

## MIL-STD-1553 的换代产品并将成为下一代军用数据总线

Fibre Channel: Replacement for MIL-STD-1553 and Next Military Data Bus

关键字：[MIL-STD-1553 标准](#) [军用数据总线](#) [1553 总线技术](#) [光纤分布式数据接口](#)

### 一、航空总线目前状况简述

MIL-STD-1553 标准作为主干总线在地面系统和航空系统方面的应用已经有相当长的一段时间了。然而对于越来越大量的数据传输(视频、音频、分布式数据)应用,使得 1553 总线的带宽已无法满足现代系统应用的需求。许多高速的互连技术都有可能取代 1553 总线技术。这包括:光纤分布式数据接口(FDDI)、光纤通道(Fiber Channel)、异步传输模式(ATM)、火线(IEEE 1394)和快速以太网。在比较了这些技术,并考虑到要适应于将来的军用平台这样苛刻环境的要求,光纤通道(Fiber Channel)似乎是最佳的选择。

### 二、MIL-STD-1553 军用数据总线分析

MIL-STD-1553 是一种具有可确定性的、传输可靠的数据总线。特别适合使命关键的计算模块与实时传感器和控制器之间互连的应用。20 多年来,它广泛地应用于不同的军事平台(航空系统、地面车辆系统、舰艇系统)系统。1553 总线具有以下优点:

#### 1、线性局域网络结构

合理的拓扑结构使得 1553 成为航空系统或地面车辆系统中分布式设备的理想连接方式。与点对点连接相比,它减少了所需电缆、所需空间、和系统的重量。便于维护,易于增加或删除节点,提高设计灵活性。

#### 2、冗余容错能力

由于其固有的双通道设计,1553 通过在两个通道间自动切换来获得冗余容错能力,提高可靠性。通道的自动切换对软件透明。

#### 3、支持“哑”节点和“智能”节点

1553 支持非智能的远程终端。这种远程终端提供与传感器和激励器的连接接口。十分适合智能中央处理模块和分布式从属设备的连接。

#### 4、高水平的电器保障性能

由于采用了电器屏蔽和总线耦合方式,每个节点都能够安全地与网络隔离;减少了潜在的损坏计算设备的可能性。

#### 5、良好的器件可用性

1553 器件的制造工艺满足了大范围温度变化以及军标的要求。器件的商品化使得 1553 得以广泛地应用在苛刻环境的项目当中。

## 6、保证了的实时可确定性

1553 的命令/相应的协议方式保证了实时的可确定性。这可能是大多数系统设计者在设计使命关键系统中选择 1553 的最主要的原因。

尽管有以上的这些优点，但其 1 Mbit/sec 的传输速率成为了它的限制因素，无法满足现代航空和地面车辆系统应用中支持数据、音频、视频信息交换的基本需求。

## 三、军事车载/机载/舰载局域网需求分析

为了维持在信息战中绝对的控制权地位，现代军事平台上传递的信息从种类上和数量上都在急剧增加，并且快速地走向数字化。数字信号处理、目标跟踪和目标识别都是现代系统中的典型应用。这些应用导致了在飞机、坦克、和舰艇上的数据流量的激增。这些不断增加的新的需求促进了系统结构的不断进化，以适应对数据流量、数据存储、和处理速度方面的需要。这些系统进化包括：

- 传感器采集的数据在系统前端进行数字化并提高采样频率(100+ 兆样本/秒)
- 传感器融合需要高性能的中央信号处理器来浓缩数据
- 将模拟视频信号转换为数字视频数据

这些系统结构的特征将成为选择新一代总线技术的基本参考指标。

为选择苛刻环境下的下一代主干网络技术，可以从以下几个方面对不同技术的功能和性能做个比较：

- 统一标准
- 商业支持
- 容错能力
- 同步视频(Isochronous Video)
- 易维护
- 高带宽
- 实时可确定性行为（低延迟）
- 支持苛刻环境

## 四、局域网络的选择

现在有很多开放的 LAN 标准在商业领域得到广泛的应用。图 1（互连技术族谱）显示了一些比较流行的互连技术在整个应用领域中的位置。广域网和城域网（MAN）有很强的全局能力，但不适合作为飞机和车辆上使用的主干网络。存储局域网（SAN）以及 I/O 到总线的连接也同样是不合适的。那些落在局域网（LAN）范围里的才是可作为候选的主干网络技术。它们包括：光纤通道(Fibre Channel),光纤分布式数据接口(FDDI),以太网(Ethernet),

火线/IEEE 1394 (Firewire/IEEE 1394),异步传输模式 ATM 和通用串行总线(USB)。

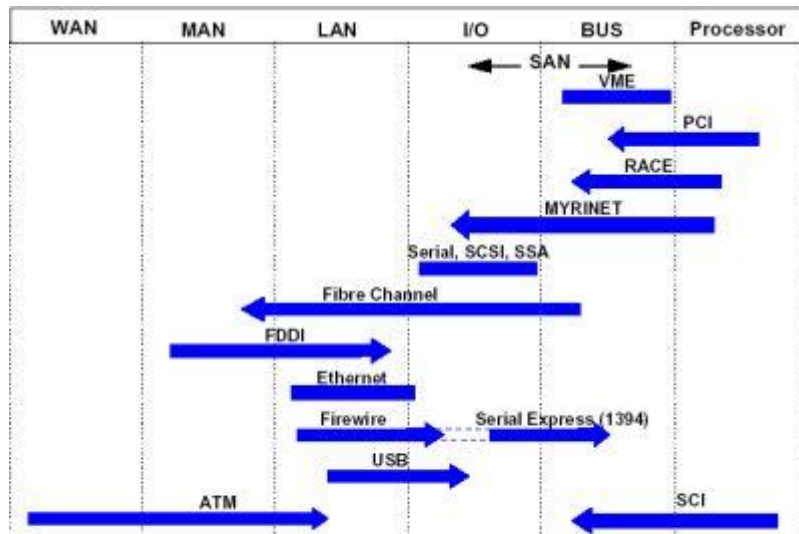


Figure 1: Interconnect Technology Spectrum

## 五、技术的应用情况和成熟程度分析

在挑选的过程中,技术的应用情况及成熟程度和在技术上的比较是同等重要的。它能够告诉我们一项技术的生存能力和潜在应用的发展空间。图 2 (LAN 各项技术的应用情况和成熟程度)显示了军用系统 LAN 的各种技术的应用情况和成熟程度。在这条曲线上,所有的技术都处于被引入和被淘汰的状态之间。出现在曲线前端的技术还没有达到充分的成熟,所以还没有被广泛地用于新一代的军事系统。另外一些虽然已经很成熟,但如果应用于现代新的系统中又显衰落。比如,前面提到过的 MIL-STD-1553 已经走过了它的成熟期并走向下坡了。可以看出,光纤通道已经开始被早期的创新者使用了,而且有将成为主流技术的趋势。

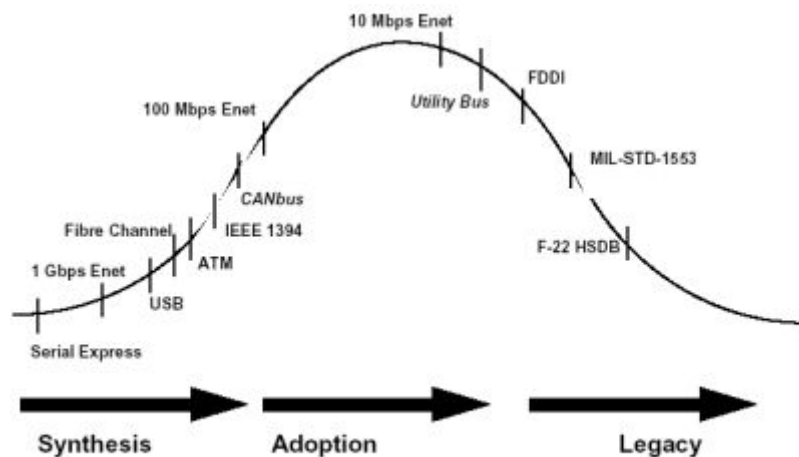


Figure 2: LAN Technology Adoption/Maturation Status

如上图所示,对于现在很多新兴的互连标准我们没有做过多的考虑。这是因为还没有现成的苛刻级集成电路器件并且/或者没有适当的发展条件。这些技术包括:

- IEEE 1394(也叫火线)

这个具有工业标准的、高速(100 Mbit/sec 到 400 Mbit/sec)、对等节点的网络外设串行总线有以下的优点: 支持设备的热交换, 兼容即插即用, 支持同步音频/视频。但其主要限制因素在于它的网络是在特定距离内(十多米)的树型拓扑结构。因此当用做车辆的干线网络时就会使铺设和维护变得比较复杂。另外, 其在苛刻环境下的可靠性对于军用系统集成商的要求还相距甚远。

- 快速串行式汇流排(Serial Express)

这是一种基于 IEEE 1394 但支持更高速和更远距离的高速(1 Gbit/sec) 串行总线。因为它是一种全新的技术, 所以现在预测它在军用系统中的应用地位还为时过早。

- 通用串行总线(USB)

USB 是一种 12 Mbit/sec 的桌面外设互连总线。它的设计目标是取代现有的一些接口包括 RS-232C 串行口, PC 并行口, MIDI 口和显示器接口。在桌面 PC 应用方面它是 1394 的理想补充。但因为它太慢而且也拥有一个不适当的树型拓扑结构, 所以不会被作为主干网络技术采用。

- 千兆以太网

千兆以太网正在被网络业界广泛采用。但它的点对点结构使得在车辆应用中的连接和维护都会很复杂。此外, 以太网内在的不确定性和多冲突的特点使它不适合与需要实时、有保障、可确定性的航空和地面车辆一类的通信应用。

## 五、有竞争力的主干网络技术分析

现在剩下的能够满足所有要求的(高性能, 适应恶劣环境, 支持数据、音频、视频传输)互连技术有以下几种:

光纤分布式数据接口(FDDI 铜线版 100 Mbit/sec)

光纤通道仲裁环路(Fiber Channel-Arbitrated Loop 铜线版 100 Mbit/sec 或 1 Gbit/sec)

异步传输模式(ATM - 铜线版可达 155 Mbit/sec, 光纤版可达 622 Mbit/sec)

表 1 对这些技术做了比较, 并与 MIL-STD-1553 做了对比。

表 1: 互联技术比较

### 备注:

a. ATM 方式必须要求星形的物理交换架构, 因此对 8 个冗余节点, 我们需要一个 16 口的交换机才能完成。

b. ATM 或者 FC-AL 方式使用双重节点适配器来获得冗余/纠错能力。

c. DDI 或者 FC-AL 方式能够利用一个简单的交换机来实现星形物理架构, 从而解决环形结构固有的一点出错导致整体系统崩溃的问题。



比较参数	ATM	FDDI	FC-AL	1553
工程花费 (每个冗余节点的材料花费, 以美元计)	8000 (1)	2500	2500	1000
传输速率 (兆比特/秒, 可能高千实际速率)	155	100	100	1
数据延迟 (最坏情况)	300	36	30	60
是否确定性传输	否	否	是	是
总线初始化时间 (ms)	10.0	10.0	1.0	0.1
实际应用的节点数	16	16	16	32
电缆长度 (以铜线计)	100m	100m+	50m	30 (4)
是否需要智能节点	是	是	是	否
允许工作的温度范围 (°C)	70	130	145	180
截面积 (平方英寸)	20	12	12	4
是否电绝缘	否	否	否	是
恶劣环境中的应用	否	海军	空军	各种环境
物理层实现方式	STP	Trinax	Trinax	Tri-ax
是否确定性传输 (是否发送确认帧 ACK)	否	是	是	是
适合实时控制的程度	1	6	5	10
冗余管理	1 (1)	8 (3)	4 (2, 3)	10
的供货渠道	未知	若干	需要 VHDL 支持	4
成熟度	3.0	6.0	3.0	10.0
最大功率	25 (1)	12.5	10	3
检测设备的有效性	5	8	4	10
发展状况	10	1	7	1

### 1、光纤分布式数据接口(FDDI)分析

FDDI 技术已很成熟。它作为 MIL-STD-1553 替代品的主要优点是它内在的双冗余结构。但缺点是它的令牌环的工作方式导致较低的传输速率。FDDI 的最高传输速率可达 100 Mbit/sec。然而 1 Gbit/sec 的技术现在已经很普遍了。另外，它的节点适配器高昂的价格（约 \$2500），也成为它发展上的一大障碍。

FDDI 在一些海军项目上有所应用，但并没有用在温度要求苛刻的环境，而是用在像指挥控制室这样的普通环境。需要说明的是这些海军应用现在也开始把目标放在光纤通道或 ATM 上了。

### 2、异步传输模式(ATM)

ATM 已经在电信业得到了广泛的应用，并成为广域数字连接方式的首选。由于其硬件和软件标准化的进程过于缓慢，使 ATM 至今仍然停留在一种新生技术的状态，阻碍了成为被工业界所接受的主流产品的进程。由于现在高速以太网和将来千兆以太网的竞争，ATM 始终没能打入桌面互连市场。

ATM 协议主要是为语音信号传输所设计的。对于语音和视频而言，ATM“准时、有序、但不必可靠”的特点是很理想的。这些特点对于要求可靠、无误的数据传输来说却是不合适的。语音信号在传输过程中丢包可能不会被我们的耳朵察觉到，但是对于数据块来说丢包将引起严重的低效率。ATM 软件驱动的开销更增加了网络的延迟。不同于电信业可以允许 100ms 的延迟，使命关键军事应用要求更快捷的响应控制。

商业上还没有出现可以在大范围温度下工作的 ATM 节点适配器芯片组。和 FDDI 一样，ATM 也被用在正常温度条件下的舰上系统，但应用范围较小。

### 3、光纤通道 (Fiber Channel)

光线通道符合 ANSI 标准, 定义了一系列协议以提供低延迟、高带宽连接。与讨论的其它候选技术不同, 光纤通道不仅支持主机—外设的通道连接, 还支持主机—主机的网络连接。它支持多种传输速率(133 Mbit/sec 到 4 Gbit/sec), 它的 8-bit/10-bit 编码方式提供了数据的完整性和高可靠性。尽管它的名字叫光纤通道, 但是它可以支持多种串行物理传输媒介, 包括同轴铜缆、双绞线和光纤。光纤通道标准定义了三种拓扑结构: 交换结构(fabric switch)、点对点结构(point-to-point)、和仲裁环路结构(Fiber Channel-Arbitrated Loop), 第三种结构实现了一种高性能低延时的网络连接, 并提供了升级的空间。FC-AL 结构允许最多 127 个节点, 串行或环形连接, 并提供了良好的电气性能, 意味着更高的数据传输效率。不同与 ATM, 光纤通道不需要集中器, 这样就比 ATM 的交换结构节省了成本。当需要有保障的性能特点时, 可以采用点对点连接结合基本环的方式。

FC-AC (Fiber Channel Avionics Environment 光纤通道航空电子领域) 标准化协议工作组正在开发一种操作版本, 想将现有的光纤通道标准应用到军事领域特别是航空电子领域。该工作组正在定义一组实时的结构以扩展光纤通道, 从而提供确定性延迟、带宽、以及满足使命关键的应用项目的需求。它们的重点是要定义实时的仲裁环路扩展, 实时请求的优先权抢占机制, 和一个实时同步环路。它们的目的是通过使用定长的包和保障的对环路的存取来提供有界的延迟和确定的响应。因此, 它很接近与 1553 类似的可确定性行为。不过 FC-AC 可以提供 1553 所不能提供的 1Gbit/sec 的接口。

光纤通道已经取得了越来越多的市场份额, 并且得到了主要工作站和服务器供应商(惠普 HP、康柏 Compaq、IBM、SUN) 的支持。大多数主要服务器公司也是光纤通道协会的成员, 他们计划将光纤通道技术应用到服务器及存储系统的互连中去。在军事领域它也日渐流行, 并在航空和地面系统的升级项目中得到具体的应用。

## 五、总结和推荐

FDDI 作为一项十分成熟的技术已经被应用于军事领域。然而, 它并没有被广泛地接受。尽管它提供了内在的冗余, 但却没有良好的实时的可确定性数据传输方案。与其它技术相比, 其最大数据传输速率也较慢。

作为一种新兴技术, ATM 虽然在电讯交换机市场获得广泛的支持, 但没能成为主流技术。它的不够可靠的通讯协议和缺乏大温度范围的部件决定了它在近期也不大可能成为苛刻环境计算网络干线的候选技术。

基于铜缆的光纤通道仲裁环路(FC-AL)能够实现高性能、低延迟的网络连接。具有大容量数据吞吐能力和延展的能力。已经在商用领域得到广泛的采用, 并在军事领域逐渐被接纳和采用。

经过对上述几种技术的评估和比较, 可以清楚地看出, 对于需要有高带宽和低延迟的数据干线来说, 光纤通道将是最佳选择。可以预见, 光纤通道将很快会成为一种主要的基于开放工业标准的、新兴的、可延展的、可用于航空和地面车辆系统的新一代的局域网络总线技术, 并在现代苛刻系统中被广泛采用。

2008.7.16 技术部资料