

# 金融机构低延时网络与低延时交换机的应用

文 ◆ 光大证券股份有限公司信息技术总部 叶晓宛

## 引言

本文介绍了金融机构对低延时网络的具体需求，以及低延时交换机的工作原理、特点和优点。结合证券公司真实的低延时网络项目，通过硬件设备性能参数展示低延时交换机在生产环境中的强大优势，以期为今后类似项目计划的组织提供技术参考与建议。

## 1 金融机构对低延时网络的需求

金融机构对低延时网络的需求首先体现在高频交易和实时数据分析方面。投资者需要极快地获得市场数据并实时分析处理，进而做出准确决策并立即执行交易指令。低延时网络可以提高该过程的效率，加速数据获取和分析，增加投资者盈利机会。

## 2 金融机构使用低延时网络主要的技术重点

国内某证券公司从2018年开始便对低延时网络展开技术调研。2020年前后，相继完成了上交所与深交所数据中心的低延时网络环境的部署，并引入了多家头部私募机构客户。通过低延时网络基础环境，这些机构客户的量化交易系统均收益显著，且

已逐步向人工智能方向主动转型。

通过技术调研与项目实践，金融机构搭建低延时网络时，技术层面上主要应考虑以下几点。

### 2.1 高性能硬件技术

硬件方面必须采用比传统网络设备更高效的低延时交换机，同时采用高性能服务器并配合低延时网卡等硬件设备。这类硬件最大的技术特点在于采用芯片代替操作系统转发数据并处理网络协议，可以大幅提升数据转发速度。

### 2.2 网络架构合理化

网络架构应当以高性能、低延时、高可用为核心，构建支持组播技术行情高效信息传递的结构，确保市场交易行情能够以组播的形式高效传递到指定节点，并通过硬件多直通架构完成极速交易动作。

### 2.3 网络的高速连接

市场交易与行情数据均应采用光纤网络传输，并配合微波技术进行优化，以此作为低延时网络环境的基础，满足数据实时传输的要求。

### 2.4 低延时协议算法

采用低延迟网络专用数据传输协议和算法，例如，采用RDMA（远程直接数据存取）技术，可以减少CPU负载，使数据在传输过程中更快、延迟更低。

### 2.5 安全性与可靠性

低延时网络应分配专属数据通道并实现大带宽独享，以确保传输安全。通过多重路由保护机制避免单点故障，提高可靠性，实现高可用。

### 2.6 业务全面深度优化

对延迟敏感业务进行深度优化，通过技术手段减少交易链条上各节点的时间间隔，包括网络延迟、协议延迟、操作系统延迟和应用延迟等。

## 3 低延时交换机概述

低延时网络中组网的硬件核心是低延时交换机。其依托自身强大的数据转发性能，成为数据中心、实时计算、高频交易等关键领域的硬件设施基础。从前文证券公司在上交所与深交所数据中心机房搭建的低延时网络环境来看，组网重点核心硬件就是低延时交换机。较为典型的型

【作者简介】叶晓宛（1984—），男，广东深圳人，硕士研究生，研究方向：信息安全、人工智能、网络通信。

号有 Arista 7130 系列、Arista 7150 系列和思科 Cisco Nexus 3548 系列。

### 3.1 低延时交换机的工作原理

低延时交换机的设计思想主要依托高效硬件架构来优化组合数据处理过程。其高效的数据运算处理核心是 ASIC 或 FPGA 两种芯片，优势在于通过芯片定制解决特定需求，使之既能保证稳定又能降低延时，这尤其适用于通信密集型数据流<sup>[1]</sup>。

ASIC (Application Specific Integrated Circuit, 专用集成电路) 芯片技术可以根据个性化需求和特定电子系统定向设计制造。其内部采用的并行处理与多级流水线技术，可瞬间解析数据包并进行路由转发。ASIC 芯片技术分为全定制和半定制。思科 Cisco Nexus 3548 系列低延时交换机采用的就是根据自身需求开发的专用芯片<sup>[2]</sup>。

FPGA (Field Programmable Gate Array, 现场可编程逻辑门阵列) 技术是 ASIC 技术中的一种半定制化分支。它既能避免定制电路适用类型过于单一且开发过于繁琐的问题，又能克服可编程电路数量有限的缺点。FPGA 可以在批量产品参数框架内无限次编程，且延时仍旧较低。相比 GPU 芯片只有数据并行能力，FPGA 芯片不仅拥有数据并行能力，还具有流水线并行能力，而且实时性能强、灵活性高。该技术逻辑上是通过向芯片静态存储单元加载编程数据指令，利用存储器单元中的数据和参数值定义逻辑单元里的功能，再通过确定各模块之间或各个模块与 I/O 之间的联接方式，最终实现所有功能。理论上，FPGA 允许无限次编程。用户无需介入芯片的布局布线和工艺问题，可以随时灵活改变逻辑功能，程序中改错成本几乎为零。Arista 7130 系列交换机就采用了 FPGA 技术，实现了低至 5 纳秒的端口转发延时<sup>[3]</sup>。

### 3.2 低延时交换机的特点与优点

采用 ASIC 芯片和 FPGA 芯片的低延时交换机，其主要技术特点包括采用直通模式转发数据、配备配合大带宽网络线路的接口高速率，以及通过定制化专用芯片处理特定网络协议。在金融领域的使用场景下，相较于传统交换机，它具有极低的网络延时、能大幅度提升交易速度、增强系统响应能力等优点。

在直通转发模式下，当网络数据包的头部信息抵达低延时交换机后，核心定制化芯片将立即开始数据转发。这种工作过程不同于传统数据转发过程，传统方式必须先接收完整数据包才能进行转发。而直通转发模式明显减少了数据包转发耗时，从而大大降低了延迟。

为了对接大带宽网络以实现高速数据传输，低延时交换机采用了高速率接口。常见的接口类型有 10GbE (10 吉比特以太网) 接口，传输速率达到 10Gbit/s；40GbE (40 吉比特以太网) 接口，传输速率达到 40Gbit/s。低延时交换机还设置有更高速率的接口，以满足大规模低延时数据传输的需求。

低延时交换机的定制化核心芯片处理器能够有针对性地处理网络协议，主要体现在核心数据转发运算与低延时网卡核心方面。这种特殊的技术设计大大降低了硬件在自身操作系统层面的延迟。

在金融领域，相较于传统交换机，低延时交换机具有以下显著优点。(1) 构建高速低延时网络架构。通过直通转发技术与高速接口技术

相配合，低延时交换机进行组网可降低整个网络架构的延迟，形成高速的低延时网络架构。这种架构是完成高频交易、高速市场行情获取的基础网络环境。(2) 提升交易系统处理速度。在金融市场中，为了把握更多交易机会并提高交易成功率，低延时交换机能够大幅提升交易系统的处理速度，使交易指令更快响应。(3) 增强其他系统响应能力与稳定性。除了交易系统之外，低延时交换机和低延时网络架构还可以增加信息安全系统、环境安全监控系统、智能化办公系统等其他系统自身的响应速度，提升系统自身的响应能力与稳定性<sup>[4]</sup>。

## 4 低延时交换机在金融机构项目中的性能分析

### 4.1 低延时交换机主要性能参数指标

在衡量低延时交换机的性能时，应当主要从以下几个参数指标进行技术比较<sup>[5]</sup>。

(1) 延迟 (Latency)，该参数主要是衡量数据包从进入交换机到离开交换机所需时间的指标。低延时交换机通过优化硬件架构和数据处理流程，将延迟降至最低，通常以微秒或纳秒为单位。目前，性能最高的低延时交换机甚至能把该参数降低到皮秒 (1/1000 纳秒) 级别。

(2) 吞吐量 (Throughput)，即单位时间内低延时交换机可以处理的数据总量。高吞吐量意味着交换机能够同时处理大量数据流量，确保网络高效运行。低延时交换机通常具备极高的吞吐量，能够满足数据中心和高频交易等对带宽要求极高的应用场景。

(3) 抖动 (Jitter)，用来衡量

数据包到达时间的波动情况。抖动越低说明数据流在传输过程中越趋于稳定。低延时交换机通过优化缓冲区管理和流量控制机制，有效降低抖动，确保数据传输的平稳性。

(4) 丢包率 (Packet Loss Rate)，衡量低延时交换机组网后数据传输网络的可用性与可靠性。低丢包率意味着交换机在高速数据传输过程中能够有效避免数据包的丢失，确保数据的完整可靠。低延时交换机通过高效的队列管理和流量控制算法，将丢包率降至最低。

#### 4.2 某知名券商采用的低延时交换机的性能介绍

思科 Cisco Nexus 3548 低延时交换机广泛应用于数据中心和企业网络。其采用 ASIC 芯片和直通式交换技术，延迟低至 190 纳秒。该设备还具备出色的可扩展性和可靠性，支持多种网络协议和冗余设计，适用于对延迟和可靠性要求极高的应用场景。

Arista 7150 系列交换机以其卓越的低延迟和高吞吐量著称，特别适合高频交易和金融行业。其延迟低至 350 纳秒。相比思科 Cisco Nexus 3548 系列，Arista 7150 系列产品的自身抖动和丢包率性能参数更出色。Arista 7150 系列还支持

灵活的网络配置和实时监控，能够满足高频交易对网络性能的极致要求。

Arista 7130 系列交换机则专注于超低延迟和高密度端口配置，适用于需要大量连接和高性能的网络环境。其 1 层转发时延迟低至 5 纳秒，仅相当于一米的光纤或铜缆互连，抖动微乎其微。Arista 7130 系列产品可以与现有的 FPGA 工具集成。其 L1+ 层功能可以在单个设备上实现分路、一对多复制、遥测和全面的端口统计信息，节省机架空间并降低复杂性。Arista 7130 产品广泛应用于交易所数据中心、云计算和实时计算等领域，能够有效提升网络性能和响应速度。

### 5 低延时网络项目实际成果

国内某知名券商于 2021 年通过低延时网络项目在深交所南方中心数据机房建成并投产了 Co-location 低延时基础环境。通过低延时环境，所有极速交易或行情系统服务器均能实现一跳光链路报盘、一跳光链路接收 L2 行情、同系统一跳进行光链路通信。其中，通过全光链路连接，低延时托管客户接收行情链路时延从 280 微秒下降到 110 微秒；交易链路时延从 250 毫秒降到 40 微秒；配套机房间实现 18.2 毫秒的极低延时。利用低延迟、高并发、超稳定的全 FPGA 处理机制，可以实现支持指数行情、逐笔委托和逐笔成交转发、Lev2 的快照行情，以及基于逐笔委托和逐笔成交生成的订单簿深度行情。再利用低延时数据交换设备，使得客户网络传输时延小于 100 纳秒。客户全链路行情传输时延为 1 ~ 2 微秒。相比于现有的传统软件行情传输时延，其性能可以提高上千倍。最终行情穿透各个节点时延仅有 200 纳秒，相对于传统的软件解析上百微秒的传输速度可以提高几百倍。

### 结语

通过以上的技术分析和实际项目来看，低延时网络通过高性能硬件架构、高效数据处理等技术，实现了低延迟、高吞吐、低抖动等成果，满足了金融机构在高频交易方面低延迟的网络需求。

虽然不同型号的低延时交换机在性能上各有千秋，但通过灵活的组合都可以满足低延时网络需求。随着人工智能时代的到来，低延时网络技术也将得到更快发展，在大数据的运算和传输领域更加重要。低延时交换机也将继续在提升网络性能方面发挥关键作用。■

### 引用

- [1] 屈晨昕,邱志雄,田硕,等.基于FPGA的以太网MAC层交换机设计与实现[J].信息技术与信息化,2021(5):217-219.
- [2] Barr Keith著.ASIC设计混合信号集成电路设计指南[M].孙伟锋,译.北京:科学出版社,2009.
- [3] 天野英晴,著.FPGA原理和结构[M].北京:人民邮电出版社,2020.
- [4] 安莹,罗熹,著.面向延迟容忍网络的拥塞控制机制研究[M].西安:西安交通大学出版社,2019.
- [5] 曾捷,肖驰洋,著.5G低时延通信中的非正交多址接入关键技术[M].北京:人民邮电出版社出版,2023.

