

图神经网络在多路径 TCP 中的应用

之前老师介绍过 GNN 即图神经网络在恶意代码检测领域的相关应用，在阅读相关文献后，我查询到了图神经网络还可以应用在网络空间安全领域中的网络拓扑领域。在 5G 时代，作为 5G 网络的有前途的技术，多路径 TCP 已引起越来越多的关注。

多路径 TCP

Multipath TCP(MTCP)的基本原理和 SHIM6 类似，初始双方会交换信息来确保双方都支持这个机制，允许双方使用额外的链路或者通道。不同的是，SHIM6 会在主链路不可用的情况下才会使用备用链路，而 MPTCP 在应用允许的前提下，可以立刻使用这些链路来完成通信。

一个关于 MPTCP 的关键猜想是从 SHIM6 借鉴而来，主机上的多重地址有助于实现网络中多重链路技术。一条使用多个地址的端对端链路，大致上和同时开启多个 TCP 对话是等效的。

Multipath TCP 的基本思路是把发送的流量切分为更多的子流量，每个子流量建立一个单独的端对端会话，然后在远端把接收的子流量重新整合成单个流量。这实质上是在 TCP 模块中插入了一块“木条”。MPTCP 可以像 TCP 一样的模式工作，生成多个子流量，然后把数据分配给单独的子流量，这种机制对于上层应用程序来说是不透明的。应用程序可以通过 API 在链路池中添加和删除地址，但不能直接管理和操作 MPTCP。MPTCP 保证了低层级的 TCP 组件不会受到影响，即 MPTCP 子流量是传统 TCP 流量。从数据发送者的角度来说，MPTCP 把来自应用程序的数据流切分成了一个数据块，再把单个数据块封装到了单个子流量中。从数据接收者的角度来说，MPTCP 收集了 TCP 子流量里的数据块，并且重新组装成原始数据流，并传递给本地应用程序。

具体应用

跨层优化技术已应用于 MPTCP，例如路由和路径管理。但是，由于网络异构性，现有的多径路由算法和网络建模技术正面临网络子流量不对称的挑战，因此无法全面处理路由优化问题。

为了解决这些问题，相关研究提出了一种基于图论神经网络(GNN)的多路径路由模型，以探讨各种拓扑结构上链路、路径、子流和 MPTCP 连接之间的复杂性。利用 GNN 模型，可以在给定的网络拓扑和多路径路由的情况下预测预期的吞吐量，这可以进一步作为优化多路径路由的指南。

离线学习 GNN 模型可以预测特定 MPTCP 连接的预期吞吐量，且误差非常低。利用 SDN 实现在线路由优化系统，并利用 GNN 模型的优势，可以学习图结构的特征。因此，在相关研究中，将路由问题建模为图问题，并提出了一种基于 GNN 的路径路由模型，以探索链接、路径、子流量和网络之间的复杂性也就是 MPTCP 在各种拓扑上的连接。该方法在多路径路由优化中可以显著提高吞吐量。同时，它能够提高连接任意性和拓扑任意性方面的泛化能力。

其他思考

通过多路径 TCP 应用领域的思考，GNN 即图神经网络还可以在网络恶意流量探测及追踪溯源领域发挥它的作用。根据图的特性，在不同拓扑结构中网络流量具有自己的一定特征，不同的路由渠道和转发路径，以及攻击流量或者说是异常流量的特征在整个网络拓扑结构与正常流量存在有明显的区别。因此我认为通过一定的仿真拓扑结构的模型训练，可以提供监测、预防网络攻击流量的相关应用，但具体实施应该会受到对网络拓扑结构的了解的限制。同时，如果在训练样本中对源地址或攻击路径有较好的分类结果，GNN 同样可以用作相关流量的追踪溯源。因此这方面也是我认为可以应用的领域之一。