

超大容量 OTN 高速交叉技术

1、OTN 交叉技术发展

OTN 交叉技术背景

随着 OTN 光传送网标准的不断成熟，支持的业务种类不断的丰富，从最初的只能支持 SDH 同步数字体系业务传送，发展为支持各种速率的以太网信号的透明传送，甚至能够支持灵活的支持弹性分组数据流业务，为此 OTN 标准引入了诸多技术改进：引入 1.25Gbps 级别的光数据单元 ODU0 颗粒以及时钟透明的编码压缩技术支持 GE 业务时钟透明传送；引入 ODU2e 颗粒支持 10GE 业务完全透明传送；引入 ODU4 颗粒支持 100GE 业务完全透明传送；以及基于现有的 ODU3，引入时钟透明的编码压缩技术支持 40GE 业务时钟透明传送；与此同时，引入灵活的 ODUflex 颗粒，支持未来可能的各种客户业务以及分组数据流业务，所有这些标准增强特性很好的适应了客户业务的发展，大大提升了光传送网的业务适配性。随着技术的逐步成熟，OTN 技术已经成为业界公认的下一代主流传送技术。

OTN 电交叉调度系统是构成 OTN 光传送网络的关键部件，系统的主要功能单元包括 3 部分：

- 1) OTN 支路单元：实现各种客户信号的接入和映射进入低阶 ODU_j 容器；
- 2) ODU 电交叉调度单元：实现 ODU_j 管道的快速建立和拆除功能；
- 3) OTN 线路单元：实现低阶 ODU_j 容器的复接/解复接和线路传送功能。

OTN 交叉调度技术关键能力

OTN 电交叉调度单元需要实现时钟异步的各种速率的低阶 ODU_j 透明管道的快速建立，其技术要求为：

- 1) 按照波分干线容量要求，支持 10T+以上的交叉容量；
- 2) 为了适应未来带宽的快速增长，支持交叉容量的方便扩展；
- 3) 支持所有类型的 L0 ODU_j 颗粒 (j=0, 1, 2, 2e, 3, 4, flex) 调度；
- 4) 支持所有 L0 ODU_j 颗粒全部容量的调度；
- 5) 支持无阻塞 L0 ODU_j 交叉调度；
- 6) 支持交叉单元的冗余保护，要求具备电信级可靠性。

2、超大容量 OTN 高速交叉技术

构建大容量 OTN 交叉系统

OTN 高速电交叉系统主要包括 OTN 支路处理单元、ODU 电交叉调度单元和 OTN 线路处理单元，如下图 1。

1) OTN 支路处理单元，实现客户信号接入及适配到 LO ODU，以及交换网接口适配处理功能；

2) ODU 电交叉调度单元，实现背板接口处理以及 ODU 管道路径的任意调度功能；

3) OTN 线路处理单元，实现彩色波长转换功能、OTUk 线路接口处理功能，包括 FEC 编解码、HO ODU 的复接及解复接功能，以及交换网接口适配处理功能。

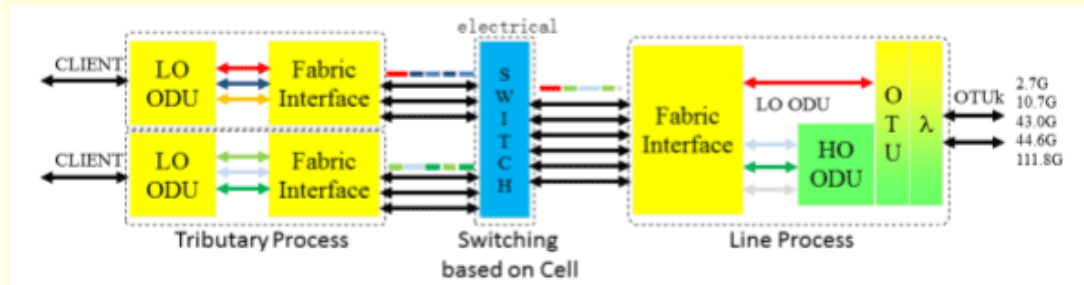


图 1 OTN 高速电交叉系统框图

高可靠的 OTN 交叉架构

OTN 高速电交叉架构要求各个业务处理单元与集中交换网实现高速链路全互联，每个业务处理单元的交换网接口模块高速端口均匀分配连接到各个交换网单元，从而实现 M:N 保护的超大容量 LO ODU j 颗粒无阻塞的 OTN 高速电交叉架构。如下图 2。

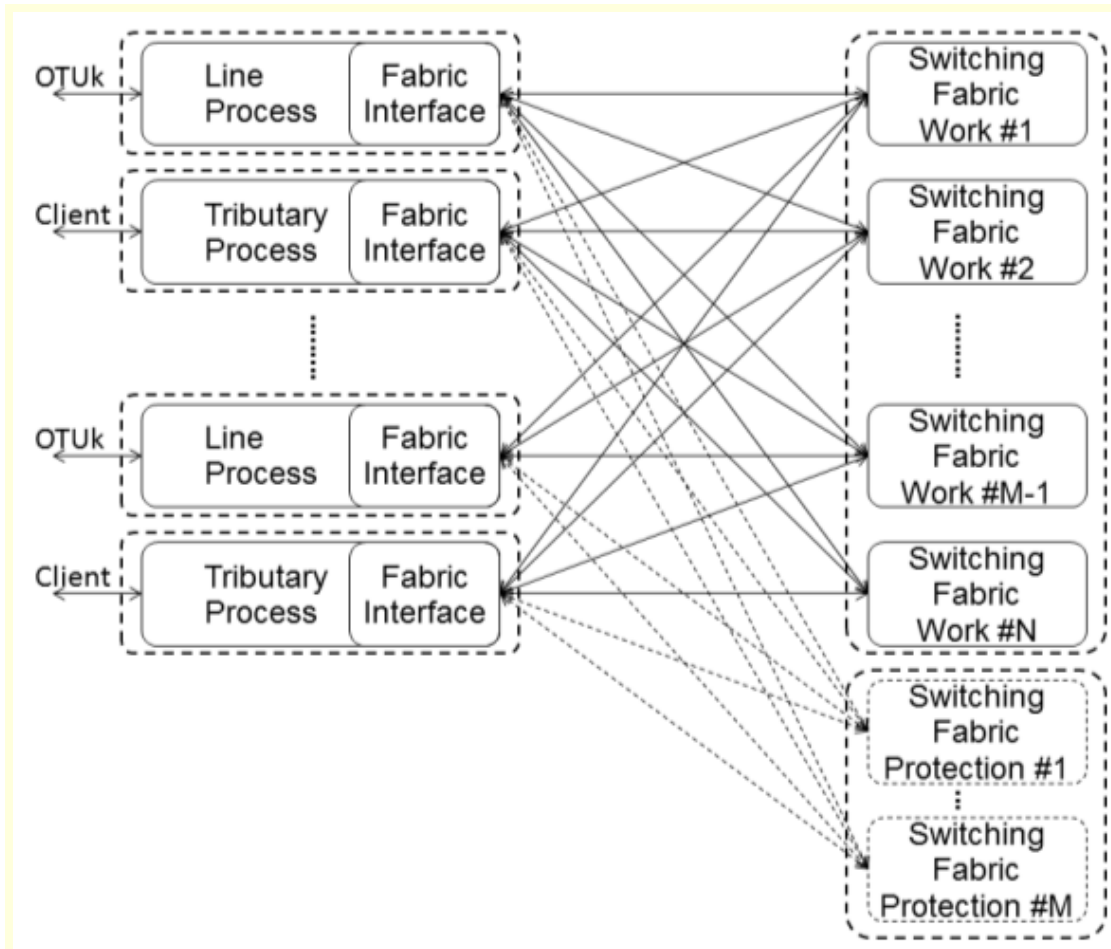


图 2 超大容量 OTN 调度架构框图 (M:N 保护)

M: N 交叉单元保护技术在大容量交换系统中比较常用，从兼顾背板总线数量以及保护可靠性的角度出发，采用 2 组保护单元的保护方式 (M=2) 是一种性价比较高的选择。

M:N 可维修冗余系统可用度稳态公式为：

$$A(\infty) = \frac{\sum_{j=0}^M \frac{1}{(M+N-j)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^j}{\sum_{j=0}^{M+N} \frac{1}{(M+N-j)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^j}$$

其中 λ 为单元故障率， μ 为单元修复率。

如下表 1 是各种交叉单元保护方式的稳态可用度对比数据举例。

保护方式	备用单元数 M	主用单元数 N	背板总线数冗余 增加比率	稳态可用度 A
0:12	0	12	0%	99.99% (4个9)
1:12	1	12	8.33%	99.99999% (7个9)
2:12	2	12	16.67%	99.999999999% (11个9)

注：
1、按照相同主用交叉单元数量 (N=12) 进行对比
2、假定，每个交叉单元故障率为 1140fit ($\lambda=1.14 \times 10^{-3}$)，故障平均修复时间为 10 小时 ($\mu=1/10$)

2: N 交叉单元保护技术相比 1: N 交叉单元保护技术，增加 8.33% 的背板总线数量，交叉单元稳态可用度提升 4 个 9，实现较低代价获得交叉系统高可靠性。

超大容量 OTN 交叉对 100G 网络的价值

1) 业界最大的单框 10T+ OTN 交叉容量，交叉容量易扩展，未来可以升级扩展到单框容量 20T+ 以上；

2) 采用先进的统一交换技术，支持所有类型的 ODU_j 颗粒的调度 (j=0, 1, 2, 2e, 3, 4, flex)，各种 ODU_j 颗粒支持全容量调度，调度无容量限制并且调度无阻塞，实现任意 ODU_j 管道路径可达；

3) 采用系统同步的 ODU_j 映射技术，确保 ODU_j 颗粒时钟完全独立，保证 ODU_j 之间的异步关系，真正实现 ODU_j 刚性管道调度；

4) 交叉系统采用高效的 M: N 交叉单元保护，具备非常高的系统可靠性，交叉系统稳态可用度达到 99.999999999% (11 个 9) 以上；

5) 针对背板高速链路采用前向纠错技术，提供接近 3dB 的编码净增益，彻底杜绝零星误码。