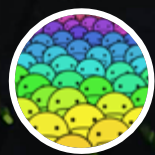


AI 芯片 – GPU 详解

分布式训练与 NVLink发展



ZOMI



nVIDIA®

Talk Overview

1. 硬件基础

- GPU 工作原理
- GPU AI编程本质

2. 英伟达 GPU 架构

- GPU基础概念
- 从 Fermi 到 Volta 架构
- Turing 到 Hopper 架构
- **Tensor Core 和 NVLink 详解**

3. GPU 图形处理

- GPU 逻辑模块划分
- 算法到 GPU 硬件
- GPU 的软件栈
- 图形流水线基础
- 流水线不可编译单元
- 光线跟踪流水线

Talk Overview

1. 硬件基础

- GPU 工作原理
- GPU AI编程本质

2. 英伟达 GPU 架构

- GPU基础概念
- 从 Fermi 到 Volta 架构
- Turing 到 Hopper 架构

3. GPU 详解

- Tensor Core 原理
- Tensor Core 架构演进
- Tensor Core 深度剖析
- 分布式训练和 NVLink 发展
- NVLink 原理
- NVSwitch 原理

Talk Overview

I. 工作原理

- Distributed training – 分布式训练
- NVLink & NVSwitch – NVLink & NVSwitch 发展

> 【AI框架】 分布式并行

▶ 播放全部

30更新

练? 什么是AI集群? 大模型模型参数量实在太大, 需要分布式并行训练能力一起来加速训练过程。分
作的, 想要加速就需要软硬件协同, 不仅仅要解决通信拓扑的问题、集群组网的问题, 还要了解上...

默认排序

升序排序

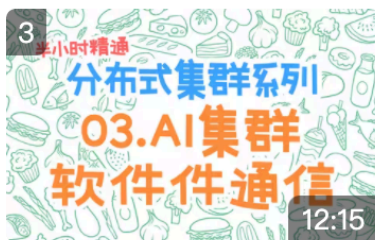
编辑



分布式训练、分布式集群的基础介绍! 【分布式集群】第01
▶ 2693 ⌚ 2022-10-15



AI集群用什么服务器架构?
Ring All Reduce算法跟物理
▶ 1862 ⌚ 2022-10-25



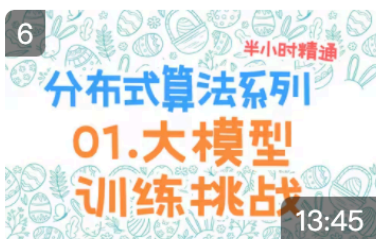
AI集群的软硬件通信: 从硬件
PCIE、NVLINK、RDMA原理
▶ 2657 ⌚ 2022-10-27



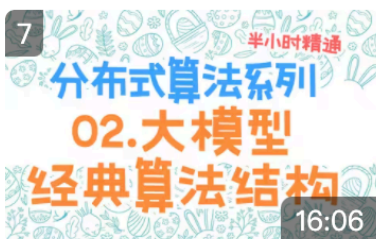
AI集群机器间是怎么通信? 通
信原语是个什么玩意? 【分布
▶ 1491 ⌚ 2022-10-27



AI框架如何实现分布式训练?
SISD和SIMT又是什么? 【分
▶ 1618 ⌚ 2022-10-25



大模型是什么? 大模型有什么
用? 训练大模型会遇到哪些挑
▶ 3892 ⌚ 2022-10-15



大模型算法有哪种结构? 怎么
样才算大模型呢? 从
▶ 1758 ⌚ 2022-10-29



从十亿到万亿规模SOTA大模
型有哪些? BERT、GPT3、
▶ 1317 ⌚ 2022-10-30

> 【AI框架】 分布式并行策略

▶ 播放全部

·15更新

网络规模越来越大，训练神经网络会耗费越来越多的时间，势必需要从单 GPU 训练向多 GPU 训练甚至大规模人脸识别中，训练上千万人脸 ID 需要对最后的全连接层做模型并行，而 GPT-3 为代表的大...

默认排序

升序排序

编辑



分布式并行策略基础介绍！
【分布式并行】系列第01篇
▶ 1641 ⌚ 2022-12-15



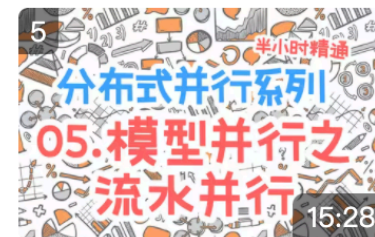
PyTorch数据并行怎么实现？
DP、DDP、FSDP数据并行原
▶ 2340 ⌚ 2022-11-1



什么是张量并行？张量并行的
数学原理是什么？【分布式并
▶ 1338 ⌚ 2022-11-5



张量还能自动并行？
MindSpore张量自动并行啥原
▶ 814 ⌚ 2022-11-5



模型并行的流水线并行来啦！
了解下GPipe和PipeDream？
▶ 1126 ⌚ 2022-11-5



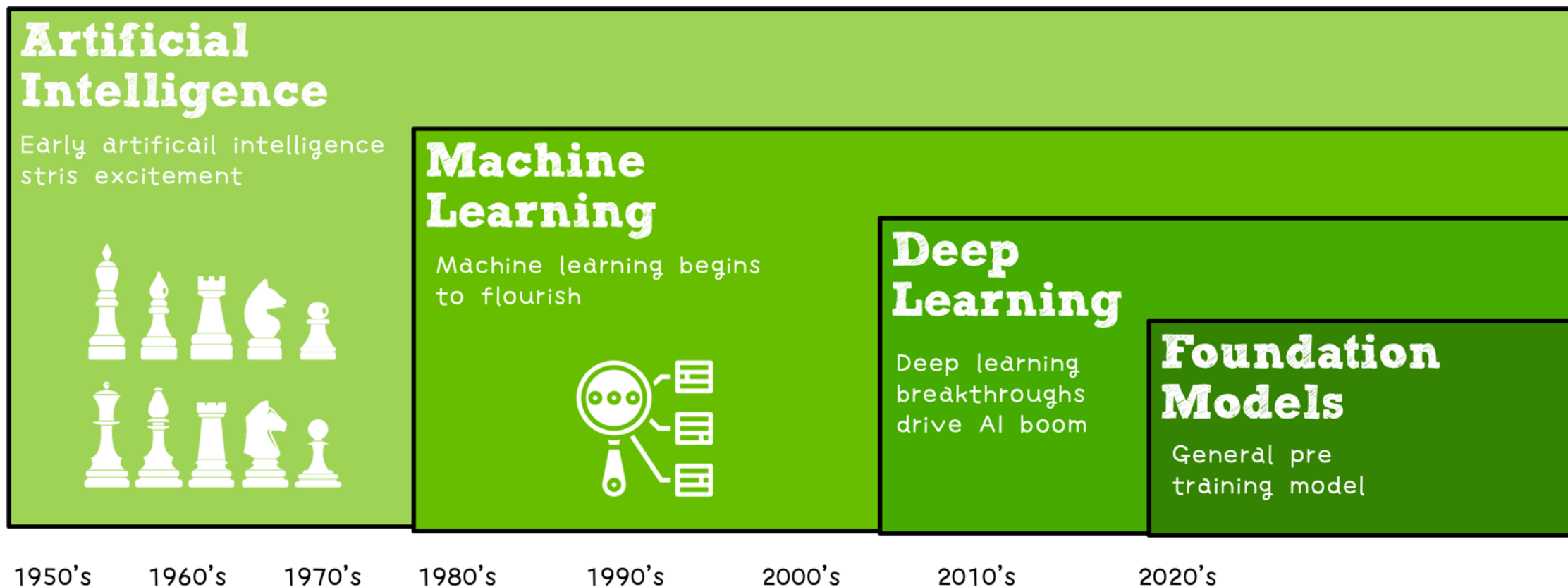
混合并行？多维并行？有多维
度混合在一起并行吗？【分布
▶ 824 ⌚ 2022-11-6



分布式训练总结！【大模型与
分布式训练】系列第07篇
▶ 1465 ⌚ 2022-11-11

分布式训练

人工智能发展与大规模分布式训练



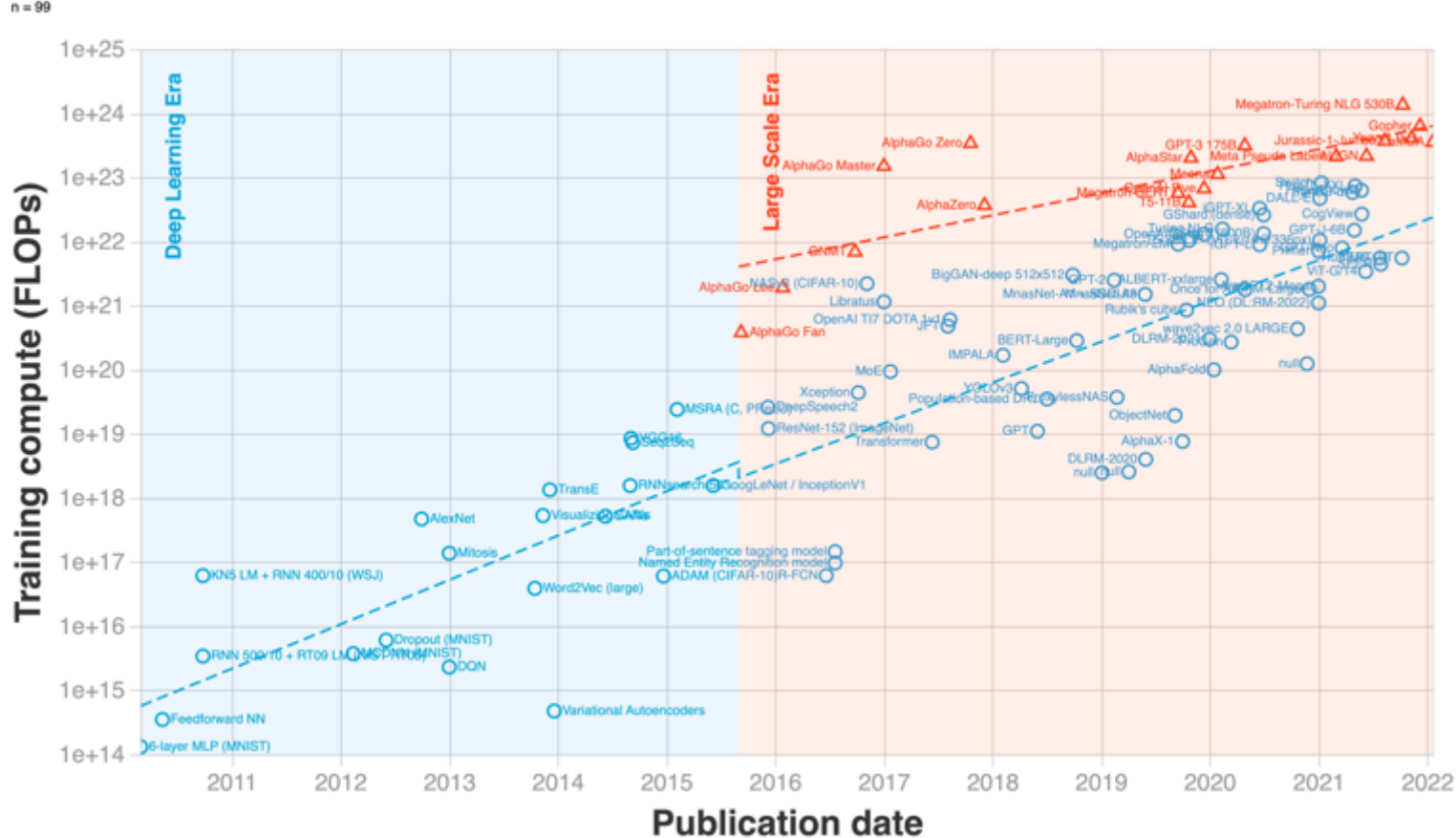
深度学习迎来大模型 (Foundation Models)

1. 自监督学习方法，可以减少数据标注，降低训练研发成本
2. 模型参数规模越大，有望进一步突破现有模型结构的精度局限
3. 解决模型碎片化，提供预训练方案

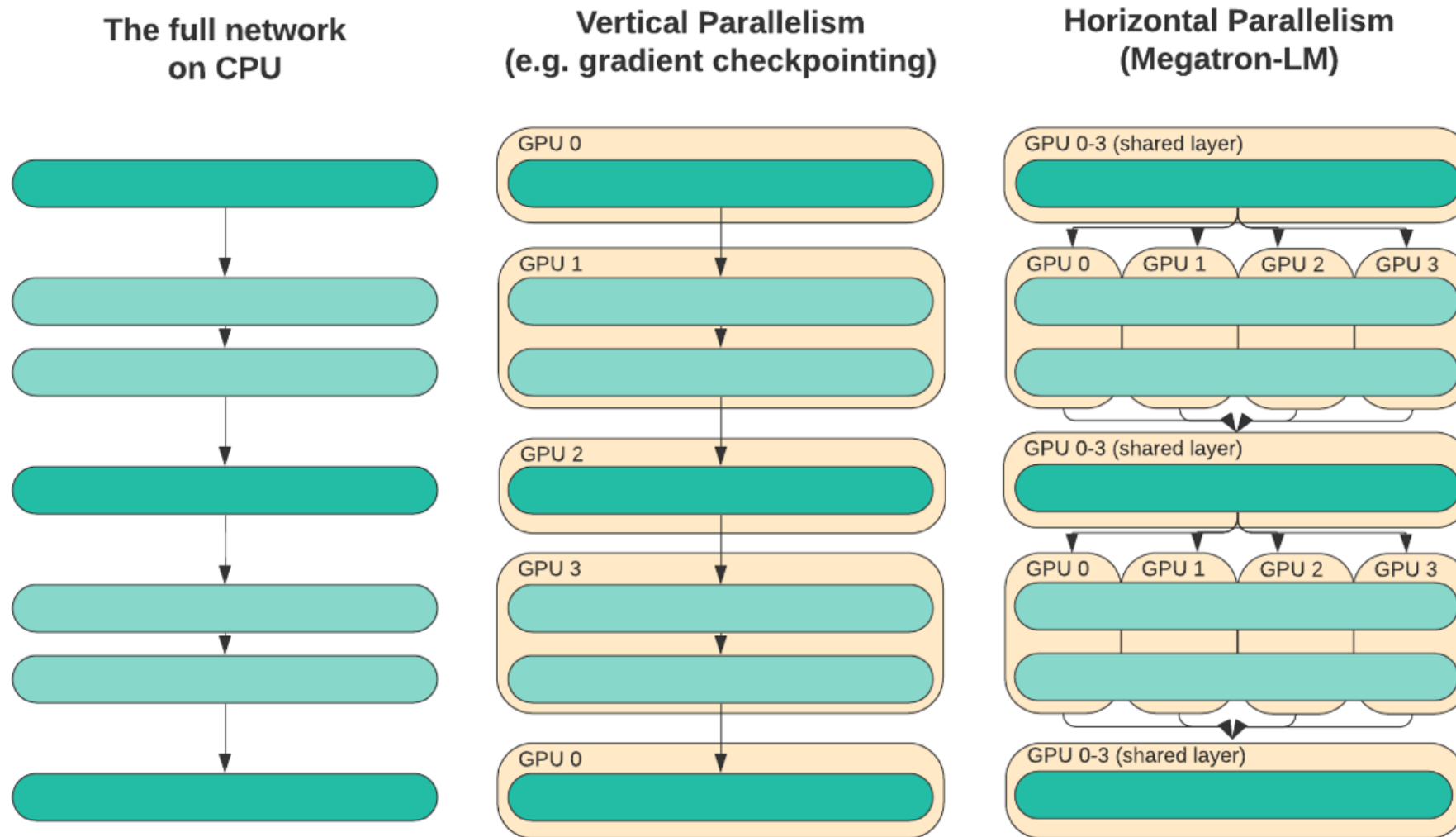
- e.g. 语言模型 GPT-3

- 8 张 V100，训练时长 36 年
- 512 张 V100，训练近 7 个月

Training compute (FLOPs) of milestone Machine Learning systems over time
n = 99

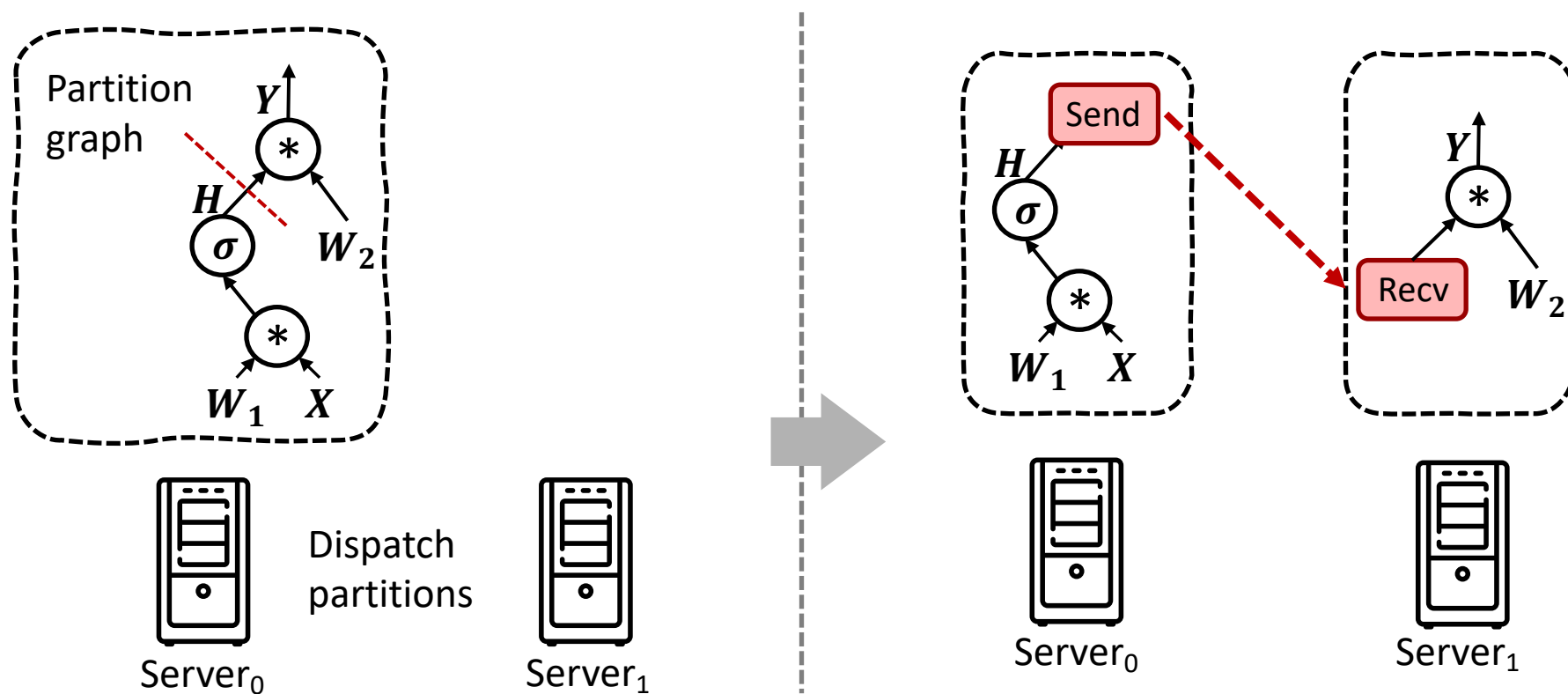


混合并行



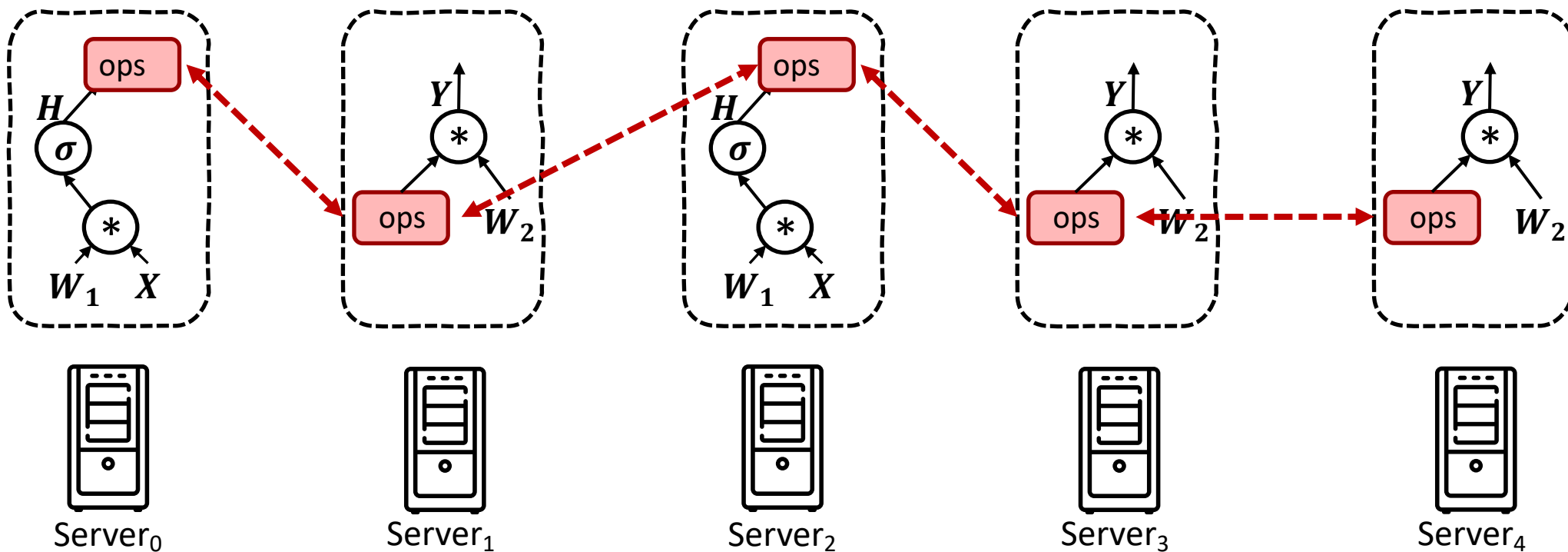
分布式训练系统

- 计算图跨节点切分



分布式训练系统

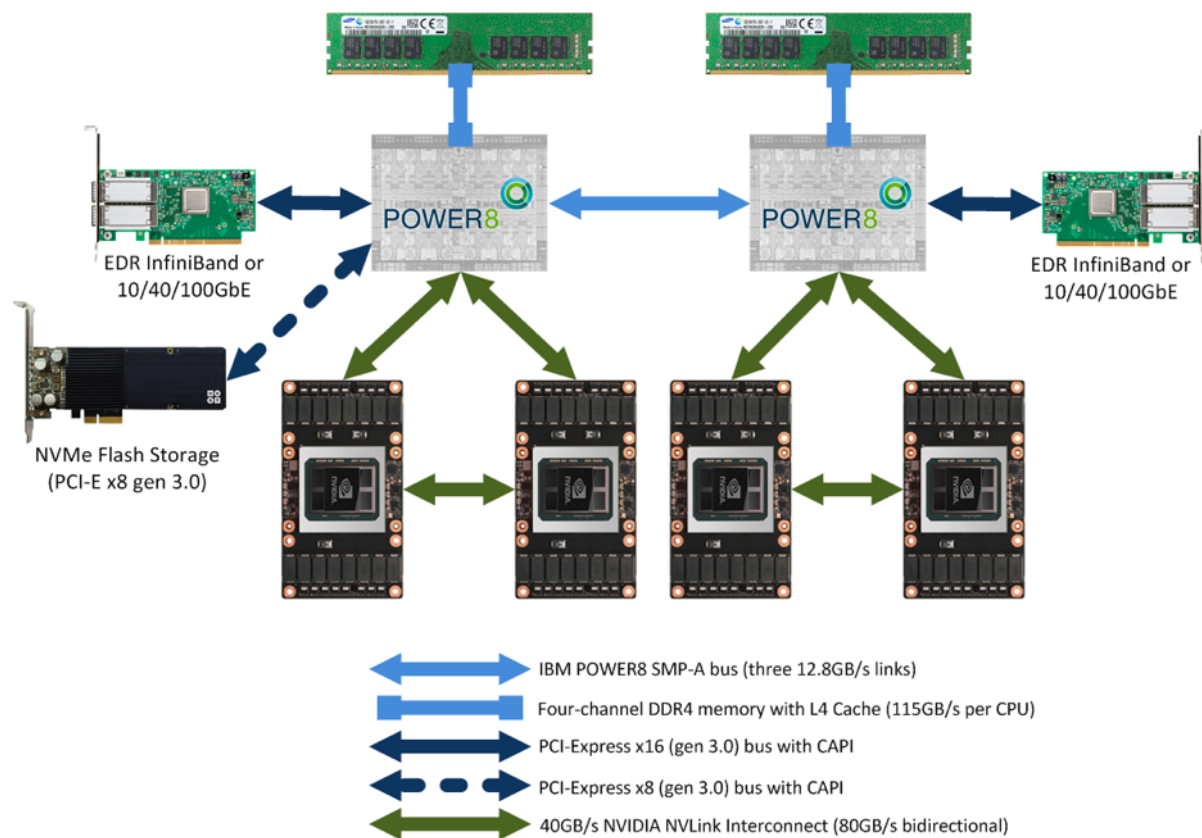
- 计算图跨节点同步数据（权重weights）信息



通讯硬件

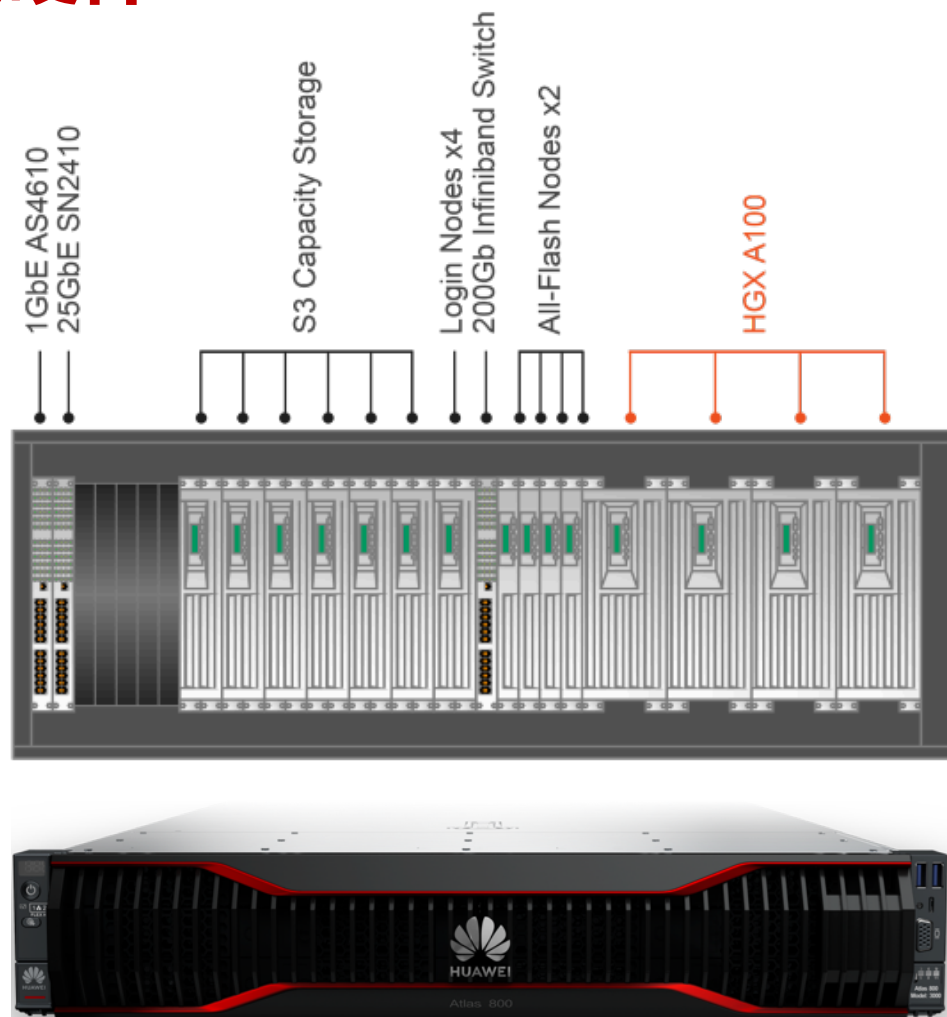
Server Block Diagram

Microway OpenPOWER Server with NVIDIA Tesla P100 NVLink GPUs



- 机器内通信
 - 共享内存
 - PCIe
 - NVLink (直连模式)
- 机器间通信
 - TCP/IP网络
 - RDMA网络 (直连模式)

通讯硬件



- 机器内通信
 - 共享内存
 - PCIe
 - NVLink (直连模式)
- 机器间通信
 - TCP/IP网络
 - RDMA网络 (直连模式)

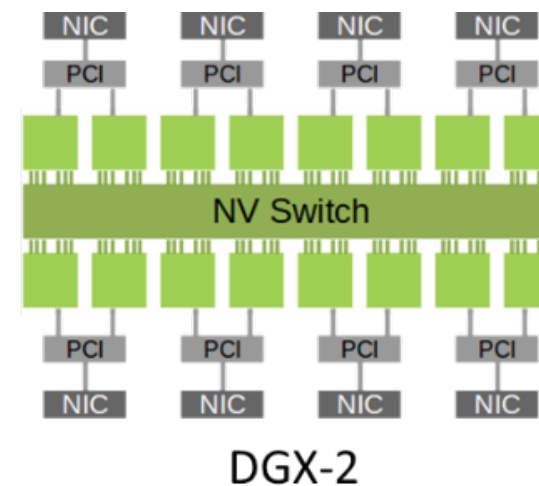
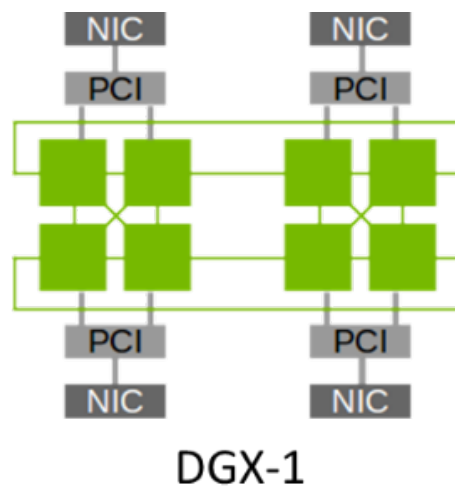
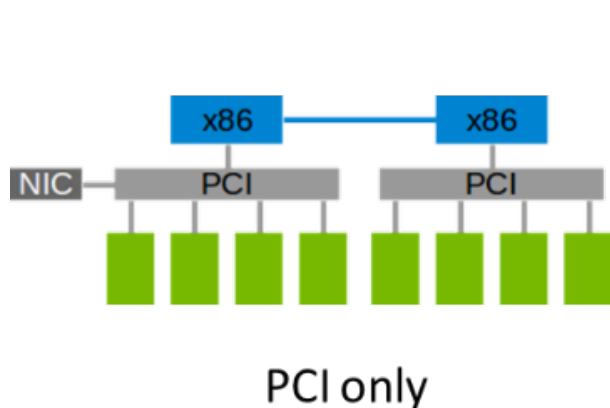
通信软件：提供集合通信

- **MPI**

- 通用接口，可调用 Open-MPI, MVAPICH2, Intel MPI, etc.

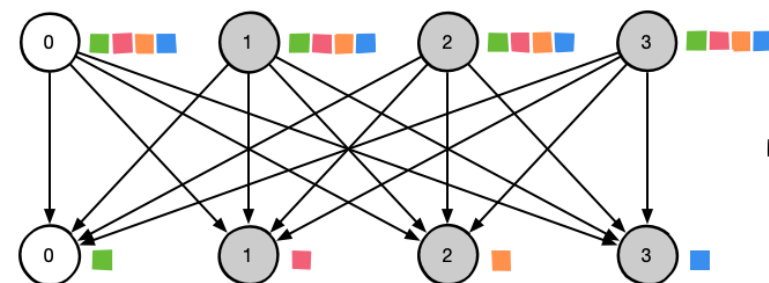
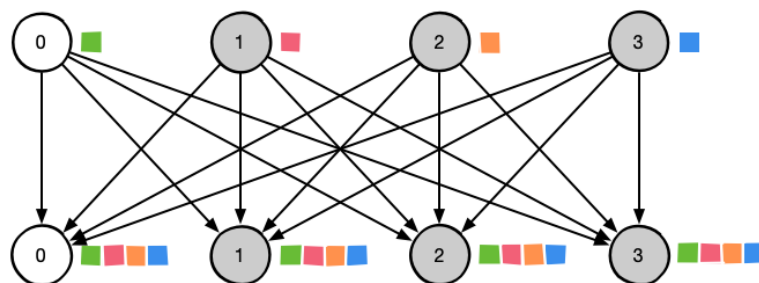
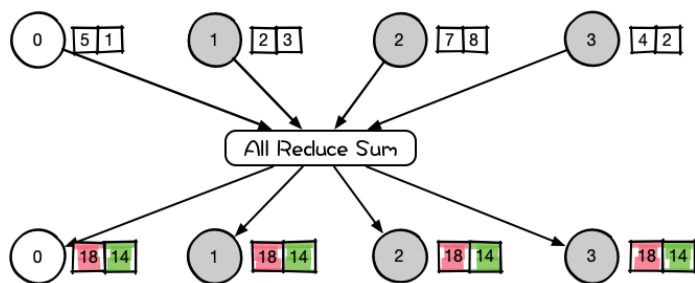
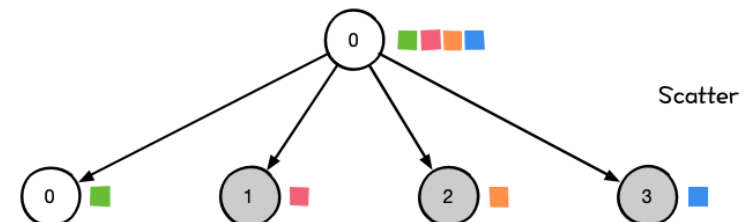
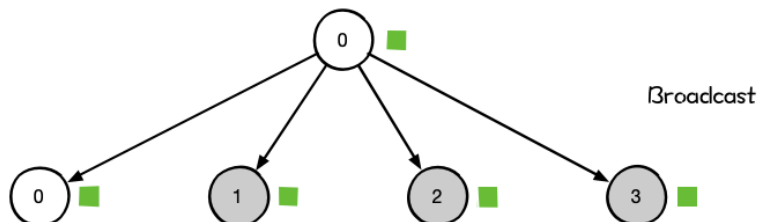
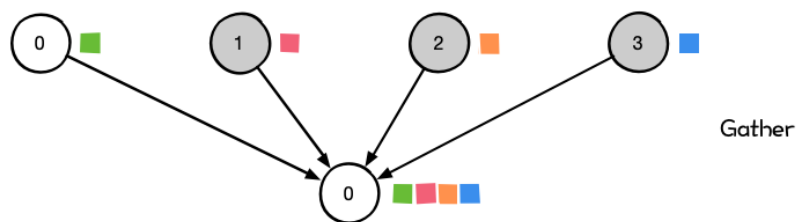
- **NCCL / HCCL**

- GPU/NPU 通信优化库，支持集中式通信



集合通信

- 一对多：Scatter / Broadcast；多对一：Gather / Reduce；多对多：All-Reduce / All-Gather



NVLink & NVSwitch 发展

NVIDIA NVLink

- **NVLink** : 英伟达 (NVIDIA) 开发并推出的一种总线及其通信协议。NVLink采用点对点结构、串列传输，用于中央处理器 (CPU) 与图形处理器 (GPU) 之间的连接，也可用于多个图形处理器 (GPU) 之间的相互连接。
- **NVSwitch** : 是一种高速互连技术，同时作为一块独立的 NVLink 芯片，其提供了高达18路 NVLink 的接口，可以在多个 GPU 之间实现高速数据传输。

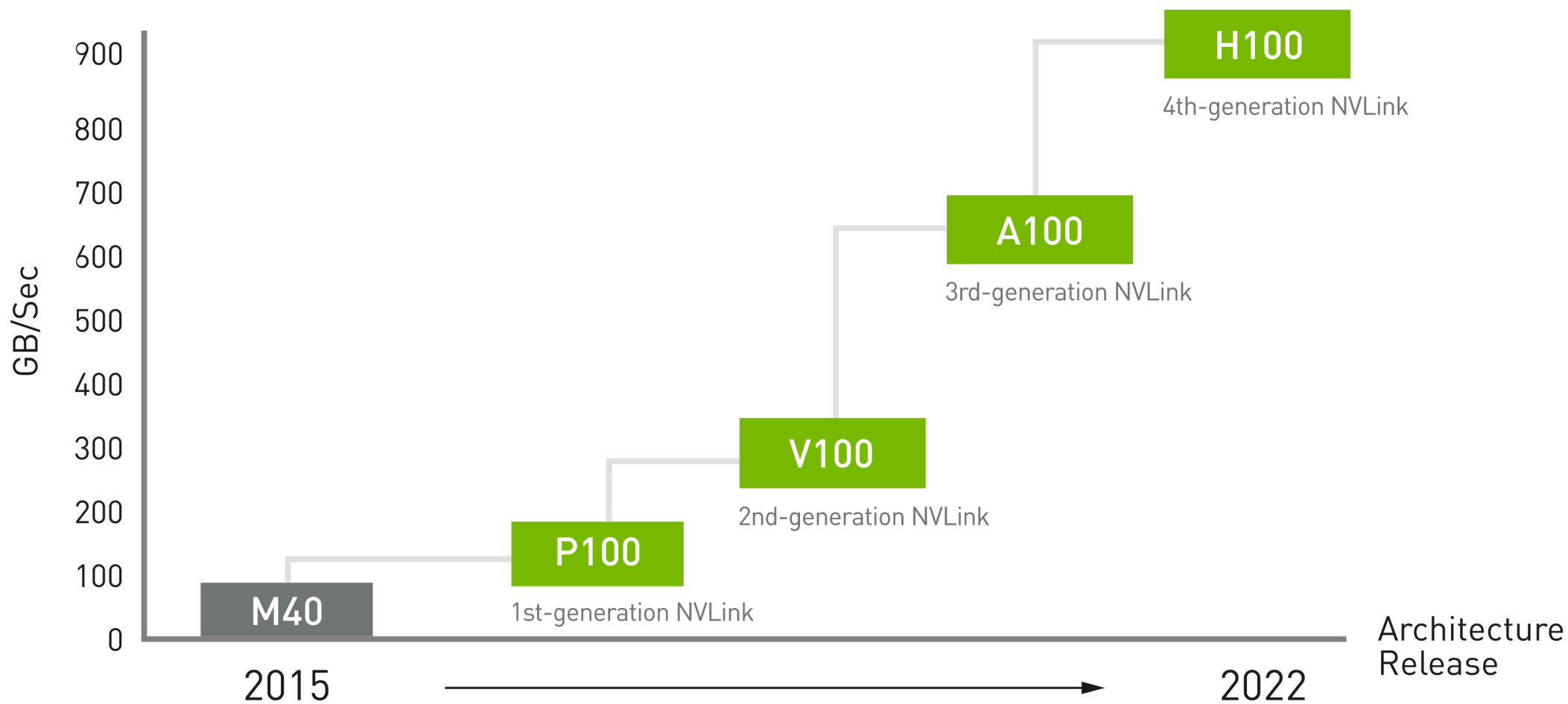
Have a Look

- https://images.nvidia.com/aem-dam/Solutions/gtcs22/nvlink/multinode_nvlink_final_HD.mp4

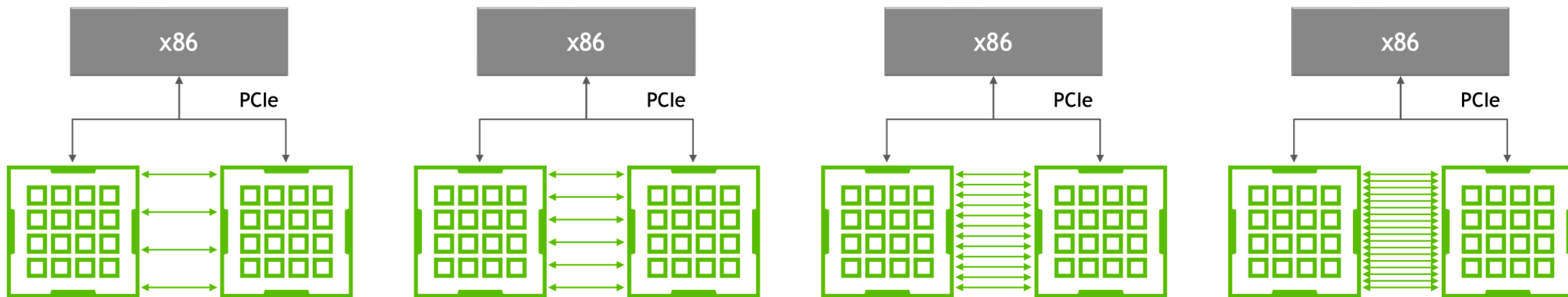
NVLink 发展

	First Generation	Second Generation	Third Generation	Fourth Generation
NVLink bandwidth per GPU	160GB/s	300GB/s	600GB/s	900GB/s
Maximum Number of Links per GPU	4	6	12	18
Supported NVIDIA Architectures	NVIDIA Pascal architecture	NVIDIA Volta architecture	NVIDIA Ampere Architecture	NVIDIA Hoppe Architecture

NVLink 发展



NVLink 发展



2016

P100-NVLink1

4 NVLinks
40GB/s each
x8@20Gbaud-NRZ
160GB/s total

2017

V100-NVLink2

6 NVLinks
50GB/s each
x8@25Gbaud-NRZ
300GB/s total

2020

A100-NVLink3

12 NVLinks
50GB/s each
x4@50Gbaud-NRZ
600GB/s total

2022

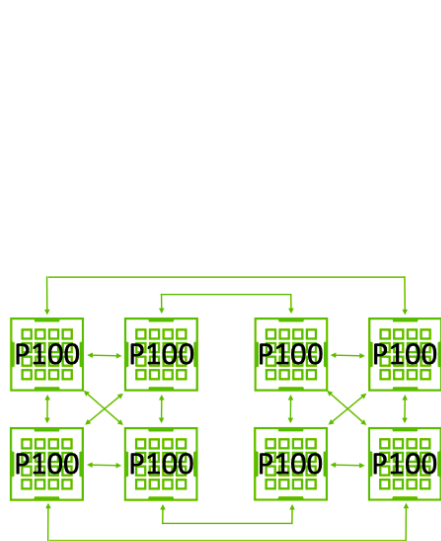
H100-NVLink4

18 NVLinks
50GB/s each
x2@50Gbaud-PAM4
900GB/s total

NVSwitch

	First Generation	Second Generation	Third Generation
Number of GPUs with direct connection / node	Up to 8	Up to 8	Up to 8
NVSwitch GPU-to-GPU bandwidth	300GB/s	600GB/s	900GB/s
Total aggregate bandwidth	2.4TB/s	4.8TB/s	7.2TB/s
Supported NVIDIA architectures	NVIDIA Volta architecture	NVIDIA Ampere architecture	NVIDIA Hopper architecture

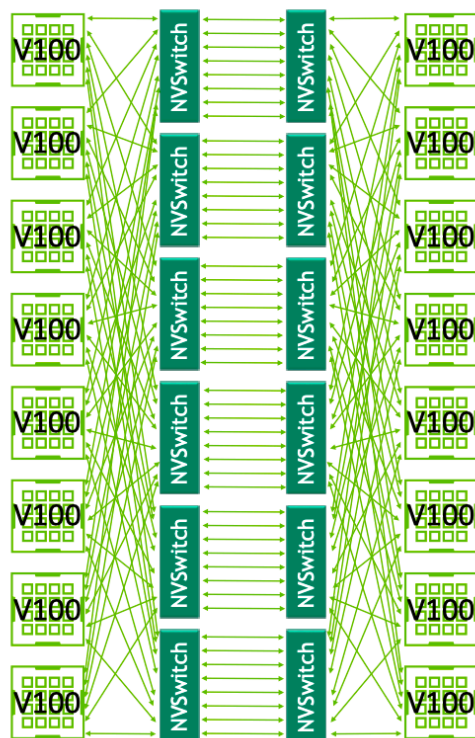
NVLink 与 NVSwitch 相关的服务器



2016

DGX-1 (P100)

140GB/s Bisection BW
40GB/s AllReduce BW



2018

DGX-2 (V100)

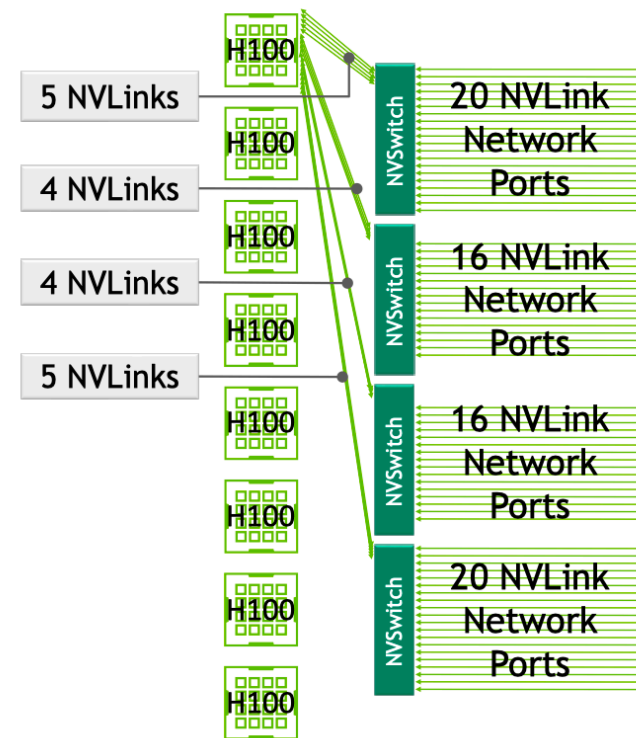
2.4TB/s Bisection BW
75GB/s AllReduce BW



2020

DGX A100

2.4TB/s Bisection BW
150GB/s AllReduce BW



2022

DGX H100

3.6TB/s Bisection BW
450GB/s AllReduce BW

总结

- **NCCL** : 集合通信库，能实现Collective通信和点对点通信；
- **NVLink** : 总线技术及其通信协议；
- **NVSwitch** : 独立的 NVLink 芯片；
- **HGX** : AI 超级计算平台，整合了 GPU、NVLink、InfiniBand 网络和NVIDIA AI 软件堆栈；

Reference 引用&参考

- https://www.youtube.com/watch?v=I4qd412w_A0
- https://images.nvidia.com/aem-dam/Solutions/gtcs22/nvlink/multinode_nvlink_final_HD.mp4
- <https://www.youtube.com/watch?v=MY7jZGZw9vA>
- <https://www.youtube.com/watch?v=vY61ExKhnfA>



BUILDING A BETTER CONNECTED WORLD

THANK YOU

Copyright©2014 Huawei Technologies Co., Ltd. All Rights Reserved.

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.