

突破低时延的阻碍

作者：Stephen Hardy，《Lightwave》总编

随着金融领域中算法交易的大量增长，低时延网络已经引起大家的兴趣。而时延是什么引起的呢？又能如何避免呢？

目前对于低时延网络的关注已经不是什么秘密。随着算法交易的增长，从事交易和其它金融业务的机构都存在让他们尽可能快地执行交易指令的通信需求——最好是比他们的竞争对手更快。运营商，尤其那些较有竞争力的，希望去掉从交易者到交易平台之间的一切可能的信号延迟。

当然采用光通信是首要条件，因为没有任何东西的速度比光快。除光纤外还有一些延迟可以去掉，特别是当客户要求微量量级的时间优势时。去掉网络延迟需要细致的基础设施规划，同时包含很多的折衷方案。

导致延迟的因素

延迟——信号在到达目的地前花费的时间——在很多应用中都有其重要性，包括军事、政府、科研、教育、灾难预警和高速在线游戏等等。依赖于精准时间点和对交易环境精确判断的算法交易的增加，使得金融通信中低时延更具有重要性。

ADVA Optical Networking 的技术市场总监 Jim Theodoras 说：“今天我才知道，交易中输和赢之间的差别只有短短 250ns。”该公司已经开始销售低时延传输设备数年。

Optimum LightPath 是一家有竞争力的通信设备供应商，为了金融通信从零开始发展，占有了纽约的城域市场。其产品策略和管理副总裁 John Macario 说：“延时是这场游戏的赌注，如果你没有有竞争力的延迟，那赢的概率微乎其微；如果有毫秒量级的差距，最好忘掉它。”

由于误码的余量过小，想要争取金融公司客户的运营商都必须认真检查他们网络的每个细节。“人们往往忽略了占据最长时间的传输，因为没有人能够把光纤中传输的光提速。因此，人们的关注点主要在软件层面，以及路由器层面和避免阻塞，” Theodoras 说到，“但很明显，他们只在交叉上节省了纳秒或者微秒量级的时间，他们可以通过更好的传输策略实现毫秒量级的节省。”策略主要涉及四项主要元素：光纤、网元、线路速率、传输距离。

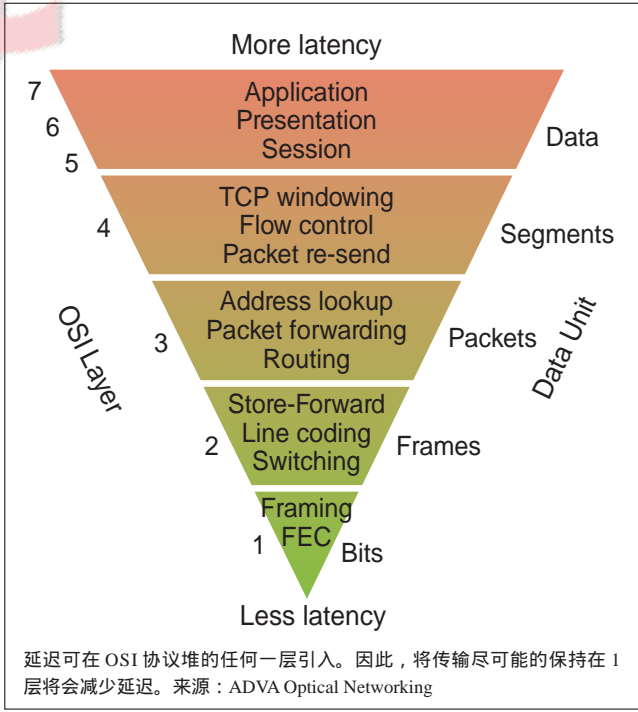
当运营商考虑每个因素时，它们之间的关系变得更清晰——减小网络的某一部分的某一种时延，可能会强迫你在某些地方增加其它一项。

光纤

“目前最大的延迟贡献来自光纤本身，” Nokia Siemens Networks 北美 DWDM 销售总监 Jim Benson 说。由于光纤使用年限和类型可能对传输距离产生影响（下文将证明，这将进一步影响网元的延迟）。他声明，基本上来讲，大有效面积光纤和普通单模光纤的本征区别并不大。

虽然不同光纤的区别并不大，但它们对于延迟贡献的差别却不小。MRV Communications 声称，不同光纤的折射率差别为每公里 5 微秒。

因此，光纤的长度越短、延迟越短。Theodoras 表示，对于这个因素，ADVA Optical Networking 与暗光纤提供



商以及主机托管商频繁接触，以满足潜在的金融客户的要求。目的是为了找到离客户最近的网络捷径，以及信号需要去哪里、网元之间最短的连接路径。

如果运营商需要在网元中增加 20 公里或者更长的色散补偿光纤 (DCF) 以支持高码率信号或者补

偿低质量平台，它们可以不做这些规划。基于这些原因，系统必须在设备中集成其它形式的光色散补偿模块——这仅仅是网络设计影响整体延迟的一个方面。

网元

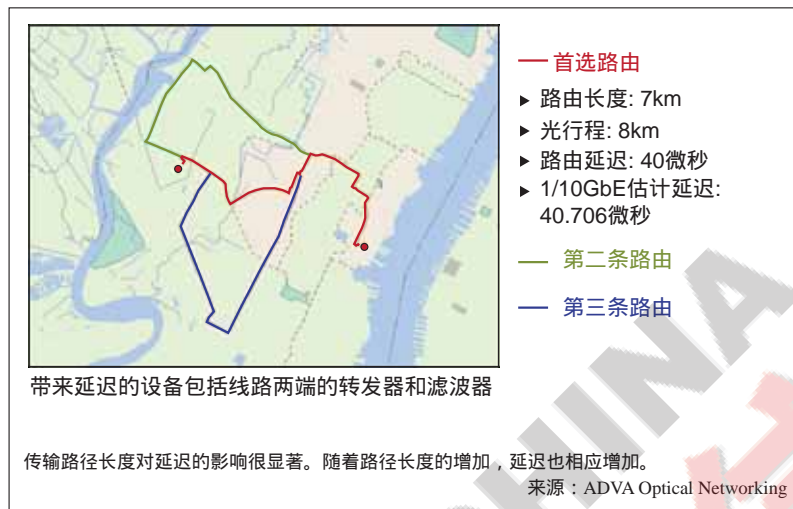
Ciena 企业网高级总监 Per Hansen 说，DCF 会平均增加 15% 到 20% 的路径，具体取决于它需要的频繁度。因此，Ciena 和其它系统供应商一样，也引入了基于光纤布拉格光栅的补偿技术，以保证信号传输的距离足够短。

与此同时，设备开发者常用的另一种实现低时延的方案为：一旦开始传输，尽可能将信号保持在光层，减少任何一段的电处理。理想情况下，交易指令从开始传输，就应该一直在 OSI 协议堆栈的最底层传输，直至到达目的地；同时尽可能在传输路径上减少光电光转换。

减少电处理要从光收发模块开始做起。最好完全不使用大多数厂商都会采用的各式各样的前向纠错 (FEC)。Hansen 报告声明，在板卡的设计阶段，就要考虑减少所需的分布处理，或者采用部分信号抽样而不是整个信号流的处理。

一旦信号在网络中传输，越少的完全 3R 再生，就会带来越少的延迟（当然，没有 FEC 意味着将需要更多的再生，我们下面将提到这个折衷关系）。短的路径意味着需要较少的再生，然而 Benson 表示，Nokia Siemens Networks 在超长距传输中也能有效避免再生。

Theodoras 指出，甚至光放大器也可能会增加一些延迟，ADVA Optical Networking 基于这个原因，开发了自己的单级 EDFA，可以在某种情况下和拉曼技术混合使



用。而《Lightwave》和其它一些厂家沟通时，他们却表示如果 EDFA 不包含 DCF，则对于延迟的贡献微乎其微。

总的来说，减小信号需要通过的网元数量肯定对减小延迟有贡献。基于这个原因，尤其在通过背靠背多业务传输平台或者 SONET/SDH 交叉

来解决环状网络架构后遗症的问题上，Tellabs 资深产品规划经理 Bill Kautz 建议使用分组光传输平台。他解释到：“可以通过增加 DWDM 光网络和 ROADM，最大限度地集成 SONET 和 SDH 交叉、OTN 交叉或以太网交叉，我们感觉这将使延迟最小，因为这不仅仅减少了 OEO 转换，而且连接了系统不同层的处理。”

线路速率和传输距离

10Gbps 链路和 1Gbps 链路的本征传输速度并没有差别，光传输的速度是一定的，和加载的数据速率无关。然而因为码率和传输距离而增加的网元却可以决定哪种延时可以被规避。

例如，一个 10Gbps 连接更需要色散补偿。如果其传输距离较长，为了在目的地获得正确的信号，则可能要在链路中提升传输性能，譬如使用 FEC、再生或者其它方式。

对于线路速率大于 10Gbps 的系统，相干检测技术应运而生。Tellabs 和 Nokia Siemens Network 都认为相干检测将给 40Gbps 低时延网络带来好处，因为它不再需要在链补偿器件。来自于 ADVA 的 Theodoras，由于其公司没有紧跟相干检测技术，则认为相干检测复杂的电信号处理也将会导致非常显著的时延。

Theodoras 表示：“相干检测本身会引入可怕的时延，几乎是毫秒量级的，如果不能在其它地方节省这些延迟，就不能说相干检测会降低时延。”

Tellabs 声称其相干检测技术包含了仅仅引入纳秒量级时延的“体色散补偿器”。而 Theodoras 也承认，如果链路足够长，相干检测可以去掉或者绕过一些网元，因此

在这个折衷中，相干检测的延迟还可以接受。

最终来说，当数据流的大小需要和管道容量匹配时，数据速率会对延迟产生一定影响。很多交易需要的带宽小于 1Gbps，然而很多金融公司还是租用了 10Gbps 的带宽，以防止他们的交易由于业务激增而受阻。将 1Gbps 信号加载到 10Gbps 管道上需要一些汇聚，这个过程也会引起时延。因此，Infinera 在其低时延解决方案中，采取了一种“原生波长”的技术，对具有高优先级的 1Gbps 业务不进行汇聚而是直接跳到 10Gbps 管道中。

不管信号是 1Gbps 还是 10Gbps，它必须传输的距离还是延迟规划的主要部分——不仅仅是光纤的本征延迟，而且包括距离的间接影响。这些间接影响可能也很显著，例如，在纽约和芝加哥金融交易所之间常用的路由上，无论运营商如何在两点之间架设尽可能直的光纤，其距离都是相当长的。如前所述，理想情况下，运营商要避免使用 FEC 和全 3R 再生。但没有它们，信号最远能够传输多远？这个问题的答案和数据速率有关，也与是否采用色散补偿，以及信号需要经过的网元数量有关。

延迟的折衷方案

基于以上原因，很少的网络可以在直通光纤路由中，

做到同时没有 FEC、没有 3R 再生、没有疏导、没有汇聚，以实现 10Gbps 或更高数据速率的低时延。因此，实现某一个特定应用的时延最小化，往往需要在各个导致延迟的因素之间进行折衷。

在长链路中，FEC 和再生之间折衷是最常见的。在一些应用中，其它的也同样需要。为了实现低时延，一些厂家开发了专有的 FEC 算法或者封装方法，还有一些新的方案，例如用 2R 再生——一般是指再放大和再整形，不包括再定时——来避免使用 FEC。在这方面，ADVA 应用 Theodoras 所谓的“2.5R”，它增加了时钟和再整形的数据恢复。同时，Infinera 也在吹捧其“超低时延”再生功能。

折衷方案在路径已经固定的情况下，显得更为重要。光纤可能被埋在石头（或者水泥）之下，网元也不可能改变，运营商也可能不愿意为了迁就低时延，而改变那些已经在运行对延迟不敏感的业务现有网络。

但为那些钱袋子鼓鼓的客户服务的机会，可能最终会战胜那些不愿改变网络的力量。Theodoras 描述说现在大量的低时延网络建设就像淘金。“迟早的事，所有人都一样，”他自言自语道，“在大家都开始行动之前，这将是一笔大买卖。”^[LWC]

上接第20页

操作者维护系统时有 3 大基本要求：性能监控、远端测试和本地测试。性能监控功能需要在每个网元实现，从而能够收集数据，方便地管理网络长期质量报告，同时得到网络短期质量报告，确保维护系统正常工作。每当性能监控系统发出一个告警，远端测试系统就会自动启动诊断程序，定位故障并启动维护机制，自动纠正错误。技术人员现场排障时则需要合适的工具来快速准确地诊断故障，判断离开现场之前需要做出哪些正确的处理。

因此，回传测试工具需要能够与操作者的维护策略相一致，网元中同时支持性能监控和远端测试功能，技术人员使用的工具要能适应网络功能，节约测试时间和工作量。

电信级以太网业务的兴起也促使国际电联 (ITU) 开始了一系列新一代以太网业务规范活动。对于业务提供商来说，测试设备支持现在正处于研发阶段的标准草案并同时支持已应用多年的传统标准是十分重要的。

最后，经常要对其回传网络进行例行测试和监控的运营公司会要求测试工具易于理解和操作。具有简单的、单一的业务验证设备对于提高技术人员工作效率十分关键。移动网络及其回传架构需要大量的技术支撑，技术人员很容易感到迷茫并丧失信心。恰当的功能组合、简便易用的工具能使得工程师对于回传网络的测试和监控变得简单。

业务验证愈加重要

随着先进的移动业务的增长，回传网络中的业务验证越来越重要。移动运营商正从 TDM 交换电路向以太网演进，这要求统一的、易于使用的业务验证工具，从而提高工作人员的效率。

高性价比的测试测量平台能够提高对于回传业务的要求，使运营商确保其回传网络能够满足苛刻的业务性能要求，从而提供用户所要的先进移动业务。^[LWC]