通信的发展。而 1-GbE 网络交换已经成为链接机箱和板卡, 组建今天高带宽 IP 平台网络的首选。可在系统上增加交换机或 PMC 交换卡, 在 VME64x 机箱里组建星型或双-星型网络来进行升级。采用 VPX 背板的新系统不仅允许 1 GbE 接口, 还允许 10 GbE 接口通过背板路由或者采用集中的交换结构 (例如一个 VPX 交换/路由卡或者一个 X/PMC 交换卡), 以增加网络带宽。通过 GbE 连接机箱中的板子, 机箱可

以采用铜或者光介质链接, 组建分布式或集中式的网络拓扑结构。由于采用 RDMA 和 TOE 技术, 减轻了 1/10 GbE 终端节点的瓶颈和 TCP/IP 协议握手所花费的处理器额外负载 (开销时间), 使得 GbE 可应用到低延迟、高吞吐量的计算机系统中。1 GbE 和 10 GbE 能否应用到军用平台, 取决于系统的实时性, 航空电子综合系统的设计中, 在高速以太网的基础上开发了 AFDX 网络系统即 ARC664 标准。

GbE 标准主要特性如下:

(1) 1 000BaseT 一般用于铜介质背板进行板间或处理器间通信。1 000BaseSX (1 Gb/s) 一般用于光介质传输。XAUI 一般用于堆栈或者作为数据干路的 10 GbE 交换卡。

(2) 每个 GbE 接口分别是 10 Mb/s、100 Mb/s 和 1 Gb/s 自适应, 或者通过链接转换得到多种速率, 提供高性能连接。

(3) 以太网未来的标准将会发展到背板上支持 802.3ap (一个信道的 1 000Base, 4 个信道的 10GBaseKX4 以及一个信道的 10GBaseKR)。

(4) 新一代 1/10 GbE 集成交换芯片, 每个口运行速度可以在 1、2.5、5 和 10 Gb/s。

(5) 1 和 10 GbE NIC 新的交换芯片可以通过远程直接内存访问 (RDMA) 和 TCP 卸载引擎 (TOE) 消除网络瓶颈。比如, 一个 10 GbE RDMA/TOE NIC 芯片可以达到 800-MBytes/s, 并且占用最小的处理器周期进行大的数据传输。

2) PCI Express 互联模式

该模式现已较广泛用于商用系统的应用设计中, 新的 VPX 模块标准同样采用了 PCIe。其主要特性包括:

(1) 点对点通信: 每个链接 (点对点连接) 可由 1、2、4、8、16, 或者 32 信道组成。

(2) 每个 lane 由一个传输和一个接收对组成, 发信为 2.5Gband, 理论上数据速率为每信道每方向 250Mbytes/s, 或 8 信道总合数据速率为 4 Gbytes/s。

(3) 每个数据位采用 8B/10B 编码和每个信息包端对端 CRC 提供充分的错误校验。

(4) 信息包承认协议提供了端对端可靠数据传输, 在错误时自动重发, 不需要软件控制。

(5) 数据流划分优先次序。

(6) 物理层强制位不规则性降低了 EMI (消除长序列 1 或者 0, 目的是消除长电平, 强制方波)。

(7) 电信号层采用 pre-emphasis/de-emphasis 来

优化信号完整性, 以降低印刷电路和接头原料成本。

嵌入式系统的网络结构的概念如图 2。

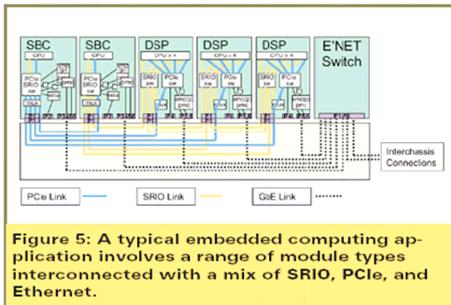
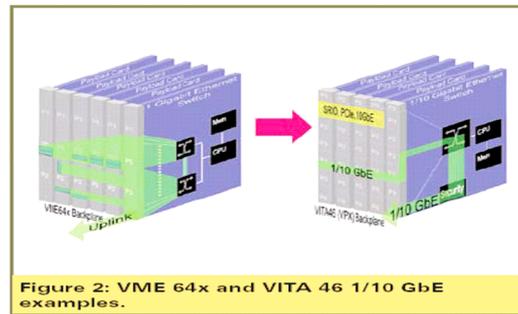
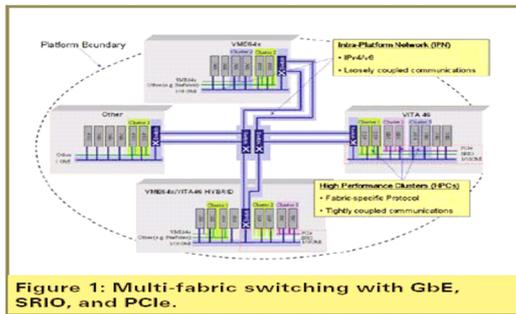


图 2 嵌入式系统的网络结构

3) RapidIO 协议

RapidIO 最早是由美国 Mercury Computer systems 公司为它的计算密集型信号处理系统自行开发的总线技术。RapidIO 是一种分组交换结构, 最初的开发目的是用来连接线路板上的芯片和连接机箱内的线路板。RapidIO 采用包交换技术, 使网络处理器 (NPU)、中央处理器 (CPU) 和数字信号处理器 (DSP) 之间的通信具有高速、低延迟、稳定可靠的互连性。目前, RapidIO 已成为开放的标准, 世界各大半导体公司都陆续推出了基于 RapidIO 技术的相关产品, 基于 RapidIO 通信体系架构技术的系统例如 ATCA、VITA 系列 (VITA41 即 VXS、VITA46 即 VPX、VITA48 即 REDI)、CPCI 等系统已在电信、国防、医疗等行业大量使用。

RapidIO 可提供 10 Gbps 以上的带宽 (RapidIO 2.0 规范可提供 100 Gbps 带宽), 其所有的协议都由硬件实现, 与软件无关。精简的 RapidIO 协议可以装在 FPGA 中, 只占芯片面积的小部分, 剩余部分可以留作它用。在新设计的 I/O 芯片中可以安置许多个 RapidIO 端口, 可以精简掉专用的开关芯片。由于是点对点通信, 它比多点总线能实现更多的同步传输, 且传输能力还能继续提高。

RapidIO 的主要特性是具有极低的延迟性 (纳秒级) 和高带宽, 比 PCI、PCI-X、PCIe 和 Infiniband 延迟都低很多, 并很容易实现和 PCI、PCI-X、PCIe、FPDP、以太网等的桥接, 适用于芯片与芯片、板与

板、系统与系统之间的高速数据传输。

4) 光纤通道

光纤通道是协议, 而不是指光纤电缆, 通常由以下几部分组成:

FC-0: 物理层, 定制了不同介质, 传输距离, 信号机制标准, 也定义了光纤和铜线接口以及电缆指标;

FC-1: 定义编码和解码的标准;

FC-2: 定义了帧、流控制、和服务质量等;

FC-3: 定义了常用服务, 如数据加密和压缩;

FC-4: 协议映射层, 定义了光纤通道和上层应用间的接口, 上层可应用串行 SCSI 协议, HBA 的驱动提供了 FC-4span text 的接口函数。FC-4 还支持多协议, 如: FCP-SCSI, FC-IP, FC-VI。目前各国正在开发光纤通道的 1553B 总线系统(FCAS)。

综上所述, 军用计算机系统的发展是为了解决处理器之间、板卡之间、计算机系统之间的高速传输问题, 提出一个开放的标准模式, 同时在软件上也提出了标准的开放模式, 在标准的物理接口上可以运行不同协议, 如图 3。可见, 只要掌握这些协议和可编程器件的编程就可以利用总线的标准开发军用计算机系统, 为集成工作站设计提供基础。

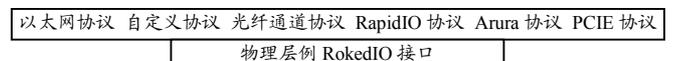


图 3 RoKedIO 接口支持多种协议示意图

2 新型计算机板卡在军用系统中的应用

1) 雷达

处理雷达信号的目的是从复杂回波信号中提取有用的目标反馈信号。为了从十分复杂的环境和干扰中获取目标信息，必然会对信号处理和数据提出更高更新的要求，同时，应当充分利用雷达、激光、红外和导航等信息进行多数据融合，因此，提高雷

达在复杂背景下检测目标的数据处理能力是雷达技术中的关键技术之一。利用雷航的板卡设计的雷达信号处理系统原理框图如图 4。

2) 互连

在某系统中，采用自行设计的板卡组成互连系统，解决数据的高速传输。数据多处理系统如图 5。

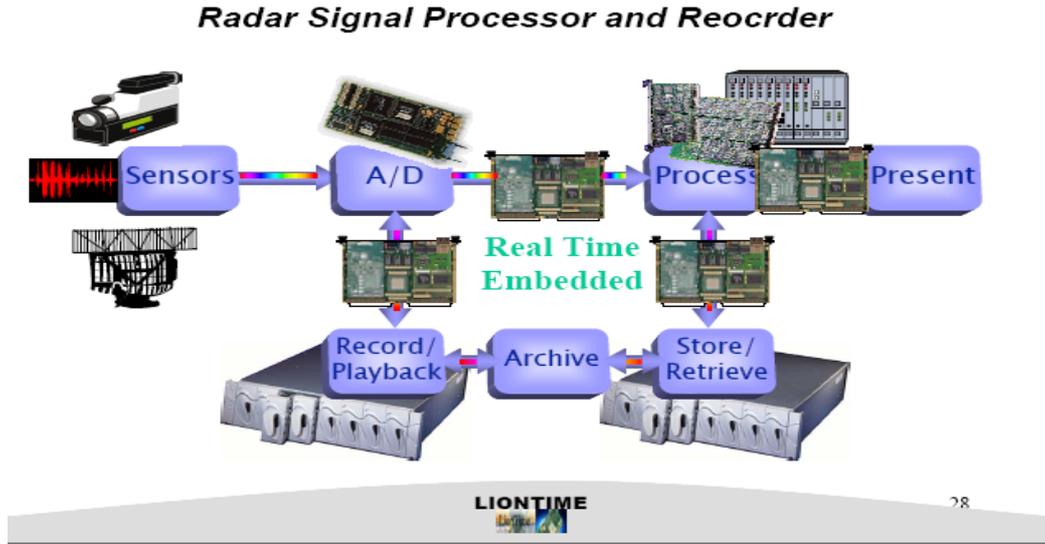


图 4 雷达信号处理和记录系统

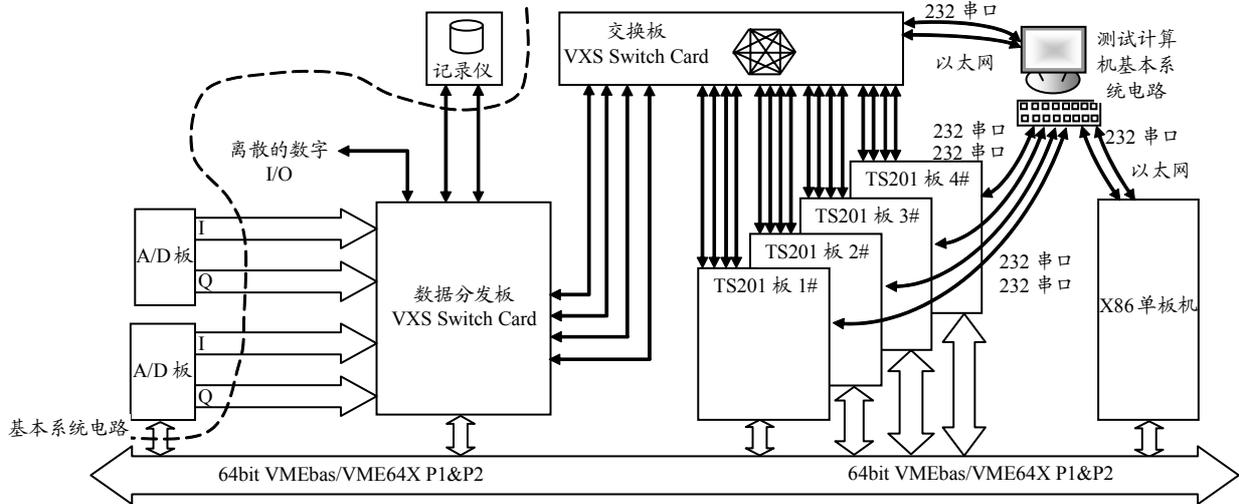


图 5 数据多处理系统

3) 车载

未来可考虑在战车系统中将机械式旋转连接器更换为光纤旋转连接器，采用高速串行数据通讯实现图像数据交换。可设想，未来装甲车辆在底盘或炮塔中有若干计算机子系统，采用上述的 3 种串行交换模式进行高速数据交换。其基本机构如图 6。

3 关于发展新型军用计算机系统的建议

综上所述，对军用计算机系统的发展方向提出

以下建议：

- 1) 提高对外国军用计算机技术先进性的认识程度，加大基础技术研究投入。
- 2) 加快对市场现有高速串行板卡基础上的系统开发。

国外在 VME 总线的基础上提出 Vita-41 和 Vita-46 的标准，解决了板卡之间的高速传输（可达到几十 G）。为了解决 CPCI 总线上高速传输，可以在 J4、J5 插座上采用高速传输的技术，国内已有

开发的样机。

3) 加快向光传输的转变。为了解决计算机系统之间高速传输, 可以采用高速接口转换成光纤介质传输, 实现远距离传输。

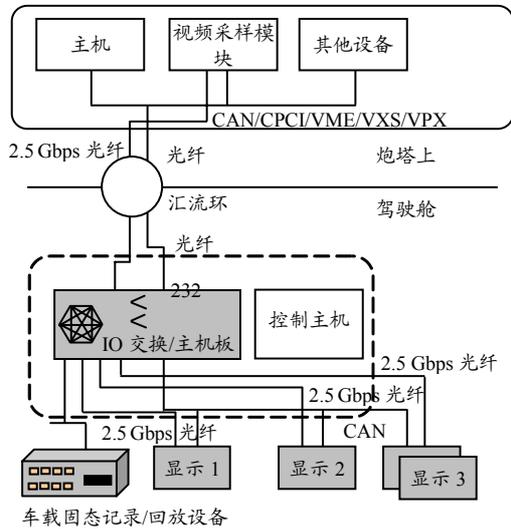


图6 车载高速数据传输系统

4) 制定相关标准。在处理器之间、板卡之间、计算机系统之间建立交换模式标准, 以便硬件软件的标准化的。

5) 开展基于高速串行数据交换技术的车载数据综合信息系统。计算机系统之间的高速通信可以建立AFDX或FCAS系统。

4 结束语

从以并行技术为基础的数据交换方式向以串行技术为基础的数据交换方式转变, 其意义不仅仅是物理器件上的技术进步, 更重要的是, 一种由技术创新原动力所引发的巨大的科技进步推动动能喷涌而出, 昭示着计算机的设计技术已经又一次产生了质的飞跃, 尤其是当这种技术普遍应用到军用计算机上后, 必将在计算机的组织结构、设计理念、底层软件组织模式及系统可靠性等方面产生深刻而长远的影响。

参考文献:

[1] 简宏江. 北京雷航时代科技公司产品手册[M]. 雷航时代公司, 2008.

[2] 法国泰勒斯计算机公司产品资料(英文)2007.

[3] 刘恩德. 军用计算机发展特点和趋势[J]. 计算机世界报, 1994, 31.

[4] Curtiss-Wright Inc Controls Embedded Computer 产品介绍, 2006.

(上接第24页)

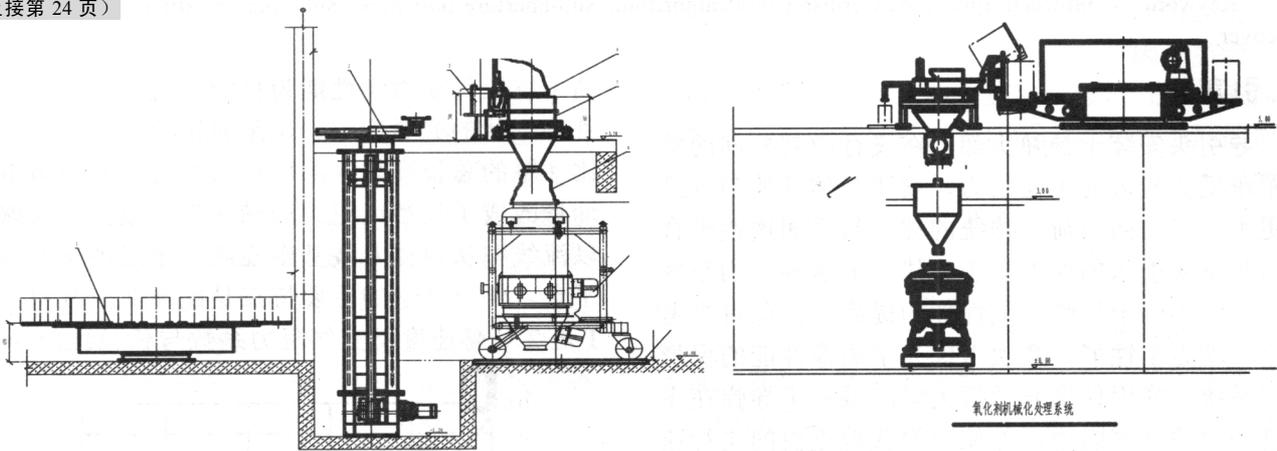


图2 炸药和氧化剂处理系统原理图

浇注缸内径满足多发浇注或大型弹体单发尺寸要求, 内设机械升降机构。

5) 自动清洗系统

在浇注工房还配有混合锅自动清洗装置, 主要用于自动清理混合锅内壁的残余药浆。清洗过程主要分刮药、擦药两步完成。整个清洗过程采用隔离操作, 程序控制、工业电视监视。现场设有防爆操作箱, 可完成单个动作的操作。

3 结束语

通过合理的工艺设计及关键设备系统的研制, 可以综合实现浇注PBX炸药成型工艺的工艺放大, 同时再造批生产流程, 增强各生产工序的综合匹配水平, 提高装药能力, 提高生产效率, 降低成本, 确保过程的安全, 从而满足各类型武器型号战斗部装药任务需要。

参考文献:

[1] 曲普, 薄晓瑞, 胥永清. 某转管机枪闭锁机导轨倾角分析[J]. 四川兵工学报, 2009(3): 67-69.