

白有辉 博士（2021届）

电话： (+86) 183-5652-1691

Email: byh0912@mail.ustc.edu.cn

主页: <https://youhuibai.github.io/>

教育背景

2016.9 – 2021.6	中国科学技术大学	计算机科学与技术学院	计算机系统结构（博士） 导师：许胤龙教授、李诚特任研究员
2012.9 - 2016.6	中国科学技术大学	计算机学院与技术学院	计算机科学与技术（本科）

研究方向

分布式深度学习框架	基于数据并行的分布式深度学习训练流程的优化策略研究
图神经网络系统	针对大规模图基于采样的图神经网络训练过程中数据加载的优化策略研究

专业技能

编程能力：	熟悉 C/C++，Python，了解 Java、Shell等语言，熟悉Linux系统环境下的编程
系统能力：	<ul style="list-style-type: none">熟悉主流神经网络计算系统MXNet、TensorFlow、PyTorch，分布式深度学习训练框架Horovod，主流图神经网络库DGL等，有上述系统平台的源码阅读与开发经历。了解国内外一些开源系统，如深度神经网络系统MindSpore、OneFlow，分布式文件系统Hadoop、Ceph，KV存储系统RocksDB，图数据库Neo4j、ArangoDB等。阅读并修改过部分Linux内核代码，如管理RAID的MD模块。自主设计实现梯度压缩使能的分布式深度学习训练框架HiPress（相关代码待开源）；合作设计实现利用静态缓存、计算和数据加载流水化等技术的图神经网络训练数据加载器PaGraph。
英语水平：	具备英文科技论文读写能力

项目、科研经历

2021.7 – 至今 针对大规模分布式人工智能训练平台的研究

- 项目描述：** 在人工智能领域，随着模型参数量越来越大，扩展到分布式已成为必然趋势。因为参数量巨大，大模型的训练面临着严重的内存墙、效率墙问题。业界往往采用多维度混合并行（scale out）和异构资源（scale up）来使得大模型训练成为可能，但实际上，扩展到分布式之后不得不在内存使用量、通信数据量、计算效率之间权衡，使得该问题异常复杂。
- 主要工作：**
- 从网络通信量角度来看，即便是多维度混合并行训练中，数据并行维度上的通信开销仍然占据端到端训练时间的30%以上，而在多维度混合并行场景下，数据并行维度上的通信开销又处在critical path上，因此使用压缩的方式来减少通信量是个promising的方法。梯度压缩算法分为sparsification, quantization和low-rank三类，最近的工作中仅对前两类进行了系统的研究，我们在SOTA工作的基础上，研究low-rank一类算法带来的系统性问题，相关工作投稿在系统领域顶级期刊TPDS 2022上，目前正在审稿中。当使用梯度压缩算法降低数据并行维度上的通信量后，流水线维度和算子并行维度上的通信量又会成为主要瓶颈，拟采用调度的方式加以隐藏；
 - 从内存角度出发，我们发现存在流水并行的场景下，出现GPU内存利用率不均衡的现象，而又考虑到单服务器内部GPU之间带宽的异构性，我们提出D2D swap的技术来使得GPU内存负载均衡，从而能够训练更大的模型，并采用重计算、offload等先进技术，进一步提升单服务器的训练模型规模。相关工作投稿在高性能计算领域顶会HPCA 2022上，目前正在审稿中，后续将会扩展到多机场景。
 - 从计算效率角度出发，目前神经网络加速芯片如GPU，往往拥有对低精度数据加速的能力，如NVIDIA H100利用独立硬件Tensor Core加速FP32、FP16、FP8等数据类型，混合精度训练已成为大模型训练的标配。而大模型训练的过程表现出精度动态的需求，首先，不同模型结构或参数量对精度需求不同；其次，统一模型在训练过程的不同阶段对精度需求不同。而现有混合精度方案均为预定义，训练过程中不可改。因此我们提出一种动态自适应的混合精度方案，能够根据模型规模，在训练过程中动态调整不同算子的精度，从而在计算效率和模型不溢出之间权衡。相关工作正在推进。

2018.1 – 2021.6 针对数据并行分布式深度学习系统的研究

项目描述: 深度神经网络的训练昂贵且耗时，单机的算力和存储力无法满足需求，即便是利用GPU加速，因此扩展到分布式是一个趋势。数据并行策略为一个加速训练的重要技术，本项目旨在不影响训练精度的前提下提升基于数据并行的分布式训练系统的吞吐率。

主要工作: 基于数据并行的分布式深度学习训练面临这梯度同步制约训练过程的问题，如梯度同步能在整个训练过程中占90%以上。梯度压缩算法在几乎不影响训练精度的前提下，能够将梯度压缩甚至到原来的千分之一，为加速训练带来了一种可能，但梯度压缩算法在实际训练系统中对训练速度的提升非常有限，其原因在于：1. 梯度压缩算法与主流的梯度同步优化策略不兼容（如batching and partitioning），使得梯度同步过程步伐增加；2. 梯度压缩本身具有不可忽略的overhead，需要根据实际训练情况决策是否压缩；3. 梯度压缩算法的实际应用需要面向GPU的高效实现、系统注册等过程，专业门槛很高。针对以上原因，我们提出HiPress，一个高效、梯度压缩感知的数据并行深度学习训练框架，其主要包含三个组件：1. CaSync，利用pipelines技术隐藏梯度压缩相关的计算，利用bulk synchronization技术加速小任务的网络传输；2. SeCoPa，利用cost model分析梯度是否应该被压缩，以及切分成多少份；3. CompLL，总结梯度压缩算法的通用算子，并在GPU上做高效实现，进一步提出简单的Domain Specific Language和code generator，用户只需简单描述梯度压缩算法的逻辑，便可通过generator直接翻译成利用common operator组合实现的高效GPU代码。实验证明，HiPress比开源系统有1.2-15.4倍的训练速度提升。该工作在导师的指导下完成论文的撰写和完善，最终发表在系统领域顶会SOSP 2021上。

2019.10 – 至今 针对分布式图神经网络训练方面的研究

项目描述: 近年来提出的图神经网络，作为图计算领域的典型代表，将图中的结构和属性信息与深度学习中的特征相结合，已被证明在许多与图相关的任务上具有令人信服的表现。本项目旨在不影响训练精度的前提下提升图神经网络训练的吞吐率。

主要工作: 在大规模图上做训练，往往采用采样的方法降低训练对GPU显存的消耗。基于采样的图神经网络训练分为3个步骤：1. 在CPU上采样出子图；2. 利用采样的子图查找对应的属性信息，并将子图与其属性copy到GPU显存，称为loading；3. GPU中的图神经网络模型利用子图及属性进行计算，称为computation。

我们发现：1. loading占据了训练时长的70%以上，且loading与computation串行执行；2. 基于采样的训练往往重复加载度数较高节点的属性信息；3. 在做训练时GPU显存占用不足10%；4. loading和computation占用的硬件资源互不冲突。基于以上发现，我们提出PaGraph，其利用GPU上的空闲显存缓存访问频次较高（度数较大）节点的属性信息，来加速loading过程，并利用流水化机制，将loading过程隐藏在computation中，另外针对单机多卡，提出图数据切分算法，进一步提升多卡的缓存效率。实验证明，PaGraph能够大幅降低并最终完全隐藏loading，使得GPU计算资源得到更加充分的利用。该工作在导师的指导下完成论文的撰写和完善，被计算机系统领域顶级期刊TPDS 2021和GNNSys workshop 2021接收。

2017.6 - 2017.12 针对事务型数据库写日志及恢复问题的研究

项目描述: 在数据库、文件系统等系统中，错误失效是很常见的，这种错误失效将破坏系统的一致性、可用性，目前大多数系统采用Write-ahead Log(WAL)的方式来避免。但是单一的、共享的日志文件将会成为整个系统性能的瓶颈，尤其是在多核多线程的应用场景下。一个合理的解决方案是将日志文件分布式化，但因为其维护的复杂性以及跨日志的依赖关系，分布式日志的性能往往比单一日志的性能还要差。

主要工作: 为了充分地利用多核多线程的硬件技术加速日志操作，我们采用分布式日志的日志记录方案，出发点主要基于以下三点：1. 以往的分布式日志采用Lamport's Clock来维护全序关系，造成不必要的false dependency，影响分布式日志的性能，我们采用Vector Clock来维护日志记录间的偏序关系，减少依赖；2. 目前系统中的日志记录通常以page为单位，造成大量的日志数据，带来更多的系统IO，我们将其提升到command level，以此减少日志数据量并且提供丰富的语义去利用Conflicting-free Replicated Data Types(CRDTs)技术进一步减少日志记录间的依赖关系；3. 在系统运行中，不同线程产生不同的数据量，会造成日志文件大小的不均衡性，我们在写日志时不仅考虑跨日志的依赖，也考虑日志负载均衡。该工作在导师的指导下完成Poster的撰写和完善，被计算机系统顶会SOSP 2017学术海报环节收录。

获得奖励

博士生阶段： 安徽省优秀毕业生。

研究生阶段： 中国科大-环球数码奖学金，研究生学业奖学金一等奖。

本科生阶段： 连续四年国家励志奖学金；三年优秀学生奖学金铜奖，一年银奖。

科研成果

1. **Youhui Bai**, Cheng Li and Yinlong Xu. "Fast Logging and Recovery Support for Transactional Databases", **USENIX SOSP (CCF推荐A类会议) 2017 Poster**
2. Zhipeng Li, Yinlong Xu, Yongkun Li, Chengjin Tian and **Youhui Bai**. "PDS: An I/O-efficient Scaling Scheme for Parity Declustered Data Layout." **IEEE ICPP (CCF推荐B类会议) 2017**
3. **Youhui Bai**, Cheng Li, Zhiqi Lin, Yufei Wu, Youshan Miao, Yunxin Liu and Yinlong Xu. "Efficient Data Loader for Fast Sampling-based GNN Training on Large Graphs", **GNNSys workshop 2021**
4. **Youhui Bai**, Cheng Li, Zhiqi Lin, Yufei Wu, Youshan Miao, Yunxin Liu and Yinlong Xu. "Efficient Data Loader for Fast Sampling-based GNN Training on Large Graphs", **IEEE TPDS (CCF推荐A类期刊) 2021**
5. **Youhui Bai**, Cheng Li, Quan Zhou, Jun Yi, Ping Gong, Feng Yan, Ruichuan Chen and Yinlong Xu. "HiPress: A High-Performance, Compression-Aware Framework for Data Parallel DNN Training", **USENIX SOSP (CCF推荐A类会议) 2021**
6. Peng Liang, Yu Tang, Xiaoda Zhang, **Youhui Bai**, Teng Su, linbo qiao, Zhiquan Lai, Dongsheng Li. "A Survey on Auto-Parallelism of Neural Networks Training", **TechRxiv 2022**
7. Quan Zhou, Haiquan Wang, Xiaoyan Yu, Cheng Li, **Youhui Bai**, Feng Yan, Yinlong Xu. "MPress: Democratizing Billion-Scale Model Training on Multi-GPU Servers via Memory-Saving Inter-Operator Parallelism", **IEEE HPCA (CCF推荐A类会议) 2022, 审稿中**
8. Hao Wu, Shiyi Wang, **Youhui Bai (通讯作者)**, Cheng Li, Quan Zhou, Jun Yi, Feng Yan, Ruichuan Chen, Yinlong Xu. "A Generic, High-Performance, Compression-Aware Framework for Data Parallel DNN Training", **IEEE TPDS (CCF推荐A类期刊) 2022, 审稿中**

个人自评

通用能力： 本科至博士阶段持续担任班长，本科期间担任校五星级社团国旗护卫队社长、校爱心思源社社长、院科技部部长，组织过多次班级和社团活动，做事认真负责，具备很强的团队协作能力。曾担任代数结构、图论、编译原理、数据结构、数据库、组合数学等课程助教，具备扎实的计算机基础知识和良好的表达沟通能力。

学习兴趣： 对系统的研究与开发充满热情，认为改进甚至重建系统是一件很酷的事情。曾在做HiPress项目时，跟随导师从零起步，做过机器采购、系统安装、框架搭建、环境配置、系统维护、集群管理、深度学习平台开发等一系列的事情，学习能力强，认真踏实有责任心。

业余爱好： 兴趣爱好广泛，喜欢羽毛球、乒乓球、游泳、跑步等运动项目，组织实验室小伙伴一起参与校园129长跑活动和每周的羽毛球团建活动；爱好听音乐、看电影、读文学书等放松身心的休闲方式，良好的身体条件和愉悦的心情状态是做系统研究的基础和本钱。