

南京信息工程大学

高级计算机网络课程报告



题 目 南京信息工程大学本科生毕业论文 L^AT_EX 模板

学生姓名 杨欢、张轩豪、周肖桐

2023122000??

2023122000??

学 号 202312200030

学 院 计算机学院

专 业 计算机科学与技术

指导教师 杨盘隆

二〇二四 年 七 月 十二 日

声 明

本人郑重声明：

- 1、 以“求实、创新”的科学精神从事科学研究工作。
- 2、 本论文中除引文外，所有测试、数据和相关材料均为真实有效的。
- 3、 本论文是我个人在指导教师的指导下进行的研究工作和取得的研究成果，请勿用于非法用途。
- 4、 本论文中除引文和致谢的内容外，并未抄袭其他人或其他机构已经发表或撰写过的研究成果。
- 5、 关于其他同志对本研究所做的贡献均已在论文中作了声明并表示了谢意。

作者签名：

日期： 年 月 日

目 录

1	CDN 应用场景.....	1
1.1	在线视频平台与直播应用	1
1.1.1	Youtube	1
1.1.2	Netflix	2
1.2	网络教育和远程会议.....	2
1.3	云游戏平台数据传输.....	3
2	市场分析.....	3
2.1	云 CDN 的优势	3
2.2	市场上的主要 CDN 提供商	3
2.3	CDN 市场需求与趋势预测.....	4
2.4	市场趋势与预测	4
3	挑战与展望.....	4
3.1	传统 CDN 的挑战.....	4
3.2	确保高质量视频传输.....	5
3.3	网络安全挑战	5
3.4	隐私和数据保护	5
3.5	能源消耗和环境影响	5
3.6	多样化内容需求	5
3.7	技术更新和维护	5
3.8	未来趋势.....	5
	参考文献.....	7
	致谢.....	9

南京信息工程大学本科生毕业论文 L^AT_EX 模板 V2022¹⁾

Bruce Y.P. Lee²⁾、LiR³⁾、John D⁴⁾、B. Shen⁵⁾

南京信息工程大学 L^AT_EX 学院，江苏 南京 210044

摘要：这是一份南京信息工程大学本科生毕业论文 L^AT_EX 模板。友善提醒：本文档是非官方版，属个人兴趣产物。

关键词：模板；南信大；毕业论文；

¹⁾ 本模板制作时间：2014 年 5 月，最后修订于 2022 年 1 月

²⁾ E-mail: yupenglee119@gmail.com

³⁾ 第二版修改者，E-mail: stuliren@outlook.com

⁴⁾ 2021.6 版修改者，E-mail: mailto:work.temp.place@outlook.com

⁵⁾ 2022 版修改者，E-mail: nj_bwshen@outlook.com

L^AT_EX Template for Undergraduate Thesis of Nanjing University of Information Science and Technology

Bruce Y.P. Lee、LiR、John D、B. Shen

School of L^AT_EX, NUIST, Nanjing 210044, China

Abstract: This is a L^AT_EX template for the Undergraduate thesis of Nanjing University of Information Science and Technology. Caution: due to personal interest, not an official template.

Key words: template; NUIST; thesis;

1 CDN 应用场景

由于移动互联网的普及，互联网用户数量迅速增长，并在短时间内增长到了一个惊人的程度。随着用户的大量增长，互联网流量、尤其是实时性较强的视频流量也迅速增长。据 Cisco 报告，视频流量在互联网总流量中的占比从 2006 年的 18% 增长至 2022 年的 82% 以上^[1]。互联网用户数量的不断增加及其对低延迟内容交付的需求，促使 CDN 成为内容传输的标准解决方案^[2]。CDN（内容分发网络）的出现和发展有效地缓解了因视频流量激增带来的网络压力，并已经成为现代网络应用的关键组成部分，存在大量应用场景，本文简单列举以下部分应用场景以供参考。

1.1 在线视频平台与直播应用

随着用户对高质量、低延迟视频传输需求的增加，在线视频平台和直播应用大量采用 CDN 技术，以提升用户体验^[3]。在线视频平台（如 YouTube、Netflix）依赖 CDN 来应对庞大的视频流量和用户数量，通过将内容缓存到离用户更近的边缘节点，减少数据传输的距离和延迟，确保视频播放的流畅和稳定。此外，直播应用^[4]（如 Twitch、Facebook Live 和哔哩哔哩直播）同样使用 CDN 来处理实时视频流的高并发需求。CDN 的分布式架构可以在全球范围内有效地分发直播内容，减少直播过程中的卡顿和延迟，提供更优质的观看体验。

1.1.1 Youtube

Google 旗下的 YouTube 使用内容分发网络（CDN）来提供高效的视频流服务^[5]。通过全球分布的服务器网络，YouTube 将视频内容缓存到离用户更近的节点，这种策略大大减少了延迟和缓冲时间，显著提升了用户在观看视频时的体验。CDN 的使用不仅帮助 YouTube 应对每日数亿次的视频播放请求，还确保在热门视频发布和重大直播活动期间，平台能够稳定运行，不受访问量骤增的影响^{[5] [6]}。

近期的一项关于 YouTube CDN 网络优化的文章^[5]进一步提升了 YouTube CDN 的性能。该研究将神经网络与 CDN 缓存调度策略结合，提出了一种新颖的缓存算法 HALP（Heuristic Aided Learning Policy）。这种方法通过增强启发式策略以结合机器学习技术，有效地解决了在大规模生产环境中部署学习算法所面临的挑战，包括计算开销、稳健的字节丢失率改进以及在生产噪声下测量影响。

HALP 算法的核心在于它能够在低 CPU 开销和稳健的字节丢失率改进之间取得平衡。研究人员还提出了一种生产测量方法，影响分布分析，用于在嘈杂的生产环境中准确测量新缓存算法的影响分布。自 2022 年初以来，HALP 作为 DRAM 级驱逐算法在 YouTube CDN 生产环境中运行，表现出了卓越的性能。在峰值期间，HALP 可靠地将字节丢失率平均降低了 9.1%，同时仅消耗了 1.8% 的适度 CPU 开销。

通过这种创新的缓存算法，YouTube 不仅提高了 CDN 缓存的效率，还进一步提升了用户体验。该方法的成功应用表明，将神经网络与传统的缓存调度策略相结合，可以有效地平衡机器学习开销与网络延迟之间的矛盾。这一成果为未来 CDN 优化提供了宝贵的经验和技術参考，展示了机器学习在提升大规模网络服务性能方面的巨大潜力。

1.1.2 Netflix

除了 YouTube 之外，Netflix 作为全球最受欢迎的流媒体服务提供商之一，依靠其专有的内容分发网络 Open Connect^[7]，将视频内容缓存到分布在各地的 ISP（Internet Service Provider，互联网服务提供商）数据中心。这种做法显著减少了网络骨干的负载，提高了视频流的传输效率，从而确保用户能够无缝观看高清甚至 4K 视频内容。

Netflix 的 Open Connect 架构通过在 ISP 的网络边缘部署专用的 Open Connect Appliance（OCA）服务器，将视频内容直接传递给最终用户。这种分布式缓存策略不仅降低了内容传输的延迟，还有效减少了网络拥堵，提高了用户体验。Netflix 的 OCA 基础设施能够在全局范围内提供一致且高质量的服务，满足了用户对高分辨率视频流的需求。

近期的一项研究^[8]提出了一项主动测量测试，以从 Netflix 内容分发网络下载内容。该测试通过下载 Netflix 内容来衡量延迟和可实现的吞吐量这两个关键性能指标。研究人员在大约 100 个连接到双栈网络的 SamKnows 探针上部署了该测试，这些探针代表了 74 个不同的源 AS（自治系统）。利用长达约 2.75 年的数据集（2016 年 7 月-2019 年 4 月），研究发现 Netflix 的 Open Connect Appliance 基础设施具有高度的可用性，尽管一些观察点在 IPv6 连接上成功率较低。此外，研究还表明客户端倾向于通过 IPv6 连接到 Netflix OCA，尽管在一天中的某些高峰时段，这种偏好会有所下降。在测量期间，连接到 OCA 的 TCP 连接时间减少了约 40%，可实现的吞吐量增加了 20%。研究人员还在 Netflix 测试之后立即配置了 scamper 工具，以捕获通向 Netflix OCA 的转发路径。他们发现，部署在 ISP 内部的 Netflix OCA 缓存可以在六个 IP 跳以内到达，并且可以将 IPv4 路径长度减少 40%，IPv6 路径长度减少一半。因此，TCP 连接时间在这两个地址族中均减少了 64%。当使用这些 ISP 缓存来流媒体传输内容时，所实现的吞吐量可以增加三倍。

这一研究不仅展示了 Netflix 在内容分发方面的技术优势，也为未来流媒体服务的优化提供了宝贵的经验和数据支持。通过不断改进和优化其内容分发网络，Netflix 不仅提升了自身的服务质量，还推动了整个流媒体行业的技术进步和服务升级。

1.2 网络教育和远程会议

在线教育和远程会议对稳定、快速的内容传输有着极高的需求。这些应用场景中的视频质量和连接的稳定性直接影响用户体验和工作效率。CDN 通过其分布式节点网络，有效地减少了延迟，提升了传输速度，从而满足了这些高要求的应用场景。

在网络教育方面，学生和教师需要可靠且高效的网络连接来进行互动和学习活动^[9-12]。直播授课、录播课程和互动讨论都需要高质量的视频和音频传输，以确保教学内容能够顺利传达。CDN 通过将教育内容缓存到离用户更近的节点上，显著减少了数据传输的延迟，使得学生能够快速访问教学资源，体验流畅的学习过程。即使在网络高峰期或是地理位置偏远的地区^[13]，CDN 的存在也能保证教育内容的高效传输，打破了地理和网络环境的限制，促进了全球化的在线教育发展。

而远程会议已经成为现代企业运作的重要部分^[14]，特别是在全球化和远程办公日益普及的今天。远程会议对实时性和稳定性的要求极高，任何延迟或卡顿都会对沟通效果产生负面影响。CDN 通过优化数据传输路径，减少网络拥堵和延迟，提供稳定的带宽支持，使得远程会议中的视频和音频能够实时同步，避免卡顿和延迟，提高会议效率。无论是跨国公司的高层会议还是小型团队的日常沟通，CDN 都能提供可靠的技术支持，确保会议顺利进行。

1.3 云游戏平台数据传输

随着云计算技术的飞速发展，云游戏平台（Cloud Gaming）NVIDIA GeForce Now^[15]、Microsoft xCloud^[16]、Tencent Start^[17]等，已经成为了游戏行业的一个重要趋势。云游戏通过将游戏的运行和处理转移到远程服务器上，玩家只需通过互联网连接即可在各种设备上玩游戏，而无需高性能的硬件支持。这种方式极大地方便了玩家，减少了硬件成本，但同时也对数据传输的速度和稳定性提出了极高的要求。

云游戏平台的数据传输需要极低的延迟和高带宽，以确保玩家能够实时互动并享受流畅的游戏体验。CDN 通过在全球各地部署边缘服务器^[18]，将游戏内容和数据缓存到离玩家最近的节点，从而显著减少数据传输的延迟时间。这对于动作游戏、赛车游戏等需要快速反应的游戏类型尤为重要，因为任何延迟都会影响玩家的操作体验和游戏成绩^[19]。

云游戏不仅涉及大量的静态资源（如游戏场景、角色模型、纹理等），还包括大量的动态内容（如游戏状态、玩家输入、实时渲染视频流等）。CDN 可以通过智能路由和负载均衡技术【此处插入智能路由与负载均衡相关文献】，确保动态内容能够快速传输并及时更新，使得玩家的每一个操作都能即时反映在游戏中。

云游戏平台也面临各种网络安全威胁，如 DDoS 攻击、数据泄露等。CDN 提供了多层次的安全防护机制，包括 DDoS 防护、Web 应用防火墙（WAF）和加密传输等，能够有效保护游戏数据的安全和完整性，保障玩家的隐私和游戏体验。

云游戏通常需要频繁更新和发布新内容。CDN 能够快速分发游戏更新包和新内容，使得玩家能够在第一时间获取最新的游戏版本和内容，避免长时间的等待和下载。同时，CDN 的版本控制和缓存机制可以确保更新过程的高效和稳定，减少对用户体验的影响。

在云游戏平台数据传输中，CDN 发挥了至关重要的作用。通过高效的数据传输、低延迟的互动体验、大规模用户并发支持以及全面的安全防护，CDN 为云游戏行业的发展提供了强有力的技术支持。随着云游戏的不断普及和技术的持续进步，CDN 将在优化游戏体验、提升服务质量和保障数据安全方面继续发挥关键作用。

2 市场分析

2.1 云 CDN 的优势

随着 CDN 技术的不断进步，市场上出现了各种类型的 CDN 解决方案，其中云 CDN（Cloud CDN）尤其受到关注。

【请轩豪补充一下云 CDN 的优势，如果没有优势可以把这一段删除】

云 CDN 结合了云计算的弹性、可扩展性和按需付费等优势，提供更高效、稳定的视频传输服务^[6]。相比传统 CDN，云 CDN 能够动态调整资源分配，满足突发流量需求，提升用户体验。此外，云 CDN 的全球覆盖和分布式架构使其能够更有效地处理跨地域的数据传输，减少延迟，提高内容传输的速度和稳定性。云服务供应商（如 Amazon S3）通过采用云存储技术，成功实现了经济实惠的云内容分发网络，使中小型内容提供商也能够搭建自己的 CDN^[6]。

2.2 市场上的主要 CDN 提供商

CDN 市场上存在多个主要提供商，他们在技术创新和市场占有率方面都占据重要地位。传统 CDN 提供商如 Akamai^[20] 和 Fastly^[21] 拥有广泛的网络基础设施和多年积累的技术优势，能

够提供高质量的内容传输服务。同时，云 CDN 提供商如 Amazon CloudFront^[22]、MetaCDN^[23]、华为^[24]、阿里巴巴等^[25]，通过整合云计算技术，提供具有高度可扩展性和灵活性的 CDN 解决方案，满足各种规模企业的需求^{[1] [6]}。这些提供商不仅在技术上不断创新，还在服务和支持方面不断提升，为客户提供更全面的解决方案。

2.3 CDN 市场需求与趋势预测

由于视频流量的不断增长，CDN 市场需求旺盛。在线视频、直播、在线教育、远程办公等应用场景的普及推动了对高效、稳定的内容分发网络的需求。各类服务提供商不断推出新技术以提高服务质量和降低成本，例如，采用边缘计算和机器学习技术优化内容缓存和传输，增强用户体验。此外，5G 技术的普及和物联网（IoT）的发展也为 CDN 市场带来了新的机遇，预计未来几年，CDN 市场将持续快速增长，市场竞争也将更加激烈。

由于疫情的影响，全球许多组织转向远程工作，因此尚未续订本地 CDN 服务。CDN 解决方案在媒体和娱乐行业得到了广泛应用，以改善视频和音频内容的交付。随着对高质量内容的需求增加、内容消费的持续发展以及对真实内容的渴望，对高效 CDN 解决方案的需求也在不断增长。这些解决方案可以提高网络性能并改善内容交付。对 OTT 和视频点播 (VOD) 服务的需求持续上升，确保了通过高速数据网络的内容持续交付，预计将在预测期内推动市场增长。^[26]

2.4 市场趋势与预测

市场分析表明^{[27] [28]}，全球 CDN 市场在未来几年将保持快速增长，在 2024-2029 年内复合年增长率将达到百分之十以上^{[27] [29]}，市场规模将达到数百亿美元。

尽管当前北美地区作为 CDN 市场的中流砥柱^[30]，但今后的发展主要依靠新兴市场（如亚太地区和拉丁美洲）的快速互联网普及和数字化，这些地区的快速转型将成为 CDN 市场的重要驱动力。此外，随着数据隐私和安全问题的日益关注，CDN 服务提供商将加大在安全技术和合规性的投入，以满足用户对数据保护的需求。

综上所述，CDN 市场在技术创新和需求驱动下，展现出巨大的发展潜力和广阔的前景。各类 CDN 提供商需要不断适应市场变化，推出更具竞争力的解决方案，才能在激烈的市场竞争中占据优势。

3 挑战与展望

3.1 传统 CDN 的挑战

传统 CDN 面临资源分配不均、扩展性不足、成本高等问题^[6]。这些问题源于传统 CDN 基础设施的集中化特点，导致在面对快速变化的流量需求时难以灵活应对。此外，网络视频的内容因社交媒体共享而呈现出数量巨大且不稳定的特点，这种不确定性增加了网络管理的复杂性。尽管云 CDN 在一定程度上缓解了这些问题，但在云 CDN 环境下，仍然面临网络拥塞、带宽限制和延迟波动等挑战^[6]。这些问题不仅影响用户体验，还可能导致服务提供商的运营成本增加。

3.2 确保高质量视频传输

保证视频高质量传输是一项持续的挑战，需要不断提高缓存效率和优化网络资源^{[1][5]}。随着高清（HD）、超高清（UHD）和 4K 视频内容的普及，用户对视频质量的要求不断提升，这对 CDN 的传输能力提出了更高的要求。为了应对这一挑战，CDN 提供商需要采用先进的缓存算法和自适应比特率流（ABR）技术，以确保在不同网络条件下都能提供最佳的视频体验。此外，实时监控和动态优化网络资源也成为提高视频传输质量的关键手段。

3.3 网络安全挑战

随着互联网流量的增加和网络攻击的复杂化，CDN 面临着越来越严峻的安全挑战。分布式拒绝服务（DDoS）攻击、数据窃取和内容劫持等安全威胁对 CDN 的稳定性和安全性提出了更高的要求。CDN 提供商需要不断增强其安全防护措施，如实施先进的威胁检测和防护机制，加密数据传输以及加强身份验证，以保障用户数据和内容的安全。

3.4 隐私和数据保护

随着用户对隐私保护意识的增强，各国政府和监管机构对数据保护的要求也在不断提高。CDN 提供商需要遵守日益严格的隐私和数据保护法规，如欧盟于 2014 年颁布的《通用数据保护条例》（GDPR）^[31]。这不仅增加了运营成本，还对 CDN 的数据处理和存储提出了更高的合规性要求。

3.5 能源消耗和环境影响

CDN 的广泛部署和运营涉及大量的数据中心，这些数据中心的能源消耗和环境影响成为一个重要问题。随着对绿色计算和可持续发展的关注增加，CDN 提供商需要寻找更加节能和环保的技术和方案，如采用可再生能源、优化数据中心的能效管理等，以减少碳足迹和运营成本。

3.6 多样化内容需求

随着互联网内容的多样化发展，CDN 需要适应不同类型的内容需求，包括视频、音频、游戏、直播等。这要求 CDN 提供商具备更强的灵活性和适应性，能够快速响应和处理不同类型的内容传输需求。此外，内容的个性化和定制化趋势也要求 CDN 提供更智能和个性化的服务，如基于用户行为和偏好的内容推荐和分发。

3.7 技术更新和维护

CDN 技术的快速发展意味着 CDN 提供商需要不断更新和维护其基础设施，以保持竞争力和满足用户需求。这包括引入新技术、优化现有系统以及进行定期的维护和升级。这不仅需要大量的技术投入和人力资源，还需要确保在技术更新过程中不影响服务的连续性和稳定性。

3.8 未来趋势

未来，CDN 将继续与云计算技术紧密结合，形成更灵活、更经济的内容分发解决方案。云计算的弹性和按需付费特性使得 CDN 能够更有效地应对流量高峰和突发需求，降低运营成本。

本。此外，随着 5G 和边缘计算的发展，CDN 将进一步降低延迟，提高内容传输效率，为用户提供更好的体验。5G 技术的高带宽和低延迟特性，将使得实时内容（如直播、在线游戏等）的传输更加顺畅。而边缘计算通过将计算和存储资源部署到网络边缘，能够更接近用户位置，显著减少传输延迟，提高响应速度。

此外，随着人工智能（AI）和机器学习（ML）技术的进步，CDN 将能够更加智能化地进行流量预测和资源优化。例如，通过分析用户行为数据，CDN 可以预先缓存热门内容，减少加载时间和网络负载。安全性也将成为未来 CDN 发展的重要趋势，随着网络攻击和数据泄露事件的增加，CDN 提供商需要增强其安全防护措施，如分布式拒绝服务（DDoS）防护、数据加密和身份验证等，以保障内容传输的安全性。

参考文献:

- [1] Ghabashneh E, Rao S. Exploring the Interplay between CDN Caching and Video Streaming Performance[C]// IEEE INFOCOM 2020 - IEEE Conference on Computer Communications. 2020: 516-525.
- [2] Zolfaghari B, Srivastava G, Roy S, et al. Content Delivery Networks: State of the Art, Trends, and Future Roadmap [J]. ACM Computing Surveys, 2020, 53(2): 34:1-34:34.
- [3] Ghabashneh E, Rao S. Exploring the interplay between CDN caching and video streaming performance[C]//IEEE INFOCOM 2020 - IEEE Conference on Computer Communications. 2020: 516-525.
- [4] Nacakli S, Tekalp A M. Controlling P2P-CDN Live Streaming Services at SDN-Enabled Multi-Access Edge Datacenters[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2021, 23: 3805-3816.
- [5] Song Z, Chen K, Sarda N, et al. {HALP}: Heuristic aided learned preference eviction policy for {YouTube} content delivery network[C]//20th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 23). 2023: 1149-1163.
- [6] 孙业民. 云内容分发网络视频传输优化研究[D]. 桂林电子科技大学, 2024.
- [7] Netflix. Netflix | Open Connect[EB/OL]. 2024. <https://openconnect.netflix.com/en/#what-is-open-connect>.
- [8] Doan T V, Bajpai V, Crawford S. A longitudinal view of Netflix: Content delivery over IPv6 and content cache deployments[C]//IEEE INFOCOM 2020-IEEE Conference on Computer Communications. IEEE, 2020: 1073-1082.
- [9] Hebert M, Upshaw A, Rossie J. Usability of Microsoft Teams and Stream in nursing education[J]. CIN: Computers, Informatics, Nursing, 2022, 40(10): 699-704.
- [10] cCankaya, Serkan and Durak, Gurhan. Integrated systems in emergency distance education: The Microsoft Teams [M]. Balikesir Üniversitesi, 2020.
- [11] Martin F, Sun T, Westine C D. A systematic review of research on online teaching and learning from 2009 to 2018 [J]. Computers & education, 2020, 159: 104009.
- [12] Müller C, Mildenerger T. Facilitating flexible learning by replacing classroom time with an online learning environment: A systematic review of blended learning in higher education[J]. Educational Research Review, 2021, 34: 100394.
- [13] Stenman S, Pettersson F. Remote teaching for equal and inclusive education in rural areas? An analysis of teachers' perspectives on remote teaching[J]. The international journal of information and learning technology, 2020, 37 (3): 87-98.
- [14] Jin Z, Pan L, Liu S. Randomized online edge service renting: Extending cloud-based CDN to edge environments [J/OL]. Knowledge-Based Systems, 2022, 257: 109957. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705122010504>.
- [15] NVIDIA. GeForce NOW | The Next Generation in Cloud Gaming | NVIDIA[EB/OL]. 2024. <https://www.nvidia.com/en-us/geforce-now/>.
- [16] Microsoft. Xbox Cloud Gaming (Beta) on Xbox.com[EB/OL]. 2024. <https://www.xbox.com/en-us/play>.
- [17] Tencent. START 云游戏: 腾讯官方, 一键启动, 让好玩触手可及! [EB/OL]. 2024. <https://start.qq.com/?ADTAG=0>.
- [18] Zhang H, Liu B, Qin L, et al. Efficient Utilization of Cache Resources for Content Delivery Network Based on Blockchain[C]//Artificial Intelligence and Security: 7th International Conference, ICAIS 2021, Dublin, Ireland, July 19–23, 2021, Proceedings, Part II 7. Springer, 2021: 135-146.
- [19] Meng Z, Wang T, Shen Y, et al. Enabling high quality {Real-Time} communications with adaptive {Frame-Rate} [C]//20th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 23). 2023: 1429-1450.
- [20] Akamai. Optimize Web Images and Video Quality —Image & Video Manager | Akamai[EB/OL]. 2024. <https://www.akamai.com/en-us/optimized-images>.

//www.akamai.com/products/image-and-video-manager.

- [21] Fastly. Content Delivery Network | Fastly[EB/OL]. 2024. <https://www.fastly.com/products/cdn>.
- [22] Amazon. 亚马逊 AWS 海外区域账户免费套餐_免费云服务-AWS 云服务[EB/OL]. 2023. <https://aws.amazon.com/cn/campaigns/free/>.
- [23] MetaCDN. CDN by MetaCDN - Live Streaming - Content Delivery Network[EB/OL]. 2010-2024. <https://www.metacdn.com/>.
- [24] Huawei. Huawei Cloud - Everything as a Service | Huawei Cloud[EB/OL]. 2024. <https://www.huaweicloud.com/intl/en-us/>.
- [25] Alibaba. CDN & Apsara Video Campaign - Alibaba Cloud[EB/OL]. 2024. <https://www.alibabacloud.com/en/campaign/cdn&apsaravideo-free-trial>.
- [26] FortuneBusinessInsights. 内容交付网络 (CDN) 市场规模、份额和行业分析, 按组件 (解决方案和服务)、内容类型 (静态和动态)、最终用途 (媒体和娱乐、广告、电子商务和零售、BFSI、医疗保健、IT 和电信、游戏等) 以及 2024 年 - 2032 年区域预测[EB/OL]. 2024. <https://www.fortunebusinessinsights.com/zh/content-delivery-network-market-105949>.
- [27] 内容交付网络市场-CDN-公司和规模[EB/OL]. <https://www.mordorintelligence.com/zh-CN/industry-reports/content-delivery-market>.
- [28] 邓飞, 马蕴颖, 刘坚. 流量新政下 CDN 行业发展趋势分析[J]. 通信世界, 2024(08): 26-29.
- [29] Content Delivery Network (CDN) Market Competitive Analysis: Regional Growth, Trends, Market Insight, Share Analysis, and International Business Foreca | LinkedIn[EB/OL]. <https://www.linkedin.com/pulse/content-delivery-network-cdn-market-competitive-analysis-ea8gf/>.
- [30] Content Delivery Network Market Share and Statistics - 2034[EB/OL]. <https://www.factmr.com/report/content-delivery-network-market>.
- [31] Union E. General Data Protection Regulation[EB/OL]. 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32016R0679>.

致谢

感谢春风之骀荡，感谢细雨之无声，感谢花枝之袅娜，感谢土地之坚忍。

鉴于您已经读到这里，噢，也可能是用鼠标拖到这里的，但这不是什么大不了的差别，重要的是您手指或者眼睛一定有一些疲倦了吧？这段文字能与您相遇，笔者心里已经满是感激，为了表达这样的心情，特奉上红心一颗，望看官笑纳！—Lee 贰零壹肆年伍月叁日于南京

