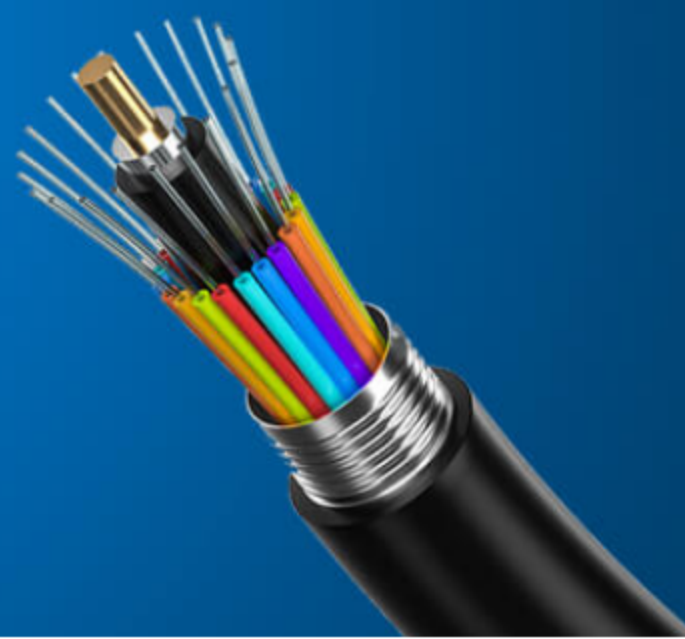


OM5 MULTIMODE FIBRE: DEVELOPMENTS AND PROSPECTS

OM5多模光纤的研发现状及前景

随着网络数据通讯量的迅猛增长，近年来，多模光纤及其应用的相关标准在持续升级。以太网速率从10GbE/40GbE/100GbE升级到25GbE/50GbE/200GbE/400GbE，将来还会升级到更高速的800GbE/1.6TbE；光纤通道速率从8GFC/16FC升级至串行的32GFC/64GFC和并行的128GFC/256GFC，以及将来更高速的串行128GFC和并行512GFC。同时，多模光模块技术逐步从NRZ编码发展至4电平的PAM4信号编码；从单波长光源发展至多波长复用，如2波复用的BiDi技术、4波复用的SWDM技术，以及将来可能的8波长复用。此外，多模光纤还有模分复用（MDM）的潜力，通过利用多模光纤中的多个可用模式来增加传输容量。



01 数据中心中布线应用现状

CURRENT STATUS OF DATA CENTER CABLING APPLICATION

近年来，数据中心网络需求持续增长，根据思科的统计和预测，2015至2020年间，全球数据中心总体流量年复合增长27%，其中云数据中心年复合增长30%，传统本地数据中心每年保持9%的稳定增长。

目前，大多数数据中心的布线方案是采用铜、短距离多模光器件、长距离单模光器件共同完成。其中多模SR4和单模PSM4解决方案占主导。数据中心内部布线选择的关键指标之一是成本，往往成本最低的方案最具有优势。因此，SR用于数百米距离内，LR用于2千米以上的长距离。阿里巴巴目前在其网络中采用100GBASE-SR4多模光纤连接，发现其比基于单模光纤和PSM4或CWDM4的连接方式更具性价比。鉴于企业本地数据中心的规模、架构、网络容量和存储需求，多模光纤和VCSEL仍将是这一重要市场的首要解决方案。

02 OM5光纤厂家及SWDM联盟

OM5 FIBRE MANUFACTURERS AND THE SWDM ALLIANCE

OM5光纤将传统OM4光纤在850nm的带宽性能拓宽到953nm，利用4波长短波分复用（SWDM4）技术，在一根多模光纤上同时传输四个波长，将多模光纤传输容量提高至原来的4倍，同时完全向下兼容。

作为一种能够大大提升多模光纤传输容量并增加传输距离的新技术，SWDM对于数据中心建设以及相关光纤、器件和设备厂家的意义不言而喻。目前，该联盟成员包括长飞、康宁、OFS、Prysmian、康普等光纤和布线厂家，还包括戴尔、华为、华三、Juniper等设备厂家和Finisar、Lumentum等模块厂商。该联盟于2017年3月发布了多源协议（MSA），定义了40GE SWDM4和100GE SWDM4的应用需求，并表示将在今后进一步拓展到400Gb/s应用。

03 OM5光纤相关标准更新进展

UPDATE ON OM5 FIBRE STANDARDS

OM5光纤建立在OM3/OM4光纤的基础之上，并扩展其性能以支持多个波长，OM5展示了多模光纤系统可持续发展的未来。自2015年至今，几大国际标准组织均新增了对OM5光纤及其应用的规范。

3.1 TIA和IEC

电信工业协会（TIA）率先于2016年6月正式发布TIA-492AAAE光纤标准，定义了可支持850nm~950nm波段波分复用技术的宽带多模光纤（WBMMF）。2016年10月发布ANSI/TIA-568.3-D光纤结构化布线标准，批准使用TIA-492AAAE光纤进行布线。

国际电工委员会（IEC）于2017年8月正式发布IEC 60793-2-10 ed. 6光纤标准，将WBMMF定义为A1a.4光纤类型，并得到ISO/IEC对11801. ed. 3请求联络的支持，随即于2017年11月正式发布ISO/IEC 11801-1光纤布线标准，确定了用这种光纤布线的名称为OM5。

3.2 IEEE 802.3

2016年9月起草、2017年12月正式发布的IEEE 802.3bs标准，定义了200Gb/s和400Gb/s以太网的媒体访问控制参数、物理层和管理参数，其中也为宽带多模光纤布线正式命名为“OM5”，并规定了OM3/OM4/OM5三类光纤在400GBASE-SR16系统中可支持的最短链路距离，如表1所示。

PMD type	Required operating range ^a
400GBASE-SR16	0.5 m to 70 m for OM3
	0.5 m to 100 m for OM4
	0.5 m to 100 m for OM5

表1 OM3/OM4/OM5三类光纤在400GBASE-SR16系统中可支持的最短链路距离

2016年11月起草，2018年12月发布的IEEE 802.3cd标准定义了50Gb/s、100Gb/s和200Gb/s以太网的媒体访问控制参数、物理层和管理参数，并规定了OM5光纤均可以支持100米以上的50GBASE-SR、100GBASE-SR2和200GBASE-SR4。

2017年11月，IEEE 802.3成立下一代200Gb/s与400Gb/s多模光纤物理层研究组，旨在采用比现有以太网更少的多模光纤来实现200Gb/s和400Gb/s系统的传输，简称“NGMMF研究组”。在2018年1月举行的研究组第一次正式会议上，提出了400GBASE-SR8或400GBASE-SR4.2两种方案替代400GBASE-SR16来实现对400G以太网的支持，最小传输距离100m。400GBASE-SR8方案采用8对光纤，可以充分利用现有技术的优势（采用对PAM4更友好的VCSEL），目标波长为850nm，目前有QSFP-DD、OSFP和COBO 8-Lane几种光模块封装。400GBASE-SR4.2方案采用4对光纤，保持了跟现有100 GBASE-SR4方案相同的布线方式，每根光纤传2个波长，同样也采用PAM4调制技术，目标波长为850nm和一个更长波长的光源。400GBASE-SR4.2方案更适合采用可支持多波长的OM5光纤进行布线。相关标准IEEE 802.3cm于2020年1月发布。



04 OM5光纤的应用及未来发展

APPLICATIONS OF OM5 FIBRES AND THE FUTURE

OM5光纤的设计初衷，即为应对多模传输系统的波分复用（WDM）需求。因此，其最具价值的应用，是在短波分复用领域。目前，单波50Gb/s基于多模光纤的多波长光模块大都还在研发阶段，只有少数光模块厂商能够提供少量的样品，但仅供内部实验使用。PAM4调制方式可以在现有25Gb/s的VCSEL基础上提供单波50Gb/s的速率。两波长双向（BiDi）技术和四波长复用（SWDM4）技术分别为100Gb/s以上高速以太网链路精简了二分之一和四分之三的光纤用量。

研究者发现，通过在光纤芯层掺入适当的氟元素，能减小不同波长对应的最优alpha值差异，从而使得“超宽带多模光纤”在850nm~1050nm整个波长范围内带宽得以提高。这一结果证明了“超宽带多模光纤”有能力在850nm~1050nm窗口内支持8个间隔为30nm的波分复用通道。

近三年来，各光纤厂商和光模块厂商纷纷报道了OM5以及“超宽带多模光纤”在PAM4调制技术及波分复用技术加持下的最新传输结果，如表2。从报道的实验结果来看，OM5光纤足以支持150米以上的100Gb/s、200Gb/s和400Gb/s多波长传输系统。

此外，经过优化设计，50μm芯径的多模光纤可获得1550nm窗口下比少模光纤更低的差分模式群时延（DMGD），用于多输入-多输出（MIMO）模分复用（MDM）系统中，从而将光纤容量提升数倍，这证明了未来多模光纤进行模分复用的潜力。

	FIT			Finisar		OFS		Prysmian		Panduit			长飞	
	OM3	OM4	OM5	OM4	OM5	OM4	OM5	OM4	OM5	OM3	OM4	OM5	OM4	OM5
100GB/s-BiDi (850nm, 910nm)	70m	100m	150m			200m	400m			70m	100m		200m	300m
200GB/s-SWDM4 (850nm, 880nm, 910nm, 940nm)				100m	300m		300m	100m	300m					
50GB/s @980nm					300m		300m		200m				200m	
50GB/s @1060nm					200m		200m							

表2 最新报道的PAM4传输实验进展

05 总结

SUMMARY

多模光纤一直是高效灵活的传输媒介，不断开发多模光纤新的应用潜能，能使其适应更高速的传输网络。多模光纤搭配VCSEL具有低链路成本、低功耗、更高可用性的优势，成为大多数企业客户最具成本效益的数据中心解决方案。云数据中心和企业本地数据中心持续稳定的需求增长，为经济高效的多模光纤解决方案提供了广大的市场前景。新行业标准定义的OM5光纤解决方案是针对多波长SWDM和BiDi收发器而优化的，为100Gb/s以上的高速传输网络提供更长的传输链路和网络升级余量。